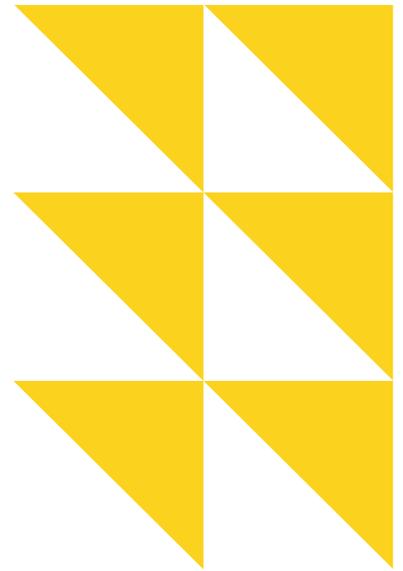


## Annexe 4 : Etude hydraulique

Réalisation : HYDRETUDES



## Etudes environnementales pour l'aménagement de la ZAC Doujani - Commune de Mamoudzou



### Etude hydraulique

N° de référence : RE18-061

Version 1.0

Juin 2023

## SUIVI ET VISA DU DOCUMENT

### Maitre d'ouvrage

Etablissement Public Foncier et d'Aménagement de Mayotte  
Boulevard Marcel HENRY  
Cavani BP 600  
Kaweni 97600 MAMOUDZOU  
0269633960

### Opération

Etudes environnementales pour l'aménagement de la ZAC Doujani -  
Commune de Mamoudzou

RE18-061

Guillaume MANKOWSKI

Etude hydraulique

### Emetteur

HYDRETTUES OI - Océan Indien

45 rue Luc Lorion

97410 SAINT PIERRE

Tél : 02.62.96.82.45

Mail : contact.reunion@hydretudes.com



### Document

RE18-061\_EH\_EP\_ZAC Doujani\_Rapport\_Définatif

Juin 2023

| Indice | Date       | Mise à jour                          | Rédigé par | Vérifié par |
|--------|------------|--------------------------------------|------------|-------------|
| 1      | 23/06/2023 | Etude hydraulique version provisoire | GM         | YB          |
| 2      |            |                                      |            |             |
| 3      |            |                                      |            |             |
| 4      |            |                                      |            |             |
| 5      |            |                                      |            |             |

## SOMMAIRE

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 1.1.       | contexte de l'étude .....  | 13 |
| 1.2.       | Localisation de la zone d'étude.....   | 14 |
| 1.3.       | Objectifs du rapport .....   | 15 |
| 3.1.       | Description générale des aménagements.....   | 17 |
| 3.2.       | Travaux de VRD et création des ilots.....  | 19 |
| 3.2.1.     | Consistance des travaux de voiries.....  | 22 |
| 3.2.1.1.   | Rue de la carrière .....   | 22 |
| 3.2.1.2.   | Route des crêtes .....   | 22 |
| 3.2.1.3.   | Rue des coteaux.....   | 24 |
| 3.2.1.3.1. | <i>Secteur 1 - De la rue de la Carrière jusqu'à l'ilot Davu Dago</i> .....         | 24 |
| 3.2.1.3.2. | <i>Secteur 2 - De l'ilot Davu Dago vers la route de la Crête</i> .....             | 25 |
| 3.2.1.4.   | Intercepteurs urbains .....  | 26 |
| 3.2.1.1.   | Escaliers.....   | 26 |
| 3.2.2.     | Assainissement des eaux pluviales .....  | 27 |
| 3.2.2.1.   | Assainissement existant .....  | 27 |
| 3.2.2.1.1. | <i>Village de Doujani</i> .....  | 27 |
| 3.2.2.1.2. | <i>Extension</i> .....   | 27 |
| 3.2.2.2.   | Assainissement projeté.....  | 27 |
| 3.2.2.2.1. | <i>Principe de gestion des eaux pluviales</i> .....                                | 27 |
| 3.2.2.2.2. | <i>Natures des ouvrages</i> .....  | 28 |
| 3.3.       | Développer l'agroforesterie.....   | 30 |
| 3.3.1.     | Réhabilitation du coteau : développer l'agroforesterie .....                       | 30 |
| 3.3.2.     | Intercepteurs et haies.....  | 32 |
| 3.3.2.1.   | Hypothèses d'emplacement des intercepteurs.....                                    | 32 |
| 3.3.2.2.   | Profils d'intercepteurs .....  | 32 |
| 3.4.       | Consistance des travaux d'aménagement de la rivière Doujani et ses affluents ..... | 34 |
| 3.4.1.     | Projet de renaturation de la rivière Doujani.....                                  | 34 |
| 3.4.2.     | Création d'une passerelle piétonne .....   | 40 |
| 4.1.       | Diagnostic du fonctionnement hydraulique de la zone d'étude.....                   | 41 |
| 4.1.1.     | Généralités.....   | 41 |
| 4.1.2.     | Diagnostic hydromorphologique .....  | 41 |
| 4.1.2.1.   | Réseau hydrographique et bassin versant.....                                       | 41 |
| 4.1.2.2.   | Topographie de la zone d'étude .....   | 44 |
| 4.1.2.3.   | Analyse des écoulements.....   | 45 |
| 4.1.2.3.1. | <i>Phénomènes d'érosion</i> .....  | 45 |

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| 4.1.2.3.2.   | <i>Configuration physique du site</i> .....   | 46 |
| 4.1.2.3.3.   | <i>Le profil de pente originel abrupt du talus</i> .....  | 47 |
| 4.1.2.3.4.   | <i>Le développement d'essences dites « xénophytes »</i> .....   | 48 |
| 4.1.2.3.5.   | <i>Des pratiques inappropriées de gestion des abords de la rivière</i> .....                                      | 48 |
| 4.1.2.3.6.   | <i>Des débits significatifs en période de crue</i> .....  | 49 |
| 4.1.2.3.7.   | <i>Matériaux constitutifs du lit et des berges</i> .....  | 49 |
| 4.1.2.4.     | Analyse des eaux de ruissellement.....  | 50 |
| 4.1.2.5.     | Ouvrages existants.....   | 52 |
| 4.1.2.5.1.   | <i>Ouvrages de protections de berges</i> .....  | 52 |
| 4.1.2.5.2.   | <i>Ouvrages transversaux</i> .....  | 53 |
| 4.1.2.5.2.1. | <i>Seuils/radiers submersibles</i> .....  | 53 |
| 4.1.2.5.2.2. | <i>Ouvrages de franchissement type buse</i> .....   | 54 |
| 4.1.2.5.2.3. | <i>Ouvrages de franchissement type pont et passerelle</i> .....   | 55 |
| 4.1.2.5.2.4. | <i>Ouvrages de gestion des eaux de ruissellements</i> .....   | 56 |
| 4.1.3.       | Sectorisation hydromorphologique de la rivière Doujani.....   | 58 |
| 4.1.3.1.     | Tronçon homogène 1.....   | 60 |
| 4.1.3.2.     | Tronçon homogène 2.....   | 61 |
| 4.1.3.3.     | Tronçon homogène 3.....   | 62 |
| 4.2.         | Risques naturels.....   | 63 |
| 4.2.1.       | Aléa érosion et mouvements de terrain.....  | 63 |
| 4.2.2.       | Aléa inondation.....  | 66 |
| 4.2.3.       | Aléa submersion marine et retrait du trait de côte.....   | 67 |
| 4.2.4.       | Plan de prévention des risques naturels de Doujani.....   | 68 |
| 5.1.         | Incidences pendant les travaux de réalisation.....  | 69 |
| 5.1.1.       | Sur les écoulements.....  | 69 |
| 5.1.2.       | Sur la qualité des eaux.....  | 69 |
| 5.1.3.       | Sur le milieu naturel.....  | 70 |
| 5.1.4.       | Sur la population.....  | 70 |
| 5.1.5.       | Préconisations applicables en phase de travaux.....   | 71 |
| 5.2.         | Incidences en phase d'exploitation.....   | 72 |
| 5.3.         | Incidences sur les eaux pluviales.....  | 72 |
| 5.3.1.       | Objectif de protection.....   | 72 |
| 5.3.2.       | Principe de gestion des eaux pluviales.....   | 73 |
| 5.3.3.       | Méthode de dimensionnement des infrastructures de drainage des eaux pluviales.....                                | 75 |
| 5.3.3.1.     | Présentation des infrastructures de drainage.....   | 76 |
| 5.3.3.2.     | Justification de la mise en œuvre d'une modélisation pour le dimensionnement des infrastructures de drainage..... | 78 |
| 5.3.4.       | Modélisation des réseaux d'eaux pluviales.....  | 79 |

|              |  |     |
|--------------|--|-----|
| 5.3.4.1.     | Modèle hydrologique .....  | 79  |
| 5.3.4.2.     | Modèle hydraulique .....   | 82  |
| 5.3.4.3.     | Résultats des dimensionnements .....   | 83  |
| 5.3.5.       | Analyse du fonctionnement du système modélisé .....                                    | 85  |
| 5.3.5.1.     | Fonctionnement des bassins de rétention projetés .....                                 | 85  |
| 5.3.5.2.     | Analyse de la capacité de l'ouvrage cadre existant rue de la Carrière .....            | 85  |
| 5.3.5.3.     | Analyse des vitesses d'écoulement dans le réseau projeté .....                         | 86  |
| 5.3.5.4.     | Mise en évidence des débordements pour la pluie de projet de période de retour 100 ans | 88  |
| 5.4.         | Mesures compensatoires pour les écoulements pluviaux .....                             | 89  |
| 5.4.1.       | Evaluation des débits de fuite des bassins de rétention .....                          | 90  |
| 5.4.2.       | Dimensionnement des bassins de rétention .....   | 90  |
| 5.4.3.       | Nature des aménagements proposés.....  | 92  |
| 5.4.4.       | Précisions sur les bassins de rétention .....  | 94  |
| 5.4.5.       | Entretien général.....   | 94  |
| 5.4.6.       | Entretien des ouvrages et réseaux.....   | 94  |
| 5.5.         | Incidences sur les écoulements de la rivière Mro Oua Doujani et ses affluents .....    | 96  |
| 5.5.1.       | Choix des périodes de retour .....   | 96  |
| 5.5.2.       | Principe de dimensionnement des ouvrages de franchissements .....                      | 96  |
| 5.5.3.       | Analyse hydrologique.....  | 96  |
| 5.5.3.1.     | Présentation des bassins versant à l'état initial.....                                 | 96  |
| 5.5.3.2.     | Caractéristiques des bassins versant à l'état initial .....                            | 98  |
| 5.5.3.2.1.   | <i>Caractéristiques hydromorphologiques</i> .....                                      | 98  |
| 5.5.3.2.2.   | <i>Détermination du temps de concentration</i> .....                                   | 98  |
| 5.5.3.2.3.   | <i>Cadre hydraulique</i> .....   | 99  |
| 5.5.3.2.4.   | <i>Définition du coefficient de ruissellement</i> .....                                | 99  |
| 5.5.3.2.5.   | <i>Résultats pour un débit de crue d'occurrence centennale</i> .....                   | 100 |
| 5.5.4.       | Modélisation hydraulique 2D .....  | 102 |
| 5.5.4.1.     | Présentation du logiciel.....  | 102 |
| 5.5.4.1.1.   | <i>Module 2D</i> .....   | 102 |
| 5.5.4.1.2.   | <i>Intérêt</i> .....   | 102 |
| 5.5.4.1.3.   | <i>Moteur hydraulique 2D</i> .....   | 103 |
| 5.5.4.1.4.   | <i>Mailleur 2D</i> .....   | 103 |
| 5.5.4.2.     | Scénarios .....  | 104 |
| 5.5.4.3.     | Construction du Modèle Numérique de Terrain.....                                       | 105 |
| 5.5.4.3.1.   | <i>Introduction</i> .....  | 105 |
| 5.5.4.3.2.   | <i>Sources et données utilisées</i> .....  | 105 |
| 5.5.4.3.2.1. | <i>Relevés topographiques par drone et voie terrestre</i> .....                        | 105 |

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| 5.5.4.3.2.2. | <i>Litto 3D à 1m</i> .....  | 105 |
| 5.5.4.3.3.   | <i>Construction des lignes caractéristiques</i> .....                                 | 105 |
| 5.5.4.3.4.   | <i>Intégration des ouvrages hydrauliques</i> .....                                    | 106 |
| 5.5.4.3.5.   | <i>Intégration des réseaux de gestion des eaux pluviales</i> .....                    | 107 |
| 5.5.4.3.5.1. | <i>Les réseaux d'écoulement des eaux</i> .....  | 107 |
| 5.5.4.3.5.2. | <i>Rugosité des réseaux d'eaux pluviales</i> .....                                    | 107 |
| 5.5.4.3.5.3. | <i>Construction du modèle des écoulements des eaux pluviales</i> .....                | 108 |
| 5.5.4.3.5.4. | <i>Présentation des résultats</i> .....   | 110 |
| 5.5.4.3.6.   | <i>Résultats du Modèle Numérique de terrain</i> .....                                 | 111 |
| 5.5.4.4.     | <i>Conditions aux limites</i> .....   | 112 |
| 5.5.4.4.1.   | <i>Débit</i> .....  | 112 |
| 5.5.4.4.2.   | <i>Conditions aux limites</i> .....   | 113 |
| 5.5.4.5.     | <i>Paramètres de modélisation</i> .....   | 113 |
| 5.5.4.5.1.   | <i>Coefficient de rugosité</i> .....  | 113 |
| 5.5.4.5.2.   | <i>Intégration des bâtiments</i> .....  | 114 |
| 5.5.4.5.3.   | <i>Calage du modèle</i> .....   | 114 |
| 5.5.4.6.     | <i>Architecture du modèle</i> .....   | 115 |
| 5.5.4.7.     | <i>Résultats du scénario 1 – Etat initial</i> .....                                   | 116 |
| 5.5.4.7.1.   | <i>Analyse globale des résultats</i> .....  | 119 |
| 5.5.4.7.2.   | <i>Analyse spatio-temporelle de la crue centennale</i> .....                          | 121 |
| 5.5.4.7.2.1. | <i>Problématique de débordements de la rivière Doujani</i> .....                      | 121 |
| 5.5.4.7.2.2. | <i>Problématique de gestion des eaux de ruissellements</i> .....                      | 122 |
| 5.5.4.8.     | <i>Analyse des éléments de projet pris en compte dans la modélisation</i> .....       | 125 |
| 5.5.4.8.1.   | <i>Ouvrage de franchissement : passerelle piétonne</i> .....                          | 125 |
| 5.5.4.8.2.   | <i>Projet de renaturation de la rivière Doujani</i> .....                             | 127 |
| 5.5.4.8.2.1. | <i>Sectorisation des aménagements</i> .....   | 129 |
| 5.5.4.8.2.2. | <i>Stabilisation des berges au moyen de techniques végétales</i> .....                | 131 |
| 5.5.4.8.2.3. | <i>Stabilisation des berges au moyen de techniques mixtes</i> .....                   | 133 |
| 5.5.4.8.2.4. | <i>Végétalisation des berges</i> .....  | 134 |
| 5.5.4.8.2.5. | <i>Restauration et stabilisation du profil en long</i> .....                          | 135 |
| 5.5.4.8.3.   | <i>Intégration des hypothèses de déploiement des bâtiments du projet de ZAC</i> ..... | 137 |
| 5.5.4.8.4.   | <i>Intégration des infrastructures de drainage des eaux pluviales</i> .....           | 138 |
| 5.5.4.9.     | <i>Résultats du scénario 2 – Etat projet</i> .....                                    | 139 |
| 5.5.4.9.1.   | <i>Analyse globale des résultats</i> .....  | 139 |
| 5.5.4.9.2.   | <i>Incidences des éléments de projet pris en compte dans la modélisation</i> .....    | 142 |
| 5.5.4.9.2.1. | <i>Incidences de l'ouvrage de franchissement : passerelle piétonne</i> .....          | 142 |
| 5.5.4.9.2.2. | <i>Incidences des travaux de renaturation de la rivière Doujani</i> .....             | 145 |

---

|  |     |
|--|-----|
| 5.5.4.9.2.2.1. Incidences de la suppression de l'ouvrage busé et des travaux de reprofilage des berges sur le secteur amont..... | 145 |
| 5.5.4.9.2.2.2. Incidences des travaux de reprofilage des berges sur le secteur médian .....                                      | 146 |
| 5.5.4.9.2.2.3. Incidences des travaux de reprofilage des berges sur le secteur aval .....  | 147 |
| 5.5.4.9.2.3. <i>Incidences des bâtiments du projet de ZAC</i> .....  | 148 |
| 5.5.4.9.2.4. <i>Incidences des infrastructures de drainage des eaux pluviales</i> .....  | 149 |
| 5.5.4.10. Conclusion.....  | 150 |
| 6.1. Rapport d'étude hydraulique – Janvier 2023.....   | 151 |
| 6.2. Plan détaillé des sous-bassins versants .....   | 151 |
| 6.3. Plan détaillé du système de drainage .....  | 151 |
| 6.4. Plan hydraulique.....   | 151 |
| 6.5. Plan des réseaux projetés d'eaux pluviales et d'eaux usées_Planche 1 .....  | 151 |
| 6.6. Plan des réseaux projetés d'eaux pluviales et d'eaux usées_Planche 2 .....  | 151 |
| 6.7. Coupes type sur bassins de rétention.....   | 151 |
| 6.8. Principe de réseaux sur escalier .....  | 151 |
| 6.9. Fiches synthétiques ouvrages rétention.....   | 151 |

## LISTE DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....  | 14 |
| Figure 2 : Code de l'environnement – Nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-3 du Code de l'Environnement ..... | 16 |
| Figure 3 : Organisation générale et intentions d'aménagement de la ZAC Doujani (Source : AVP Janvier 2023 - SCE).....  | 17 |
| Figure 4 : Hypothèses de programmation retenues pour le déploiement des îlots.....   | 20 |
| Figure 5 : Infrastructures urbaines et paysagères du projet d'aménagement du quartier de Doujani   | 21 |
| Figure 6 : Profil en travers de la route de la carrière .....  | 22 |
| Figure 7 : Profil en travers de la route de la crête – Sans stationnement .....  | 23 |
| Figure 8 : Profil en travers de la route de la crête – Sans stationnement .....  | 23 |
| Figure 9 : Profil en travers rue des Coteaux dans la montée .....  | 24 |
| Figure 10 : Profil en travers rue des Coteaux sur l'intercepteur.....  | 25 |
| Figure 11 : Profil en travers rue des Coteaux – Secteur 2.....   | 25 |
| Figure 12 : Profil des intercepteurs « urbains ».....  | 26 |
| Figure 13 : Illustration des descentes d'eaux tuilées.....   | 28 |
| Figure 14 : Principes de gestion hydraulique à l'échelle du projet de ZAC.....   | 29 |
| Figure 15 : Coupe type des aménagements de réhabilitation des coteaux.....   | 30 |
| Figure 16 : Aménagement des coteaux par la création d'intercepteurs des eaux de ruissellements...31  |    |
| Figure 8 : Coupe de principe et illustration 3D des aménagements des coteaux .....   | 33 |
| Figure 18 : Cartographie synthétique du projet de renaturation de la rivière Doujani .....   | 36 |
| Figure 19 : Profil type d'aménagement PT1.....   | 37 |
| Figure 20 : Profil type d'aménagement PT2.....   | 38 |
| Figure 21 : Profil type d'aménagement PT3.....   | 39 |
| Figure 22 : Plan de localisation de la passerelle projetée.....  | 40 |
| Figure 23 : Plan d'implantation de la passerelle projetée .....  | 40 |
| Figure 24 : Carrière existante en limite ouest de la zone d'étude.....   | 41 |
| Figure 25 : Réseau hydrographique de la zone d'étude.....  | 43 |
| Figure 26 : Vues 3D de la zone d'étude basées sur la LITTO 3D à 1m et les levés topographiques réalisés par drone.....   | 44 |
| Figure 27 : Exemple de profil en travers réalisé à partir des données topographiques existantes.....   | 44 |
| Figure 28 : Phénomènes érosifs observés en partie médiane .....  | 45 |
| Figure 29 : Relation de courant dans un méandre.....   | 46 |
| Figure 30 : Erosion régressive faisant apparaître les systèmes racinaires.....   | 46 |

---

|  |    |
|--|----|
| Figure 31 : Ouvrage de franchissement détruit lors d'une précédente crue .....   | 47 |
| Figure 32 : Phénomènes d'incision du lit observés sur la partie aval de la zone d'étude.....   | 47 |
| Figure 33 : Embâcles formés par des bambous après effondrement de la berge .....   | 48 |
| Figure 34 : Lit enroché sur la partie amont de la zone d'étude .....   | 49 |
| Figure 35 : Affleurements rocheux, existants en partie aval.....   | 49 |
| Figure 36 : Versant mis à nu pour l'exploitation agricole ou la création d'habitations. ....   | 50 |
| Figure 37 : Fossé en terre mis en œuvre le long de la piste.....   | 51 |
| Figure 38 : Plantation de bananes au niveau de la ravine (amont de la piste) et cheminement des eaux au travers des habitations (aval de la piste). .... | 51 |
| Figure 39 : Talus stabilisé au moyen de pneus.....   | 52 |
| Figure 40 : Tôles ondulées ou « gabions » faisant office de protections de berges.....   | 52 |
| Figure 41 : Ouvrages de type seuils présents en partie amont de la zone d'étude .....  | 53 |
| Figure 42 : Seuil artificiel (hauteur de chute d'environ 1,20m) permettant de stabiliser le profil en long de la rivière.....                            | 54 |
| Figure 43 : Ouvrage busé dégradé sous l'action des submersions successives. ....   | 55 |
| Figure 44 : illustration de la passerelle depuis l'amont vers l'aval .....   | 55 |
| Figure 45 : Ouvrage de franchissement de la RN2 au droit de l'exutoire en mer.....   | 56 |
| Figure 46 : Ouvrage busé partiellement comblé permettant la transparence hydraulique .....   | 56 |
| Figure 47 : Cunettes bétonnées en « v » et enrochement liaisonné en partie aval.....   | 57 |
| Figure 48 : Ouvrage de gestion des eaux de ruissèlement existant à l'extrémité aval.....   | 57 |
| Figure 49 – Profil type du tronçon homogène 1 : embouchure saumâtre influencée par le milieu marin .....   | 60 |
| Figure 50 – Profil type du tronçon homogène 2 : zone fortement anthropisée et dégradée pour l'ensemble des approches.....                                | 61 |
| Figure 51 – Profil type du tronçon homogène 3 : zone diversifiée en termes de morphologie et d'habitats .....  | 62 |
| Figure 52 : cartographie du zonage d'aléa mouvement de terrain au droit du site de projet .....  | 64 |
| Figure 53. Cartographie du risque MVT sur la zone d'étude .....  | 65 |
| Figure 54. Cartographie de l'aléa inondation par inondation et ruissèlement sur la zone d'étude ....   | 66 |
| Figure 55 : Cartographie des aléas de submersion marine et retrait du trait de cote .....  | 67 |
| Figure 56 : Cartographie du plan de prévention des risques naturels sur la zone d'étude .....  | 68 |
| Figure 57 : Principe de rétention des MES.....   | 69 |
| Figure 58 : Périodes de retour règlementaires (Extrait de la Norme NF EN 752-2).....   | 72 |
| Figure 59 : Cartographie des différents aménagements de gestion des eaux pluviales.....  | 74 |

|  |           |
|--|-----------|
| Figure 60 : Cartographie des principaux bassins versants associés aux ouvrages de franchissement et de rétention .....   | 80        |
| Figure 61 : Cartographie des sous-bassins versants découpés et leurs coefficients de ruissellement associé .....   | 81        |
| Figure 62 : Vue en plan du modèle hydrologique et hydraulique sous PCSWMM.....   | 82        |
| Figure 63 : Extrait de la vue en plan détaillée des différents dimensionnements.....   | 84        |
| Figure 64 : Evolution du remplissage du bassin de rétention BR1 au nœud BR1a et BR1b – périodes de retour 20 et 100 ans .....  | 85        |
| Figure 65 : Profil en long de l'ouvrage cadre existant sur la rue de la carrière.....  | 85        |
| Figure 66 : hydrogrammes simulés au droit de l'exutoire de l'ouvrage cadre de la rue de la Carrière .....  | 86        |
| Figure 67 : hydrogrammes simulés au droit de l'exutoire de l'ouvrage cadre de la rue de la Carrière .....  | 86        |
| Figure 68 : Cartographie des vitesses d'écoulement maximales simulées pour la période de retour 20 ans. ....   | 87        |
| Figure 69 : Cartographie des points de débordements et volumes associés pour la crue d'occurrence centennale.....  | 88        |
| Figure 70 : Schéma fonctionnel du bassin de rétention .....  | 89        |
| Figure 71 : Calcul des débits de fuite des bassins de rétention à aménager.....  | 90        |
| Figure 72 : Synthèse des volumes de rétention à implanter .....  | 90        |
| Figure 73 : Evolution du remplissage du bassin de rétention BR2 – périodes de retour 20 et 100 ans .....   | 91        |
| <i>Figure 74 : Plans d'implantation des bassins de rétention sur l'emprise du projet de ZAC .....</i>  | <i>92</i> |
| <i>Figure 75 : Exemple de coupes type des bassins de rétention .....</i>   | <i>93</i> |
| Figure 76 : Cartographie des bassins versants de la rivière Mro Oua Doujani à l'état initial .....   | 97        |
| Figure 77 : Caractéristiques des bassins versants.....   | 98        |
| Figure 78 : Temps de concentration des bassins versants de la zone d'étude .....   | 98        |
| Figure 79 : Valeurs des coefficients de ruissellement.....   | 99        |
| Figure 80 : Coefficients de ruissellement pour chaque bassin versant .....   | 100       |
| Figure 81 : Débits de projet (période de retour 2, 10, 20, 30 et 100 ans) .....  | 101       |
| Figure 82 : Intégration des ouvrages hydrauliques au sein du MNT.....  | 106       |
| Figure 83 : Dimensions des réseaux retenues dans la modélisation.....  | 108       |
| Figure 84 : Architecture du réseau de gestion des eaux pluviales existants.....  | 109       |
| Figure 85 : Architecture du réseau de gestion des eaux pluviales dans le village de Doujani et des BV associés aux principaux exutoires pris en compte dans la modélisation..... | 109       |
| Figure 86 : Illustrations d'un profil en long de canalisation et de son interprétation .....   | 110       |

|   |            |
|---|------------|
| Figure 87 : Couplage MNT et orthophographie de la zone d'étude .....  | 111        |
| Figure 88: Hydrogrammes injectés dans le modèle .....   | 112        |
| Figure 89: Cote altimétrique des eaux pour le cyclone de référence (Cycloref Phase 2 : caractéristaion et cartographie de l'aléa submersion marine sur les communes littorales de Mayotte (BRGM juin 2016) .....  | 113        |
| Figure 90: Architecture du modèle .....   | 115        |
| Figure 91 : Illustration 3D des écoulements d'une crue centennale de la rivière Mrto Oua Doujani et ses affluents sur la zone d'étude (Etat initial) .....  | 116        |
| Figure 92 : cartographie des hauteurs d'eau maximales (Etat initial) .....  | 117        |
| Figure 93 : cartographie des vitesses d'écoulements maximales (Etat initial).....   | 118        |
| Figure 94 : Localisation des secteurs problématiques de la zone d'étude (Etat initial) .....  | 120        |
| Figure 95 : Zoom sur les écoulements et leurs orientations au droit du secteur 1 (Etat initial).....  | 122        |
| Figure 96 : Zoom sur les écoulements et leurs orientations au droit du secteur 4 (Etat initial).....  | 124        |
| Figure 97 : Illustrations des phénomènes de lessivage des sols et d'érosion de berges induit par le ruissellement. ....   | 124        |
| <i>Figure 98 : Vue en plan de la passerelle piétonne .....</i>  | <i>125</i> |
| <i>Figure 99 : Illustration de la passerelle envisagée : passerelle de type quadri-poutres.....</i>   | <i>126</i> |
| <i>Figure 100 : Illustration des garde-corps envisagé .....</i>   | <i>126</i> |
| Figure 101. Vues schématiques, en coupe et en plan, d'un seuil en blocs de type rampe.....  | 130        |
| Figure 102. Exemple de réalisation d'une fascine en cours de réalisation.....   | 131        |
| Figure 103. Exemple de réalisation d'une fascine, en fin de travaux photo de gauche et après une saison de végétation photo de droit.....   | 132        |
| Figure 104. Profil en travers des ouvrages de protections de berges en technique végétale .....   | 132        |
| Figure 105. Exemple de chantier de restauration et stabilisation de berges au moyen de techniques mixtes : empierrement sous-fluvial et lits de plants et plançons renforcés par des boudins de géotextile. Etat de l'ouvrage en cours de chantier puis six mois après l'achèvement des travaux... .. | 133        |
| Figure 106. Profil en travers des ouvrages de protections de berges en technique mixte .....  | 133        |
| Figure 107. Profil en travers des travaux de végétalisation de berges.....  | 134        |
| Figure 108. Vues de détail de différents seuils en blocs : .....  | 135        |
| Figure 109. Vue schématique, en coupe et en plan, d'un seuil en blocs de type rampe.....  | 136        |
| Figure 110 : Intégration des bâtiments à l'état initial puis à l'état projet .....  | 137        |
| Figure 111 : Intégration des ouvrages hydrauliques au sein du MNT – Comparaison entre état initial et état projet.....  | 138        |
| Figure 112 : Illustration 3D des écoulements d'une crue centennale de la rivière Mro Oua Doujani et ses affluents sur la zone d'étude (Etat projet) .....   | 139        |
| Figure 113 : Cartographie des hauteurs d'eau maximales (Etat projet).....   | 140        |

---

|  |     |
|--|-----|
| Figure 114 : Cartographie des vitesses d'écoulements maximales (Etat projet) .....                                     | 141 |
| Figure 115 : Illustration 3D des hauteurs d'eau au droit de l'ouvrage .....  | 142 |
| Figure 116 : Illustration 3D des hauteurs d'eau au droit de l'ouvrage avec photographie aérienne                       | 143 |
| Figure 117 : Comparaison des hauteurs d'eau à l'état initial puis à l'état projet. ....                                | 144 |
| Figure 118 : Comparaison des hauteurs d'eau entre l'état initial et l'état projet au droit du secteur amont.....       | 145 |
| Figure 119 : Comparaison des hauteurs d'eau entre l'état initial et l'état projet au droit du secteur médian .....     | 146 |
| Figure 120 : Comparaison des hauteurs d'eau entre l'état initial et l'état projet au droit du secteur aval .....       | 147 |
| Figure 121 : Superposition de l'aléa inondation et du projet d'implantation des futurs ilots de la ZAC .....           | 148 |
| Figure 122 : Incidences des bâtiments sur les écoulements à l'état initial puis à l'état projet.....                   | 148 |
| Figure 123 : Incidences des ouvrages de franchissements sur les écoulements à l'état initial puis à l'état projet..... | 149 |

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Cette opération d'aménagement urbain s'inscrit dans la reprise des opérations déjà lancées en 2009 mais n'ayant abouti suite à un déséquilibre financier.

Un premier schéma du secteur a été élaboré entre 2004 et 2005 portant sur 124ha correspondant à l'ensemble de la vallée de Doujani, la zone d'étude d'extension possible a été ramenée à environ 35ha.

Situé sur le coteau sud du bassin versant de la Mro Oua Doujani, il existe plusieurs contraintes techniques sur le secteur, notamment topographiques, géotechniques et hydrauliques.

Une importance devra également être apportée à la gestion des eaux pluviales sur le secteur et à l'intégration de la rivière Mro Oua Doujani.

Enfin, le secteur étant occupé en partie par des populations étrangères logeant dans des habitations sommaires, une enquête sociale devra être réalisée portant sur la prise en charge de ses populations et leur relogement.

Au regard du contexte particulier de la zone de travaux et de sa sensibilité intrinsèque liée à la fois à la sensibilité des milieux physique et naturel, ainsi qu'aux enjeux liés au milieu humain, le projet est soumis à des procédures réglementaires environnementales conditionnant sa réalisation.

## 1.2. LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le projet d'aménagement de la ZAC Doujani est localisé au Sud du village de Mtsapéré, sur la commune de Mamoudzou. C'est une zone d'aménagement stratégique, située à l'entrée Sud de Mamoudzou et reliée au centre-ville par la voie rapide du terre-plein de Mtsapéré.

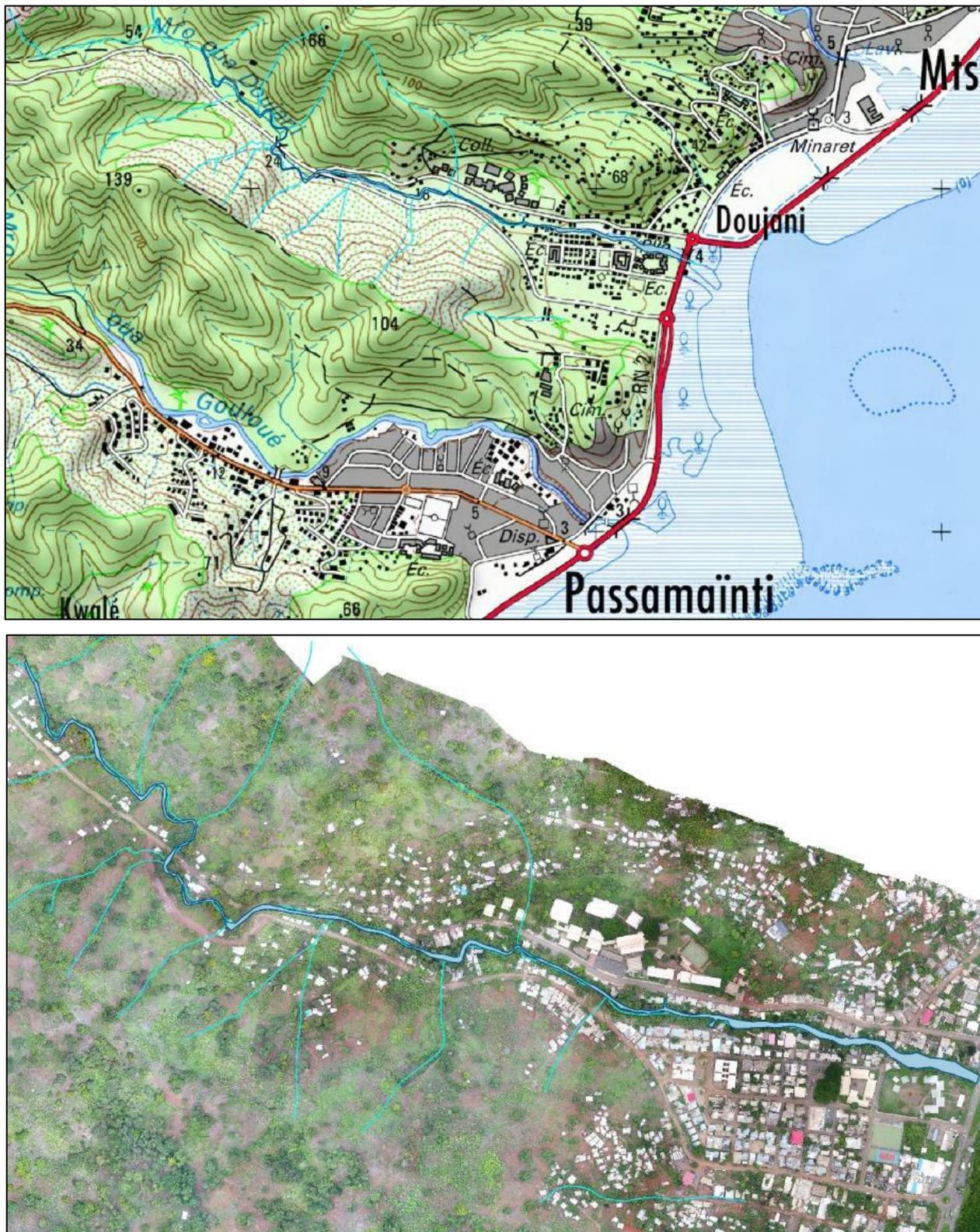


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

### **1.3. OBJECTIFS DU RAPPORT**

Le présent rapport correspond à l'étude hydraulique de gestion des eaux pluviales, au stade AVP. Ses objectifs sont de :

- Réaliser une étude hydraulique de la zone d'étude comprenant une modélisation des écoulements à l'état initial puis à l'état projet intégrant l'intégralité du projet d'aménagement de la ZAC Doujani,
- Analyser les incidences du projet au niveau des écoulements de la rivière Doujani mais également en termes de gestion des eaux pluviales,
- Définir les mesures compensatoires nécessaires à une gestion efficace et durable des écoulements et eaux pluviales (ouvrages de franchissements, intercepteurs en amont, réseau sous voirie et bassin de rétention).

## 2. RUBRIQUES DE LA NOMENCLATURE

Chaque aménagement doit être analysé au regard de la réglementation en vigueur et la procédure auquel il est soumis doit être renseignée. La nomenclature des installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles [L. 214-1](#) à [L. 214-6](#) figure au tableau de l'article R.214-1 du Code de l'Environnement.

La nomenclature stipule à travers son article 10, que des installations, ouvrages, travaux et activités, soient soumises à autorisation ou à simple déclaration, suivant les dangers qu'ils présentent et la gravité de leurs effets sur la ressource en eau et les écosystèmes aquatiques. Les installations, ouvrages, travaux et activités concernés sont définis dans une nomenclature établie par décret en Conseil d'État après avis du Comité National de l'eau.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
| <b>2.1.5.0</b> : Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant : |   |                     |
| 1  | Supérieure ou égale à 20 ha,  | <b>Autorisation</b> |
| 2  | Supérieure à 1 ha, mais inférieure à 20 ha.   | Déclaration         |
| <b>3.1.2.0</b> : Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :           |   |                     |
| 1  | Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100m  | <b>Autorisation</b> |
| 2  | Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100m   | Déclaration         |
| <b>3.1.4.0</b> : Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :  |   |                     |
| 1  | Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 200m  | <b>Autorisation</b> |
| 2  | Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 20m mais inférieure à 200m                  | Déclaration         |
| <b>3.2.2.0</b> : Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau   |   |                     |
| 1  | Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m <sup>2</sup>                                    | Autorisation        |
| 2  | Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m <sup>2</sup> et inférieure à 10 000 m <sup>2</sup> | <b>Déclaration</b>  |

Figure 2 : Code de l'environnement – Nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-3 du Code de l'Environnement

### 3. PRESENTATION DE L'OPERATION ET DES AMENAGEMENTS

#### 3.1. DESCRIPTION GENERALE DES AMENAGEMENTS

Le plan présenté ci-dessous est extrait du plan guide réalisé par la maîtrise d'œuvre au niveau AVP. La présente note a pour objet de présenter les incidences du projet et notamment les travaux de mise en œuvre d'infrastructures de drainage et de franchissements, les travaux de renaturation de la rivière Doujani ainsi que les travaux de VRD nécessaires à l'aménagement de la ZAC.

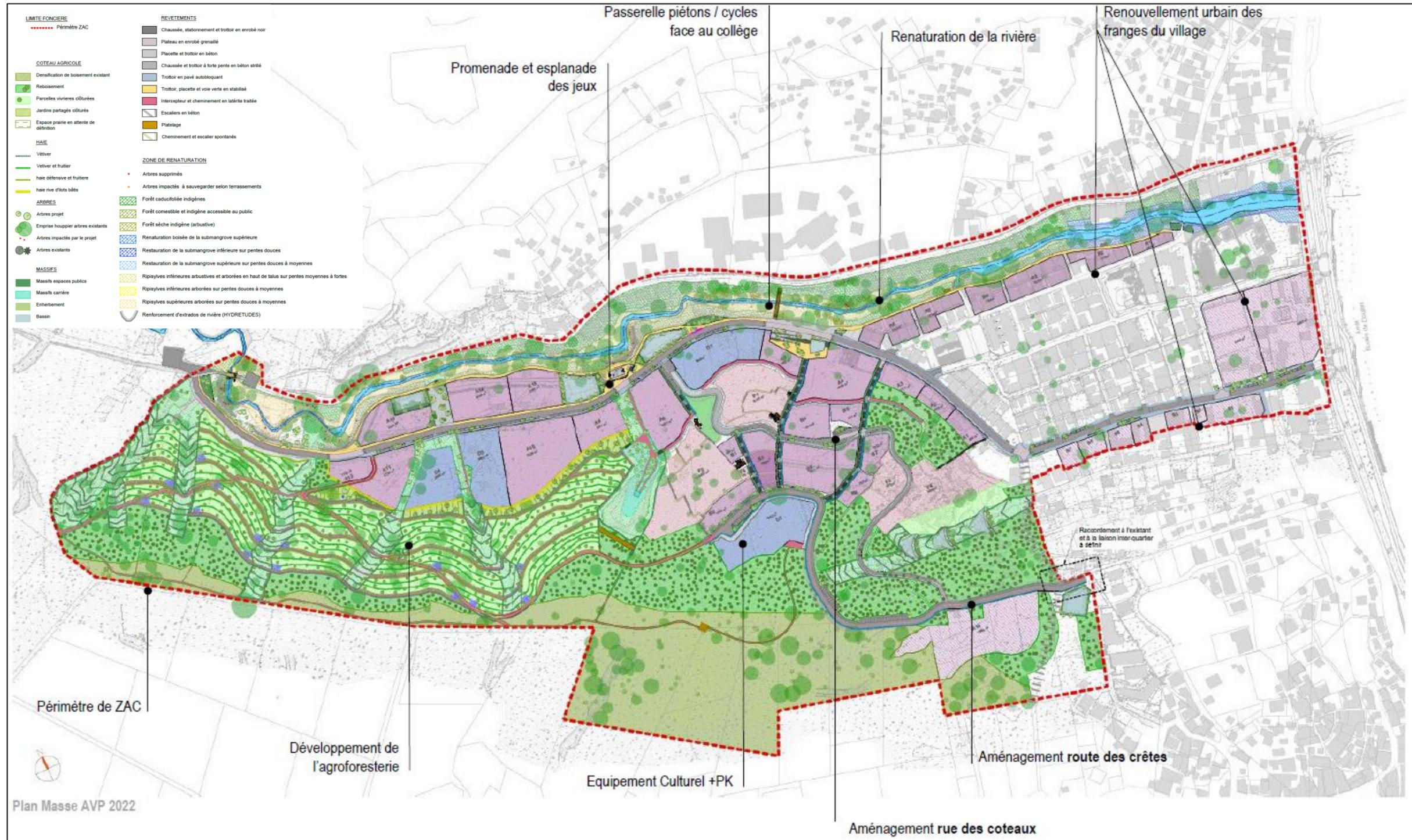


Figure 3 : Organisation générale et intentions d'aménagement de la ZAC Doujani (Source : AVP Janvier 2023 - SCE)

A l'instar de l'AVP 2021, les principes d'aménagement s'appuient sur la géographie du site et notamment les pentes.

Une première approche pragmatique prenant en considération l'acceptabilité technique a fait émerger le schéma prospectif suivant :

- Pente entre 0 et 10% : implantation des routes / bassins / équipement sportifs ;
- Pente entre 10 et 20 % : implantation majoritaire des îlots cessibles ;
- Pente entre 20 et 30% : implantation possible d'îlots à coût modéré / agriculture ;
- Pente jusqu'à 35% : agriculture / agroforesterie ;
- Pente supérieure : Plantations de boisements.

Cette approche simplifiée a été croisée avec l'occupation actuelle du site, la réglementation en vigueur et plus particulièrement les risques naturels.

Le projet d'aménagement consiste à apporter un équilibre environnemental permettant de concilier les besoins en urbanisation et en agriculture, tout en favorisant la reconquête écologique des abords de la rivière Mro Wa Doujani (renaturation) et du coteau sud de Doujani (boisement des crêtes, maîtrise des écoulements d'eau de pluie et accompagnement végétal durable). Cela permettra non seulement de limiter l'érosion dans un premier temps et de favoriser la fertilité des sols dans un second temps, mais également de recréer un écrin vert et une continuité écologique (trame verte et bleue).

Les arbres existants seront maintenus. Seuls ceux impactés par les terrassements nécessaires et les circulations seront retirés. Les abords de la rivière feront donc l'objet d'une renaturation (assouplissement des profils, renforcement et plantation des berges avec des espèces locales, maîtrise des accès).

Les essences proposées sont des essences indigènes actuellement maîtrisées en production à Mayotte. Le Conservatoire Botanique National Mascarin (CBNM) a, dans le cadre du projet, été consulté pour avis sur les essences locales choisies.

L'aménagement du coteau sera lui aussi réorganisé. Les boisements situés sur les crêtes seront renforcés et étendus, assurant ainsi un couvert végétal dense (maintien des terres, enrichissement des sols, réservoir de biodiversité). Sous cet étage arboré, des parcelles vivrières se structureront selon un modèle d'agroforesterie. Entre ces exploitations et les îlots bâtis, des jardins partagés permettront aux habitants de cultiver leurs légumes. Dans le coteau, afin de freiner l'érosion, des caniveaux (intercepteurs complexes) installés parallèlement à la pente permettront de récupérer et rediriger les eaux de pluie vers les ravines. Des haies (intercepteurs simples) renforceront ce système tout en permettant l'infiltration en profondeur des eaux de ruissellement. Des aménagements paysagers des abords de la route de la carrière accompagneront les espaces publics (chemin de la rivière et les îlots bâtis...).

## 3.2. TRAVAUX DE VRD ET CREATION DES ILOTS

L'aménagement des V.R.D. du terrain consiste en la création de la viabilisation nécessaire à la desserte de l'opération. Il sera nécessaire d'y amener les réseaux, d'eau potable, télécom en tranchée commune avec le renforcement des réseaux électriques.

Les éléments intégrés et définis par la maîtrise d'œuvre correspondent aux itinéraires et au dimensionnement des réseaux, des voies ainsi que la répartition du stationnement, et le raccordement des voies et des réseaux à créer aux voies et aux réseaux existants.

Des hypothèses ont également été prises concernant la création des îlots de la ZAC. La programmation retenue, dans le cadre de l'AVP, pour le déploiement des îlots a été intégrée au présent rapport.

La création de la ZAC comprend :

- Des nettoyages de terrain, la démolition de bâtis et maçonneries existantes, l'évacuation des déblais non réutilisables provenant de ces travaux,
- La réalisation de la voirie, les stationnements ainsi que des extensions, des renforcements ou réfections à réaliser suite aux passages des réseaux,
- La réalisation du réseau d'eaux pluviales assainissant les eaux de voiries projetées et les eaux des bassins versants des îlots envisagés dans le cadre du projet. Leurs rejets se feront dans plusieurs bassins d'écroulement.
- La réalisation du réseau de distribution d'eau potable y compris les raccordements aux réseaux existants.
- La réalisation des réseaux d'éclairage, basse tension et haute tension y compris le raccordement au réseau EDF.
- La réalisation du génie civil du réseau télécom de distribution ainsi que son raccordement au réseau existant.
- La réalisation d'espaces plantés, le maintien et l'entretien des espaces boisés à conserver notamment dans le cadre du projet de renaturation de la rivière Doujani.

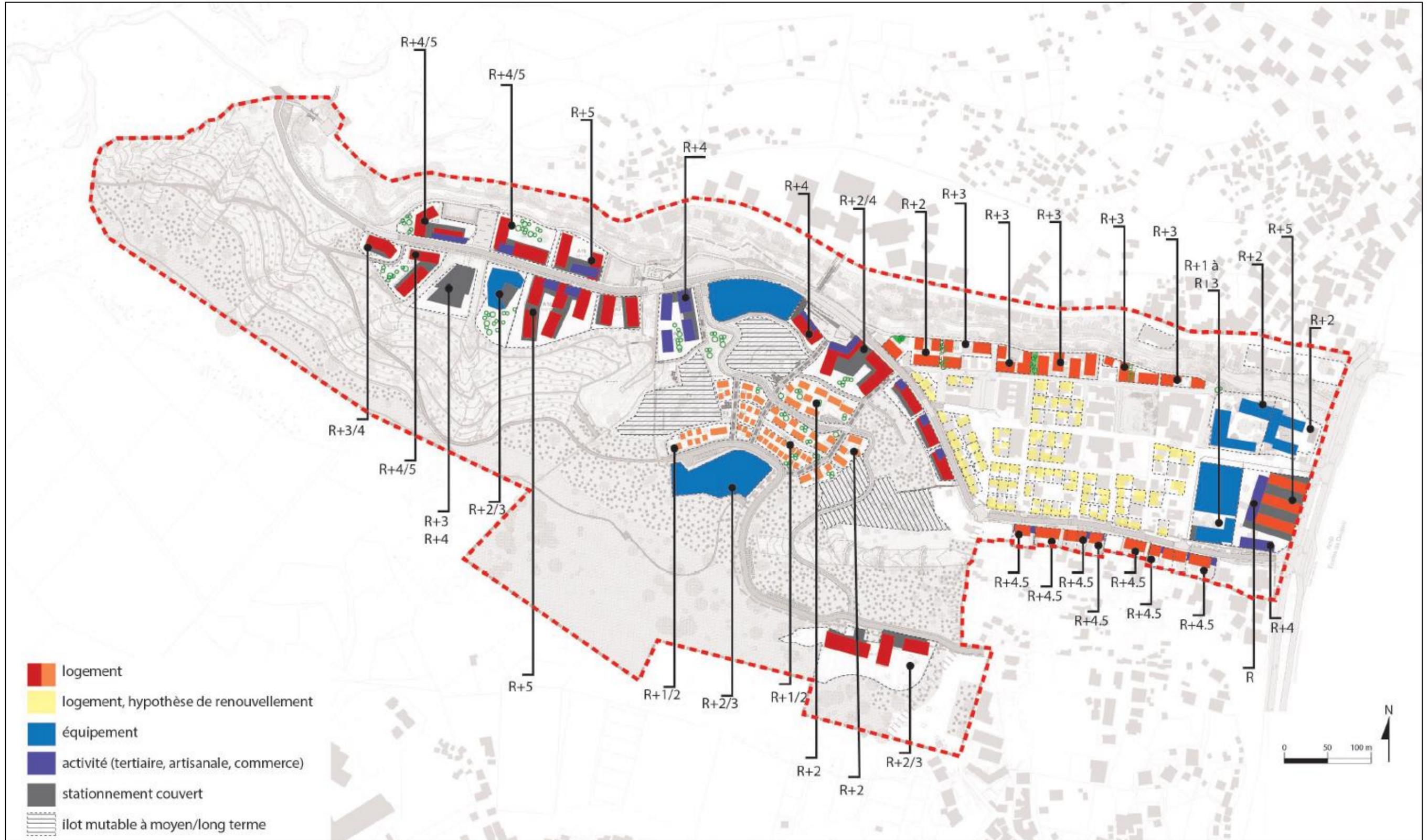


Figure 4 : Hypothèses de programmation retenues pour le déploiement des îlots



Figure 5 : Infrastructures urbaines et paysagères du projet d'aménagement du quartier de Doujani

### 3.2.1. CONSISTANCE DES TRAVAUX DE VOIRIES

#### 3.2.1.1. Rue de la carrière

L'implantation de la rue de la Carrière se fait donc globalement selon son profil en long existant. La partie extension, après le village, s'opère en remblai d'environ 50cm par rapport au TN pour éviter des terrassements en déblais déjà excédentaires dans le cadre du projet.

- Pente minimale en travers de 2.5%,
- Pente en long générale d'environ 3% vers le lagon.

Son profil en travers présente une chaussée de 6m encadré par deux trottoirs en bandes mixte arbres/stationnements.

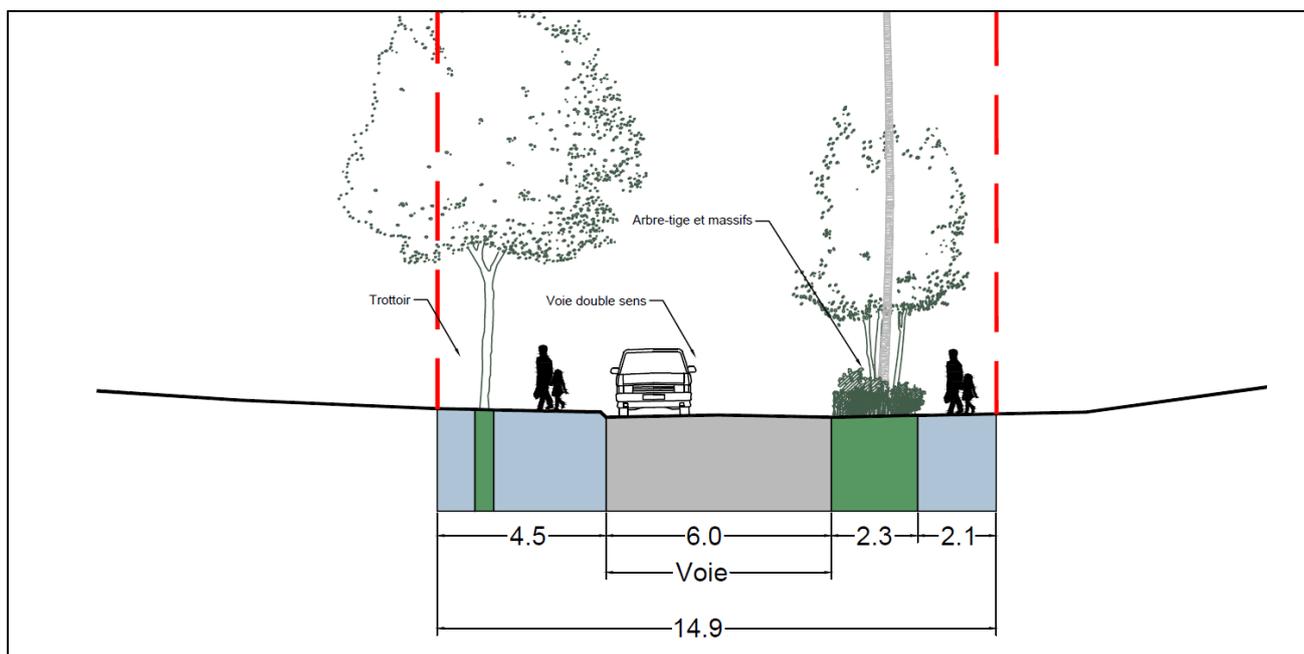


Figure 6 : Profil en travers de la route de la carrière

#### 3.2.1.2. Route des crêtes

La forte déclivité de cette route est liée à l'important différentiel d'altimétrie entre son point bas et son point haut et de l'impossibilité de créer une route « en lacets » du fait de l'encombrement disponible.

- Pente minimale en travers de 2.5%
- Pente en long générale d'environ 10%, avec un maximum à 15%.

Son profil en travers présente 2 voies et un trottoir sur l'ensemble du linéaire.

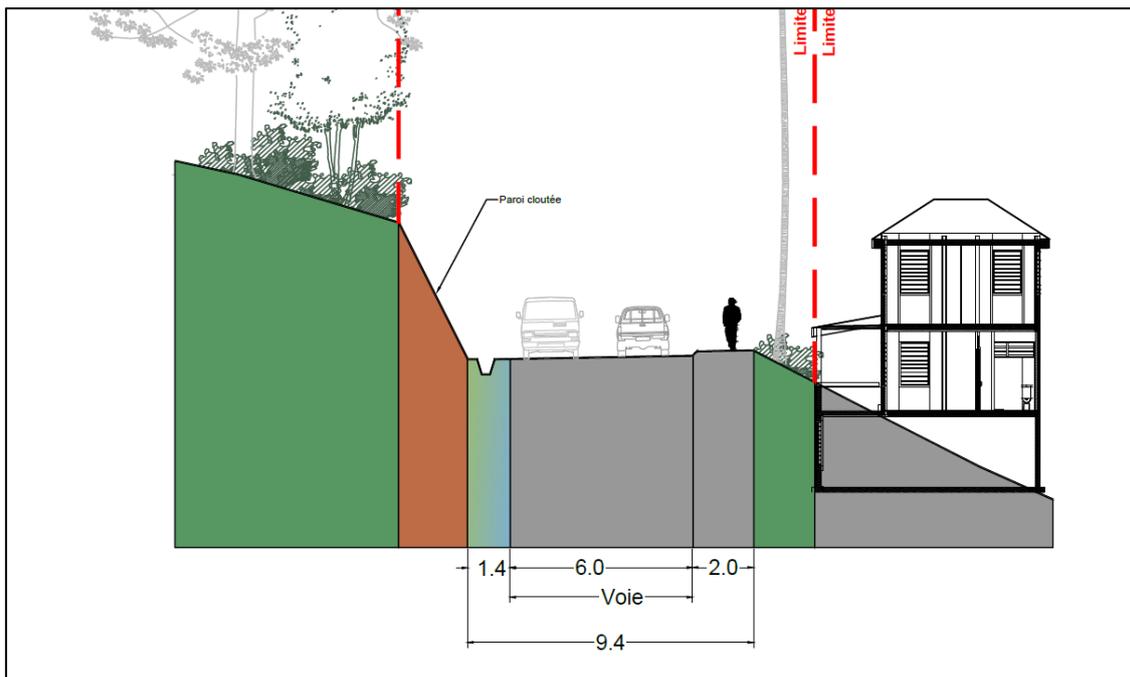


Figure 7 : Profil en travers de la route de la crête – Sans stationnement

À la suite d'une demande de l'EPFAM, plusieurs poches de stationnement ont été intégrées en complément. Cependant, il est important de rappeler les points suivants :

- Que ces surlargeurs nécessiteront de lourds terrassements complémentaires ;
- Que ces places, du fait de la forte pente, seront difficilement utilisables.

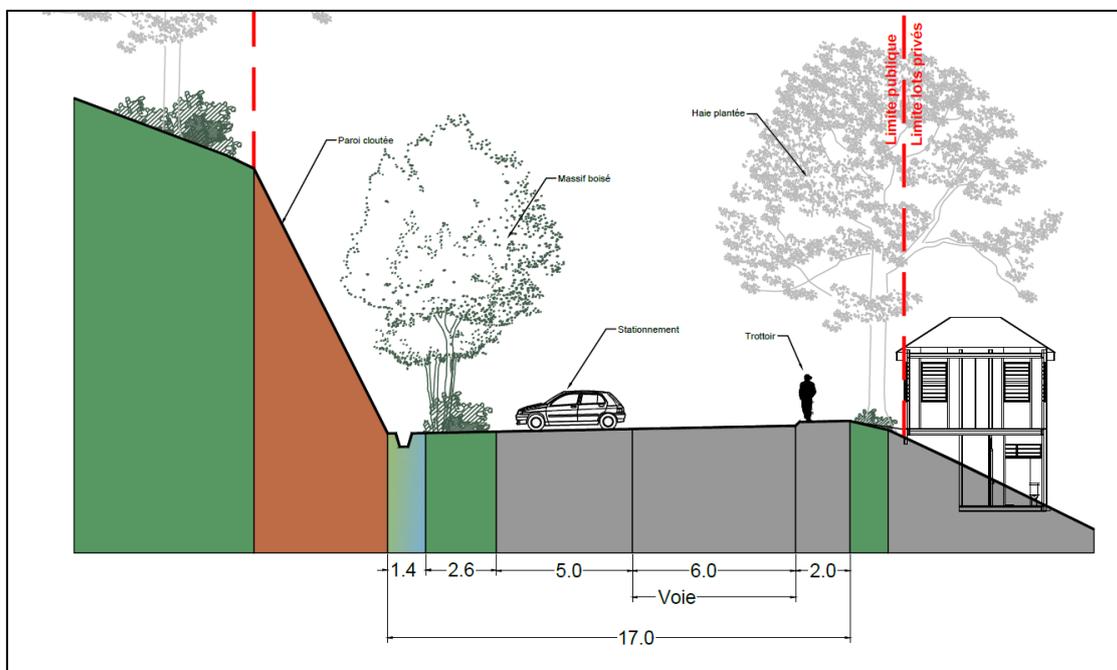


Figure 8 : Profil en travers de la route de la crête – Sans stationnement

En tranche 2, la route de la Crête devient une voie à sens unique sortant. Une palette de retournement est prévue en limite tranche 1 / tranche2.

### 3.2.1.3. Rue des coteaux

La rue sera en sens unique descendant. La voie ne sera pas accessible aux Poids Lourds.

#### 3.2.1.3.1. *Secteur 1 - De la rue de la Carrière jusqu'à l'ilot Davu Dago*

- Pente minimale en travers de 2%
- Pente en long maximale de 25% dans la montée (sur une cinquantaine de mètre)
- Pente en long de 2% sur la partie « intercepteur »

Son profil dans la montée est le suivant :

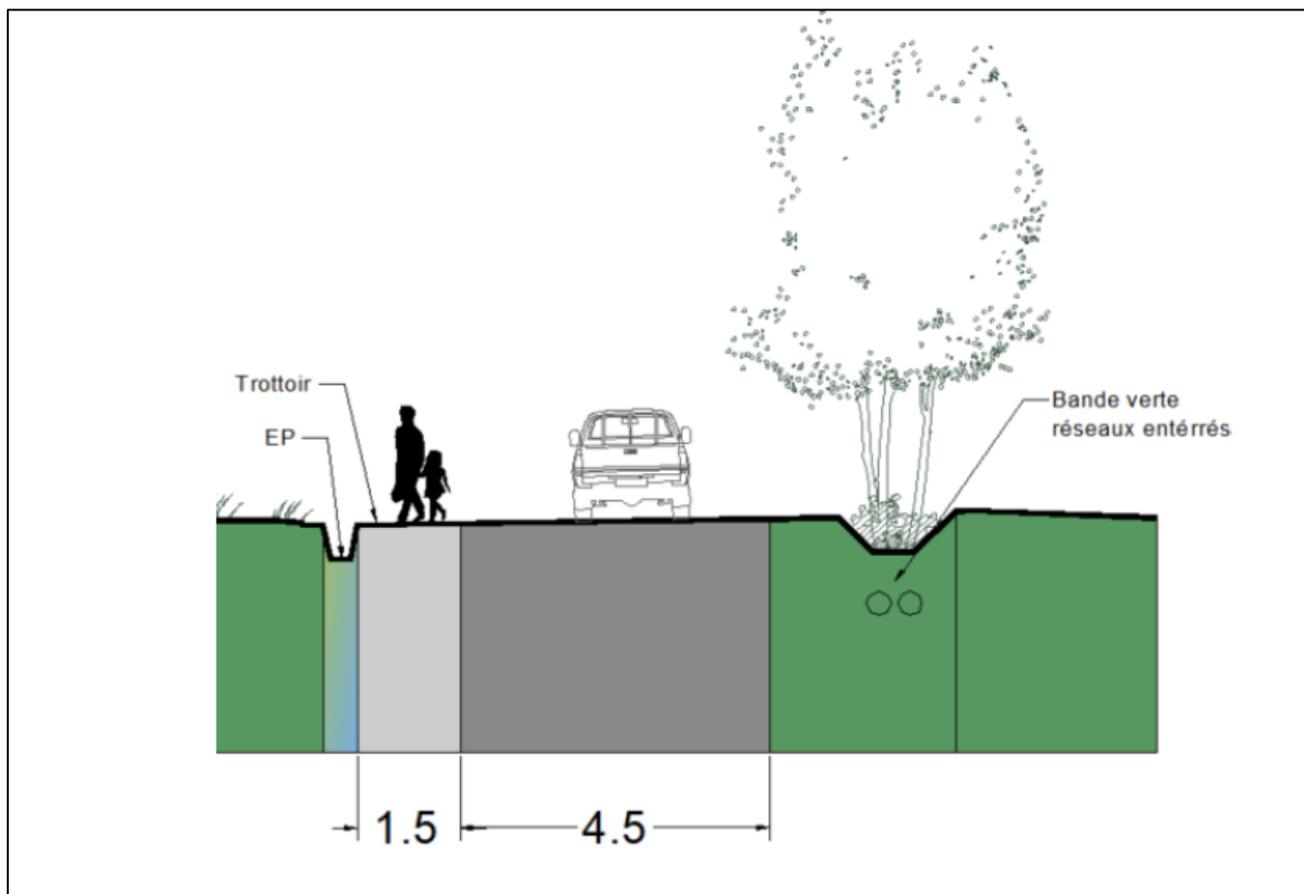


Figure 9 : Profil en travers rue des Coteaux dans la montée

La voie sera partagée avec le piéton (un marquage au sol délimitera l'espace piéton de la voirie). Dans les lacets une surlargeur de la voirie sera réalisée pour permettre la giration des véhicules.

Son profil sur l'intercepteur sera le suivant

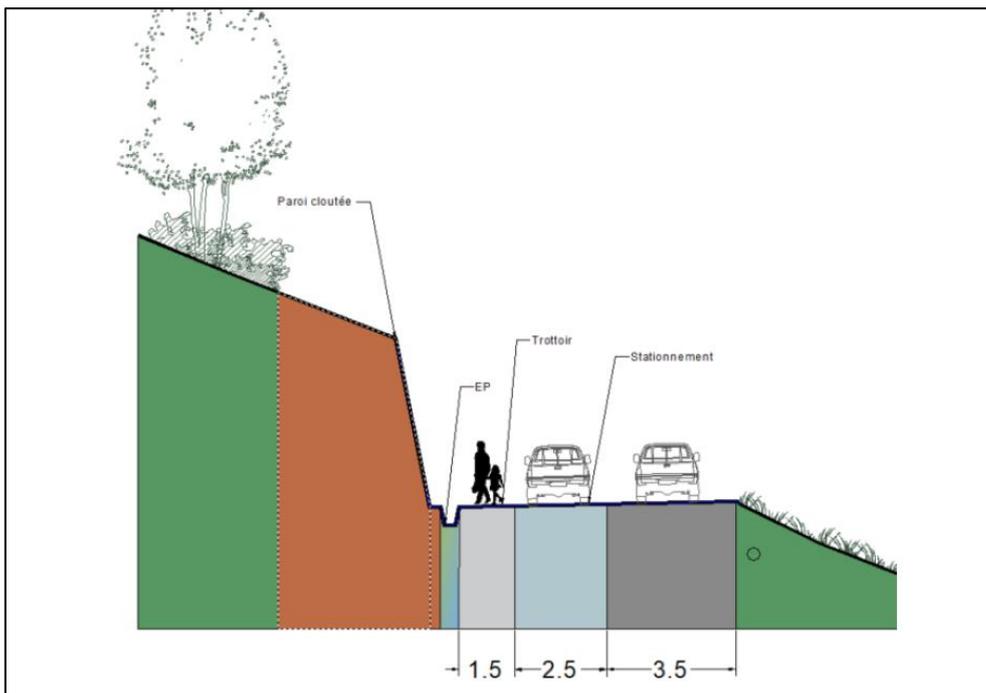


Figure 10 : Profil en travers rue des Coteaux sur l'intercepteur

Sur ce profil du stationnement longitudinal sera mis en œuvre. Le trottoir sera séparé de la voirie.

### 3.2.1.3.2. Secteur 2 - De l'îlot Davu Dago vers la route de la Crête

Ce profil suit l'intercepteur et descend en pente « douce » (6% en moyenne) vers la ravine et remonte sur les quarante derniers mètres à 15% sur la route de la Crête.

Son profil sera le suivant :

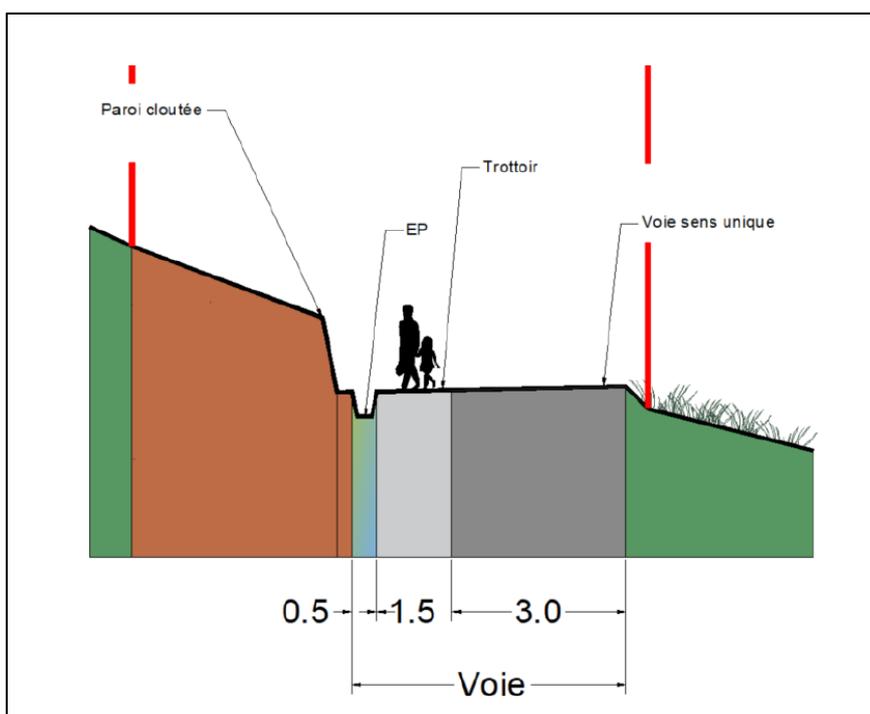


Figure 11 : Profil en travers rue des Coteaux – Secteur 2

### 3.2.1.4. Intercepteurs urbains

Ils sont calés sur les courbes de niveaux en visant une pente en long et en travers de 2%. Ainsi, les points de jonctions entre les intercepteurs et les escaliers seront des points durs de l'implantation de ces derniers.

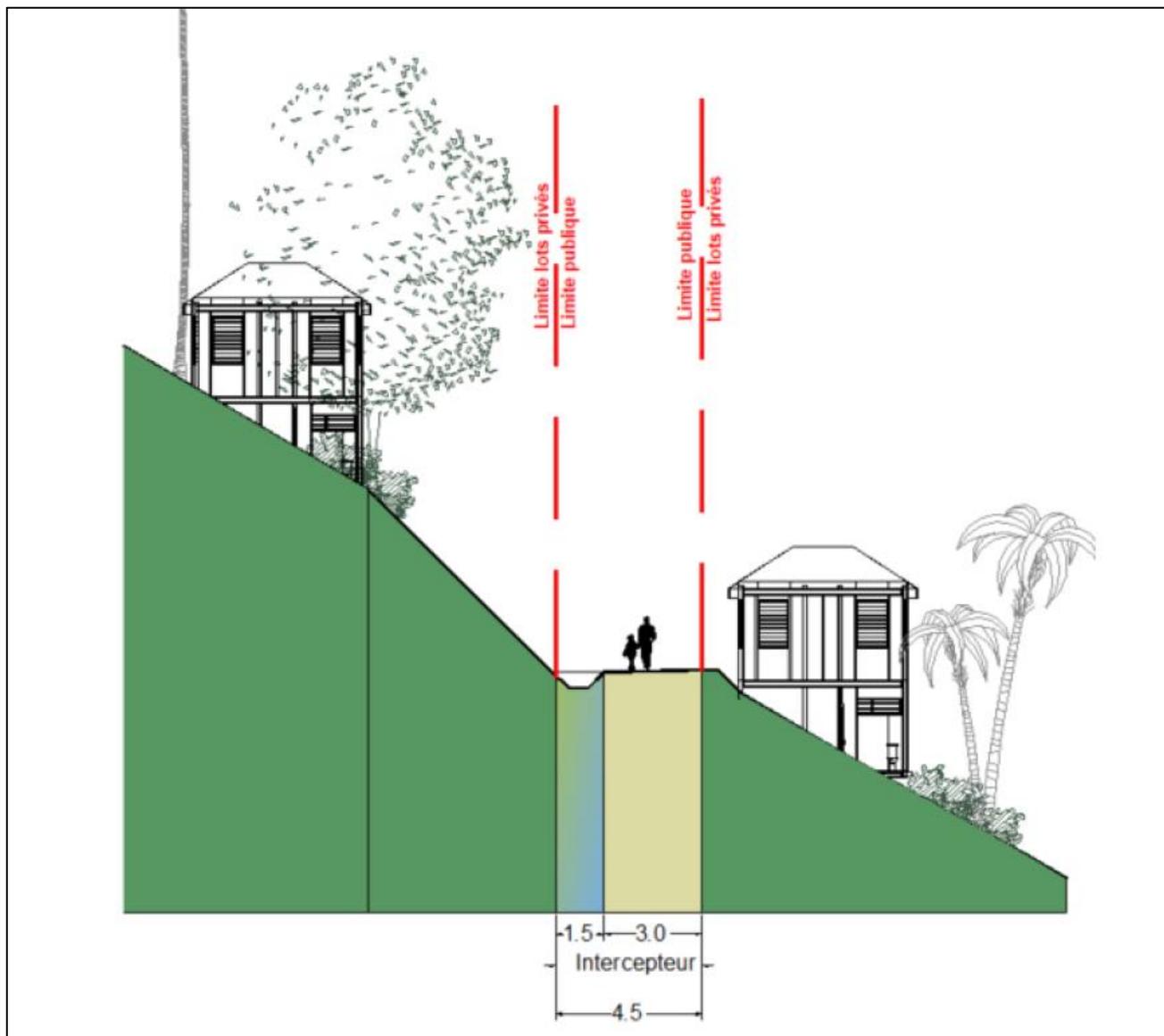


Figure 12 : Profil des intercepteurs « urbains »

### 3.2.1.1. Escaliers

Le profil en long des escaliers suivra celui du terrain naturel, modulo :

- Les points durs d'intersections avec les intercepteurs,
- La limite de 25 marches maximum par volées.

## 3.2.2. ASSAINISSEMENT DES EAUX PLUVIALES

### 3.2.2.1. Assainissement existant

#### 3.2.2.1.1. *Village de Doujani*

Les infrastructures existantes d'eaux pluviales sur Doujani ont été créées à partir des années 80.

Le réseau d'assainissement présente principalement des caniveaux en U de grandes dimensions (50 à 100 cm de largeur et de hauteur), couverts par des grilles lourdes ou des dalles béton. Les observations in situ font état de réseaux et caniveaux très encombrés : dépôts de terre, déchets, branchages.

L'entretien (retrait encombrants, curage) est actuellement réalisé de manière curative (résolution de problèmes identifiés), mais il n'existe pas de programme d'entretien préventif.

Aucun ouvrage de rétention n'existe. Les rejets se font directement dans la rivière ou vers le lagon.

#### 3.2.2.1.2. *Extension*

Côté extension, afin de drainer les eaux de ruissellements, un fossé en terre a été réalisé le long de cette piste, avec régulièrement un dispositif en surface de surverse pour rejoindre la rivière. Ces ouvrages sont des dispositifs provisoires.

Les eaux routières (piste) et les eaux du bassin versant naturel sont confondues.

Aucun ouvrage de rétention n'existe. Les rejets se font directement dans la rivière.

### 3.2.2.2. Assainissement projeté

Dans le cadre de l'aménagement de Doujani il est prévu la mise en place de deux réseaux distincts pour d'une part traiter les eaux des ilots et des voiries et d'autre part traiter les eaux issues des bassins versants naturels interceptés par l'aménagement. Cette dissociation a pour but de limiter l'apport de boue dans le réseau de voirie et de limiter l'érosion des sols au niveau des coteaux.

#### 3.2.2.2.1. *Principe de gestion des eaux pluviales*

Il a été considéré que les bassins de rétention permettront de réguler non seulement les survolumes de ruissellement induits par la voirie mais également ceux induits par l'aménagement des parcelles. Le principe retenu est donc le suivant :

- Interception des ruissellements amont via des ouvrages (nommés intercepteurs). Ces ouvrages sont positionnés en amont du projet, au sein des coteaux, et se rejettent, à la faveur de la pente naturelle ou remaniée, vers les axes d'écoulements principaux,
- Drainage des intercepteurs ou directement des parcelles aménagées au moyen d'un réseau de drainage des eaux pluviales, réalisé sous forme de descente d'eau le long des escaliers,
- Gestion des ruissellements propres aux voiries créées via des ouvrages enterrés type buse, accolées aux voiries créées et qui se rejettent dans les bassins de rétention projetés,
- Compensation des volumes d'eau induits par l'imperméabilisation via des bassins de rétention positionnés au droit des points bas le long de la route projetée,
- Franchissement des axes principaux d'écoulements par les voiries via des ouvrages hydrauliques (de type buses ou cadres).

### 3.2.2.2. Natures des ouvrages

Les ouvrages à réaliser dans le cadre de la ZAC sont :

- Au niveau des intercepteurs, des noues de collecte et de transit renforcées en filet de fibre de coco pour en limiter l'érosion,
- Des descentes d'eau en tuile béton le long des escaliers structurants,

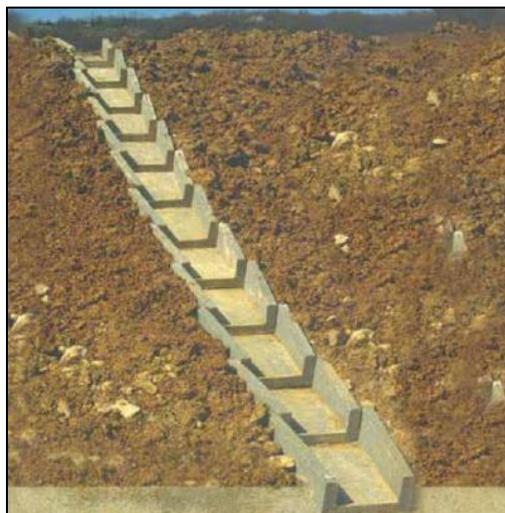


Figure 13 : Illustration des descentes d'eaux tuilées

- Des canalisations enterrées en béton d'un diamètre de 300mm minimum jusqu'à 800mm,
- Des regards intermédiaires de 800mm (sauf quelques exceptions du fait de diamètres de canalisation importants à raccorder). Ces regards seront distants d'environ 30m maximum,
- Les raccordements.

Les ouvrages liés au bassin seront compris d'un ouvrage d'entrée et d'un ouvrage de sortie doté d'un régulateur de débit et d'une surverse.

Les rejets dans le milieu naturel se font via des têtes d'aqueduc doté de dispositif de diffusion en enrochement liés afin de limiter les effets de l'érosion.

Dans les zones de fortes pentes (route de la Crête, rue des Coteaux et escaliers), des dispositifs brise-énergie seront positionnés.

Au niveau des escaliers les dispositifs suivants seront mis en place :

- A chaque palier par la mise en œuvre sur la totalité de sa longueur d'un caniveau enterré de même section que les descentes d'eau, mais posé avec une pente nulle, permettant de casser une partie de la vitesse,
- Tous les deux paliers d'escalier seront mis en place un bac brise énergie. Ce bac d'une profondeur d'un mètre environ sera rempli d'enrochements libre de granulométrie 200/300.

L'ensemble des engouffrements seront équipés de dégrilleurs pour limiter la pénétration de macrodéchets.

Pour la rue de la Crête et la rue des Coteaux, des bacs de brises énergies seront également mis en œuvre. Ces bacs d'une profondeur d'un mètre environ et 10m de long seront rempli d'enrochements libre de granulométrie 200/300.

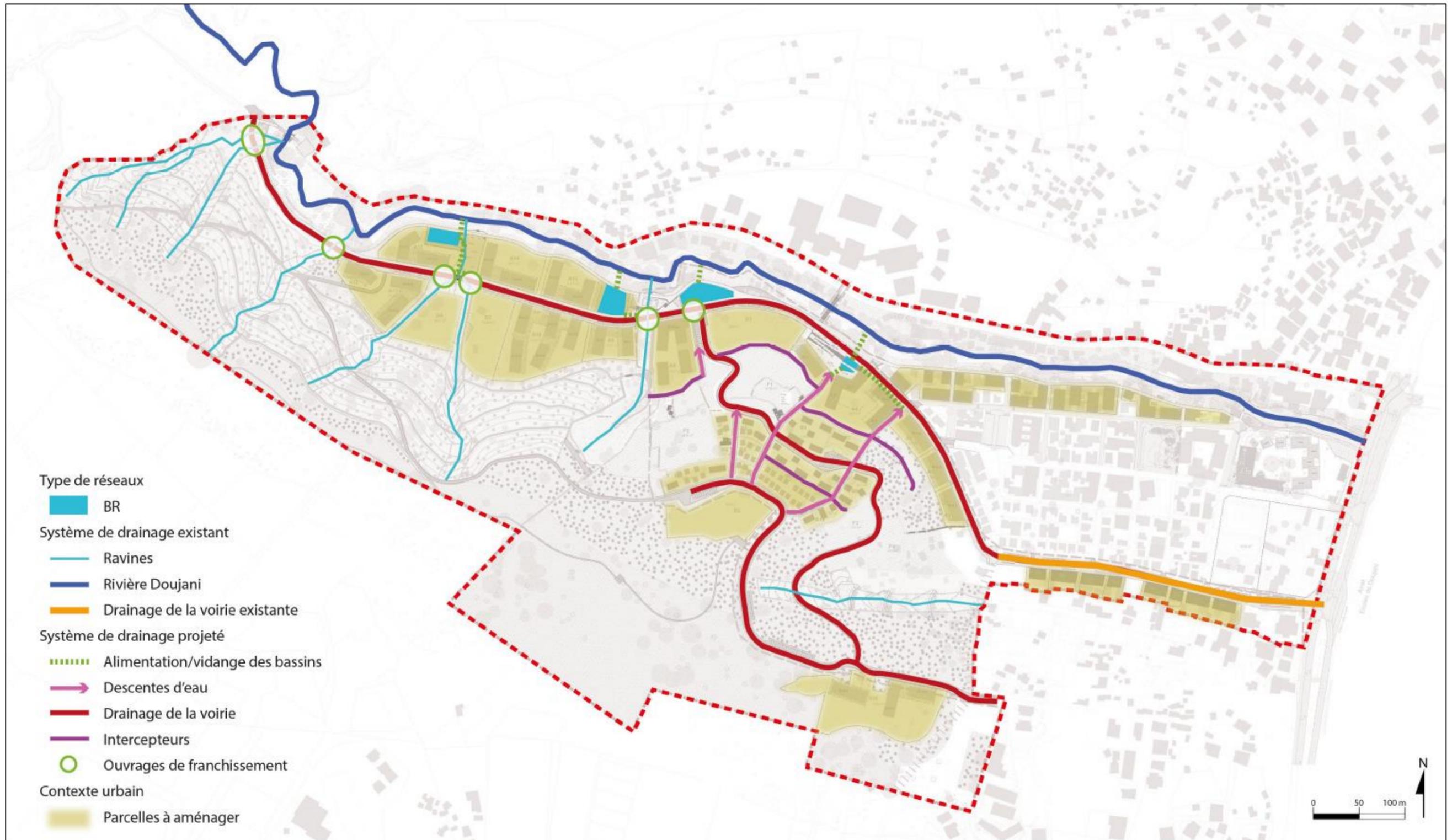


Figure 14 : Principes de gestion hydraulique à l'échelle du projet de ZAC

### 3.3. DEVELOPPER L'AGROFORESTERIE

#### 3.3.1. REHABILITATION DU COTEAU : DEVELOPPER L'AGROFORESTERIE

Cette démarche est pleinement intégrée au nouveau quartier de Doujani et réfléchi également en lien avec les aménagements projetés des espaces publics. Les éléments décrits dans sont intégrés dans le projet des infrastructures publiques (stade AVP)

Les objectifs auxquels répond cette démarche sont :

##### **Objectifs techniques :**

- Stabiliser le coteau pour diminuer la vitesse d'érosion
- Limiter le fort ravinement vers les nouveaux quartiers

##### **Objectifs écologiques :**

- Limiter le ravinement des terres vers la rivière et le lagon (influence sur les milieux naturels, mangrove, barrière de corail, etc.),
- Récouter les eaux pluviales pour l'utiliser dans les cultures.

##### **Objectifs sociaux-économiques :**

- Conforter l'agriculture locale
- Développer de nouveaux modes de production et d'élevage
- Renforcer la cohésion sociale (création d'une association de cultivateurs)
- Créer du lien social entre cultivateurs et habitants
- Créer un démonstrateur / zone de test pour Mayotte (LESELAM 3 – BRGM)

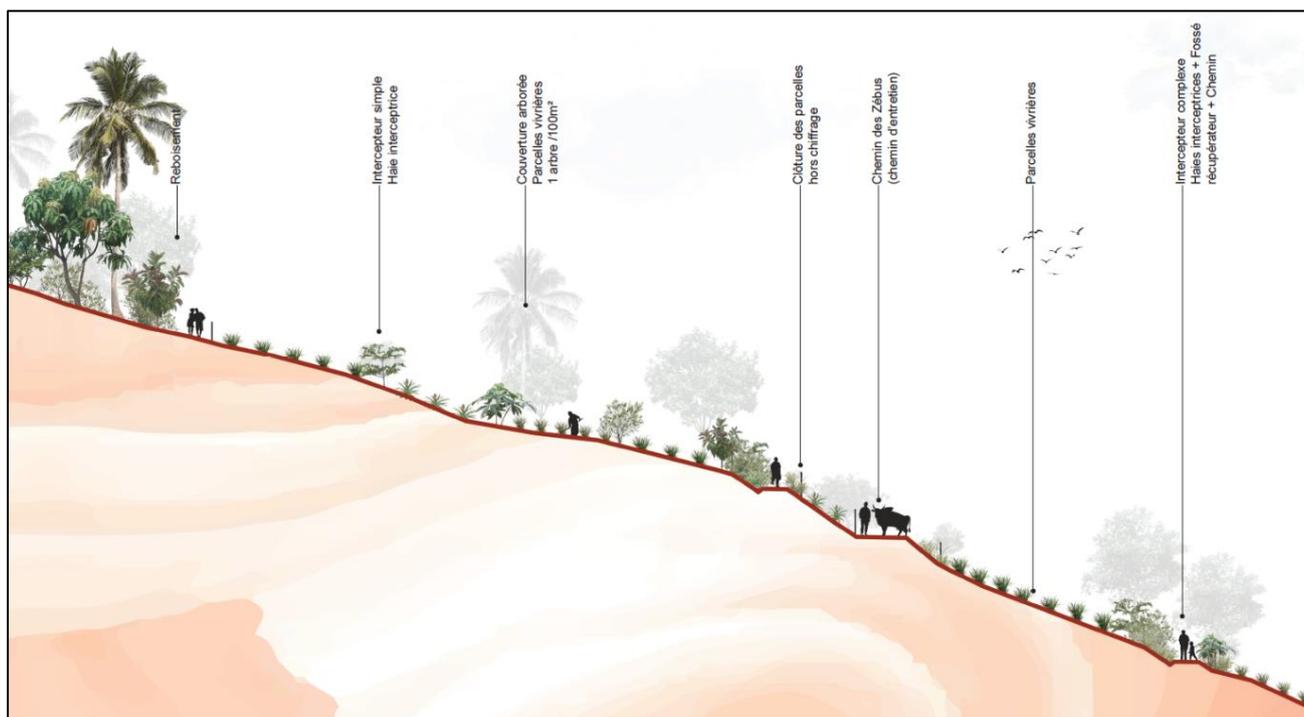


Figure 15 : Coupe type des aménagements de réhabilitation des coteaux

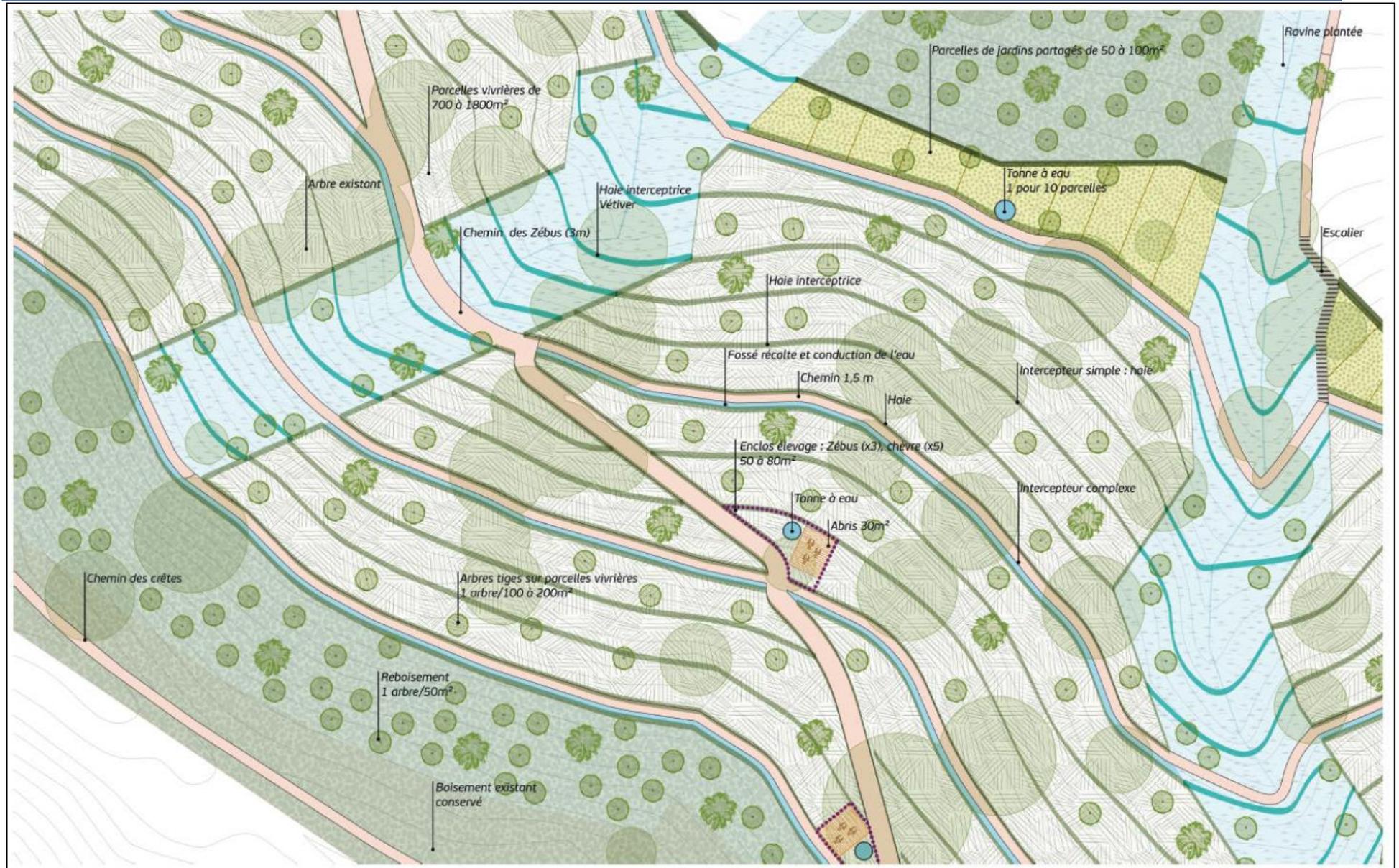


Figure 16 : Aménagement des coteaux par la création d'intercepteurs des eaux de ruissellements

## 3.3.2. INTERCEPTEURS ET HAIES

### 3.3.2.1. Hypothèses d'emplacement des intercepteurs

Les intercepteurs horizontaux sont installés de manière régulière sur toute la longueur du coteau, selon une logique géographique entre bassins versants. L'hypothèse retenue est d'installer un intercepteur tous les 5m en altimétrie, soit environ tous les 10m en plan, pour interrompre le cheminement de l'eau et réduire sa prise de vitesse.

Les intercepteurs sont de trois types :

- Venelle de desserte (noues + chemins / accès maisons) (cf. espaces publics)
- Complexes (avec fossés et chemin + haies)
- Agricoles simples (haie)

L'installation de haies composées d'essences végétales à fort enracinement est primordiale pour d'une part fixer de façon régulière les terres, d'autre part pour l'interruption du circuit de l'eau.

Le reprofilage du terrain pour accueillir les intercepteurs complexe avec fossé, est l'occasion d'installer des cheminements horizontaux permettant d'accéder aux parcelles vivrières.

### 3.3.2.2. Profils d'intercepteurs

#### **Intercepteur complexe :**

Le profil des intercepteurs complexes est installé dans la pente de façon à atteindre l'équilibre déblais/remblais. Ils seront couplés à un cheminement d'un mètre cinquante permettant ainsi de desservir les parcelles vivrières et de créer un réseau de cheminements dans le coteau. Un fossé d'une profondeur variable d'en moyenne 20cm permettra de récupérer une partie des eaux pluviales dans le but d'alimenter des cuves d'eau de pluie pour l'alimentation des zébus et chèvres ainsi que pour l'arrosage des parcelles de maraîchage en partie basse du coteau, sur les abords de la rivière. De part et d'autre, les talus 1/1 seront renforcés et plantés d'essences à fort pouvoir d'enracinement.

NOTA : Le principe présenté, également en coupe ci-contre propose des talus minimisés en 1/1 plantés. Si les talutages devaient être adoucis, cela irait vers une réduction des surfaces agricoles.

#### **Intercepteur simple :**

Entre les intercepteurs complexes, les intercepteurs simples seront des haies arbustives composées de végétaux à fort pouvoir d'enracinement. Ces haies seront implantées régulièrement dans les parcelles vivrières mais également dans les ravines.

Les haies seront composées de ananas, glyricidia, vétiver, citronnelle, braccharias = fonction technique et agricole (fourrage et alimentation)

En aval du coteau, une dernière haie dense, en limite entre coteau et nouveaux îlots bâtis, sera implantée pour intercepter les éventuelles dernières fines.

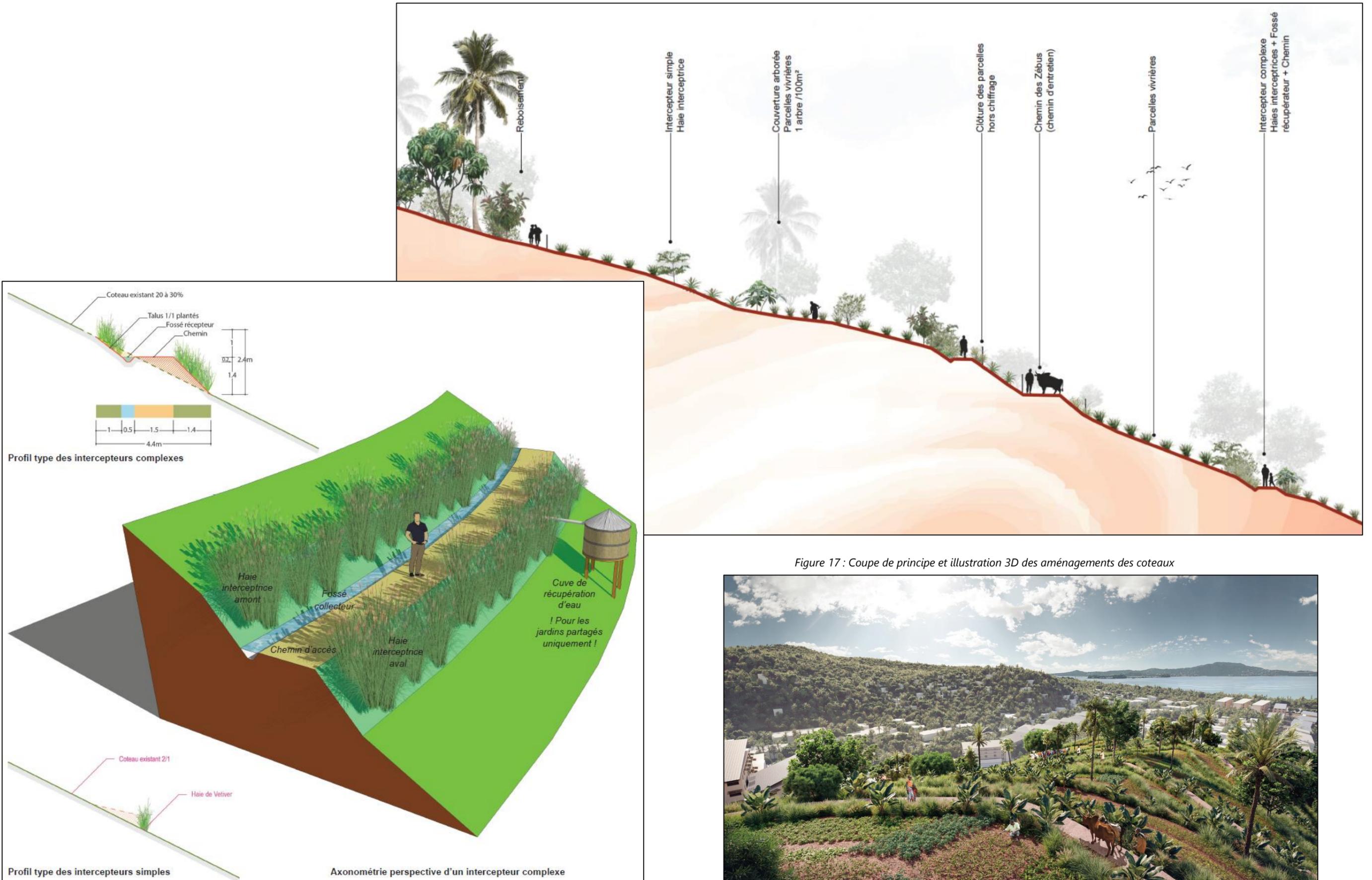


Figure 17 : Coupe de principe et illustration 3D des aménagements des coteaux



## 3.4. CONSISTANCE DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT DE LA RIVIERE DOUJANI ET SES AFFLUENTS

### 3.4.1. PROJET DE RENATURATION DE LA RIVIERE DOUJANI

Le projet de renaturation présenté ci-après, dans ses principes et son dimensionnement, est issu d'une réflexion théorique et d'une approche terrain suivant 3 niveaux d'expertises complémentaires :

- Une approche écologie/biodiversité terrestre par Eco-Med Océan Indien. Elle permet d'apporter une vision concrète des enjeux de biodiversité présents actuellement et attendus à la fin du projet de renaturation, basée sur des relevés de terrain in situ et une connaissance plus globale des cours d'eau mahorais et des enjeux de biodiversité connexes à ceux-ci (corridors écologiques, rôle de réservoirs de biodiversité pour certaines espèces, etc.) ;
- Une approche hydrobiologique sur la fonctionnalité des milieux aquatiques et la biodiversité aquatique associée, par Océa Consult'. Cette approche se fonde sur une distribution potentielle des espèces dans le cours d'eau en lien avec les habitats dont la conformation est régie par des caractéristiques intrinsèques du cours d'eau : pente du lit, granulométrie du fond, distance à l'océan (zone influence de la marée). A partir de ces éléments théoriques et des exigences d'habitats de la faune attendue, des conformations spécifiques du cours d'eau pourront être proposées pour assurer le retour de cette faune et permettre l'accomplissement de son cycle biologique.
- Une approche hydrodynamique sur le fonctionnement hydraulique de la rivière en période de crue et sa dynamique fluviale par Hydrétudes. Cette approche se fonde sur la géomorphologie du cours d'eau et les processus géodynamiques observés (processus d'érosion, processus de dépôt et de transit sédimentaire, etc.). Le bon fonctionnement hydromorphologique se caractérise à la fois par une grande diversité de faciès, des berges naturelles, des bancs alluviaux mobiles le cas échéant, une ripisylve variée, des annexes hydrauliques et, surtout, une dynamique fluviale la plus libre possible. La morphologie d'un cours d'eau va avoir une incidence directe sur la diversité des biocénoses tant aquatiques que terrestres.

En synthèse, le projet de renaturation peut être résumé en deux objectifs se recoupant :

#### 1) Organiser un séquençage de la rivière avec des opportunités différentes :

- Faciès lentique, avec éventuellement du reméandrage et une augmentation des profondeurs pour améliorer les capacités de refuge pour la faune aquatique en basses eaux ;
- Faciès plus rapide avec des talus prononcés favorables aux martins pêcheurs et aux crabes ;
- Profiter des bassins de rétention pour organiser des secteurs de zones humides (temporaires) favorables à la flore et aux arthropodes (odonates) ;
- Redonner plus d'espace de fonctionnalité au cours d'eau et notamment à l'embouchure (plus de naturalité et de recul à l'urbanisation).

## 2) Re créer un corridor / réservoir vert, à l'interface entre le lagon et les hauteurs de MTsapéré :

- Créer des hauts de berges boisés sur une emprise de 20 m de part et d'autre de la rivière en prenant soin de différencier les usages : zones accessibles à l'homme voire cultivable (bananes) vs. Zones plus densément boisées et volontairement rendu impropres à la divagation des riverains ;
- Permettre la mise en place de fourrés arbustifs au-dessus du lit vif, sur certains secteurs étroits et difficile d'accès pour l'homme, afin de créer des espaces de quiétudes pour l'avifaune.

Au-delà de ces enjeux écologiques, cette renaturation doit prendre en compte les enjeux humains et intégrer la place de l'homme et de ses usages dans le cours d'eau. Cela induit nécessairement à minima :

- D'anticiper des voies douces d'accès à la rivière, et de traversée du cours d'eau. Ces voies devront être suffisamment nombreuses pour permettre les échanges entre habitants, tout en respectant des espaces réservés pour la tranquillité de la faune et le bon développement de la flore ;
- De proposer, en complément des espaces de renaturation végétale à caractère écologique (taxons patrimoniaux de Mayotte), des espaces possiblement utilisés pour de l'agriculture vivrière (bananes, petit maraichage par exemple, fruit à pain, manguiers, ...) ;

Le projet de renaturation est développé autour de 3 principaux tronçons aux caractéristiques morphologiques et enjeux différents. Les grands principes d'aménagements sont présentés ci-dessous et seront développés ultérieurement dans le chapitre « modélisation hydraulique état projet » relatif aux incidences du projet sur la rivière Doujani.

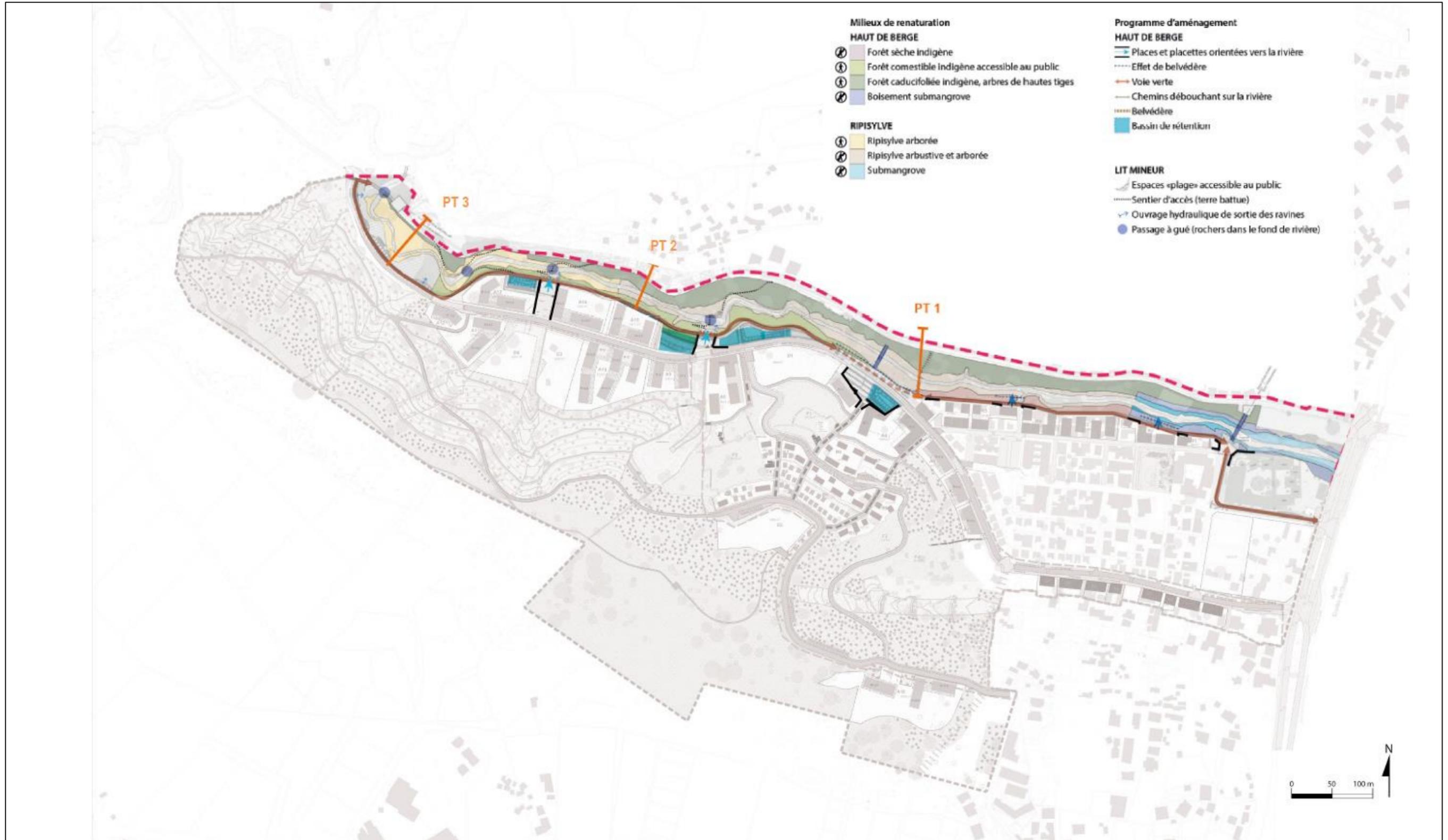


Figure 18 : Cartographie synthétique du projet de renaturation de la rivière Doujani

**Tronçon 1 :** développement/reconstitution des boisements de berges sur une emprise de 20m de part et d'autre de l'axe de la rivière (Profil type 1 afférent).

- Démontage des protections de berges ainsi que de tous les éléments anthropiques existants, y compris évacuation des matériaux ;
- Reprofilage des berges en pente douce si nécessaire ;
- Maintien d'un lit sablonneux-vaseux dans la zone de marnage (absence de végétalisation volontaire sur cette zone) ;
- Mise en place d'un cordon boisé diversifié et stratifié par végétalisation simple des berges : bouturage, plantation d'arbustes et baliveaux puis ensemencement de l'ensemble des surfaces (espèces indigènes et adaptées).

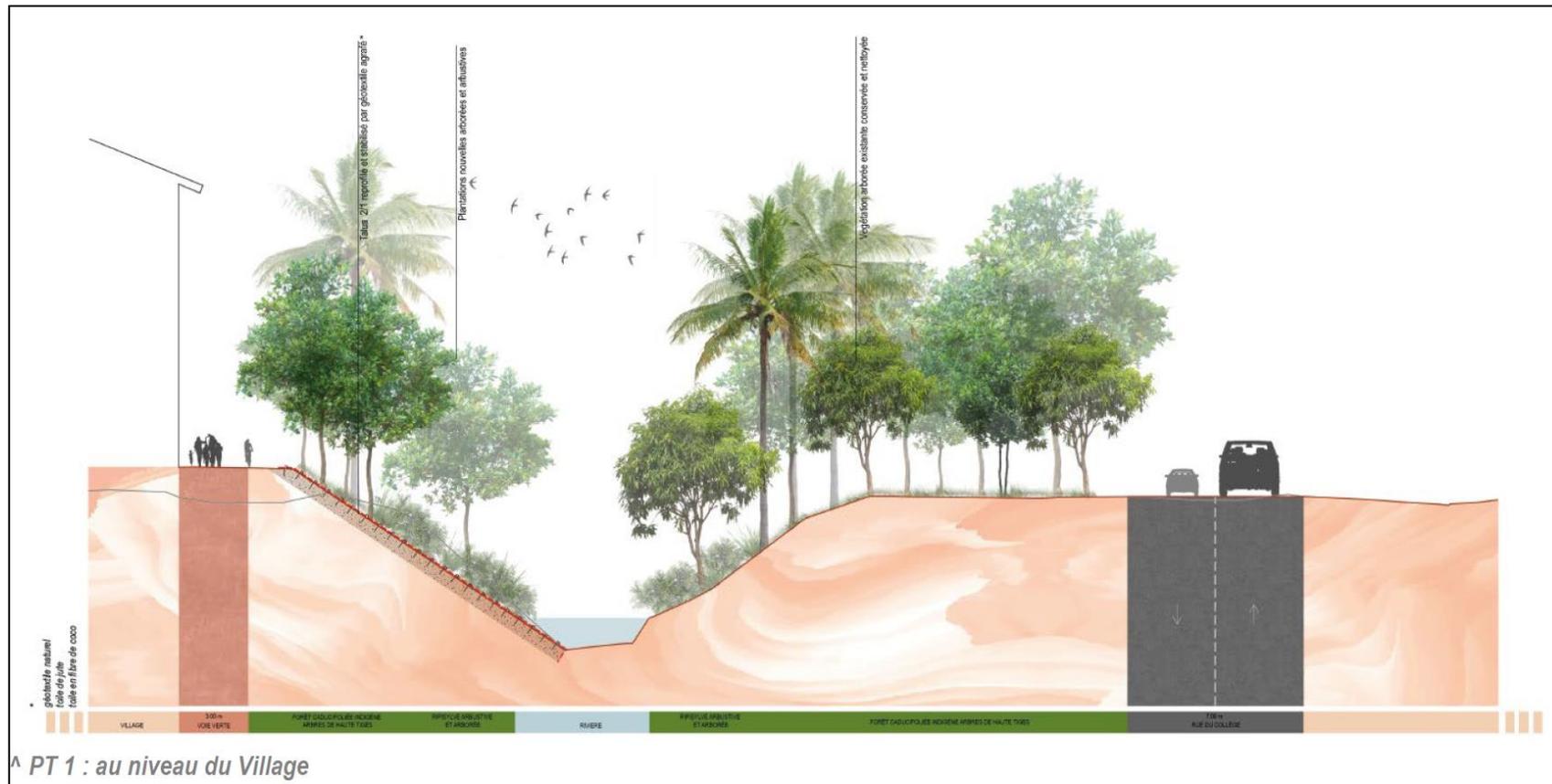


Figure 19 : Profil type d'aménagement PT1

**Tronçon 2 :** reprofilage et stabilisation des berges représentant un risque d'effondrement pour les biens et les personnes au moyen de techniques végétales voire mixtes (profil type 2 afférent).

- Débroussaillage, abattage et dessouchage de la végétation présente sur l'emprise des travaux de terrassement ;
- Démontage des protections de berges instables existantes (pneus, tôles, carcasses, etc.), y compris évacuation des matériaux ;
- Terrassement des berges en déblais/remblais selon des pentes comprises entre 3H/2V et 2H/1V avec mise en place de matériaux gravo-terreux d'apport ou issus des travaux de terrassement ;
- Mise en œuvre d'une protection de pied de berge en technique végétale (fascine) ou en génie civil (enrochement) ;
- Mise en œuvre de lit de plants et plançons renforcés au moyen de boudins de treillis de géotextiles biodégradable de coco sur la partie basse des talus ;
- Protection de l'intégralité des talus au moyen d'un géotextile biodégradable de coco ;
- Plantation de jeunes plants à racines nues d'essences indigènes et adaptée puis ensemencement de l'intégralité des surfaces travaillées.



Figure 20 : Profil type d'aménagement PT2

**Tronçon 3 :** favoriser les processus géodynamiques et préserver/développer un espace de fonctionnalité (profil type 3 afférent).

- Maintien des zones d'érosion sur le tronçon homogène 3 ;
- Suppression de l'ensemble des ouvrages transversaux (seuils, ouvrages busés, etc.) et longitudinaux (protections de berges) limitant la dynamique érosive et le transport solide de la rivière ;
- Reprofilage des berges en pente douce si nécessaire, notamment les intrados de méandres ;
- Mise en place d'un cordon boisé diversifié et stratifié par végétalisation simple des berges : bouturage, plantation d'arbustes et baliveaux puis ensemencement de l'ensemble des surfaces (espèces indigènes et adaptées).
- Diversification des habitats terrestres et aquatiques : diversifier les faciès d'écoulement, création de zones humides (plantation d'hélophytes, zone d'herbier, etc.).



Figure 21 : Profil type d'aménagement PT3

### 3.4.2. CREATION D'UNE PASSERELLE PIETONNE

Afin de faciliter les échanges entre les deux rives de la rivière Mro Wa Doujani, la construction d'une seconde passerelle de franchissement est proposée dans la partie ouest du village existant.

Cette passerelle sera créée à destination des modes doux (piétons, cycles), permettra le passage d'un véhicule d'entretien et les accès de part et d'autre de l'ouvrage sont entravés par du mobilier urbain.



Figure 22 : Plan de localisation de la passerelle projetée



Figure 23 : Plan d'implantation de la passerelle projetée

## 4. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

### 4.1. DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

#### 4.1.1. GENERALITES

A l'échelle régionale, l'île de Mayotte comprend peu de cours d'eau pérennes, à savoir, dont l'écoulement est régulier tout au long de l'année. La majeure partie des cours d'eau de l'île présentent un débit estival très faible, voire nul.

Le réseau hydrographique de Mayotte est très développé avec de nombreuses ravines de taille variable. La quasi-totalité de ces ravines sont temporaires et n'entrent « en fonctionnement » qu'en cas de fortes pluies.

#### 4.1.2. DIAGNOSTIC HYDROMORPHOLOGIQUE

##### 4.1.2.1. Réseau hydrographique et bassin versant

La zone d'étude est localisée au sud de la commune de Mamoudzou. Elle s'étend du littoral, où le village de Doujani est implanté, à l'embouchure de la rivière, la Mro Oua Doujani, jusqu'à l'accès à l'ancienne carrière en amont.

La rivière encaissée en fond de vallée constitue la limite nord du secteur d'étude (avec la piste qui longe la rivière) et la crête en rive droite constitue la limite sud du site. Le site est donc relativement allongé et présente une morphologie relativement homogène avec un talus de pente variable, pouvant atteindre des pentes de 1H/1V au niveau de la crête sud.

La rivière la Mro Oua Doujani constitue la limite nord du site d'étude. Cette rivière s'écoule en fond de vallée et présente plusieurs zones de méandres. Le point haut de la zone d'étude est situé à environ 100m NGM en crête et le point bas à + 4m NGM au niveau de l'accès du site le long de la RN2. Le point haut du bassin versant de la rivière se situe quant à lui à l'altitude 485 m NGM.

Une ancienne carrière est présente en limite ouest du site, en amont de la voie d'accès qui remonte le site d'étude le long de la rivière. Le fond de la carrière, naturellement imperméable, est rempli d'eau et forme un lac.



Figure 24 : Carrière existante en limite ouest de la zone d'étude

En termes d'occupation des sols, le versant est cultivé dans sa quasi-totalité, du bord de route jusqu'à la crête. Les plantations suivantes ont été observées : bananiers (principalement en partie haute), manioc, cocotiers, manguiers, jacquiers et ylang ylang. Une végétation naturelle colonise également le site, ce qui rend relativement dense le couvert végétal du secteur d'étude. Quelques zones de friches ont été observées, et d'autres en préparation avant plantation.

Les versants Nord et Sud de la zone d'étude drainent un certain nombre de talwegs intermittents comme illustré sur la figure ci-dessous. Ces talwegs seront pris en compte dans le cadre de la modélisation hydraulique des écoulements afin de dimensionner les ouvrages de transparence hydraulique à mettre en œuvre.

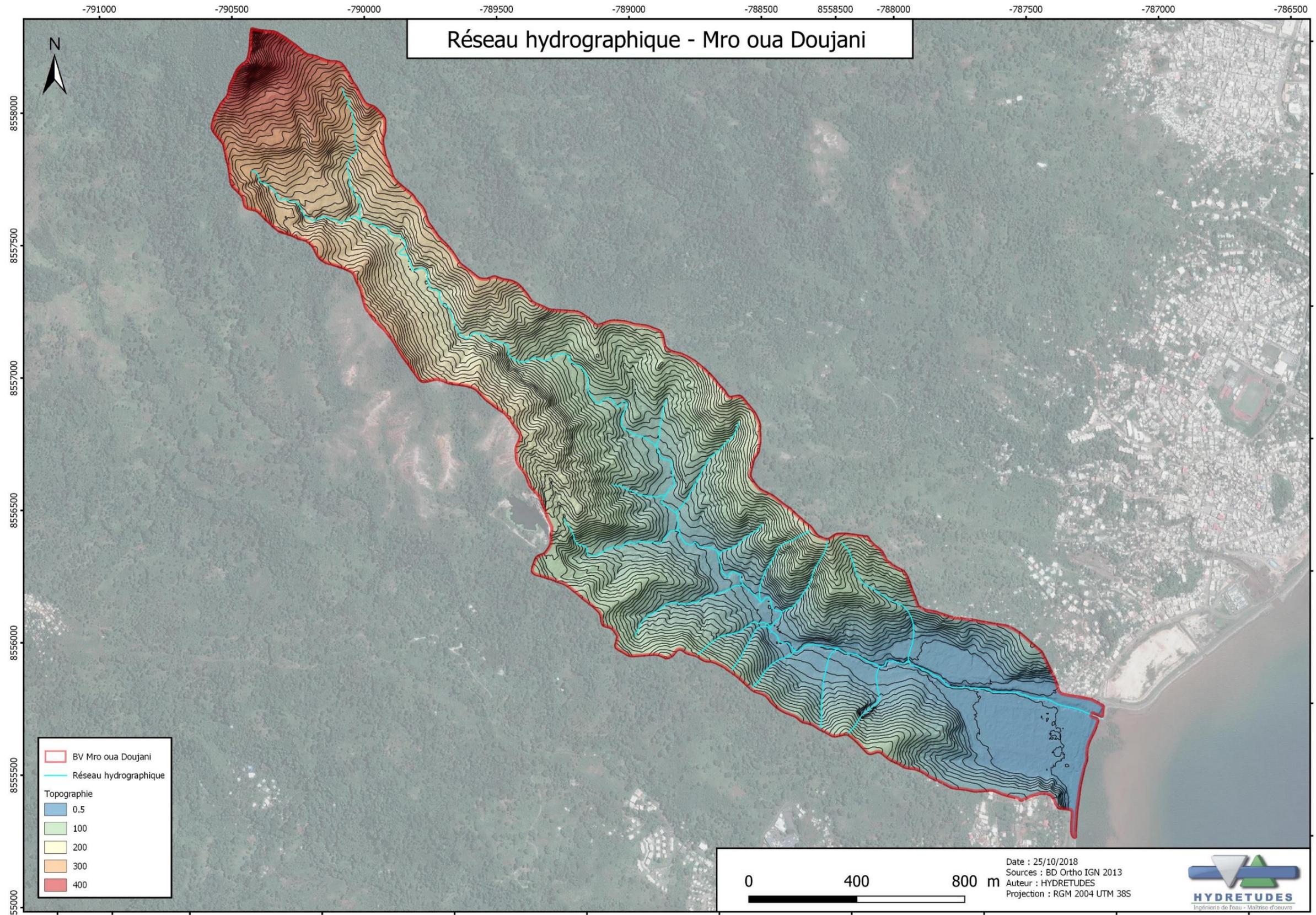


Figure 25 : Réseau hydrographique de la zone d'étude

#### 4.1.2.2. Topographie de la zone d'étude

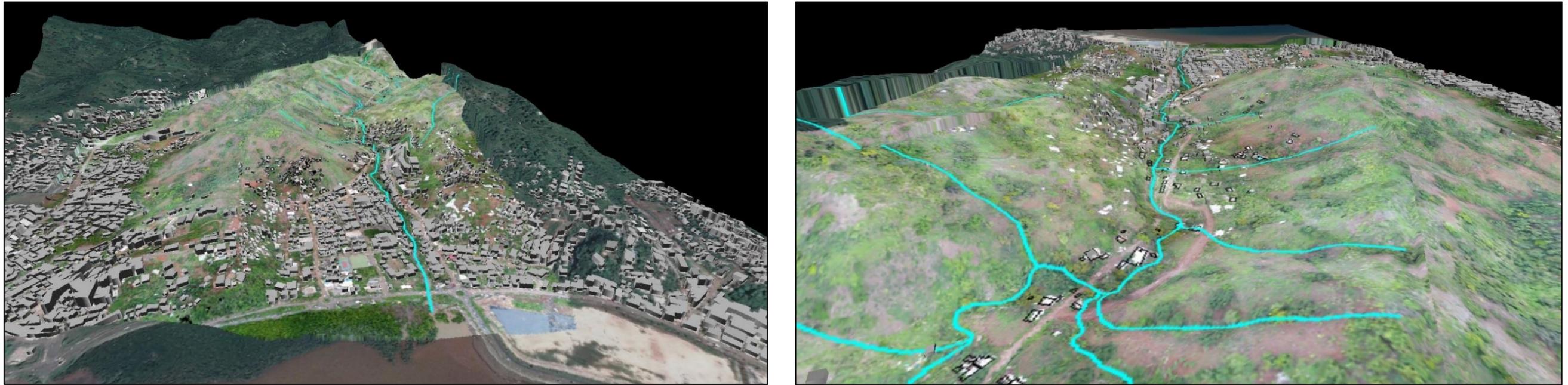


Figure 26 : Vues 3D de la zone d'étude basées sur la LITTO 3D à 1m et les levés topographiques réalisés par drone.

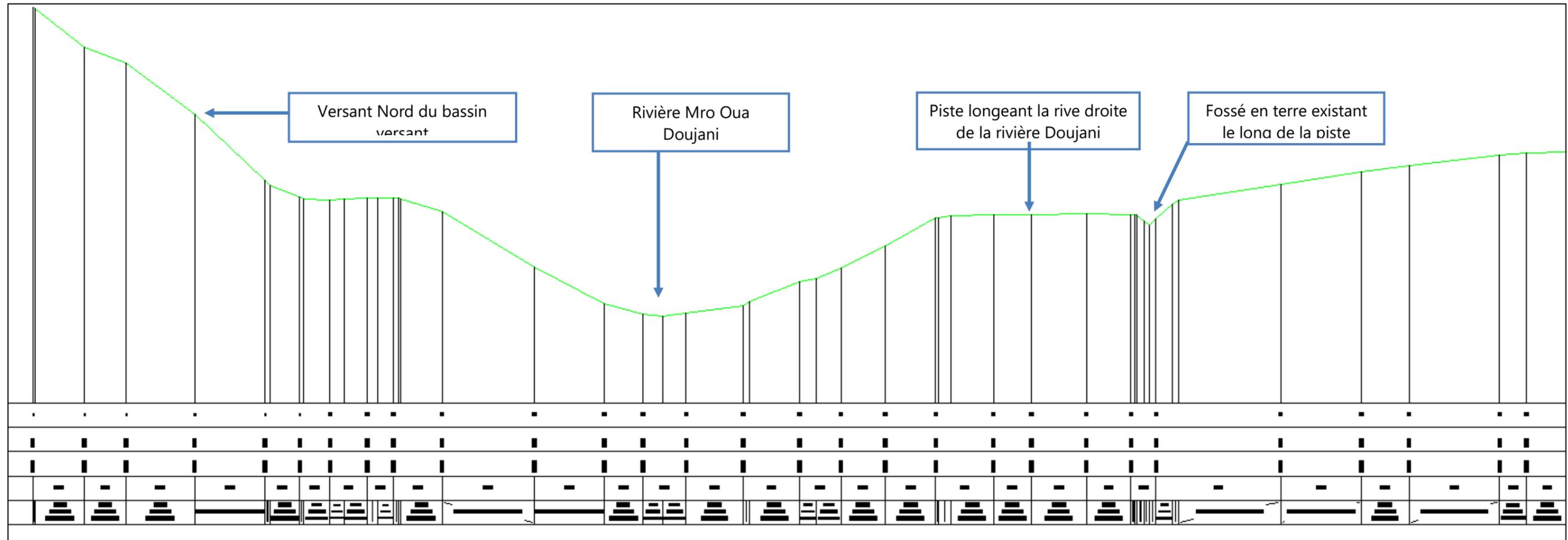


Figure 27 : Exemple de profil en travers réalisé à partir des données topographiques existantes.

### 4.1.2.3. Analyse des écoulements

#### 4.1.2.3.1. *Phénomènes d'érosion*

Les investigations de terrain réalisées entre le 15 et le 19 octobre 2018 ont permis de mettre en exergue des processus d'érosion de berge particulièrement marqués sur les parties médiane et aval de la zone d'étude.

Avant de projeter des travaux d'aménagement, il convient de chercher à comprendre parfaitement les différents processus (naturels ou anthropiques) responsables de l'état de dégradation du lit et des berges de la rivière Mro Oua Doujani.

C'est une donnée difficilement quantifiable. Il s'agit plutôt d'une appréciation de terrain basé sur la nature des matériaux constitutifs des berges et sur leur profil. Des berges constituées de matériaux cohésifs (argiles par exemple) avec un profil peu pentu et une hauteur limitée auront une plus grande stabilité que des berges peu cohésives (graveleuses par exemple), raides et hautes. De même, des berges végétalisées opposeront plus de résistance aux contraintes érosives appliquées (la végétation induit souvent des phénomènes d'affouillement ou de sous-cavage sous les systèmes racinaires, ralentissant la progression de l'érosion jusqu'au basculement de l'arbre).



*Figure 28 : Phénomènes érosifs observés en partie médiane*

Un phénomène d'érosion de berges est, en effet, très rarement la conséquence d'une seule contrainte érosive. C'est, au contraire, la conjonction d'une multitude de contraintes qui conduit aux désordres constatés.

#### 4.1.2.3.2. Configuration physique du site

Les phénomènes d'affouillement ou de sapement de berge, en extrados des méandres décrit par la rivière (secteurs naturellement le plus exposés aux contraintes hydrauliques), va avoir plusieurs conséquences sur sa morphologie.

Le schéma suivant présente la complexité des relations hydrauliques qui se produisent dans un méandre (source : Lachat B, 1991), donc indirectement la difficulté à apprécier mathématiquement les différents éléments.

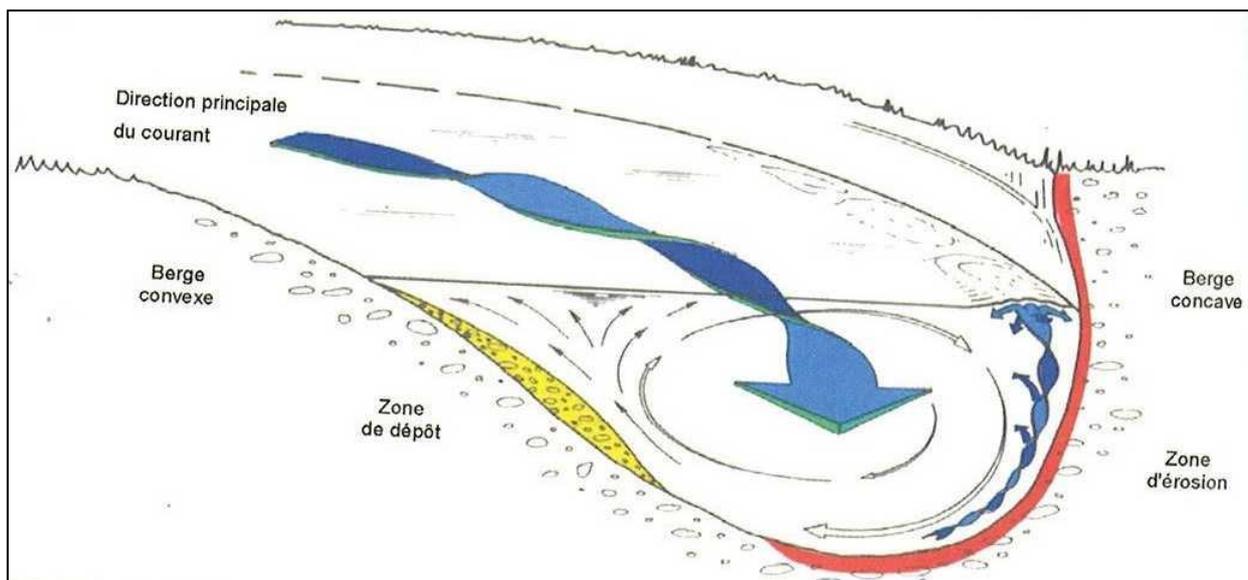


Figure 29 : Relation de courant dans un méandre

Le lit de la rivière a ainsi légèrement divagué par rapport à sa situation initiale. Les crues successives de ces dernières années sont venues éroder le lit et les berges de manière importante, en témoigne l'incision progressive du lit de la rivière (systèmes racinaires apparents) ainsi que la création de falaises pouvant atteindre plusieurs mètres de hauteurs en partie aval.



Figure 30 : Erosion régressive faisant apparaître les systèmes racinaires.

Ces phénomènes morpho-dynamiques ont été amplifiés au rythme des crues successives de la rivière. Ils remettent en cause la stabilité des terrains et notamment la piste existante en rive droite. Un ouvrage de franchissement type buse et une partie de la piste ont été détruits lors d'une précédente crue comme illustré ci-dessous.



Figure 31 : Ouvrage de franchissement détruit lors d'une précédente crue

L'ensemble des enseignements tirés de la visite de terrain et éléments de diagnostic précédemment énoncés montrent que les processus de dégradation de berges résultent principalement d'un processus régulier d'érosion latérale des matériaux constitutifs des talus riverains, sous l'effet de l'agitation superficielle de l'eau.

#### 4.1.2.3.3. *Le profil de pente originel abrupt du talus*

Il est bien évident que le fruit d'un talus influe sur sa plus ou moins résistance aux contraintes hydrauliques. Si l'action des courants constitue indéniablement une contrainte sévère pour les talus riverains, la configuration physique actuellement abrupte de la rivière Doujani (berges verticales) sur ses parties médiane et aval, ainsi que la nature même des matériaux constitutifs de la berge (déchets, matériaux terrigènes et de remblais), facilitent nécessairement l'action des eaux et les dommages en rive.

Les contraintes hydrauliques les plus fortes s'exercent sur la portion de berge située entre 0 et 2m. Le processus d'érosion engendré sape et déstabilise le pied de berge ; le talus s'effondre ainsi sous son propre poids laissant ainsi les matériaux constitutifs de la berge en pied de talus. Il en résulte un profil de berge « en falaise ».



Figure 32 : Phénomènes d'incision du lit observés sur la partie aval de la zone d'étude

Les processus d'érosion susmentionnés sont en outre dynamisés par l'absence d'un ourlet de végétation buissonnante (strate arbustive) offrant une protection mécanique de surface et subsurface vis-à-vis des contraintes hydrauliques et stabilisant efficacement les sols.

#### 4.1.2.3.4. *Le développement d'essences dites « xénophytes »*

Il faut malheureusement constater de plus en plus fréquemment le développement d'essences végétales originaires d'autres continents. Introduites accidentellement ou volontairement par l'homme à des fins ornementales voire économiques, certaines de ces essences possèdent la fâcheuse particularité de se propager rapidement jusqu'à devenir spontanées et, finalement, envahir les milieux naturels.

Parce que ces végétaux, dits xénophytes, sont de plus en plus nombreux à pénétrer et s'installer au sein des formations végétales naturelles et que le processus a tendance à s'accélérer, il est aujourd'hui incontournable de prendre conscience de la menace que certaines d'entre elles représentent sur le maintien de la biodiversité mais aussi sur la poursuite d'un développement économique basé sur l'utilisation durable des milieux naturels.

Les abords de la rivière Doujani n'échappent malheureusement pas à cet envahissement. En effet, les talus considérés ont été colonisés par le bambou, espèce au caractère invasive marqué et indésirable en bordure des milieux aquatiques.

Il est important de rappeler que ces essences n'ont pas leur place aux abords immédiats de la rivière. Outre le fait que cette espèce ne possède pas une capacité de stabilisation des berges importantes des sols du fait de leur système racinaire (racines et rhizomes), elle amenuise considérablement les apports de lumière au sol (nécessaire au développement des herbacées et arbustes notamment), et représente une espèce extrêmement compétitive vis-à-vis du cortège végétal généralement inféodée aux cours d'eau.



Figure 33 : Embâcles formés par des bambous après effondrement de la berge

#### 4.1.2.3.5. *Des pratiques inappropriées de gestion des abords de la rivière*

La mise en œuvre d'actions inadaptées d'entretien de la végétation rivulaire de la rivière Doujani a conduit à un profond déséquilibre des formations végétales riveraines. Les berges sont, en effet, occupées par un cordon de végétation ligneuse, mince et discontinu, à base d'essences xénophytes. La végétation herbacée, les essences arbustives et buissonnantes sont, quant à elles, très peu représentées, voire absentes.

Le maintien des arbres de haut jet crée des effets de points durs favorisant des écoulements turbulents ainsi que la formation de zones d'érosion.

#### 4.1.2.3.6. *Des débits significatifs en période de crue*

La rivière Doujani est susceptible de connaître des crues importantes. Ces événements hydrologiques se caractérisent par des débits significatifs.

Ces montées des eaux et décrues engendrent inévitablement un effet de ressuyage et de succion des matériaux constitutifs des berges. Ces phénomènes sont d'autant plus significatifs lorsque la rive est dépourvue de couverture végétale adaptée à une protection efficace des sols (rôle des herbacées et végétaux buissonnants notamment).

#### 4.1.2.3.7. *Matériaux constitutifs du lit et des berges*

Les matériaux constitutifs du lit et des berges sont généralement des matériaux terrigènes ou des matériaux de remblais. Sur le secteur amont, malgré une configuration plus pentue, peu de phénomènes érosifs ont été observés. Les matériaux de granulométrie plus grossière (cailloux et blocs) forment une « carapace » moins sensible aux contraintes hydrodynamiques. De plus, la présence d'un cordon végétale continu en berge accentue la stabilité des berges.



Figure 34 : Lit enroché sur la partie amont de la zone d'étude

En partie aval, le lit s'est profondément incisé. Il a notamment été observé sur un secteur la présence du substratum rocheux. Les processus d'incision du lit et des berges ont peu à peu fait apparaître cette veine rocheuse. Ce secteur de roche affleurante forme désormais un point dur et cale le profil en long de la rivière, bloquant les évolutions de ce dernier.



Figure 35 : Affleurements rocheux, existants en partie aval

#### 4.1.2.4. Analyse des eaux de ruissellement

Après analyse du réseau hydrographique de la zone d'étude, il apparaît que plusieurs ravines sont interceptées par la piste au niveau de la rive droite. Pour l'urbanisation progressive de la zone ainsi que le développement des cultures, les terrains ont peu à peu été défrichés, laissant à nu les sols. Là où la végétation assurerait la stabilisation des sols et la rétention d'une partie des eaux en période de pluies, les terrains ainsi mis à nu favorisent le lessivage progressif des sols et la déstabilisation de ces derniers.



Figure 36 : Versant mis à nu pour l'exploitation agricole ou la création d'habitations.

Afin de lutter contre cette problématique récurrente sur le territoire Mahorais, le projet de Lutte contre l'Erosion des Sols et l'Envasement du Lagon à Mayotte (LESELAM) a été initié en 2014 et associe plusieurs partenaires institutionnels (notamment DEAL, DAAF, EPFAM, ONF, CD976, CAPAM, Rectorat) et bureaux d'études (BRGM, Les Naturalistes de Mayotte).

Son objectif premier est de comprendre et sensibiliser sur le phénomène d'érosion.

Entre 2015 et 2020, deux volets ont déjà été réalisés. Le troisième volet déployé sur la période 2021-2023 vise à transformer les pratiques des acteurs.

C'est dans ce contexte que le site de Doujani a été choisi pour intégrer l'expérimentation : coteau caractérisé par une agriculture extensive, fortement soumis à érosion.

Selon les simulations du BRGM réalisée sur le bassin versant de Doujani en mai 2021, les volumes de sédiments suivants seraient observés à l'exutoire du bassin en lien avec les phénomènes d'érosion :

- Situation actuelle : 89.4 tonnes/an,
- Scénario 1\_U2 (urbanisation maîtrisée + hypothèse démographique haute + agriculture intensive) : 187.7 tonnes/an,
- Scénario 2\_U1 (urbanisation maîtrisée + hypothèse démographique basse + agroforesterie) : 87.6 tonnes/an,
- Scénario 3\_U1 & S3\_U2 (urbanisation maîtrisée + hypothèse démographique basse / haute + agriculture pro) : 87.1 tonnes/an et 193.9 tonnes/an.

L'objectif est de démontrer que les pratiques conservatoires permettent de limiter l'érosion, d'accroître la fertilité des sols et dans le cas des parcelles avec paillage, réduire le nombre d'opérations de sarclage.



**Témoin :**

- Sarclé
- Dés herbé
- Suppression litière

⇔

*Représentatif de la monoculture intensive*

**Amélioré :**

- Bandes végétatives (ananas) –agri 1 et 2)
- Cultures de recouvrement (niébé, ..)
- Maintien paillage

*Représentatif de l'optimisation du jardin mahorais*



La présente expérimentation vise à mesurer plus précisément l'impact des pratiques conservatoires.

Deux ruisselomètres (cuves piégeant les sédiments) seront installés par le BRGM à l'aval des deux bassins versants (aménagé et témoin) avec des relevés de ruissèlement selon les fortes pluies et une station pluviométrique installée au niveau du collège de Doujani.

Actuellement, afin de drainer ces eaux de ruissellements provenant du versant Sud-Est, un fossé en terre a été mis en œuvre le long de la piste. Ce réseau bien que continu ne permet pas d'évacuer correctement les eaux de pluies. En effet, il permet leur drainage mais aucun ouvrage de franchissement (à l'exception d'une buse) ne permet l'évacuation de ces eaux vers la rivière. Actuellement, les eaux débordent du fossé puis traversent la piste se frayant un chemin à travers les habitations pour rejoindre la rivière.



Figure 37 : Fossé en terre mis en œuvre le long de la piste



Figure 38 : Plantation de bananes au niveau de la ravine (amont de la piste) et cheminement des eaux au travers des habitations (aval de la piste).

#### 4.1.2.5. Ouvrages existants

##### 4.1.2.5.1. *Ouvrages de protections de berges*

Actuellement, les talus riverains généralement verticaux présentent des signes réguliers d'affouillement dû au travail naturel du cours d'eau : sous-cavement et effondrement des ouvrages de confortement mis en œuvre, déstabilisation des blocs constitutifs d'empierrement, affouillement de gabions, etc. Or la remise en cause de ces ouvrages engendre d'importants désordres (encombrement du gabarit hydraulique) et facilite, inexorablement, le travail de l'érosion.



Figure 39 : Talus stabilisé au moyen de pneus.

Pour mémoire, le cours d'eau ne pouvant pleinement dépenser son énergie latéralement (berge « stabilisée »), celui-ci travaille plus activement sur le fond de son lit et induit des processus d'incision localisés facilitant la remise en cause des ouvrages de protection.

Sans intervention humaine, il est aujourd'hui évident que la dégradation de ces ouvrages de confortement se poursuivra jusqu'à rapidement remettre en cause le rôle de soutènement que ceux-ci produisent vis-à-vis des habitations situées en surplomb immédiat. Au-delà de ce risque éminent et susceptible d'engendrer de profonds dommages en cas d'encombrement concomitant du gabarit hydraulique (le basculement de ces protections dans le lit risquant de faire obstacle aux écoulements en période de crue), les processus d'érosion en cause ne pourront jamais être arrêtés tant que les ouvrages de confortement seront aussi fortement exposés aux contraintes hydrauliques. Du fait de l'étroitesse actuelle du gabarit du lit et de son encaissement, les phénomènes érosifs se reproduiront inlassablement.



Figure 40 : Tôles ondulées ou « gabions » faisant office de protections de berges

#### 4.1.2.5.2. Ouvrages transversaux

La présence **d'ouvrages transversaux** altère les flux intrinsèques au cours d'eau (liquides et solides) ainsi que la migration des espèces potentiellement présentes.

Quelques ouvrages jalonnent la rivière Mro Oua Doujani. De manière schématique, on observe :

- des seuils artificiels généralement mis en œuvre pour créer une zone de rétention et permettre le prélèvement d'eau. Ces ouvrages ont également pour effet de stabiliser le profil en long de la rivière en formant un point dur ;
- des ouvrages de franchissement de type buse ;
- des ouvrages de franchissement de type pont ou passerelle.

##### 4.1.2.5.2.1. Seuils/radiers submersibles

Les seuils sont des ouvrages courants ; cependant, leur influence sur la morphologie des rivières est complexe à analyser. Les seuils créent une singularité hydraulique qui influence la ligne d'eau, et ont de ce fait un rôle dans la régulation du transport solide. **La morphologie de la rivière va effectivement s'adapter à la singularité (perte de charge) liée à la présence du seuil.**



Figure 41 : Ouvrages de type seuils présents en partie amont de la zone d'étude

#### ➤ Hauteur de chute

La chute sur le seuil est fonction de la cote et de la largeur du seuil, et de la condition hydraulique aval (fonction du débit). Le phénomène est complexe car la chute varie avec le débit.

Avec des débits croissants, la chute sur le seuil va diminuer, et le seuil va passer du régime dénoyé au régime noyé. Même noyé, le seuil peut provoquer une chute résiduelle de quelques dizaines de centimètres.

#### ➤ Remous solide

Dans leur conception, la plupart des seuils reprennent le même principe de base : pour ne pas aggraver le niveau des crues en amont, la chute du seuil est compensée par une surlargeur. En crue, cette largeur accrue limite l'élévation des niveaux en amont.

Certains seuils sont ainsi effacés lors des crues exceptionnelles, voire parfois des crues moyennes : ils n'ont donc pas d'effet majeur sur le transit sédimentaire, et donc sur la morphologie du lit.

L'influence d'un seuil sur le niveau du lit n'est pas liée à sa hauteur brute, mais à la perte de charge (voisine de la chute) qu'il provoque. La perte de charge varie avec le débit. La perte de charge à retenir ici est calculée pour les débits qui ont un rôle morphologique (parce qu'ils transportent des sédiments).

La différence de niveau de lit entre l'amont et l'aval d'un seuil est égale à cette perte de charge et est déterminée par rapport à la cote du fond du lit en aval. C'est pourquoi il n'est pas besoin que le seuil soit engravé jusqu'à la crête pour laisser passer des matériaux lorsqu'il y a charriage. La différence entre le niveau du fond du lit en amont et la cote du seuil est appelée pelle.

**L'effet d'un seuil sur le niveau des fonds du lit ne dépend donc pas seulement de sa hauteur, mais de son influence sur les lignes d'eau pour les débits morphologiquement actifs (c'est-à-dire capables de transport des matériaux).**



Figure 42 : Seuil artificiel (hauteur de chute d'environ 1,20m) permettant de stabiliser le profil en long de la rivière

#### 4.1.2.5.2.2. Ouvrages de franchissement type buse

Parmi les ouvrages de franchissement observés lors des investigations de terrains, deux ouvrages type buses béton ont été recensés dans le lit de la rivière Doujani.

Le premier ouvrage est une buse diamètre 1500mm permettant le franchissement de la rivière et le passage de la piste. Cet ouvrage partiellement bouché sur sa partie amont (formation d'embâcles et accumulation de matériaux terrigènes), a été en partie contourné par les eaux en période de crue. Les débordements successifs de la rivière sur ce secteur ont provoqué un lessivage des sols et une érosion régressive du remblai. L'ouvrage est fortement dégradé et risque à court terme d'être emporté.

Un processus similaire a eu lieu légèrement en aval. L'ouvrage a été emporté au cours d'une crue de même que la piste. Il est possible de retrouver dans le lit du cours d'eau des morceaux de l'ouvrage en question (buses diamètre 1500mm).

La piste a ainsi été reconstruite et légèrement décalé en rive droite de manière à être moins soumises aux contraintes hydrauliques et processus de divagation de la rivière.



Figure 43 : Ouvrage busé dégradé sous l'action des submersions successives.

#### 4.1.2.5.2.3. Ouvrages de franchissement type pont et passerelle

Au niveau de l'extrémité aval de la zone d'étude, à proximité de la confluence avec la mer, deux ouvrages de franchissements ont été recensés. Il s'agit d'une passerelle bois et d'un ouvrage cadre béton.

Ces ouvrages sont situés dans la zone d'influence de la mer à proximité d'un secteur de mangrove. Les simulations hydrauliques réalisées dans le cadre de cette étude, prenant notamment en compte l'influence de la mer, permettront de déterminer si ces ouvrages sont submergés pour la crue centennale (occurrence de référence) et par conséquent si leur gabarit doit être modifié.



Figure 44 : illustration de la passerelle depuis l'amont vers l'aval

Les caractéristiques de la passerelle piétonne sont les suivantes :

- Portée de 18m,
- Tirant d'eau d'environ 3,70m.

Deux exutoires des réseaux d'assainissement des eaux pluviales ont également été relevés sous l'ouvrage. Les caractéristiques de ces exutoires sont les suivantes :

- Rive gauche : buse béton diamètre 600mm (partiellement effondrée) ;
- Rive droite : dalot béton largeur 1.00m, hauteur 1.50m.



Figure 45 : Ouvrage de franchissement de la RN2 au droit de l'exutoire en mer

#### 4.1.2.5.2.4. Ouvrages de gestion des eaux de ruissellements

Plusieurs ravines ou fond de talwegs présents en rive gauche et droite de la zone d'étude alimentent la rivière Mro Oua Doujani. Les eaux de ruissellements provenant de ces ravines intermittentes sont récupérées soit par des ouvrages busés soit par des cunettes béton en « v » régulièrement mis en œuvre le long de la piste.



Figure 46 : Ouvrage busé partiellement comblé permettant la transparence hydraulique

Les talus riverains, notamment en rive droite, ont été peu à peu mis à nu pour le développement des cultures ou la création d'habitations. Le défrichage favorise les phénomènes de ruissellement et de lessivage des sols, qui combiné aux fortes pentes, provoque d'importants phénomènes de ravinement nécessitant la mise en place de ces ouvrages ainsi que leur stabilisation, généralement au moyen d'un enrochement liaisonné.



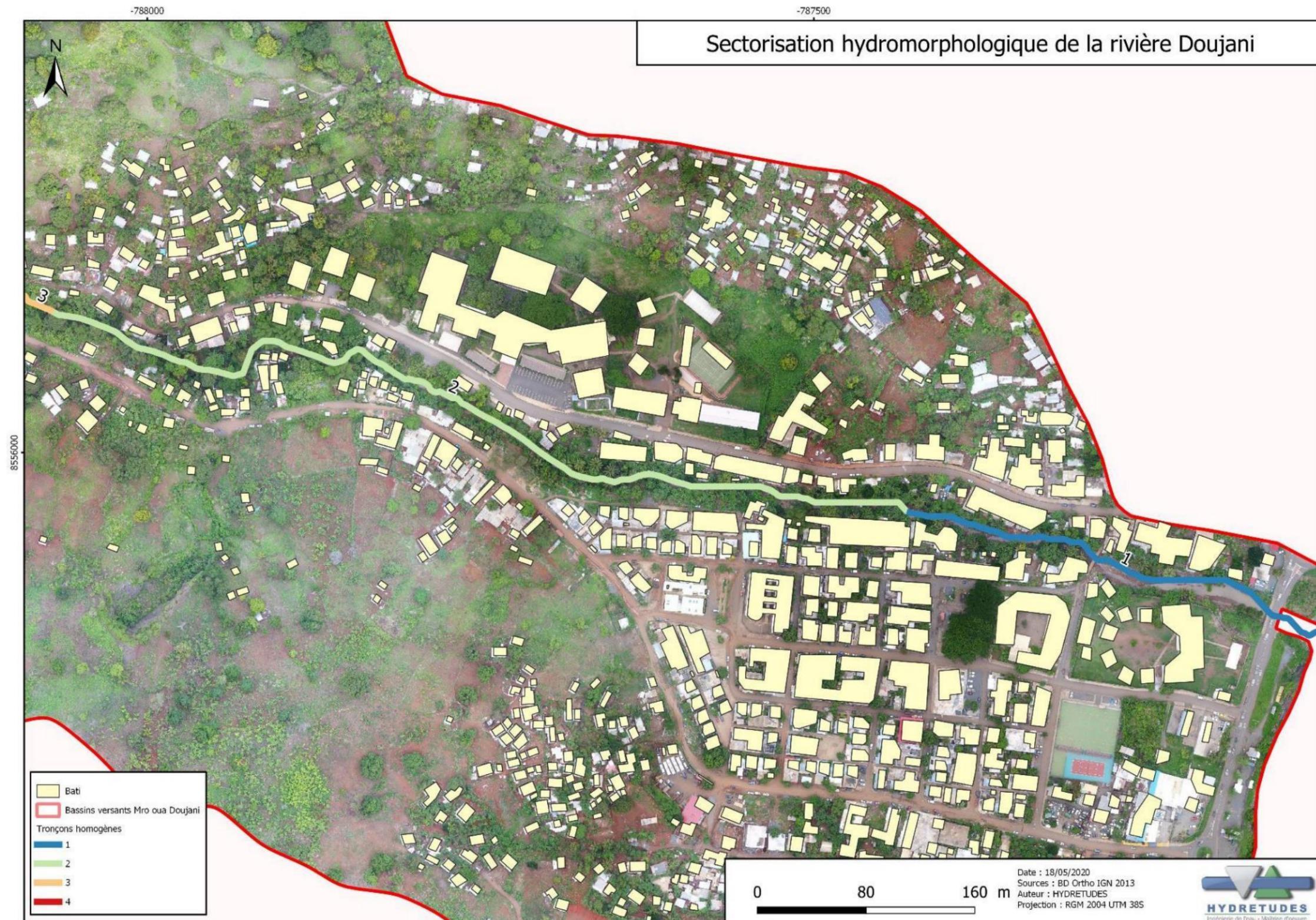
Figure 47 : Cunettes bétonnées en « v » et enrochement liaisonné en partie aval

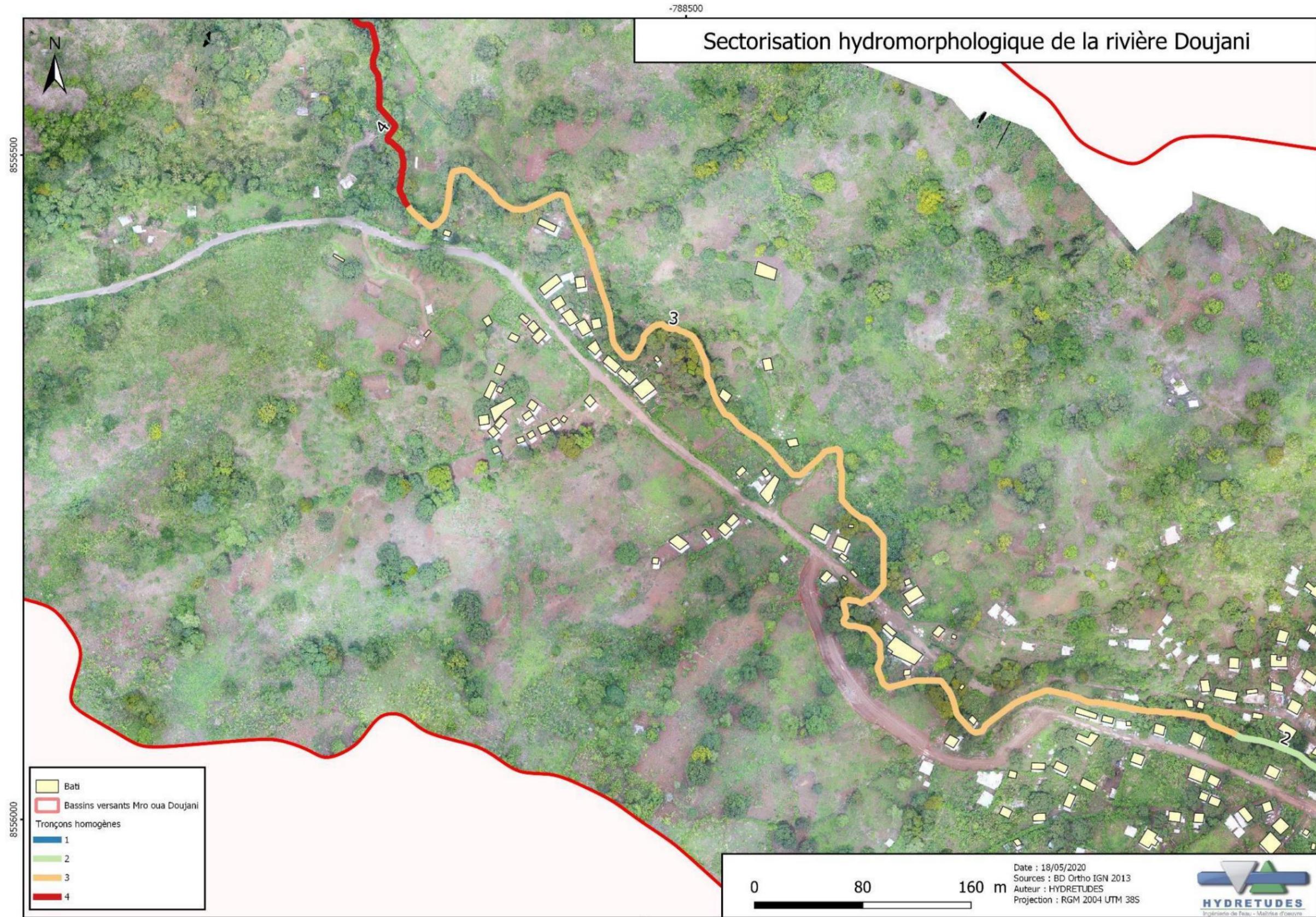
Ces eaux de ruissellements après avoir traversées la piste s'écoulent au travers des secteurs habités en empruntant les chemins d'accès aux habitations. Une réflexion devra être faite quant à la gestion de ces eaux et leurs prises en compte dans les propositions d'aménagement et de développement de la zone.



Figure 48 : Ouvrage de gestion des eaux de ruissèlement existant à l'extrémité aval

### 4.1.3. SECTORISATION HYDROMORPHOLOGIQUE DE LA RIVIERE DOUJANI





4.1.3.1. Tronçon homogène 1

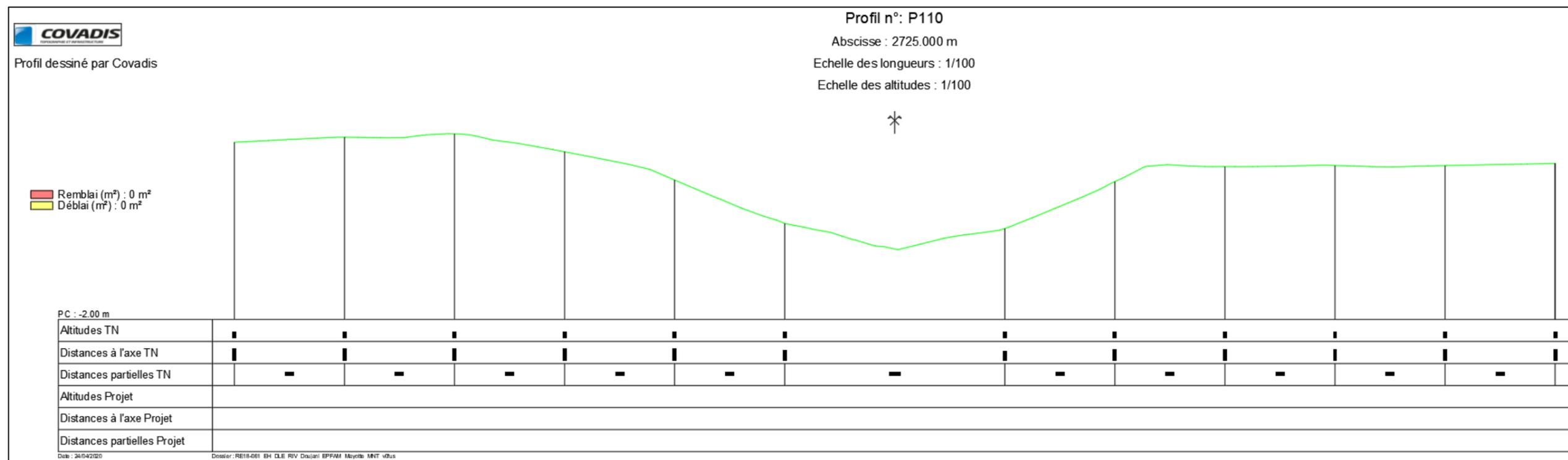


Figure 49 – Profil type du tronçon homogène 1 : embouchure saumâtre influencée par le milieu marin

4.1.3.2. Tronçon homogène 2

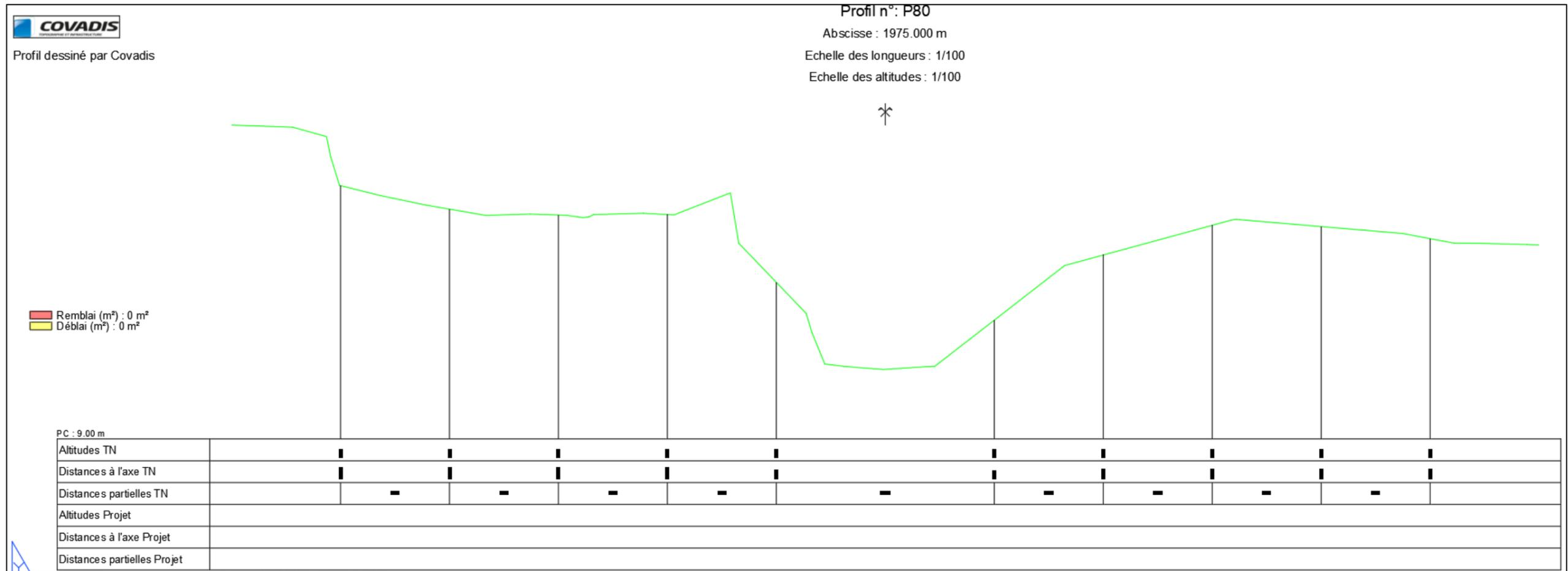


Figure 50 – Profil type du tronçon homogène 2 : zone fortement anthropisée et dégradée pour l'ensemble des approches

4.1.3.3. Tronçon homogène 3

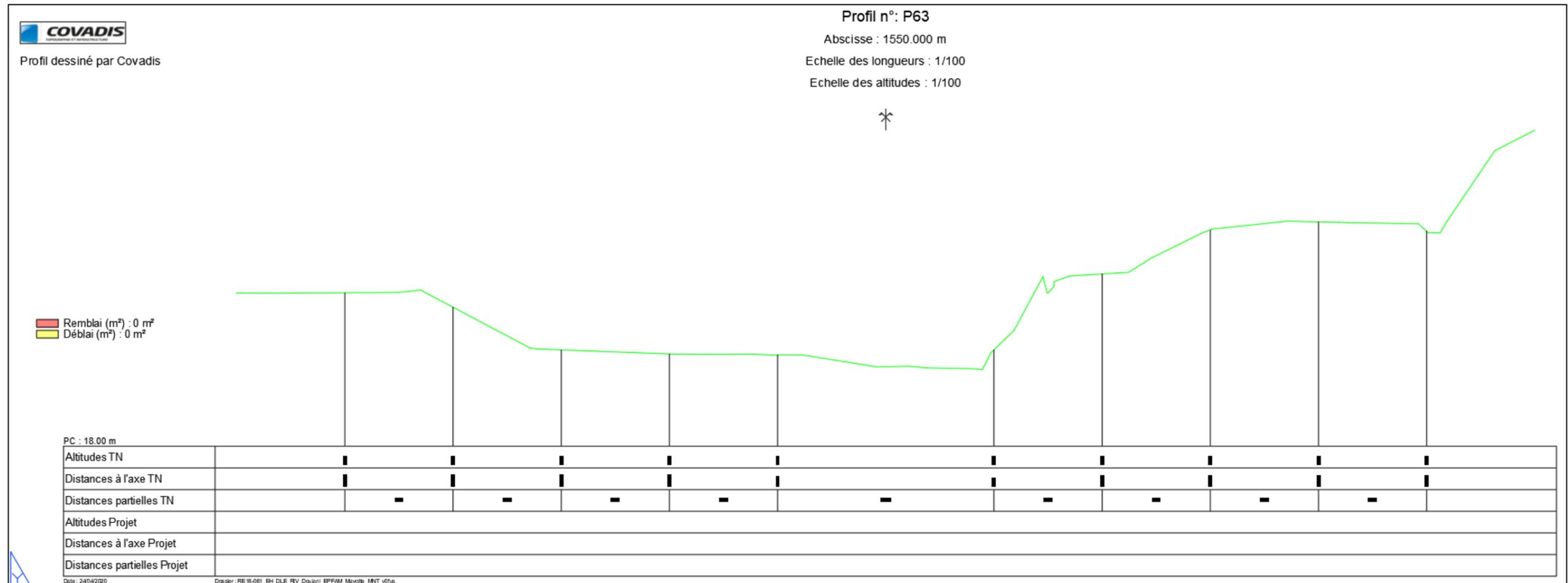


Figure 51 – Profil type du tronçon homogène 3 : zone diversifiée en termes de morphologie et d'habitats

## 4.2. RISQUES NATURELS

L'île de Mayotte est soumise à différents risques naturels prévisibles, de par son climat tropical humide et son relief accidenté. En effet, cyclones, pluies, crues, inondations, éboulements et glissements de terrain sont des phénomènes naturels inhérents au département.

L'intensité des précipitations exceptionnelles, un relief tourmenté, la fragilité des sols propice à l'érosion, aggrave considérablement les risques qui peuvent avoir des conséquences graves en termes humains (évacuation, blessés, morts, etc.), matériels (bâtiments dévastés, alimentation en eau potable interrompue, etc.) et financiers.

Le territoire est concerné par des phénomènes de crues torrentielles liées fréquemment aux perturbations cycloniques, mais aussi par des mouvements de terrain. Le risque lié aux vents cycloniques est traité dans le cadre des normes de construction.

La prévention des risques s'intéresse donc principalement, à Mayotte, aux inondations, aux mouvements de terrain et à la sismicité.

### 4.2.1. ALÉA ÉROSION ET MOUVEMENTS DE TERRAIN

Mayotte, de par son relief jeune et son climat tropical humide, est une région où l'érosion est très active. L'intensité et la brutalité des précipitations qui accompagnent les dépressions cycloniques amplifient l'instabilité naturelle de ces reliefs accidentés. L'aléa « Mouvements de terrains » est dans beaucoup d'endroits de niveau moyen ou fort (3 niveaux adoptés à Mayotte : faible, moyen, fort).

La zone d'étude, localisée sur la colline de Doujani, présente une sensibilité importante aux aléas mouvement de terrain. Ceux-ci sont localisés sur les secteurs de forte pente.

La zone étudiée est majoritairement concernée par un aléa fort glissements de terrain dominant et aléa chute de blocs moyens (G3P2- couleur orange). Le reste de la surface est couverte par un aléa moyen glissement de terrain dominant et chute de bloc moyen (G2P2), et une zone à l'amont du village en rive droite de la rivière qui est sous aléa faible glissement de terrain et chute de bloc (G1P1).

On observe également une petite zone d'aléa fort chute de bloc P3G1 correspondant à la zone d'exploitation de lauzes.

Le règlement actuel des PPR indique que les zones soumises à aléa moyen glissement de terrain doivent faire l'objet d'études visant à montrer que les projets n'aggravent pas l'aléa, associé ou pas aux prescriptions nécessaires pour rester dans ce cadre.

Dans les zones d'aléa Fort le règlement indique que l'inconstructibilité va de principe. Il est conseillé également de se rapprocher du service Risque Naturel de la DEAL.

Observation :

Une étude de précision d'aléa à été réalisés par le groupement ZONE UP/AROM/ZOORIT/MBE/ANTEA/SEMAPHORES/ESPACES en mai 2007 dans le cadre de l'étude de l'aménagement d'une zone de 35 hectares en rive gauche du Mro Oua Doujani à l'ouest du village de Doujani. Le plan extrait de la synthèse de cette étude est présenté ci-dessous. Cette étude est antérieure à la réalisation des PPRN en cours de validation sur la commune de Doujani.

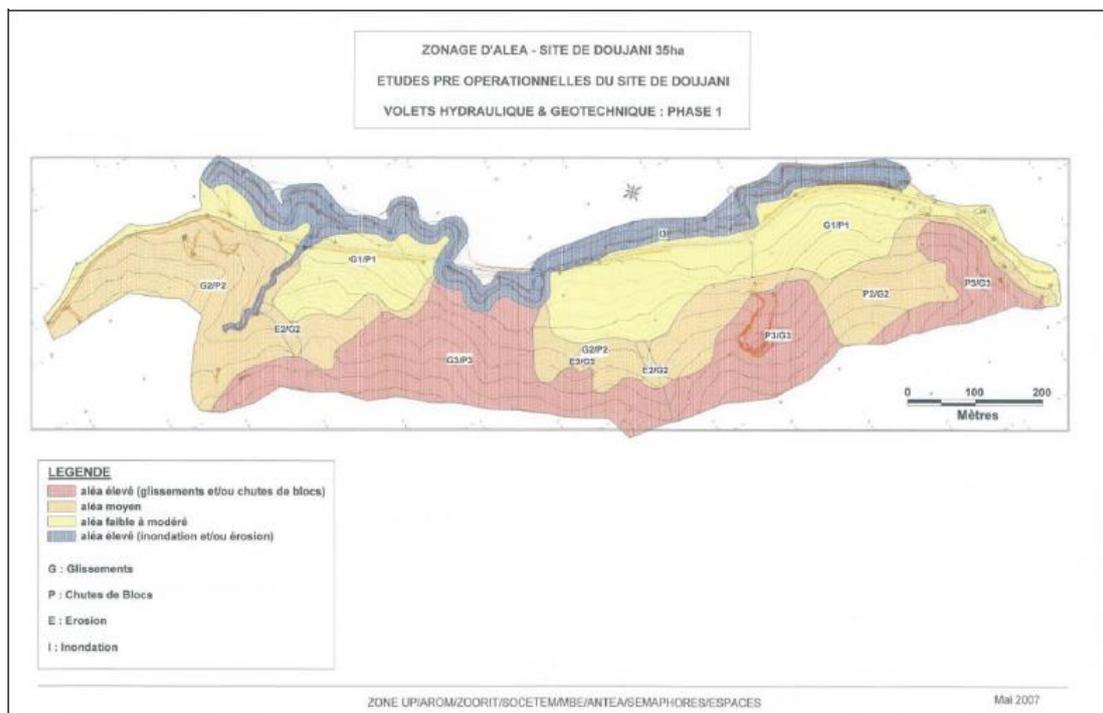


Figure 52 : cartographie du zonage d'aléa mouvement de terrain au droit du site de projet

En ce qui concerne l'entrée du site, au regard de l'aléa fort chutes de blocs, les études d'Antea préconisent la mise en oeuvre d'un merlon de protection (étude 46267/B du 29 juin) ou d'un écran de filet (étude 50806/A de mai 2008)

La nature limono argileuse des matériaux, les pentes globalement fortes (>30%) des versants sud et nord, et la présence de blocs remobilisables font que le classement en aléa fort est difficile à remettre en cause sur le secteur d'étude. Cela est corroboré par l'étude de précision réalisée par Antéa en 2007. Celle-ci proposait d'adapter le projet de ZAC en ménageant des zones de construction et les zones non construites en protégeant les accès des risques de chutes de blocs.

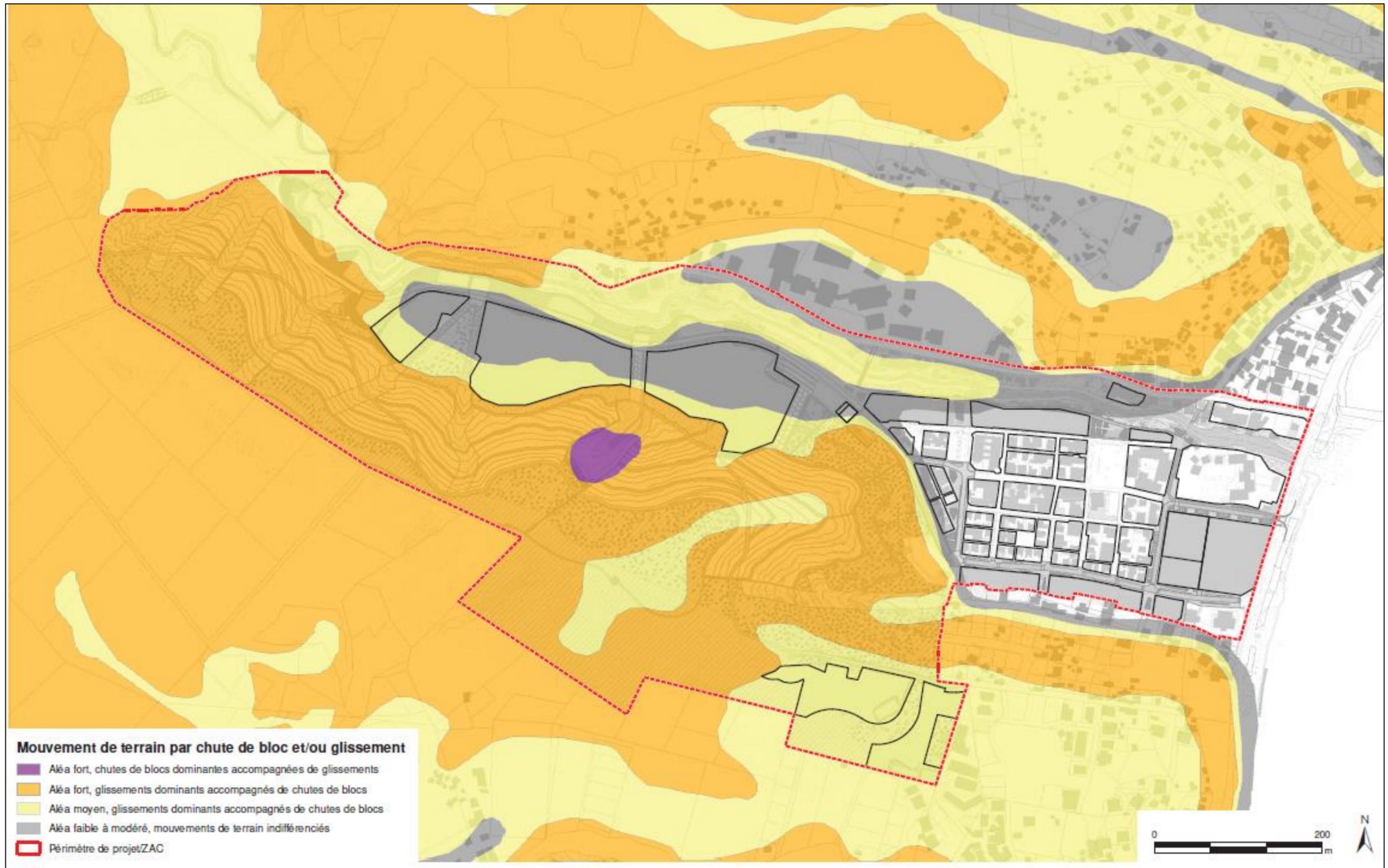


Figure 53. Cartographie du risque MVT sur la zone d'étude

### 4.2.2. ALEA INONDATION

Compte tenu des fortes précipitations et intensités de pluie sur ce bassin versant, le risque d'inondation est le risque naturel à prendre en compte en priorité.

**La rivière Doujani traversant le site de projet présente un risque inondation fort au droit du lit du cours d'eau sur l'ensemble de la zone d'étude, ainsi qu'au niveau de ses ramifications.**

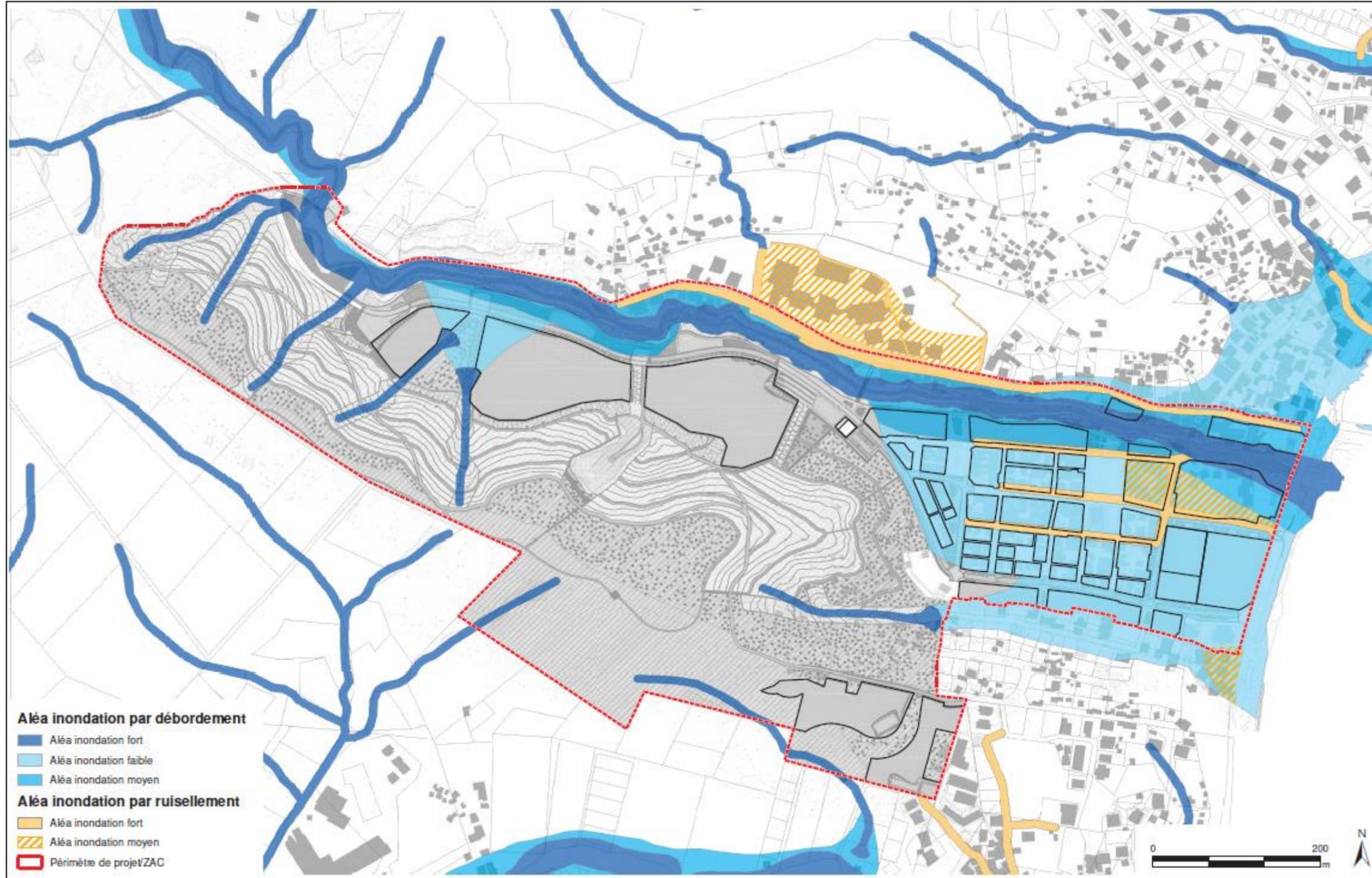


Figure 54. Cartographie de l'aléa inondation par inondation et ruissellement sur la zone d'étude

### 4.2.3. ALEA SUBMERSION MARINE ET RETRAIT DU TRAIT DE COTE

Dans le cadre des modélisations hydrauliques de la rivière Doujani et ses affluents, l'influence marine a été prise en compte en prenant comme référence la côte atteinte par un épisode d'occurrence centennale au droit du village de Mtsapéré.

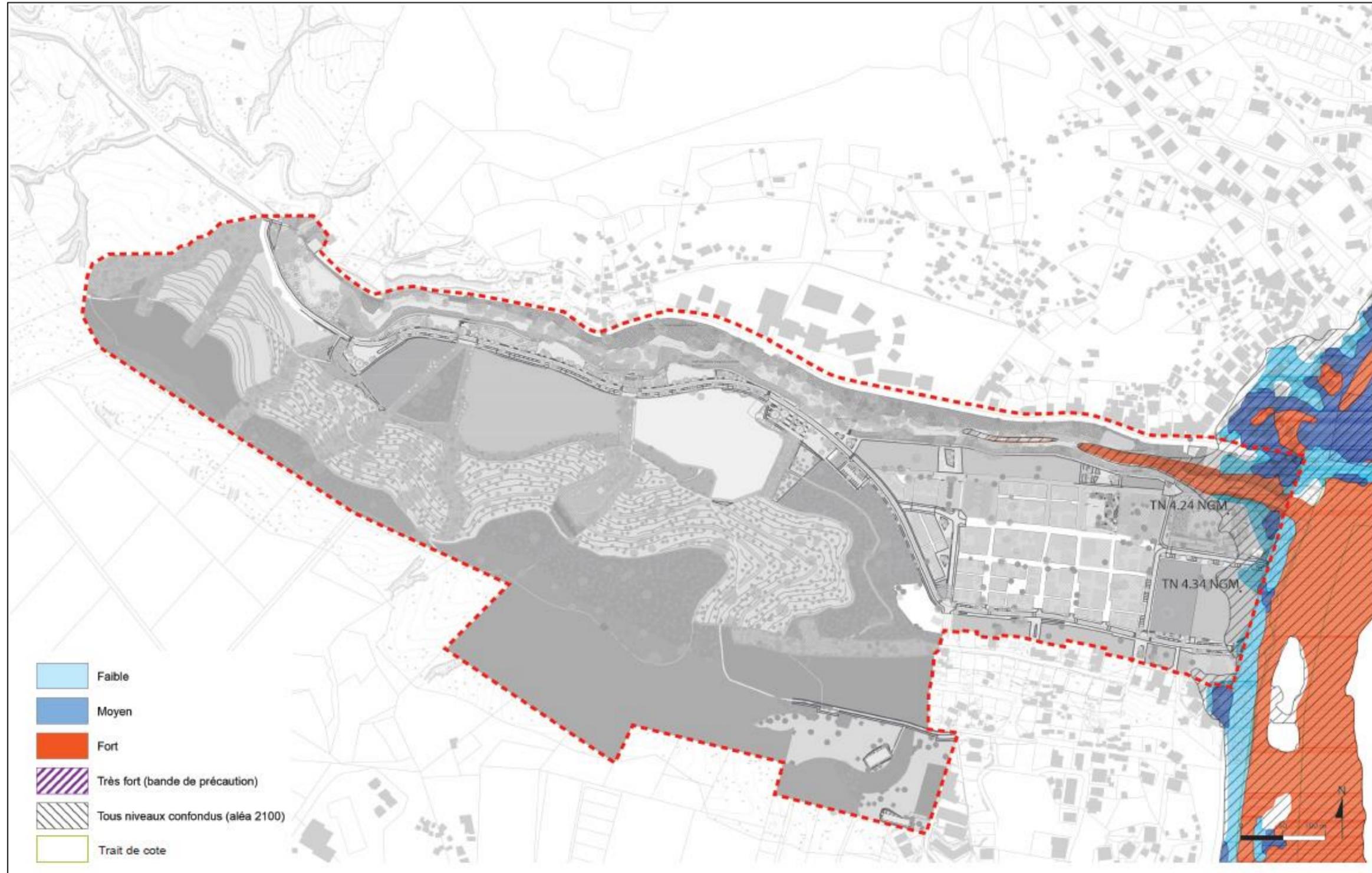


Figure 55 : Cartographie des aléas de submersion marine et retrait du trait de cote

#### 4.2.4. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS DE DOUJANI

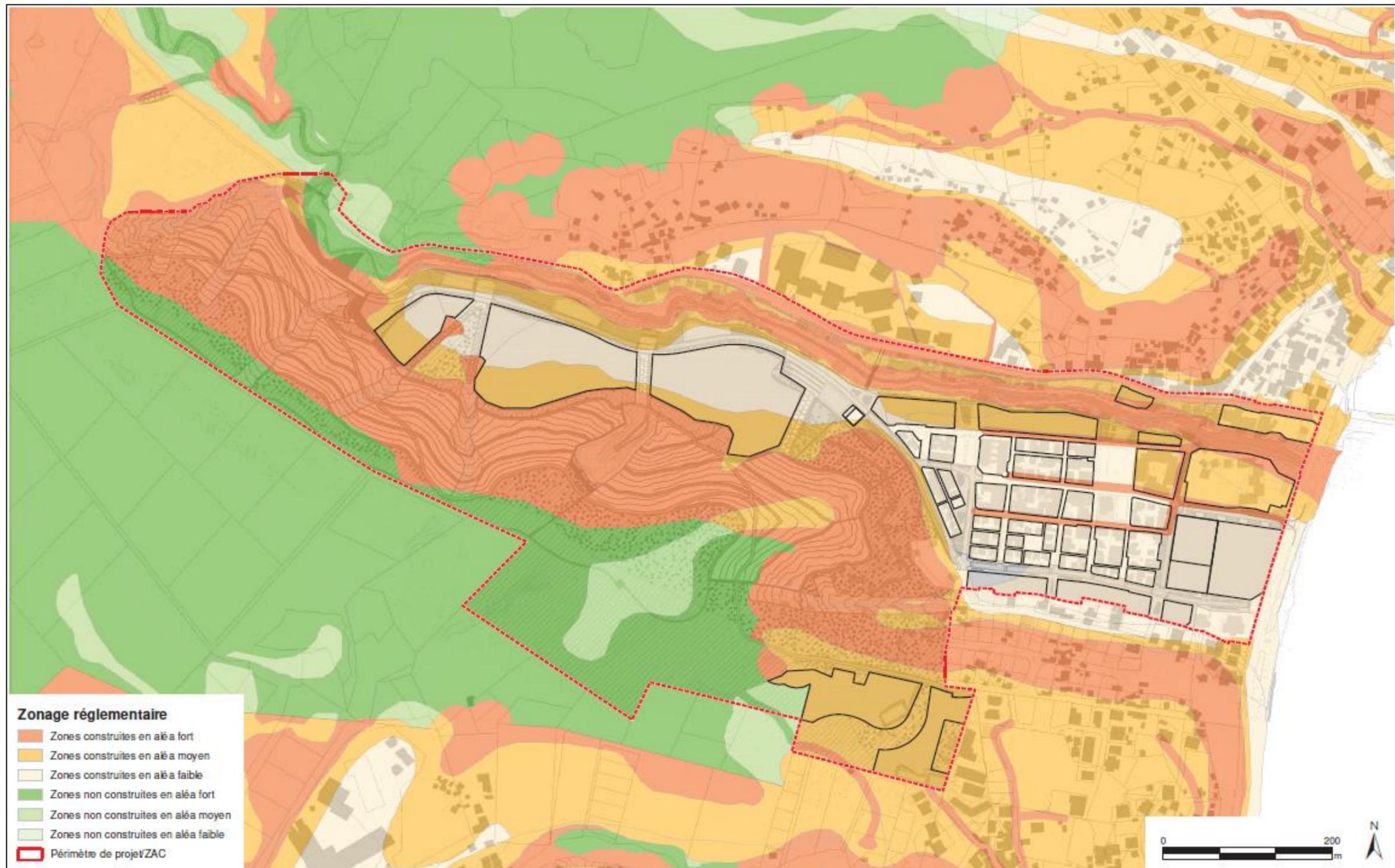


Figure 56 : Cartographie du plan de prévention des risques naturels sur la zone d'étude

## 5. INCIDENCES DU PROJET SUR LE MILIEU ET MESURES COMPENSATOIRES

Sont traités dans ce chapitre uniquement les thèmes pour lesquels le projet d'aménagement est susceptible d'avoir une incidence. Le lecteur pourra considérer que les thématiques non abordées ne subissent aucun impact.

### 5.1. INCIDENCES PENDANT LES TRAVAUX DE REALISATION

Pendant les travaux, le chantier générera des nuisances pour le milieu humain et pourrait éventuellement générer des pollutions accidentelles sur le milieu naturel en cas de défaillance des engins.

#### 5.1.1. SUR LES ECOULEMENTS

Les travaux de type terrassements, fondations et franchissements de ravine seront réalisés hors période cyclonique, et n'auront donc que peu d'incidence sur les écoulements.

#### 5.1.2. SUR LA QUALITE DES EAUX

L'intervention des engins entraîne la mise en suspension de particules solides. Ce phénomène implique une dégradation de la qualité des eaux en cas d'écoulement. Un nettoyage complet des abords des zones de ruissellements privilégiés sera opéré après travaux.

De plus, le stockage des engins et des matériaux se fera en dehors des zones inondables des thalwegs pour la sécurité des biens et se situera le plus loin possible de ceux-ci pour éviter tout risque de pollution. Les engins devront répondre à toutes les normes en vigueur en matière d'émission de gaz et devront être parfaitement entretenus afin de parer à toute fuite d'huile ou d'hydrocarbure.

Les travaux sont réalisés avant la période cyclonique. Ainsi, les talus et pentes raides ne seront pas encore végétalisés à l'approche de la saison des pluies, rendant ces surfaces très sensibles aux écoulements superficiels.

Il est donc préconisé (pendant la première période cyclonique suivant les travaux), de réaliser une rétention des matières en suspension présente dans les eaux de ruissellement. Cette rétention sera réalisée en bordure de parcelle.

La protection à mettre en place sera constituée d'un géotextile filtrant ancré, en clé, dans le sol en amont et reposant sur des ballots de paille assurant également une filtration secondaire plus fine.

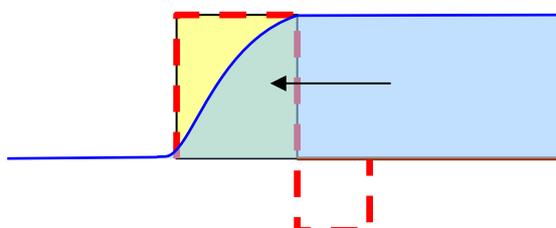


Figure 57 : Principe de rétention des MES

Ce dispositif sera entretenu et remplacé autant que de besoin.