

**RÉPUBLIQUE DE DJIBOUTI**  
**MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'EAU, DE LA PÊCHE, DE**  
**L'ÉLEVAGE ET DES RESSOURCES HALIÉUTIQUES (MAEPE-RH)**  
**OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT DE**  
**DJIBOUTI (ONEAD)**

**ÉTUDE DE COLLECTE DE DONNÉES SUR**  
**LA RÉDUCTION DES RISQUES**  
**D'INONDATION À DJIBOUTI VILLE**

**RAPPORT FINAL**

**FEVRIER 2025**

**AGENCE JAPONAISE DE**  
**COOPERATION INTERNATIONALE**

**ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.**

<b>6R</b>
<b>JR</b>
<b>25-002</b>



**RÉPUBLIQUE DE DJIBOUTI  
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'EAU, DE LA PÊCHE, DE  
L'ÉLEVAGE ET DES RESSOURCES HALIÉUTIQUES (MAEPE-RH)  
OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT DE  
DJIBOUTI (ONEAD)**

**ÉTUDE DE COLLECTE DE DONNÉES SUR  
LA RÉDUCTION DES RISQUES  
D'INONDATION À DJIBOUTI VILLE**

**RAPPORT FINAL**

**FEVRIER 2025**

**AGENCE JAPONAISE DE  
COOPERATION INTERNATIONALE  
ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.**

Taux de change:  
US\$ 1 = JPY 157.655  
DJF 1 = JPY 0.88715  
(Taux JICA en janvier 2025)

## RAPPORT FINAL

# ÉTUDE DE COLLECTE DE DONNÉES SUR LA RÉDUCTION DES RISQUES D'INONDATION À DJIBOUTI VILLE

## TABLE DES MATIÈRES

Table des Matières .....	i
Liste des Tableaux .....	iv
Liste des Figures .....	iv
Abréviations .....	vii
Carte de localisation de la zone cible de l'Étude .....	ix
<b>CHAPITRE 1 PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE .....</b>	<b>1-1</b>
1.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE .....	1-1
1.2 OBJECTIF DE L'ÉTUDE .....	1-1
1.3 PRINCIPAUX RÉSULTATS DE L'ÉTUDE .....	1-2
1.4 PRINCIPAUX ORGANISMES CONCERNÉS PAR L'ÉTUDE .....	1-2
1.5 CALENDRIER ET ÉQUIPE D'ENQUÊTE .....	1-3
1.6 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE .....	1-3
1.6.1 État, mécanismes des inondations fluviales et pluviales, et enjeux de la gestion des risques d'inondation .....	1-3
1.6.2 Projets recommandés pour réduire les risques d'inondation .....	1-5
<b>CHAPITRE 2 SITUATION GÉNÉRALE DE LA ZONE CIBLE DE L'ÉTUDE .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 CONDITIONS NATURELLES .....	2-1
2.1.1 Topographie/géologie .....	2-1
2.1.2 Météorologie .....	2-3
2.1.3 Sols, couvert terrestre .....	2-4
2.1.4 Environnement naturel .....	2-5
2.2 CONDITIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES .....	2-5
2.2.1 POPULATION .....	2-5
2.2.2 ÉCONOMIE .....	2-6
2.2.3 TRANSPORTS .....	2-6
2.2.4 CONDITIONS SOCIALES .....	2-7
2.3 ÉTAT DE LA PLANIFICATION ET DES AMÉNAGEMENTS URBAINS .....	2-8
2.3.1 SCHÉMA DIRECTEUR D'AMÉNAGEMENT ET D'URBANISME (2014) .....	2-8
2.3.2 SCHÉMA DIRECTEUR D'AMÉNAGEMENT ET D'URBANISME RÉVISÉ .....	2-8
2.3.3 ÉTAT D'AMÉNAGEMENT .....	2-10
<b>CHAPITRE 3 POLITIQUES ET DÉMARCHES EN MATIÈRE DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS FLUVIALES ET PLUVIALES .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 LES POLITIQUES DU GOUVERNEMENT DE DJIBOUTI EN LA MATIÈRE .....	3-1
3.1.1 Vision Djibouti 2035 .....	3-1
3.1.2 Plan national de développement 2020-2024 .....	3-1
3.1.3 Code de l'eau .....	3-3

3.1.4	Gestion du développement des ressources en eau .....	3-4
3.1.5	Politique en matière de gestion des catastrophes .....	3-4
3.1.6	Politique en matière de changement climatique .....	3-5
3.2	PRINCIPALES ENTITÉS GOUVERNEMENTALES IMPLIQUÉES DANS LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS PLUVIALES ET FLUVIALES .....	3-8
3.2.1	Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, de la Pêche, de l'Élevage et des Ressources Halieutiques (MAEPE-RH).....	3-8
3.2.2	Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Djibouti (ONEAD) .....	3-10
3.2.3	Autres entités.....	3-11
3.3	HISTORIQUE DES MESURES DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS ET SOUTIEN DES BAILLEURS DANS LA ZONE CIBLE DE L'ÉTUDE.....	3-13
3.3.1	Mesure de lutte contre les inondations fluviales .....	3-13
3.3.2	Mesures de lutte contre les inondations pluviales .....	3-16
3.3.3	Possibilités de coopération avec d'autres bailleurs .....	3-19

#### **CHAPITRE 4 ÉTUDE PRÉLIMINAIRE SUR LES INONDATIONS FLUVIALES ET PLUVIALES .....4-1**

4.1	INFORMATIONS TOPOGRAPHIQUES .....	4-1
4.1.1	MNT autour du centre de la ville de Djibouti .....	4-1
4.1.2	Élévation de la crête de la digue construite sur la rive droite de l'oued Ambouli.....	4-3
4.1.3	Mesure simplifiée du niveau du lit de la retenue du barrage de l'amitié d'Ambouli .....	4-3
4.1.4	MNT couvrant l'ensemble du bassin de l'oued Ambouli .....	4-3
4.2	INONDATIONS FLUVIALES ET PLUVIALES .....	4-3
4.2.1	Liste des grandes inondations passées.....	4-3
4.2.2	Conditions d'endommagement des inondations majeures passées .....	4-4
4.3	ENQUÊTE SUR LES INONDATIONS.....	4-6
4.4	FORCES EXTERNES DES INONDATIONS FLUVIALES ET PLUVIALES .....	4-11
4.4.1	Caractéristiques des précipitations .....	4-11
4.4.2	Analyse des marées .....	4-20
4.4.3	Changement climatique.....	4-21
4.5	INONDATIONS FLUVIALES.....	4-22
4.5.1	Caractéristiques du bassin de l'oued Ambouli .....	4-22
4.5.2	Installations de lutte contre les inondations existantes et étudiées et aménagements connexes des ressources en eau Installations .....	4-25
4.5.3	Analys de l'inondation .....	4-30
	contraintes .....	4-36
4.5.4	Analyse préliminaire des précipitations et du ruissellement .....	4-38
4.5.5	Sédimentation dans le réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli .....	4-41
4.6	INONDATIONS PLUVIALES.....	4-44
4.6.1	Canaux de drainage existants .....	4-44
4.6.2	Plans existants en matière d'inondations intérieures et initiatives récentes.....	4-50
4.6.3	Simulation d'inondations .....	4-56
4.7	ÉTAT ACTUEL ET POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES RESSOURCES EN EAU.....	4-57
4.7.1	État actuel de l'utilisation de l'eau .....	4-57
4.7.2	Potentiel de développement des ressources en eau .....	4-59
4.8	PRÉVISION ET ALERTE DES INONDATIONS.....	4-62
4.9	DISCUSSION SUR LE MÉCANISME DES INONDATIONS ET LE RISQUE D'INONDATION .....	4-64
4.9.1	Inondations fluviales .....	4-64
4.9.2	Inondations pluviales.....	4-66

4.10	PROBLÈMES ET ORIENTATION DES CONTRE-MESURES .....	4-67
4.10.1	Inondations fluviales .....	4-67
4.10.2	Inondations pluviales.....	4-70
<b>CHAPITRE 5 BESOINS DE SOUTIEN ET FUTUR PLAN DE COOPÉRATION .....</b>		<b>5-1</b>
5.1	BESOINS DE SOUTIEN POUR LA RÉDUCTION DES RISQUES D'INONDATION .....	5-1
5.1.1	Inondations fluviales .....	5-1
5.1.2	Inondations pluviales.....	5-2
5.2	PROJETS RECOMMANDÉS POUR RÉDUIRE LE RISQUE D'INONDATION .....	5-4
5.2.1	Inondations fluviales .....	5-4
5.2.2	Inondations pluviales.....	5-11

## ANNEXE

ANNEXE 1	ENQUÊTE SUR LES INONDATIONS
ANNEXE 2	CARACTÉRISTIQUES DES PRÉCIPITATIONS
ANNEXE 3	BARRAGES PROPOSÉS DANS L'ÉTUDE SOUTENUE PAR DSI (TURQUIE)
ANNEXE 4	ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES PRÉCIPITATIONS ET DU RUISSELLEMENT
ANNEXE 5	RÉSULTATS DE SIMULATION D'INONDATION PAR ÉCHELLE D'INONDATION
ANNEXE 6	ÉTUDE DE LA SÉDIMENTATION DANS LE RÉSERVOIR DU BARRAGE DE L'AMITIÉ D'AMBOULI
ANNEXE 7	ATELIER DES PARTIES PRENANTES

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.4.1	Présente les principaux organismes concernés par l'Étude .....	1-2
Tableau 3.1.1	Les cinq piliers de la Vision Djibouti 2035 et leurs stratégies.....	3-2
Tableau 3.1.2	Les trois axes stratégiques et les programmes de soutien du plan national de développement 2020-2024.....	3-3
Tableau 3.1.3	Mesures d'atténuation financées.....	3-6
Tableau 3.1.4	Projets en matière de mesures d'adaptation.....	3-7
Tableau 3.2.1	Principales entités gouvernementales concernées .....	3-8
Tableau 4.2.1	Liste des grandes inondations passées .....	4-3
Tableau 4.3.1	Inondations cibles de l'enquête et des principaux éléments de l'entretien .....	4-7
Tableau 4.4.1	Pluviométrie mensuelle (station de l'aéroport de Djibouti, 2012 à 2023).....	4-12
Tableau 4.4.1	Nombre de jours de pluie (station de l'aéroport de Djibouti, 2012 à 2023 ).....	4-12
Tableau 4.4.3	Pluies horaires et journalières maximales annuelles (unité : mm).....	4-13
Tableau 4.4.4	Corrélation des stations.....	4-15
Tableau 4.4.5	Moyenne des précipitations dans le bassin pendant les inondations majeures et les événements récents de ruissellement à grande échelle, sur la base des précipitations observées au sol .....	4-16
Tableau 4.4.6	Pluies journalières moyennes annuelles maximales du bassin et pluies probables dans le bassin de l'oued Ambouli .....	4-20
Tableau 4.4.7	Paramètres de marée (Unité : mm) .....	4-21
Tableau 4.4.8	Prévisions futures sur le changement climatique.....	4-21
Tableau 4.5.1	Barrages recommandés par DSI pour la construction .....	4-28
Tableau 4.5.2	Comparaison de la zone inondée et du nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation (cas 1).....	4-32
Tableau 4.5.3	Comparaison de la zone inondée et du nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation (cas 2).....	4-33
Tableau 4.5.4	Comparaison de la zone inondée et du nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation (cas 3).....	4-34
Tableau 4.5.5	Comparaison de la zone inondée et du nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation (cas 4).....	4-35
Tableau 4.5.6	Débit de crue probable.....	4-39
Tableau 4.5.7	Effets des barrages prévus sur la réduction du débit de pointe des crues à Nagad.....	4-40
Tableau 4.5.8	Effet de la combinaison des barrages prévus sur le bassin de retenue sur la réduction du débit de pointe de la crue à Nagad.....	4-40
Tableau 4.5.9	Effet de la combinaison des barrages prévus sur le bassin de retenue sur la réduction du débit de pointe de la crue à Nagad.....	4-42
Tableau 4.8.1	Système de surveillance du bassin de l'oued Ambouli dans le passé.....	4-63
Tableau 4.8.2	SPrévisions météorologiques de l'ANM.....	4-63
Tableau 5.2.1	Évaluation préliminaire des composantes du projet attendues dans le cadre du plan directeur .....	5-10

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.5.1	Calendrier provisoire de l'Étude .....	1-3
Figure 1.5.2	Membres de l'équipe d'enquête et période d'affectation à Djibouti.....	1-3
Figure 2.1.1	Topographie de Djibouti.....	2-1
Figure 2.1.2	Géologie de Djibouti .....	2-2
Figure 2.1.3	Géologie de Djibouti-ville et de ses environs .....	2-3

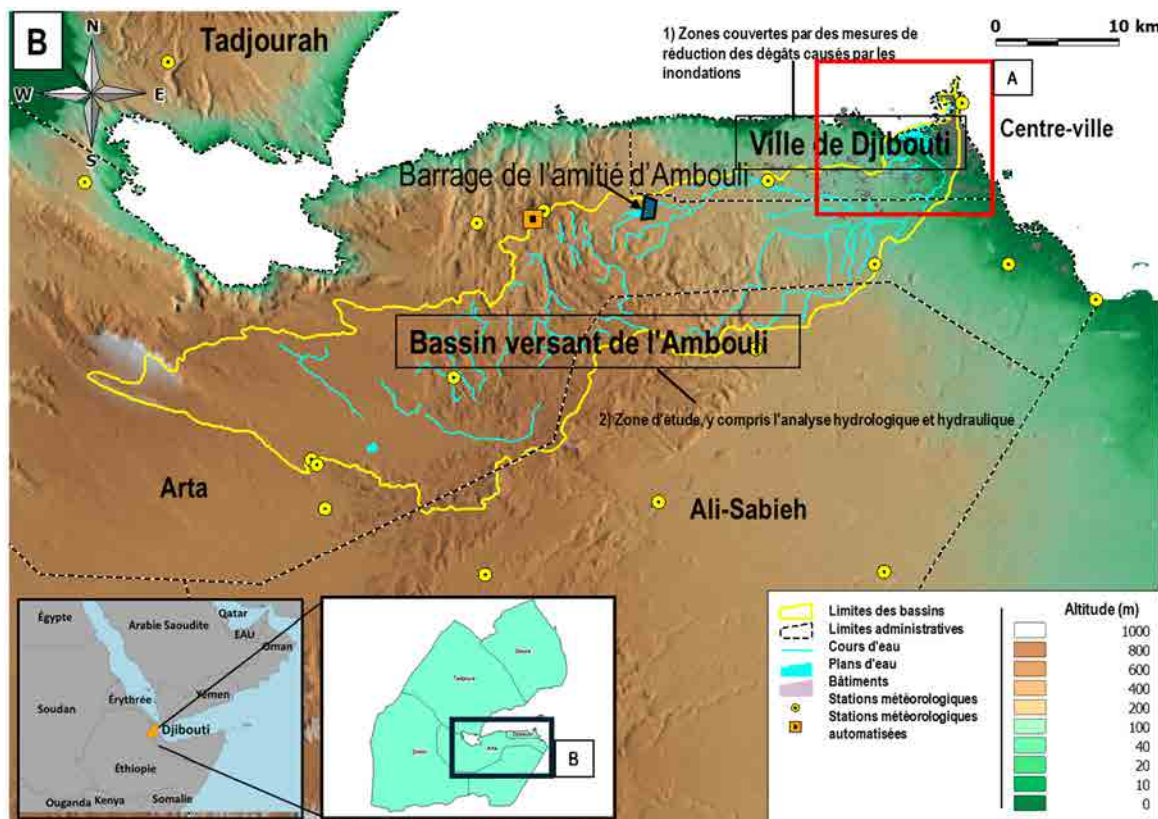
Figure 2.1.4	Climat de Djibouti.....	2-4
Figure 2.1.5	Variations de la pluviométrie et des températures sur une année à Djibouti.....	2-4
Figure 2.1.6	État de la couche de surface du sol basaltique .....	2-5
Figure 2.1.7	Environnement du Grand Bara.....	2-5
Figure 2.2.1	Réseau routier dans Djibouti-ville et ses environs .....	2-7
Figure 2.3.1	Carte de zonage de l'utilisation des sols du SDAU (2014) .....	2-9
Figure 2.3.2	Extension de la zone urbaine de Djibouti-ville .....	2-10
Figure 2.3.3	Aménagement par remblais à proximité du quartier Héron à Djibouti-ville.....	2-11
Figure 2.3.4	État d'aménagement de la ZES dans le delta de l'oued Ambouli .....	2-12
Figure 2.3.5	L'aménagement de la ZES dans le delta de l'oued Ambouli.....	2-12
Figure 3.2.1	Organigramme simplifié du MAEPE-RH .....	3-9
Figure 3.2.2	Organigramme simplifié de l'ONEAD .....	3-10
Figure 3.2.3	Organigramme de l'ADR .....	3-12
Figure 3.2.4	Organigramme de l'ANM .....	3-12
Figure 3.3.1	Historique des mesures de lutte contre les inondations fluviales dans le bassin de l'oued Ambouli.....	3-13
Figure 3.3.2	Historique de la lutte contre les inondations pluviales dans le centre-ville de Djibouti .....	3-16
Figure 4.1.1	Modèle Numérique de Terrain autour du centre de Djibouti et positions d'élévation ponctuelles utilisées pour la correction du distordement .....	4-2
Figure 4.1.2	Estimation de la différence entre 0m sur la carte topographique et le NMM.....	4-2
Figure 4.2.1	Zone touchée par l'inondation de mai 2018 .....	4-5
Figure 4.2.2	Situation d'inondation dans la ville de Djibouti lors de l'inondation de novembre 2019.....	4-5
Figure 4.2.3	Répartition des bâtiments affectés dans la ville de Djibouti pendant l'inondation de novembre 2019 .....	4-6
Figure 4.2.4	Situation d'inondation dans la ville de Djibouti pendant l'inondation de novembre 2019 .....	4-6
Figure 4.3.1	Profondeur maximale de l'inondation (Inondation d'avril 2004).....	4-8
Figure 4.3.2	Direction de l'écoulement (Inondation d'avril 2004).....	4-8
Figure 4.3.3	Dégâts aux habitations (inondation maximale récente - novembre 2019)).....	4-9
Figure 4.3.4	Autres dégâts physiques aux habitations (inondation maximale récente (novembre2019)).....	4-9
Figure 4.3.5	Dommages sanitaires (inondation maximale récente (novembre2019)) .....	4-10
Figure 4.3.6	Dommages sanitaires (inondations fréquentes).....	4-10
Figure 4.4.1	Emplacement des stations pluviométriques de l'ANM utilisées pour l'analyse de cette enquête.....	4-11
Figure 4.4.2	Moyenne des précipitations mensuelles (à gauche) et nombre moyen de jours de pluie par mois (à droite) (station de l'aéroport de Djibouti, 2012 à 2023) .....	4-13
Figure 4.4.3	Précipitations probables basées sur les valeurs observées et les courbes d'intensité des précipitations (station de l'aéroport de Djibouti) .....	4-14
Figure 4.4.4	Division du bassin de l'oued Ambouli (à mont, moyen et aval et sous-bassins) .....	4-16
Figure 4.4.5	Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de mars 2013.....	4-17
Figure 4.4.6	Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de novembre 2019 .....	4-18
Figure 4.4.7	Distribution spatio-temporelle des précipitations pendant l'inondation de janvier 2023.....	4-19
Figure 4.4.8	Variation annuelle du niveau d'eau moyen mensuel.....	4-21
Figure 4.5.1	Élévation et limites du bassin de l'oued Ambouli.....	4-22
Figure 4.5.2	Profils longitudinaux de l'oued Ambouli.....	4-22
Figure 4.5.3	Couverture terrestre dans Bassin de l'oued Ambouli.....	4-23
Figure 4.5.4	Répartition des bâtiments dans le bassin de l'oued Ambouli.....	4-23

Figure 4.5.5	Bassin de l'oued Ambouli dans les bassins moyen et inférieur .....	4-24
Figure 4.5.6	Localisation des ouvrages de protection contre les inondations existants et étudiés et des ouvrages connexes de mise en valeur des ressources en eau dans le bassin de l'oued Ambouli.....	4-25
Figure 4.5.7	Digue de rive droite dans le cours aval de l'oued Ambouli .....	4-26
Figure 4.5.8	Barrage de l'amitié d'Ambouli.....	4-27
Figure 4.5.9	Digue rompue à Omar Jagga et dans les environs.....	4-27
Figure 4.5.10	Zones conceptuelles avec capacités de stockage supposées des bassins de rétention potentiels dans le cours aval de l'oued Ambouli .....	4-29
Figure 4.5.11	Couverture du modèle de simulation.....	4-30
Figure 4.5.12	Hydrogramme de débit (pour un débit de pointe de 1 800 m <sup>3</sup> /s).....	4-31
Figure 4.5.13	Zone inondée, profondeur de l'inondation et débit de l'inondation (cas 1) .....	4-32
Figure 4.5.14	Zone inondée, profondeur de l'inondation et débit de l'inondation (cas 2) .....	4-33
Figure 4.5.15	Zone inondée, profondeur de l'inondation et débit de l'inondation (cas 3) .....	4-34
Figure 4.5.16	Zone inondée, profondeur de l'inondation et débit de l'inondation (cas 4) .....	4-35
Figure 4.5.17	Schéma de principe des contraintes du pont de la Palmeraie et du pont italien .....	4-37
Figure 4.5.18	Zone inondée, profondeur de crue et débit de la crue au débit maximal du canal .....	4-38
Figure 4.5.19	Points de relevé topographique de la surface des sédiments (fond du réservoir) dans le barrage de l'amitié d'Ambouli .....	4-41
Figure 4.6.1	Canaux de drainage des eaux pluviales au centre de la ville de Djibouti.....	4-45
Figure 4.6.2	Plan de drainage des eaux pluviales dans le Schéma directeur d'assainissement (2018).....	4-50
Figure 4.6.3	Coefficient de ruissellement.....	4-51
Figure 4.6.4	Zones prioritaires pour le projet intégré de réhabilitation des bidonvilles.....	4-52
Figure 4.6.4	Exemples de sites de réinstallation dans le cadre du projet intégré de modernisation des bidonvilles .....	4-53
Figure 4.6.6	Projets prioritaires identifiés dans l'étude d'amélioration urgente du drainage des eaux pluviales soutenue par la Banque mondiale (2024).....	4-54
Figure 4.6.7	Cadre actuel de contrôle des inondations intérieures dans la ville de Djibouti.....	4-55
Figure 4.6.8	Résultats de la simulation d'inondations dues au reflux des canaux de drainage reliés à l'oued Ambouli.....	4-56
Figure 4.7.1	Problèmes liés aux inondations fluviales dans la partie aval de l'oued Ambouli .....	4-57
Figure 4.7.2	Exemple de puits profond, puits peu profond et étang.....	4-58
Figure 4.7.3	Exemples de petits barrages de recharge des eaux souterraines.....	4-59
Figure 4.7.4	Évolution du niveau d'eau et du volume de stockage dans le réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli .....	4-60
Figure 4.7.5	Évolution Évolution du niveau d'eau dans la retenue du barrage de l'amitié d'Ambouli en septembre 2024.....	4-60
Figure 4.7.6	Concept de développement polyvalent d'Omar Jagga.....	4-61
Figure 4.10.1	Problèmes liés aux inondations dans la partie aval de l'oued Ambouli.....	4-67
Figure 5.2.1	Mesures structurelles attendues.....	5-6
Figure 5.2.2	Distribution du débit de crue avec barrages provisoires et bassin de rétention pour 50PRA et 100 PRA, conditions d'inondation dans le tronçon aval de Nagat.....	5-7
Figure 5.2.3	Stations télémétriques candidates de mesure du niveau de l'eau dans l'oued Ambouli.....	5-8
Figure 5.2.4	Zones candidates à l'aide financière pour les projets d'amélioration des zones inondables .....	5-11
Figure 5.2.5	Installation de vannes à clapet pour le drainage relié à l'oued Ambouli .....	5-12

## Abréviations

ADR	Agence Djiboutienne de Routes
AFD	Agence Française de Développement
ANM	Agence Nationale de la Météorologie
APD	Aide publique au développement
ARULoS	Agence de Réhabilitation Urbaine et du Logement Social
BAAM	Barrage de l'amitié d'Ambouli
BAD	Banque Africaine de Développement African Development Bank
BID	Banque islamique de développement
BM	Banque mondiale
CERD	Centre d' Études et de Recherche de Djibouti
DATUH	Direction de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Habitat
DNPC	Direction Nationale de la Protection Civile
DSI	Direction Générale des Travaux Hydrauliques de l'Etat (General Directorate of State Hydraulic Works)
EPF	Étude de pré faisabilité
FE	Fonctionnement et entretien
GIEC	Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
HEC-HMS	Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
HOAI	Initiative pour la Corne de l'Afrique (Horn of Africa Initiative)
JICA	Agence japonaise de coopération internationale (Japan International Cooperation Agency)
MAEPE-RH	Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, de la Pêche, de l'Elevage et des Ressources halieutiques
MCM	Millions de mètres cubes
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MIE	Ministère des Infrastructures et de l'Équipement
MNT	Modèle numérique de terrain
MVUH	Ministre de la Ville, de l'Urbanisme et de l'Habitat
NEA	Niveau d'eau maximal admissible
NMM	Niveau moyen de la mer
NSI	Niveau de sécurité contre les inondations
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONARS	Office National d'Assistance aux Réfugiés et Sinistres
ONEAD	Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Djibouti
PD	Plan directeur
PDNU	Programme De Développement Des Nations Unies
PRA	Période de retour de l'année
PR/F	Projet de rapport final
R/C	Rapport de commencement
RESTEC	Remote Sensing Technology Center in Japan
R/F	Rapport final
SATREPS	Partenariat de recherche scientifique et technologique pour le développement durable (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development)

SDAU	Schéma Directeur d'Aménagement Urbain de Djibouti ville
SEGRC	Secrétariat Exécutif de Gestion des Risques et des Catastrophes
SIGVD	Système d'Informations Géographiques de la ville de Djibouti
TICAD	Conférence internationale de Tokyo sur le développement de l'Afrique (Tokyo International Conference on African Development)
UE	L'Union européenne
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
USAID	United States Agency for International Development
USACE	U.S. Army Corps of Engineers
ZES	Zone économique spéciale



Carte de localisation de la zone cible de l'Étude



## CHAPITRE 1 PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

### 1.1 Contexte de l'Étude

La République de Djibouti (ci-après « Djibouti »), avec une pluviométrie annuelle moyenne de 150 mm et environ 17 jours de pluie par an, présente un climat extrêmement aride. Toutefois, ces dernières années, des cyclones et des épisodes de fortes pluies surviennent avec une fréquence d'une à deux fois par an. En raison de l'insuffisance des infrastructures d'évacuation des eaux pluviales dans Djibouti-ville, zone ciblée par la présente étude, des inondations causées par le ruissellement se produisent régulièrement dans plusieurs parties de la ville. De plus, l'oued Ambouli (Zone de captage = 800 km<sup>2</sup>, longueur = 90 km), qui traverse le centre-ville et est généralement à sec, déborde lors de ces cyclones ou fortes pluies, provoquant des inondations (ces inondations seront ci-après appelées « inondations fluviales»). Les inondations de 2004 ont causé environ 300 décès, détruit près de 600 habitations et affecté environ 100 000 personnes. Les inondations de 2019, les plus graves depuis 1989, ont touché environ 250 000 personnes. En 2020, les inondations ont fait huit victimes et affecté environ 110 000 personnes.

Lors des inondations causées par le ruissellement ou par le débordement de l'oued Ambouli, les routes se retrouvent submergées et impraticables, perturbant considérablement la vie quotidienne des habitants. Cela se traduit par des difficultés à se rendre au travail, à l'école, ainsi que par la paralysie des transports publics et des services gouvernementaux. En particulier, les inondations sur la route de la Palmeraie, reliant le centre-ville de Djibouti, situé à l'est, à la partie ouest de la ville, ont un impact significatif non seulement sur la vie des habitants, mais également sur l'économie de Djibouti, dont le secteur principal est la logistique. De plus, en raison de la topographie de Djibouti-ville, marquée par des étendues planes parsemées de dépressions, les inondations peuvent durer jusqu'à deux ou trois jours. Dans ce contexte, les besoins en matière d'amélioration des infrastructures d'évacuation des eaux pluviales et de renforcement des mesures de lutte contre les inondations deviennent de plus en plus pressants.

Les parties les plus basses de l'oued Ambouli, situées à proximité de la ville de Djibouti, forment un delta. Ce dernier joue un rôle essentiel dans la régulation des crues en ralentissant la montée des eaux et sert également de zone d'accumulation des sédiments, dont une partie se dépose avant que le reste ne soit transporté vers la mer. Ces dernières années, des projets de développement d'une zone économique spéciale (ZES) ont été lancés, impliquant le comblement du delta. Cette transformation pourrait altérer ses fonctions naturelles de régulation des crues et de stockage des sédiments, aggravant ainsi le risque d'inondations autour de Djibouti et accentuant l'accumulation de sédiments le long des côtes et des infrastructures portuaires voisines.

La JICA (Agence japonaise de coopération internationale) met actuellement en œuvre le « Projet de construction d'un pont sur la route de la Palmeraie », financé par une coopération financière non remboursable, afin de réduire la fréquence d'être submergée causées par les crues de l'oued Ambouli. Par ailleurs, dans le cadre du plan national de développement « Vision Djibouti 2035 », le gouvernement djiboutien met l'accent sur le développement de Djibouti en tant que plaque tournante logistique pour la Corne de l'Afrique. L'aménagement d'infrastructures résistantes aux catastrophes naturelles, essentielles pour soutenir la croissance économique, est donc un enjeu clé. Les mesures de lutte contre les inondations et le renforcement des infrastructures d'évacuation des eaux pluviales s'inscrivent dans cette stratégie.

La présente étude a pour objectif de collecter les informations nécessaires à l'élaboration d'un projet de lutte contre les inondations, visant à améliorer les capacités d'évacuation des eaux pluviales et à renforcer les mesures de gestion des inondations à Djibouti-ville, en réponse aux ruissellements et débordements de cours d'eau provoqués par les cyclones et fortes pluies.

### 1.2 Objectif de l'Étude

L'objectif principal de cette étude est de proposer un ensemble de mesures de contrôle des crues pour faire face aux inondations causées par le ruissellement et le débordement des cours d'eau à Djibouti-ville, ainsi que de formuler des plans de coopération avec la JICA.

Pour ce faire, après avoir collecté et analysé les données nécessaires, les mécanismes de déclenchement des inondations seront identifiés. Des considérations d'ordre hydrologique et hydraulique seront intégrées dans l'élaboration d'un ensemble de mesures de gestion des crues.

### 1.3 Principaux résultats de l'Étude

Les zones couvertes par cette étude sont les suivantes (voir la carte de localisation de la zone cible dans les premières pages du rapport) :

- Zone cible pour l'atténuation des dommages liés aux inondations : Djibouti-ville (en particulier le centre-ville situé dans le bassin inférieur de l'oued Ambouli)
- Zone cible de l'Étude comprenant une analyse hydrologique et hydraulique : l'ensemble du bassin de l'oued Ambouli

### 1.4 Principaux organismes concernés par l'Étude

On trouvera dans le **tableau 1.4.1** présente les principaux organismes concernés par l'étude. Ces organismes seront visités afin de collecter des données et informations, ainsi que pour mener des discussions.

**Tableau 1.4.1 Présente les principaux organismes concernés par l'Étude**

Organisme	Liens avec l'Étude
Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, de la Pêche et de l'Élevage chargé des Ressources halieutiques (MAEPE-RH)	Informations et données sur le plan des barrages, le plan de développement des zones agricoles et la gestion des rivières. Discussion sur les questions relatives à la lutte contre les inondations et à l'orientation de son amélioration.
Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Djibouti (ONEAD)	Informations sur les réseaux d'évacuation des eaux pluviales, l'état de l'approvisionnement en eau et des eaux usées et leurs problèmes. Discussion sur l'orientation de l'amélioration de ces systèmes.
Direction de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Habitat (DATUH)	Collecte et discussion d'informations sur les plans de développement urbain et l'amélioration de l'évacuation des eaux pluviales.
Agence de Réhabilitation Urbaine et du Logement Social (ARULoS)	Collecte et discussion d'informations sur la réhabilitation et la réinstallation en milieu urbain.
Agence Djiboutienne de Routes (ADR)	Discussion sur l'état actuel de l'entretien et de la gestion des caniveaux, et implication dans la construction et l'entretien des canaux d'évacuation des eaux pluviales
Agence Nationale de la Météorologie (ANM)	Données météorologiques. Discussion sur le renforcement de l'observation météorologique.
Secrétariat Exécutif de Gestion des Risques et des Catastrophes (SEGRC)	Collecte et discussion d'informations sur la gestion des catastrophes.
Direction Nationale de la Protection Civile (DNPC)	Collecte et discussion d'informations sur la réponse aux catastrophes
Office National d'Assistance aux Réfugiés et Sinistres (ONARS)	Collecte et discussion d'informations sur le soutien aux personnes évacuées dans les zones sujettes aux inondations
Ministre de la Ville, de l'Urbanisme et de l'Habitat (MVUH)	Collecte et discussion d'informations sur l'urbanisme à Djibouti-ville
Ministère des Infrastructures et de l'Équipement (MIE)	Discussion sur la participation à la construction et à l'entretien des canaux d'évacuation des eaux pluviales
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD)	Collecte et discussion d'informations sur les mesures de lutte contre le changement climatique
Centre d'Études et de Recherche de Djibouti (CERD)	Collecte et discussion d'informations sur la météorologie et l'hydrologie dans le bassin de l'oued Ambouli.
Banque mondiale (BM)	Discussion sur les enjeux et les orientations de la lutte contre les inondations pour la ville de Djibouti.
Agence Française de Développement (AFD)	Collecte et discussion d'informations sur l'assainissement et le drainage des eaux pluviales, l'état d'avancement de leur mise en œuvre et les plans de soutien futurs.
Programme De Développement Des Nations Unies (PDNU)	Collecte d'informations sur les catastrophes et leur gestion.
Direction Générale des Travaux Hydrauliques de l'Etat, Turkey (DSI)	Collecte d'informations sur le barrage de l'amitié d'Ambouli et discussion sur le soutien futur

Source : Équipe d'étude de la JICA



## 2) Questions relatives à la gestion des risques d'inondation

- Amélioration de la précision des précipitations, de l'analyse des inondations et de la planification de la gestion des risques d'inondation  
En raison des effets de la digue de la rive droite et du barrage de l'amitié d'Ambouli au milieu de l'oued Ambouli, qui a commencé à fonctionner en 2019, le niveau actuel de sécurité contre les inondations dans les cours inférieurs de l'oued Ambouli est estimé à environ 20-25 période de retour de l'année (PRA) d'inondation. Cependant, la précision de l'analyse des inondations est limitée parce que la distribution et le décalage temporel des fortes pluies dans le bassin et le décalage temporel du débit de crue dû à l'influence du ralentissement naturel au milieu de l'oued Ambouli et de l'oued Boule ne sont pas connus.
- Résoudre les problèmes de capacité d'écoulement du canal fluvial dus au pont italien et au pont de la Palmeraie.
- Réduire le risque d'inondation pour les personnes vivant dans la plaine inondable en réduisant la fréquence des inondations dans la plaine inondable grâce à l'amélioration de la capacité d'écoulement du canal d'étiage en aval de l'oued Ambouli.
- Assurer la sécurité des nombreuses personnes exposées à un risque élevé d'inondation (celles qui vivent dans la plaine d'inondation et sur le remblai de la rive droite) grâce à la gestion de l'utilisation des terres et à des alertes d'inondation appropriées.
- Minimiser les effets négatifs sur les inondations et l'équilibre sédimentaire dans la ZES dont le développement est prévu dans l'ensemble du delta d'Ambouli, réalisant ainsi un développement durable, et mettre en œuvre des mesures pour prévenir les inondations dans la ville de Djibouti et ses environs.
- Mise en œuvre de mesures visant à prévenir la sédimentation dans le réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli, où la sédimentation progresse rapidement.

### (2) Inondations pluviales

#### 1) État et mécanisme des inondations pluviales

- En raison de l'absence de canaux d'évacuation locaux tels que les caniveaux, l'eau de pluie forme des flaques sur les routes et dans les zones légèrement en contrebas. Ces flaques sont présentes dans de nombreux endroits de la ville et provoquent des inondations à l'intérieur des terres, même en cas de faibles précipitations.
- Les remblais bloquent les sorties des canalisations de drainage, ce qui provoque des inondations à l'intérieur des terres.
- La montée des eaux de l'oued Ambouli bloque l'évacuation des eaux vers le fleuve, provoquant des inondations dans les zones situées le long de l'oued.
- Certains des principaux canaux d'évacuation des eaux pluviales existants sont enterrés sous les routes et n'ont pas de regards, ce qui rend l'entretien difficile, par exemple en creusant la surface de la route pour nettoyer les canaux d'évacuation.
- Les inondations causent de nombreux dommages à la santé des habitants, qui peuvent notamment contracter le paludisme.

#### 2) Questions relatives à la gestion des risques d'inondation

- Développement des canaux principaux de drainage des eaux pluviales et des canaux de drainage locaux qui y sont reliés, sur la base des plans d'amélioration des zones inondables et de la révision des plans de drainage des eaux pluviales adaptés au SDAU<sup>1</sup> révisé.
- Rénovation des canaux de drainage pour en faciliter l'entretien
- Prévention du refoulement de l'oued Ambouli dans les canaux de drainage
- Réduction des dommages sanitaires causés aux résidents par les inondations.

---

<sup>1</sup> DATUH: Termes de référence, Etude portant élaboration du nouveau Schéma d'Aménagement et d'Urbanisme de l'Agglomération de Djibouti, 2023.

## 1.6.2 Projets recommandés pour réduire les risques d'inondation

### (1) Inondations fluviales

#### 1) Étude du plan directeur de gestion des risques d'inondation

Compte tenu de l'importance de la ville de Djibouti en tant que capitale et base économique, et du changement climatique, le niveau cible de sécurité contre les inondations pour l'oued Ambouli devrait être fixé à 100 PRA ou au moins 50 PRA avec le changement climatique (équivalent à 100 PRA sans changement climatique). Ce plan directeur vise à atteindre cet objectif et comprend les éléments suivants.

- Mesures structurelles : Amélioration du fleuve, digues (amélioration), nouveaux barrages, nouvelles plaines inondables (y compris l'utilisation des ressources en eau pour les installations de stockage dans la mesure du possible), barrages de contrôle de l'érosion pour réduire l'afflux de sédiments dans le barrage de l'amitié d'Ambouli, plan de gestion des sédiments.
- Mesures non structurelles : Construction d'un système d'observation hydrologique télémétrique (niveau d'eau des rivières) (pour l'alerte et la planification des inondations), gestion de l'utilisation des terres dans les zones à haut risque d'inondation, gestion des rivières, dragage et excavation du réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli.
- Amélioration des institutions et des organisations liées à la gestion des risques d'inondation.

#### 2) Installation d'un système de télémétrie et d'observation hydrologique, dragage et excavation du réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli

En raison de l'urgence, il est souhaitable de mettre en œuvre cette mesure avant ou parallèlement au programme pluriannuel.

### (2) Inondations pluviales

#### 1) Promouvoir des projets d'amélioration des zones inondables

Il est recommandé de promouvoir la mise en œuvre de projets qui n'ont pas encore reçu de financement dans le cadre des projets prioritaires de l'étude sur l'amélioration des zones sujettes aux inondations (2024)<sup>2</sup> soutenue par la Banque mondiale (BM).

#### 2) Installation de vannes à clapet à l'exutoire du drainage pour connecter l'oued Ambouli

Il est recommandé d'installer des vannes à clapet à la sortie du drainage pour éviter le reflux de l'oued Ambouli lorsque le niveau d'eau dans l'oued est élevé.

#### 3) Projets de réduction des dommages sanitaires dus aux inondations

Afin de réduire les dommages sanitaires, notamment la malaria, dans les zones mal drainées, il est envisagé de siphonner les eaux usées et de les traiter par stérilisation et désinfection en cas d'inondation.

#### 4) Promouvoir les projets de développement d'infrastructures urbaines à la lumière du développement urbain futur

Sur la base de l'examen<sup>3</sup> du Schéma Directeur d'Assainissement (2018)<sup>4</sup> soutenu par la BM et de l'appui de la Banque Africaine de Développement (BAD) à la formulation du Schéma directeur du réseau routier urbain<sup>5</sup>, il est recommandé de promouvoir des projets de développement d'infrastructures urbaines, y compris la construction d'installations de drainage des eaux pluviales, en tenant compte du développement urbain futur.

---

<sup>2</sup> BM, ARULoS : Recrutement d'un Bureau d'Etudes pour l'Elaboration d'une Etude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu'île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d'Intervention et Plan d'Action, Tome 2 : Plan d'Action, 2024.

<sup>3</sup> UE/AFD, ONEAD: Schéma Directeur d'Assainissement de l'Agglomération de Djibouti, 2018.

<sup>4</sup> BM : ToRs for the recruitment of a Firm specialized in flood management to develop activities under Component 1 - Strengthening flood infrastructure operation for Djibouti City, 2024.

<sup>5</sup> BAD : Project Appraisal Report, Integrated Urban Infrastructure and Climate Adaptation Study in Djibouti City, 2022.



## CHAPITRE 2 SITUATION GÉNÉRALE DE LA ZONE CIBLE DE L'ÉTUDE

Le présent chapitre traite des conditions naturelles (section 2.1) et socio-économiques (section 2.2) de la zone cible de l'étude, puis présente le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de l'agglomération de Djibouti ainsi que son état d'aménagement (section 2.3).

### 2.1 Conditions naturelles

#### 2.1.1 Topographie/géologie

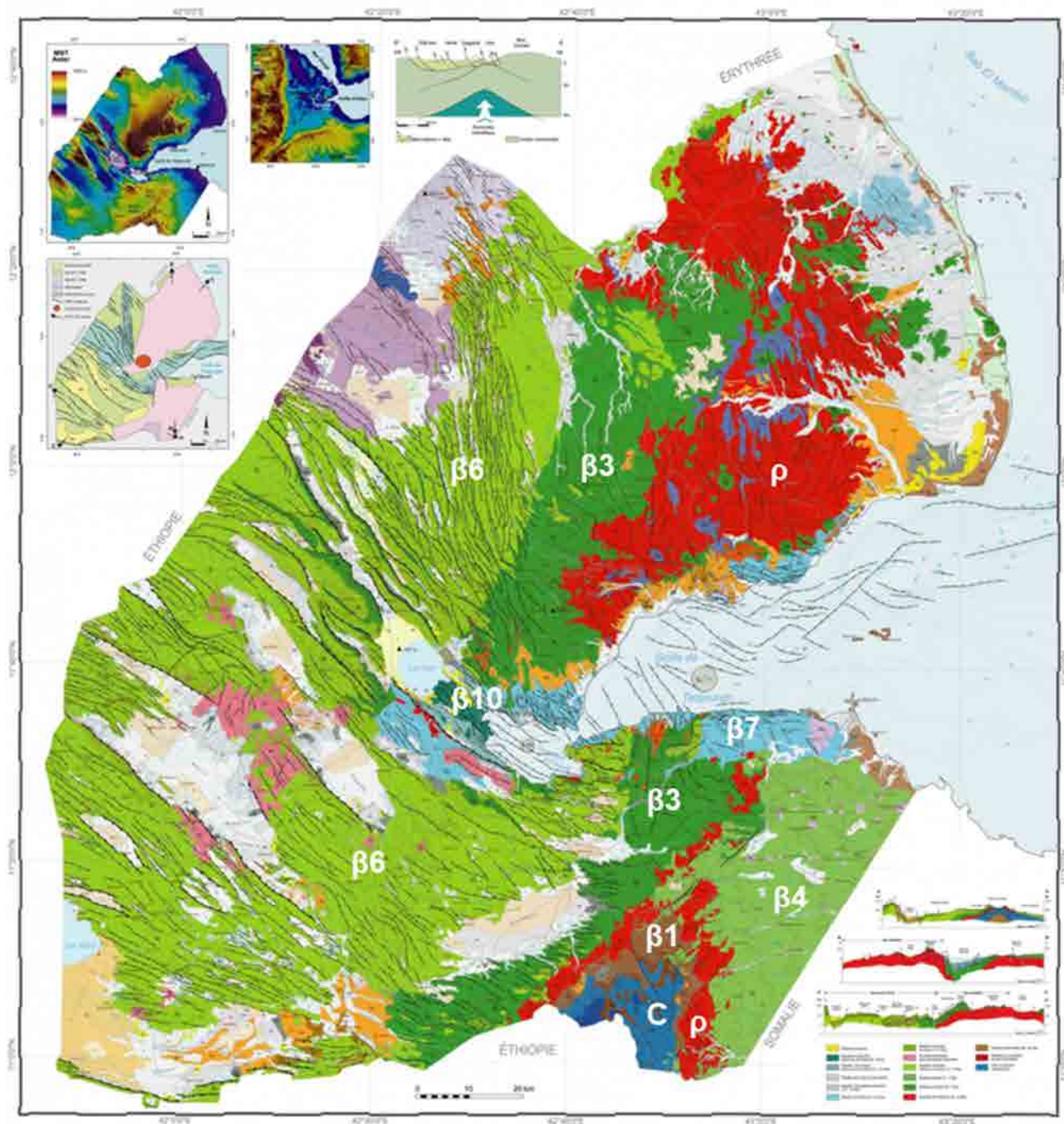
La topographie de Djibouti se compose d'une série de zones de montagnes de haute altitude se succédant du nord-nord-ouest vers le sud-sud-est, incluant le mont Moussa Ali (2 020 m), la forêt de Day sur les pentes du mont Goda (1 783 m), et les monts Arta (740 m) et Ali-Sabieh (1 230 m) (indiqués par une ligne rouge dans la figure 2.1.1), avec grosso modo côté est des bassins versants tournés vers la mer et côté ouest des bassins versants convergeant vers l'intérieur des terres. La partie ouest du pays présente des fossés d'effondrement, notamment ceux de Gobaad (250 m), de Hanlé (110 m), de Gaggadé (90 m) et d'Asal (-155 m), qui s'étendent sur un axe est-ouest à ouest-nord-ouest-est-sud-est. Côté est, un vaste désert s'étend dans la partie nord, la partie sud étant constituée d'un plateau de lave. On trouvera une carte topographique de Djibouti à la **figure 2.1.1**.



Source : carte topographique de Djibouti de MARXIST, avec des ajouts réalisés par l'équipe d'étude de la JICA.

**Figure 2.1.1 Topographie de Djibouti**

On trouvera à la **figure 2.1.2** une carte géologique au 1 : 2 000 000e révisée en 2015 par le Centre d'Études et de Recherche de Djibouti (CERD). Djibouti se situe au point de confluence de l'activité du processus d'éloignement de la péninsule arabique sous l'effet de la dérive des continents et du Grand Rift africain qui traverse l'Afrique de l'Est, point de confluence connu sous le nom de Triangle des Afars. Dans le rift, ouvert comme une bouche béante, qui s'étend du golfe d'Aden jusqu'au lac du Goubet et au lac Assal, actuellement très actif, on peut observer la coulée de lave la plus récente, qui progresse dans l'axe nord-est sud-ouest à raison de plusieurs centimètres par an.



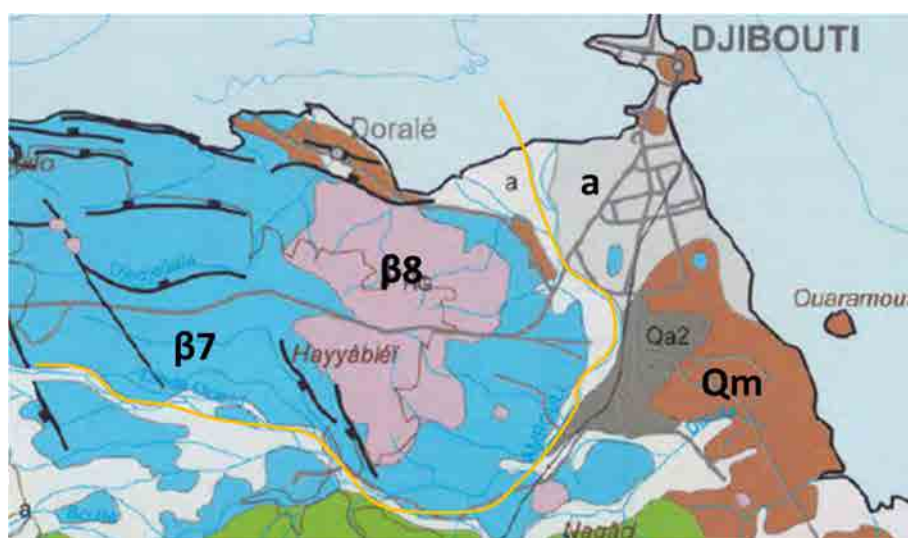
Époque	Symbole	Géologie
Holocène	β10	Basaltes
Pléistocène	β7	Basalte du Golfe
Pliocène	β6	Basaltes stratifiés
Miocène	β4	Basaltes somaliens
	β3	Basaltes du Dalha
	ρ	Rhyolites
Crétacé	β1	Basaltes
	C	Grès et calcaires

Source : CERD

Figure 2.1.2 Géologie de Djibouti

À Ali-Sabieh, où l'on trouve les strates les plus anciennes de Djibouti, les basaltes ( $\beta 1$  : brun) et les rhyolites ( $\rho$  : rouge) du Miocène Néogène se déploient tout en entourant des grès crayeux et des calcaires ( $c$  : bleu foncé). Cette composition stratigraphique, similaire à celle de la croûte continentale observée dans les vallées d'Éthiopie est considérée comme résultant de la croûte continentale qui s'est maintenue sous la forme de blocs durant la dérive des continents. On observe également des rhyolites de la même époque dans les zones de Tadjoura et d'Obock, zones dans lesquelles on peut envisager la présence d'une croûte continentale de type crayeux en profondeur. Après cela, des laves basaltiques ( $\beta 3, 4$ ) sont entrées en éruption dans le pourtour des rhyolites, suivies des basaltes  $\beta 6$  sous l'effet de l'activité de la zone de rift, formant ainsi la partie occidentale de Djibouti. L'activité la plus récente se situe à l'ouverture de la vallée du rift, sur la ligne golfe d'Aden - lac du Goubet - lac Assal, où des basaltes  $\beta 7$  sont entrés en éruption au cours du Pléistocène Quaternaire, suivis d'une activité accrue dans la zone située entre le lac Assal et le lac du Goubet. L'éruption de lave de  $\beta 10$  la plus récente s'est produite en 1978.

Le bassin de l'oued Ambouli, objet de la présente étude, prend sa source dans le petit Bara, franchit les  $\beta 3$  qui forment la montagne d'Arta, creuse une vallée étroite et profonde dans le plateau de lave formé par les  $\beta 7$ , avant d'aborder Djibouti-ville. Le cours supérieur repose sur un socle de laves basaltiques anciennes, datant du Miocène au Pliocène, les cours moyen et inférieur sur un socle de laves basaltiques du Pléistocène. La géologie dans Djibouti-ville et ses environs est présentée à la **figure 2.1.3**, où l'on voit que l'oued Ambouli change de direction pour aller se jeter dans la mer vers le nord, comme en entourant l'extrémité orientale du  $\beta 7$  (basalte du golfe) qui constitue son bassin inférieur. Une nouvelle éruption de lave basaltique à l'extrémité orientale du basalte du golfe ( $\beta 8$ ) forme le plateau de Balbala. Sur la rive droite de l'embouchure de l'oued Ambouli, on observe des calcaires d'origine corallienne (Qm) dans la zone côtière, tandis que la zone de plaine de Djibouti-ville est considérée comme une plaine alluviale (a) formée à partir d'une terrasse fluviale à l'embouchure du l'oued Ambouli ou d'une ancienne terrasse côtière.

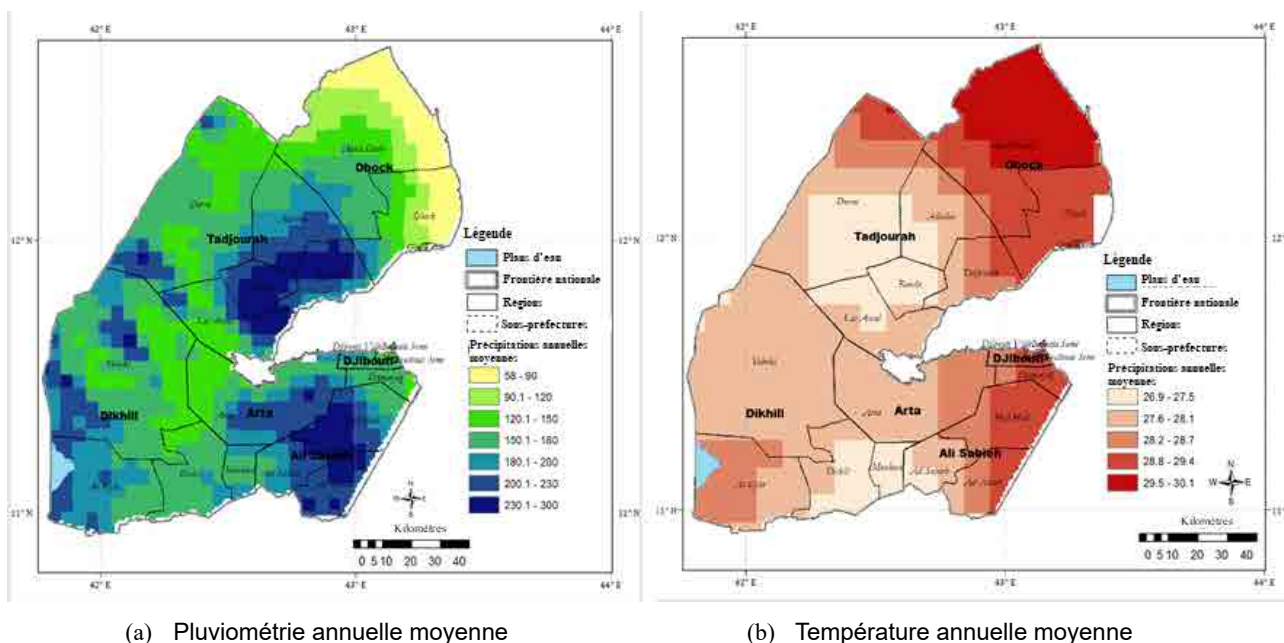


Source : CERD

**Figure 2.1.3** Géologie de Djibouti-ville et de ses environs

### 2.1.2 Météorologie

La pluviométrie annuelle moyenne donnée pour Djibouti est de 163 mm (ANM (2023)) avec une température moyenne de 28,50 °C (Banque mondiale, Profil de risques climatiques par pays (2023)), mais, contrastant en cela avec la zone de désert d'Obock qui fait face à la mer Rouge (50 mm/an) et avec la partie ouest du pays, le bassin de l'oued Ambouli, qui subit fortement les effets de la mousson, constitue la deuxième zone la plus arrosée du pays, après des zones montagneuses telles que celles de la forêt de Day et d'Ali Sabieh (300 mm/an). On trouvera à la **figure 2.1.4** une carte de répartition des précipitations et des températures moyennes annuelles.

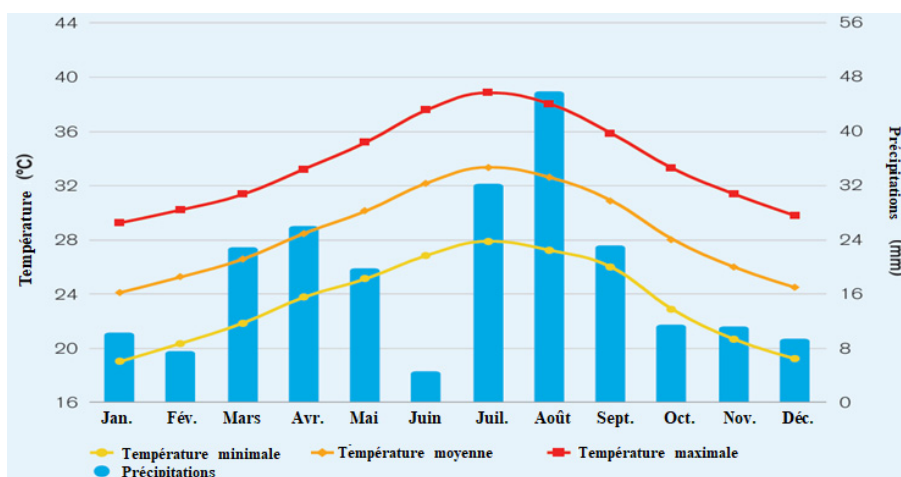


Source : ANM (2023)

**Figure 2.1.4 Climat de Djibouti**

La **figure 2.1.5** présente les variations de la pluviométrie et des températures au cours d'une année. Elle montre que les précipitations sont plus importantes en mars et avril ainsi qu'entre juillet et septembre, les températures étant les plus élevées en juillet-août et les plus basses en décembre-janvier.

Cependant, sachant que, au cours de la présente étude, la pluie est fréquemment tombée en octobre et en novembre, qu'il y a eu des inondations en novembre 2019 et que le déversoir du barrage de l'Amitié sur l'oued Ambouli a débordé au 1er janvier 2023, la possibilité que le régime des pluies soit en train de changer peu à peu est également à envisager.



Source : Banque mondiale, Profil de risques climatiques par pays (2023)

**Figure 2.1.5 Variations de la pluviométrie et des températures sur une année à Djibouti**

### 2.1.3 Sols, couvert terrestre

Les sols de Djibouti sont dans leur quasi-totalité à base de lave basaltique, ce qui est également le cas du bassin de l'oued Ambouli. Dans le plateau de lave, une lave brune altérée à grain fin vient combler les vides entre les graviers de lave restants (voir la **figure 2.1.6**). Les basses terres à l'intérieur des terres sont recouvertes de sédiments générés par l'altération et l'érosion du sol basaltique. En particulier, les

zones où les eaux de crue restent longtemps, telles que le Grand Bara et le Petit Bara, et les zones de convergence à l'intérieur des terres, telles que Hanlé et Gaggadé, étant recouvertes en surface de fines particules, sont considérées comme faiblement perméables, tandis que les zones basses qui s'étendant des montagnes jusqu'aux sites de convergence, recouvertes en surface de sable et de graviers fins sont considérées constituer des zones de recharge des eaux souterraines.

Le fait que beaucoup de sédiments soient composés de matières minérales provenant de l'altération de roches ignées concourt, avec les conditions climatiques difficiles, à entraver la fixation de la végétation. Par exemple, le désert du Grand Bara, qui se transforme en un grand lac lorsqu'il pleut, est recouvert d'un sable à grain fin, constituant un environnement dans lequel aucune végétation ne peut se développer (voir la **figure 2.1.7**).



Source : Équipe d'étude de la JICA



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.1.6 État de la couche de surface du sol basaltique**

**Figure 2.1.7 Environnement du Grand Bara**

#### 2.1.4 Environnement naturel

Une grande partie du territoire de Djibouti a gardé un environnement naturel libre de toute intervention humaine. En termes de parcs nationaux, hormis celui de la forêt de Day, la seule forêt de Djibouti, qui est classée parc national forestier, Djibouti compte notamment le lac Assal (Tadjourah) qui est le lac le plus salé du monde, la belle plage de Khor Ambado (Obock) avec ses récifs coralliens, l'île Moucha (Djibouti) où l'on peut notamment pratiquer la plongée avec tuba, et la réserve naturelle de protection de la faune et de la flore de Haramous (Arta). Djibouti a également adhéré le 22 mars 2003 à la Convention de Ramsar, qui a inscrit un site sur sa liste :

- Site de Haramous-Loyada (3 000 ha), un site côtier qui comprend des étendues de sable et des vasières intertidales, des îles, des berges sableuses, des récifs coralliens et des eaux marines peu profondes qui s'étendent du sud de la capitale, Djibouti, à la frontière somalienne

Par ailleurs, des forêts de mangroves se déploient sur l'île Moucha et dans le delta de l'oued Ambouli. Étant donné que la Convention de Ramsar « demande aux Parties contractantes possédant des écosystèmes de mangroves de revoir et de modifier, le cas échéant, les politiques et stratégies nationales susceptibles d'exercer un effet préjudiciable sur ces écosystèmes, ainsi que de coopérer au niveau international et de s'accorder sur des stratégies régionales et mondiales permettant de les protéger », on peut espérer que ces forêts de mangroves seront également préservées.

## 2.2 Conditions socio-économiques

### 2.2.1 Population

La population de Djibouti se montait à quelque 250 000 habitants en 1977, au moment de l'indépendance, mais elle s'est ensuite régulièrement accrue, dépassant le million d'habitants en 2015. Le taux de croissance annuel de la population, qui était de plus de 3 % jusqu'aux alentours de 2004, s'est ensuite légèrement ralenti, et se situe actuellement autour de 1,4 % (données ouvertes de la Banque mondiale).

La population en 2024 est estimée à 1 174 824 habitants, la population de Djibouti-ville, qui est de 623 891 habitants, représentant 53 % du total.

Outre Djibouti-ville, le pays compte cinq régions, et le total de la population des chefs-lieux de ces régions, Ali Sabieh (40 074 hab.), Tadjourah (22 193 hab.), Obock (17 776 hab.), Dikhil (12 043 hab.) et Arta (6 025 hab.), représente un peu moins 100 000 habitants (environ 8,4 % de la population), le reste de la population étant constitué de villageois formant des agglomérations rurales de moins de 1 000 habitants et de nomades. Il est considéré que la moitié de la population de Djibouti est constituée de populations nomades et de nombreuses populations vivant dans les villes et les villages ruraux vivent également du nomadisme.

### 2.2.2 Économie

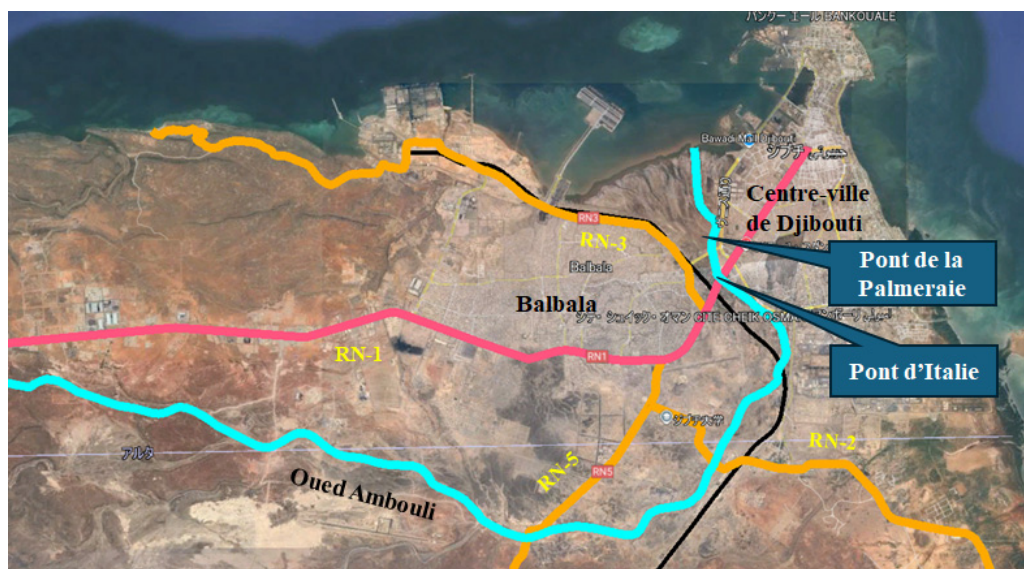
L'environnement naturel contraignant de Djibouti faisant obstacle au développement de l'agriculture, le secteur des services, incluant notamment les revenus du secteur des transports et des ports en tant que pays de transit du commerce ainsi que la location des terrains des bases militaires de divers pays, représente 76 % du PIB, la part du commerce et de l'industrie se montant à 21 %.

Le PIB national est de 41 milliards d'USD (2023), le PIB par habitant se montant à quelque 3 600 USD (2023 : Graphchart.com).

Conformément à la stratégie à long terme « VISION Djibouti 2035 », définie en 2014 par le ministère de l'Économie et des Finances, qui vise à positionner Djibouti comme un centre économique régional et continental et prend pour objectif d'augmenter le taux de croissance économique qui était de 3-4% jusqu'en 2010 pour le faire passer à 10%, des travaux de construction dans le cadre de grands projets d'infrastructures, en termes notamment d'installations portuaires et de voies ferrées, sont en cours. Djibouti, qui assume le rôle de port commercial de l'Éthiopie, a augmenté son trafic, notamment grâce à l'ouverture de la nouvelle ligne de chemin de fer Djibouti-Addis-Abeba et à la construction du port de Doraleh, ouvert à l'ouest du delta de l'oued Ambouli.

### 2.2.3 Transports

La région de Djibouti-ville compte quatre routes nationales désignées comme axes principaux (voir la **figure 2.2.1**). La route nationale 1 qui part du centre de Djibouti-ville, franchit l'oued Ambouli par le pont d'Italie, traverse Balbala dans sa partie sud, progresse en suivant le cours de l'oued Ambouli, passe par le Grand Bara, Dikhil, Yoboki, puis atteint la frontière avec l'Éthiopie à Galafi, constitue un axe logistique fondamental, mais présentement, en 2024, sa chaussée est en mauvais état, en particulier dans la section de 100 km reliant Dikhil à Galafi qui est supposée demander près de cinq heures de temps pour être parcourue par un camion-remorque. La route nationale 2 est aménagée en tant qu'axe de commerce avec la Somalie. La route nationale 3 était autrefois la route menant à la plage de Khor Ambado, mais, avec la construction en son milieu du nouveau port de commerce de Doraleh, elle a été aménagée pour servir d'axe logistique. Dans le même temps, la ligne ferroviaire venant de l'Éthiopie a été directement reliée au port de Doraleh, accroissant ainsi considérablement sa capacité en tant que nouvel itinéraire logistique depuis l'Éthiopie. La route nationale 5 servait autrefois d'axe principal permettant de se rendre en Éthiopie en passant par Ali Sabieh, mais étant également une route de montagne, non revêtue, car ne constituant pas un axe logistique avec l'Éthiopie, elle n'est pas bien entretenue, et sert principalement aujourd'hui de route d'accès jusqu'à HolHol, une ville qui se situe à mi-chemin entre Djibouti et Ali Sabieh. Pour relier Ali Sabieh à l'Éthiopie, une route permettant de rejoindre Ali Sabieh depuis la route nationale 1 a été ouverte dans le Grand Bara, des lignes de transport d'électricité et des conduites d'eau en provenance d'Éthiopie étant également mises en place le long de cet itinéraire. Cette route, qui constitue néanmoins l'itinéraire le plus court vers Ali Sabieh en termes de distance, pourrait à l'avenir devenir un axe important de transport intérieur si elle était revêtue et entretenue.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.2.1 Réseau routier dans Djibouti-ville et ses environs**

#### 2.2.4 Conditions sociales

La composition ethnique de Djibouti est la suivante : 60% d'Issas du groupe somali, 35% d'Afars (groupe que l'on retrouve également en Éthiopie), et 5% de Français, d'Arabes, d'Italiens, etc. La partie nord du pays est principalement peuplée d'Afars, les Afars et les Issas coexistent dans le sud, Ali Sabieh étant de son côté principalement peuplée d'Issas.

94 % de la population est de religion musulmane (site web du ministère des Affaires étrangères du Japon), les langues officielles sont le français et l'arabe, tandis que le somali et l'afar sont couramment parlés en tant que langues nationales.

Une guerre civile a éclaté en 1991 dans le nord avec le soulèvement du Front pour la restauration de l'unité et de la démocratie (FRUD) des Afars. Cette guerre civile avait pour cause un conflit entre les Afars et les Issas, mais le Président actuel, Ismail Omar Guelleh, élu en 1999, ayant établi la paix, la guerre civile a pris fin en 2001. La « Vision Djibouti 2035 » appelant également au renforcement de la paix, de l'unité et de la solidarité, à l'égalité entre les citoyens, et mettant l'accent sur le maintien de la stabilité intérieure et internationale, un niveau de sécurité publique relativement bon pour un pays africain est maintenu.

Djibouti, afin de réduire la concentration de la population dans Djibouti-ville, s'est engagé dans une démarche d'aménagement des infrastructures régionales et de dynamisation de l'économie au niveau des régions. D'autre part, il y a beaucoup de réfugiés venant d'Éthiopie pour lesquels, avec le soutien notamment des Nations unies, des camps ont été installés à Holhol (Ali Sabieh), Ali Adde et Obock, dans lesquels leur sont notamment fournies des tentes et de la nourriture. À l'intérieur de Djibouti-ville également, la présence de personnes habitant notamment aux bords de l'oued Ambouli a été constatée.

On notera que lorsque l'on s'éloigne des quartiers urbanisés, on entre dans les zones d'activité des nomades et que l'endroit où se trouvent ces nomades n'est pas clairement défini. Les nomades sont réputés se déplacer en recherchant de quoi nourrir leurs animaux, et beaucoup de nomades de Djibouti ont des habitats fixes dans les zones de montagne, qui constituent le point de départ de leur pratique du nomadisme. Lors d'une visite sur le terrain du site prévu pour le barrage sur l'oued Boullé, un affluent de l'oued Ambouli, dont la construction a été proposée par la Direction générale des travaux hydrauliques de l'État turc (DSI) dans le cadre de son étude de préfaisabilité de 2024, il a été constaté que des familles s'étaient installées dans la zone potentiellement submergée par la construction du barrage. On peut penser qu'une étude sur les habitats permanents de nomades dans la zone qu'il est prévu de submerger constitue une nécessité lors de la planification de la construction d'un barrage.

## 2.3 État de la planification et des aménagements urbains

### 2.3.1 Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (2014)

S'appuyant sur la « Vision Djibouti 2035 », un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU) de Djibouti-ville a été établi en 2014, mettant en avant les trois objectifs suivants :

- Économie : Djibouti, un pôle de commerce et de logistique pour l'Afrique
- Société : vivre mieux dans une ville inclusive et mieux équipée
- Environnement : protéger l'environnement pour les générations futures

On trouvera à la **figure 2.3.1** la carte de zonage de l'utilisation des sols établie dans le cadre de ce schéma directeur. Il est préconisé que l'oued Ambouli et la plaine d'inondation qui l'entoure soient conservés en tant que zone de nature reliant les zones urbaines de l'est et de l'ouest. Les activités d'aménagement et de construction dans cette zone devraient se conformer aux lignes directrices du SDAU sous certaines conditions.

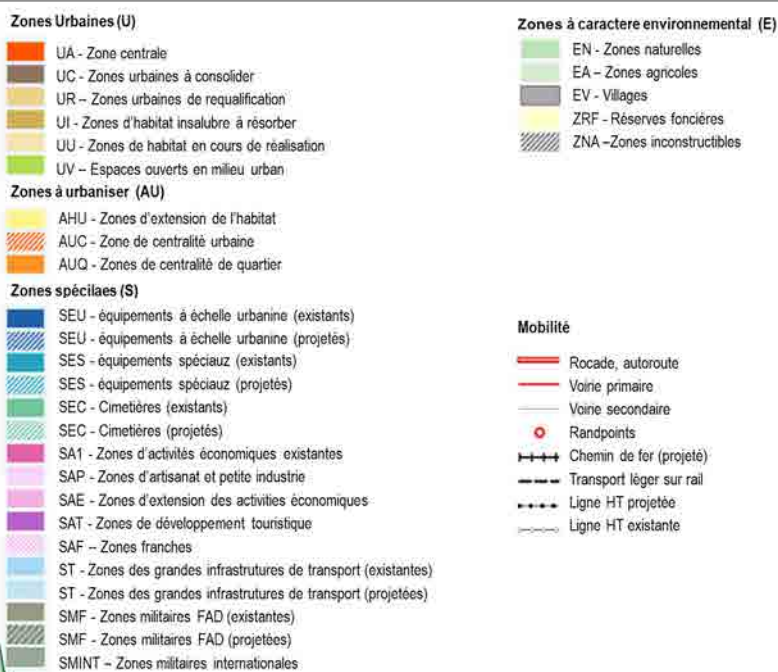
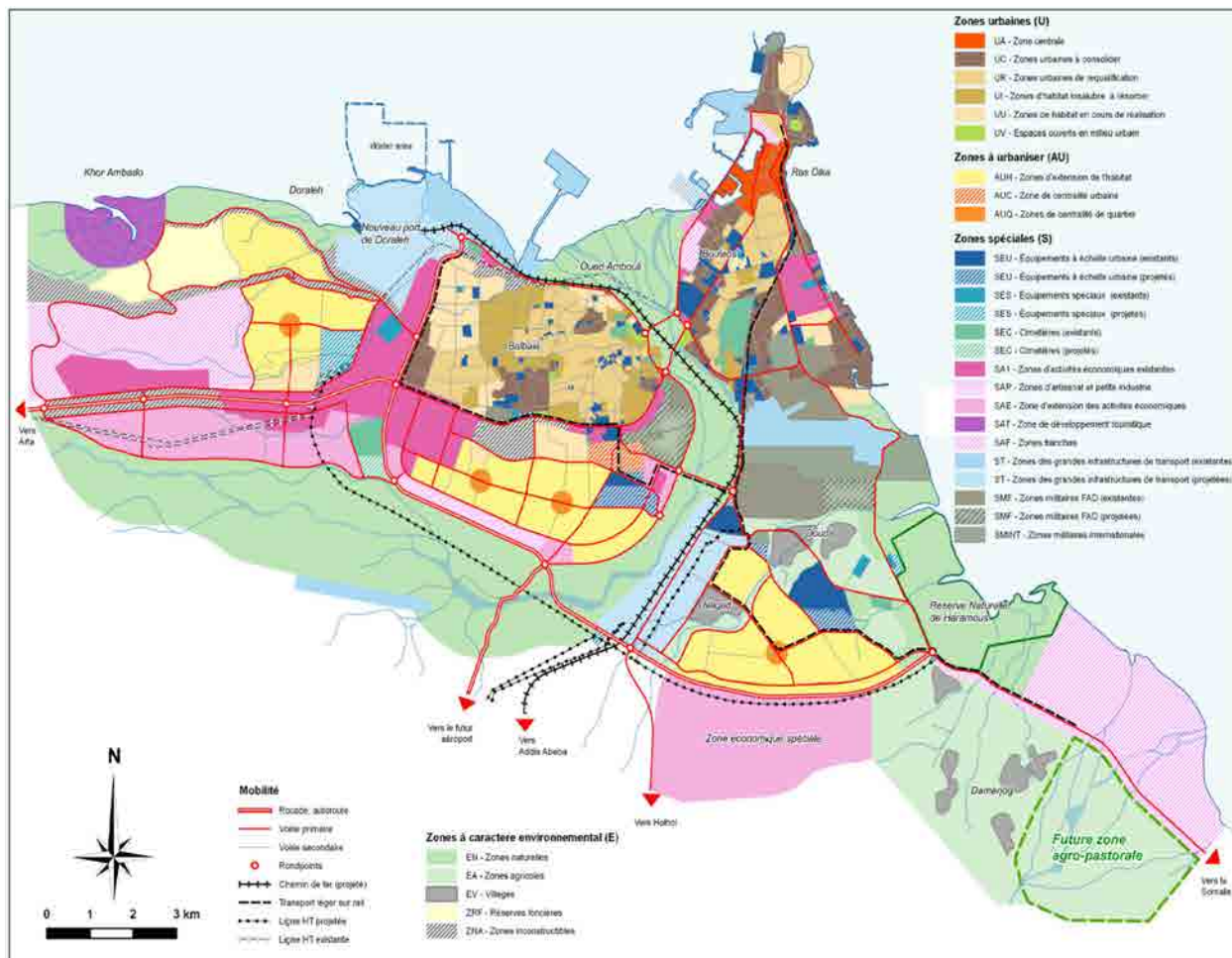
Pour ce qui est des infrastructures en matière d'eau, il est fait référence à l'accès pour tous à l'eau potable, à un assainissement de base et à l'hygiène, à la mise en place d'équipements de drainage des eaux pluviales, ainsi qu'à la promotion de l'agriculture suburbaine (sécurisation de 2 600 ha de terres agricoles).

### 2.3.2 Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme révisé

Le SDAU, établi en 2014, restant en vigueur jusqu'en 2024, il est en cours de révision avec pour agence de mise en œuvre la Direction de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Habitat (DATUH), l'objectif étant d'achever cette révision en 2025. Ce travail de révision bénéficie du soutien de la Banque islamique de développement (BID). Selon les termes de référence<sup>6</sup> de ce schéma directeur révisé, l'accent est mis sur un aménagement du territoire et une planification régionale plus équilibrés, ainsi que sur une perspective de construction d'une structure urbaine basée sur une plus grande équité socio-économique, en vue de l'expansion future de la zone urbaine.

---

<sup>6</sup> DATUH : Termes de références, Étude portant élaboration du nouveau Schéma d'Aménagement et d'Urbanisme de l'Agglomération de Djibouti, 2023

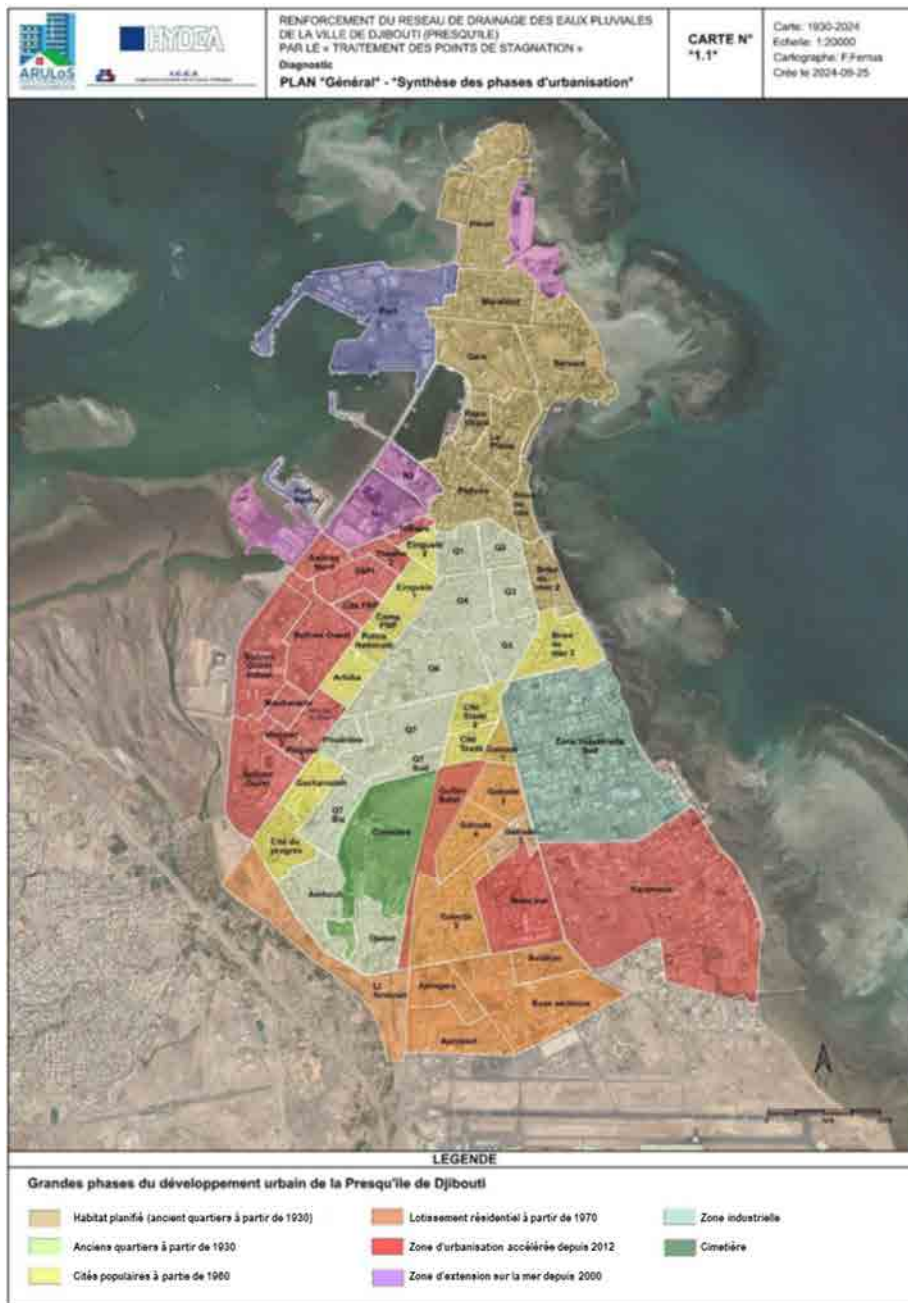


Source : SDAU

Figure 2.3.1 Carte de zonage de l'utilisation des sols du SDAU (2014)

### 2.3.3 État d'aménagement

Comme on le verra à la **figure 2.3.2**, la zone urbaine de Djibouti-ville a été jusque dans les années 1930 confinée dans la péninsule et ses environs, puis elle s'est peu à peu étendue vers l'intérieur des terres. Depuis 2012, l'urbanisation a progressé dans la zone environnant l'oued Ambouli, et, dans le même temps, des terrains ont été gagnés sur la mer<sup>7</sup>.

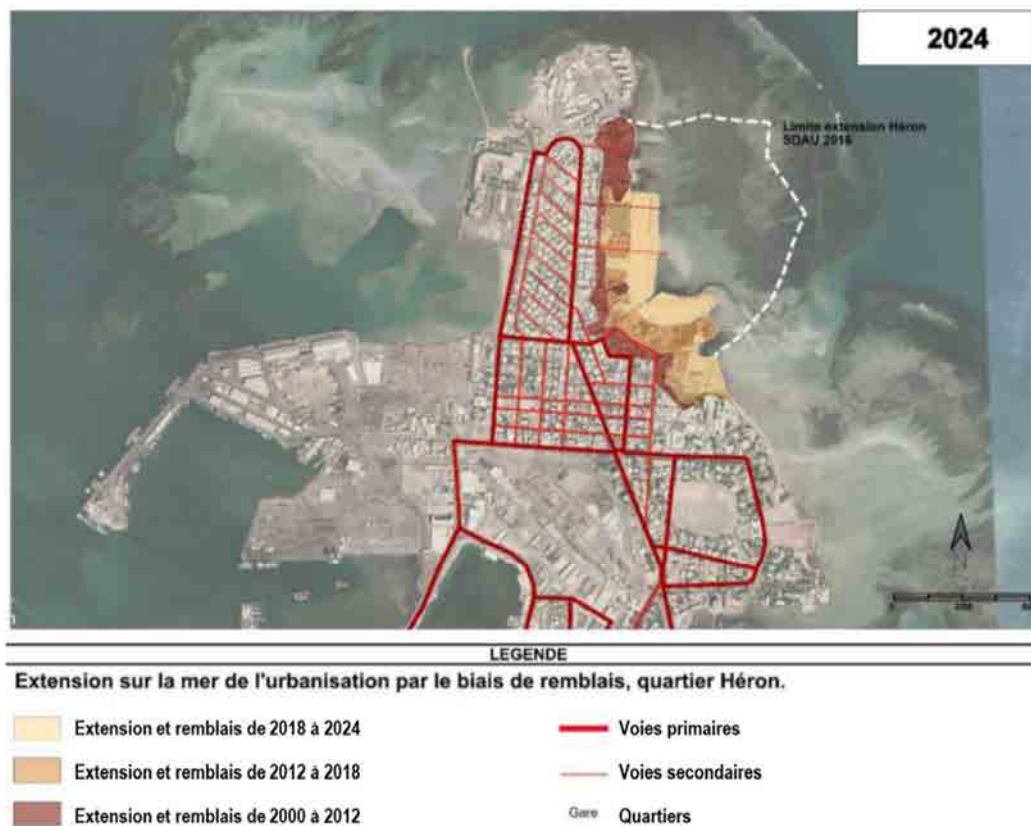


Sources : BM, MVUH (2024)

**Figure 2.3.2 Extension de la zone urbaine de Djibouti-ville**

<sup>7</sup> Banque mondiale : Ministère de la Ville, de l'Urbanisme et de l'Habitat (MVUH), Recrutement d'un Bureau d'Études pour l'Élaboration d'une Étude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu'île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d'Intervention et Plan d'Action, Tome 1 : Rapport de Diagnostic, 2024

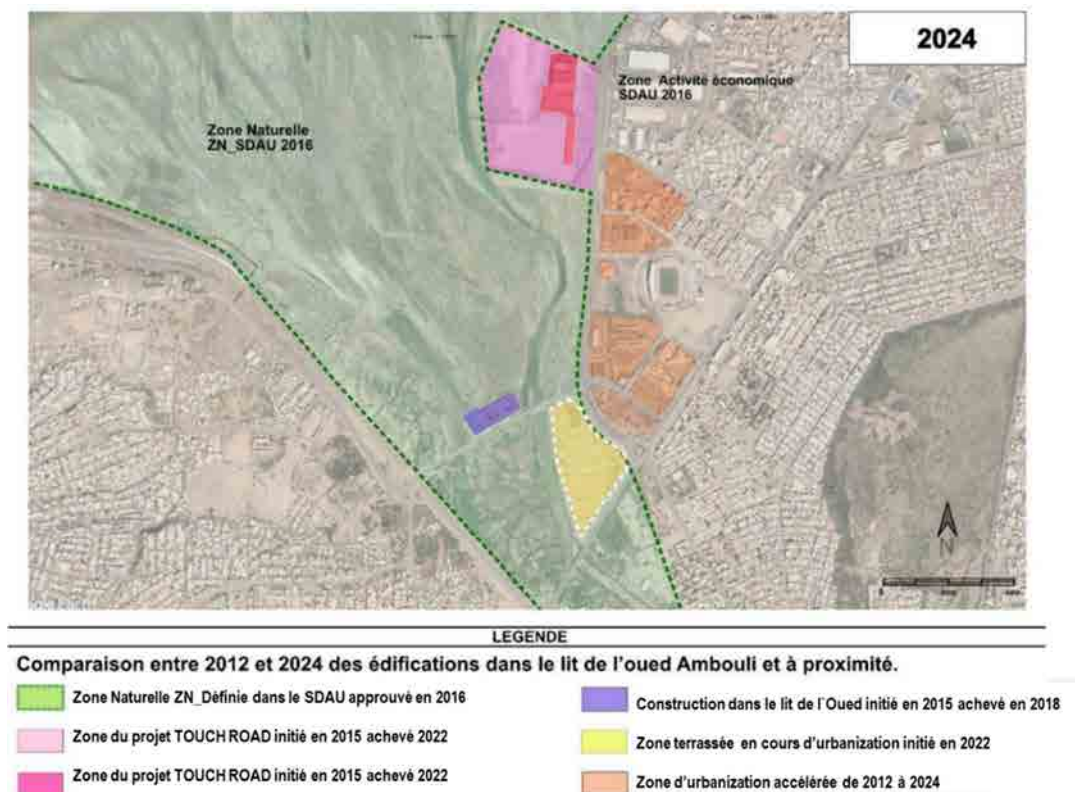
Ces dernières années, comme le montre la **figure 2.3.3**, les terrains gagnés sur la mer à l'extrémité de la péninsule se sont très rapidement étendus, ce qui exerce un impact sur le drainage des eaux pluviales dans la zone environnante.



Sources : BM, MVUH (2024)

**Figure 2.3.3 Aménagement par remblais à proximité du quartier Héron à Djibouti-ville**

Comme on le verra dans les **figures 2.3.4 et 2.3.5**, dans le delta de l'oued Ambouli, une zone économique spéciale (ZES) est en cours d'aménagement par une entreprise privée chinoise du nom de Touchroad. Aucune information officielle sur les aménagements à venir n'a pu être obtenue, mais, si les aménagements qui sont dépeints sur le panneau situé dans la zone d'aménagement se concrétisent, il est à craindre que la quasi-totalité du delta soit remblayée. Ces aménagements n'induisent pas seulement des risques d'inondation pour la ZES elle-même, qui est située dans une zone où les eaux de crue s'écoulaient déjà lors des inondations, mais laissent également craindre une augmentation considérable des risques d'inondation par débordement dans le centre-ville voisin, en entravant l'écoulement des eaux de crue dans le delta.



Sources : BM, MVUH (2024)

**Figure 2.3.4 État d'aménagement de la ZES dans le delta de l'oued Ambouli**



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.3.5 L'aménagement de la ZES dans le delta de l'oued Ambouli**

## CHAPITRE 3 POLITIQUES ET DÉMARCHES EN MATIÈRE DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS FLUVIALES ET PLUVIALES

Ce chapitre commence par une première section (3.1) consacrée à une vue d'ensemble des politiques en matière de lutte contre les inondations pluviales et fluviales. Dans la section 3.2, les principales agences gouvernementales liées à la lutte contre les inondations sont présentées, ainsi que leurs rôles, leurs structures, leurs budgets, etc. respectifs, sur la base des informations qui ont pu être recueillies. Dans la section 3.3, il est fait bilan de l'historique des mesures de lutte contre les inondations fluviales de l'oued Ambouli et de l'historique des mesures de lutte contre les inondations pluviales dans la ville de Djibouti réalisées à ce jour. Il est également fait état dans ce cadre du soutien exercé par les autres bailleurs, et, dans la sous-section 3.3.3, se fondant sur l'état du soutien des bailleurs, les possibilités de collaboration avec d'autres bailleurs sont également examinées.

### 3.1 Les politiques du Gouvernement de Djibouti en la matière

#### 3.1.1 Vision Djibouti 2035

La « Vision Djibouti 2035 », établie en 2014, est un document qui présente les perspectives de développement à long terme de Djibouti. L'objectif mis en avant par la Vision Djibouti 2035 est : « Djibouti, le phare de la Mer Rouge », « Djibouti, Hub Commercial et logistique de l'Afrique ». Pour atteindre ces objectifs, cinq piliers, accompagnés de stratégies, ont été définis. On les trouvera présentés dans le **tableau 3.1.1**.

Bien qu'il n'y ait pas dans ce tableau de référence directe à la lutte contre les inondations, le développement de la ville de Djibouti en tant que pôle économique régional est indiqué dans le cadre de la stratégie « Un territoire judicieusement aménagé : Plan global et intégré d'aménagement du territoire national (pilier III) ». La mise en œuvre par la ville de Djibouti de mesures de lutte contre les inondations, dans la mesure où elle vient en soutien à la durabilité de Djibouti-ville, pôle économique régional, est conforme à cette stratégie.

Dans le cadre de la stratégie « Promouvoir une stratégie de sécurité alimentaire et nutritionnelle (Pilier IV) », il est fait état de l'importance du développement et de la gestion des ressources en eau pour l'accroissement de la production alimentaire, et la prise en compte de la perspective du développement et de la gestion des ressources en eau lors de l'examen des mesures de lutte contre les inondations est conforme à cette stratégie.

Dans le cadre de la stratégie « Optimisation de l'utilisation des ressources naturelles et préservation de l'environnement (thème transversal) », il est fait état de l'importance de la gestion de l'eau, de même que de celle de la lutte contre le changement climatique dans une perspective de développement durable. La mise en œuvre de mesures de lutte contre les inondations en tant que moyens de gestion de l'eau, incluant le développement et la gestion des ressources en eau, est conforme à cette stratégie.

#### 3.1.2 Plan national de développement 2020-2024

Le Plan national de développement 2020-2024<sup>8</sup> a été établi en se fondant sur le cadre défini par la Vision Djibouti 2035, tout en prenant en compte l'Agenda 2063 de l'Union africaine et l'Agenda 2030 des Nations unies. L'objectif déclaré de ce plan est de « faire de Djibouti un pôle économique, commercial et financier régional et international qui assure le bien-être des Djiboutiennes et Djiboutiens dans un environnement de paix, sécurisé et propre ». Pour atteindre ces objectifs, trois axes stratégiques et des programmes de soutien ont été définis. On les trouvera présentés dans le **tableau 3.1.2**.

---

<sup>8</sup> Plan national de développement 2020-2024, Djibouti

Dans le programme de soutien « Environnement, changements et risques climatiques, énergies renouvelables (thème transversal) » il est fait mention de la nécessité d'investissements stratégiques dans une perspective de gestion appropriée des ressources dans le contexte du changement climatique.

**Tableau 3.1.1 Les cinq piliers de la Vision Djibouti 2035 et leurs stratégies**

Pilier	Stratégies
1. Paix et Unité nationale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promouvoir une justice sociale, une équité et des capacités de l'État mais aussi une culture de paix</li> <li>• Promouvoir une identité culturelle et une conscience nationale</li> <li>• Promouvoir une politique de défense globale, garantissant la sécurité des personnes et des biens</li> </ul>
2. Bonne gouvernance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcer la Démocratie, avec la bonne gouvernance comme une norme sociale</li> <li>• Investir dans la modernisation du système judiciaire</li> <li>• Renforcer les capacités de l'administration et l'E-gouvernement</li> <li>• Participation citoyenne et renforcement de la société civile</li> <li>• Des médias, instruments de la bonne gouvernance</li> <li>• Consolidation de l'environnement des affaires et renforcement de l'initiative privée</li> <li>• Mécanismes de prévention et de répression de la corruption</li> </ul>
3. Économie diversifiée et compétitive, avec un rôle moteur au secteur privé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promotion d'une croissance diversifiée et un rôle moteur au secteur privé : nouveau modèle de croissance économique</li> <li>• Une politique macroéconomique vertueuse</li> <li>• La Mise en place d'une stratégie adéquate de financement et de préservation des équilibres financiers</li> <li>• Promouvoir le développement d'un marché financier</li> <li>• Assurer un approvisionnement du pays</li> <li>• Promouvoir l'attractivité du pays et des partenariats stratégiques</li> <li>• <b>Un territoire judicieusement aménagé : Plan global et intégré d'aménagement du territoire national</b></li> <li>• Une politique globale de l'emploi</li> </ul>
4. Consolidation du capital humain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurer le bien-être des Djiboutiens et Djiboutiennes, une finalité du développement à long terme</li> <li>• Réduire la pauvreté (actions sociales, solidarité...)</li> <li>• Une politique sanitaire globale axée sur la prévision, la prévention et l'éducation-sensibilisation</li> <li>• Un nouveau système éducatif est nécessaire</li> <li>• <b>Promouvoir une stratégie de sécurité alimentaire et nutritionnelle</b></li> <li>• Développer une politique de logement adapté à l'environnement socioculturel national</li> <li>• Promouvoir la création artistique et culturelle</li> <li>• Définir et mettre en œuvre une politique nationale de population</li> </ul>
5. Intégration régionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Développer une intégration commerciale et une plate-forme de services dans la sous-région</li> <li>• Assurer l'intégration commerciale de Djibouti au sein de l'IGAD, du COMESA</li> <li>• Faire de Djibouti, un débouché maritime régional et une plateforme de services</li> <li>• Renforcer la stratégie nationale de coopération internationale et économique</li> </ul>
Thèmes transversaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promouvoir la condition de la Femme et réduire les inégalités de genre</li> <li>• Renforcer la politique en faveur des jeunes</li> <li>• <b>Optimisation de l'utilisation des ressources naturelles et préservation de l'environnement</b></li> </ul>

Source : Vision Djibouti 2035 (2014)

**Tableau 3.1.2 Les trois axes stratégiques et les programmes de soutien du plan national de développement 2020-2024**

Axe stratégique	Programme de soutien
1. Inclusion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclusion économique</li> <li>• Inclusion financière</li> <li>• Inclusion sociale</li> </ul>
2. Connectivité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interconnexion entre les régions et Djibouti-ville et aménagement du territoire</li> <li>• Plateforme logistique et digitale pour un hub commercial et logistique en Afrique</li> <li>• Infrastructures modernes de connexion au reste du monde</li> <li>• Consolidation de l'intégration régionale et de la conquête des marchés</li> </ul>
3. Institutions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gouvernance économique et financière, administrative, locale, politique et judiciaire</li> </ul>
Thèmes transversaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Développement du capital humain</li> <li>• Environnement, changements et risques climatiques, énergies renouvelables</li> <li>• Stratégie de réponse aux chocs sanitaires</li> <li>• Économie numérique et innovation technologique</li> </ul>

Source : Plan national de développement 2020-2024

### 3.1.3 Code de l'eau

La législation en matière de gestion des ressources en eau inclut le Code de l'eau (1996)<sup>9</sup> et quatre décrets d'application de ce code (2000). Voici les points essentiels du Code de l'eau<sup>10</sup> :

- Le Code insiste sur la préservation et la gestion de la ressource en eau, en particulier souterraine, tant aux niveaux qualitatif que quantitatif,
- il précise que les ressources en eau appartiennent au domaine public hydraulique,
- il donne la priorité à la satisfaction des besoins en eau potable des populations, suivi de l'irrigation, puis de l'industrie,
- il définit les droits et obligations des usagers de l'eau soumis à trois grandes catégories de régimes juridiques,
- il soumet la profession de foreur à un régime de police spéciale,
- il introduit une police spéciale sur les déversements,
- il prévoit le renforcement de la surveillance des captages,
- il prévoit la possibilité d'instaurer des « zones et plans de sauvegarde » là où la ressource est menacée sur le plan qualitatif ou quantitatif,
- il prévoit la possibilité pour les usagers de l'eau (eau potable, irrigation ou abreuvement du bétail) de former des commissions locales de l'eau pour assurer la gestion de leur ressources en eau ou la gestion des points d'eau en milieu rural,
- et il prévoit des dispositions financières à la charge des usagers (frais de dossier, redevances de prélèvements et de déversements, et frais de contrôle) pour la mise en œuvre des dispositions du code et pénales (amendes et emprisonnement) dans le cas de non-respect de la réglementation.

Bien que la gestion des creux ne soit pas spécifiquement mentionnée, l'on peut considérer que le renforcement de la surveillance des bassins de captage et l'instauration de zones et plans de sauvegarde pour la protection de l'eau sur le plan qualitatif ou quantitatif sont des points qui peuvent également être mis en lien avec la gestion des creux.

<sup>9</sup> Loi n° 93/AN/95/3e L portant Code de l'Eau

<sup>10</sup> Sais Kaireh Youssouf : La cartographie, l'évaluation et la gestion des ressources d'eau transfrontières de la sous-région IGAD, 2009

### 3.1.4 Gestion du développement des ressources en eau

À Djibouti, un Schéma directeur national de l'eau a été élaboré en 2000. Ce schéma directeur présente les cinq axes stratégiques suivants<sup>11</sup> :

- Maintien du rôle de l'État en matière de planification, de suivi et de coordination des actions de développement relatives à l'eau
- Reconnaissance et mise en valeur des ressources en eaux souterraines et en eaux de surface
- Évaluation des potentialités en eau et des technologies éprouvées pour leur exploitation
- Exploitation, gestion et protection des eaux souterraines et des eaux de surface
- Participation et responsabilisation des usagers bénéficiaires à toutes les actions de développement et à l'utilisation des ressources en eau

Sur la base de ce schéma directeur, des projets d'approvisionnement en eau et d'assainissement urbains et ruraux ont été réalisés. Concernant les zones urbaines, c'est l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Djibouti (ONEAD), créé sous sa forme actuelle par un loi de 2006, qui est chargé de ces projets. L'approvisionnement en eau et l'assainissement en milieu rural, de leur côté, relèvent de la responsabilité de la Direction de l'Eau du Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, de la Pêche, de l'Élevage et des Ressources halieutiques (MAEPE-RH). Dans ce domaine, le Programme national d'approvisionnement en eau et d'assainissement en milieu rural à l'horizon 2035, élaboré en 2016, considère que des investissements à hauteur de 582,5 millions USD sont nécessaires pour aménager les installations d'approvisionnement en eau et d'assainissement desservant la population rurale projetée à l'horizon 2035<sup>12</sup>.

Le MAEPE-RH met en œuvre le Projet de gestion intégrée des ressources en eau (PGIRE)<sup>13</sup> pour une période prévue de cinq ans à partir de 2019. L'objectif déclaré de ce projet est d'améliorer durablement les conditions de vie des ménages ruraux défavorisés et la résilience au changement climatique en milieu rural. Il vise à améliorer l'accès durable des ménages ruraux aux ressources en eau et en pâturages, la résilience au changement climatique, la sécurité alimentaire et nutritionnelle et les revenus, en particulier pour les femmes et les jeunes. Ce projet est considéré avoir adopté une approche de gestion intégrée des ressources en eau pour le développement des ressources en eau et pour leur utilisation durable.

### 3.1.5 Politique en matière de gestion des catastrophes

La gestion des catastrophes à Djibouti a été mise en œuvre conformément à la Stratégie Nationale de Gestion des Risques et des Catastrophes<sup>14</sup> élaborée en 2004 avec le soutien du PNUD. Ce document met en avant six axes stratégiques :

- Mise en œuvre de mécanismes institutionnels pour la GRC (Gestion des Risques et des Catastrophes)
- Développement et renforcement des capacités techniques
- Développement et renforcement d'un système d'information
- Développement du système et des mécanismes financiers durables
- Réduction des risques et de la vulnérabilité
- Coopération régionale et internationale

Une étude d'évaluation de l'état actuel de la GRC à Djibouti est en cours avec le soutien du PNUD, et il est prévu de se fonder sur les résultats de cette évaluation pour mettre à jour la stratégie nationale de gestion des risques et des catastrophes et pour établir un plan d'action pour 2025-2028.

---

<sup>11</sup> MAEPE-RH : Elaboration du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement en Milieu Rural à l'Horizon 2030 (PNAEPA 2030), Rapport Mission n° 2, 2016.

<sup>12</sup> MAEPE-RH : Élaboration du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement en Milieu Rural à l'Horizon 2030 (PNAEPA 2030), MISSION 3 : Programme d'Investissement technique et financier, Synthèse, 2016

<sup>13</sup> FIDA, MAEPE-RH : Projet de gestion intégrée des ressources en eau, Rapport de conception, 2020

<sup>14</sup> Ministère de l'Intérieur, PNUD : Stratégie Nationale de Gestion des Risques et des Catastrophes de Djibouti, 2004.

### 3.1.6 Politique en matière de changement climatique

La Vision Djibouti 2035 présente les quatre éléments ci-dessous comme la base d'une stratégie de développement durable. Ces quatre éléments sont tous liés aux mesures en réponse au changement climatique, ce qui montre l'importance accordée par le pays à ces mesures.

- Les énergies renouvelables,
- Djibouti, un pays vert à 100 %,
- la gestion durable de l'eau,
- l'adaptation au changement climatique et la gestion des risques.

La Banque mondiale a récemment produit un rapport d'étude sur les relations entre le changement climatique et le développement<sup>15</sup>. Dans ce rapport, il est souligné que la ville de Djibouti constitue un pôle économique d'importance, non seulement au niveau national, mais aussi pour les pays voisins, et que c'est également dans un objectif de renforcement de ce rôle qu'il importe d'investir dans des mesures d'adaptation au changement climatique permettant de promouvoir son développement durable. La promotion des mesures de lutte contre les inondations dans la ville de Djibouti, qui fait l'objet de cette étude, est en accord avec ce constat.

Djibouti s'est engagé, en préalable à la COP21, à réduire les gaz à effet de serre de 40 % à l'horizon 2030. Cela équivaut à maintenir les émissions aux niveaux de 2010, un objectif qui peut être qualifié d'ambitieux. Pour atteindre cet objectif, le Gouvernement de Djibouti a établi une Contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN) pour la réduction des gaz à effet de serre (2015)<sup>16</sup>. Dans ce document, il est estimé que, si aucune mesure d'atténuation n'est mise en œuvre, les émissions de GES en 2030 feront plus que doubler par rapport aux niveaux de 2010, et que, sachant que près de 55% de ces émissions proviennent du secteur de l'énergie, ce secteur constitue un secteur prioritaire pour la mise en œuvre par Djibouti de mesures d'atténuation.

Pour Djibouti, pays en développement, il est important de réduire les émissions sans exercer un impact important sur l'économie et la société djiboutiennes, et l'on trouvera dans le **tableau 3.1.3** les projets mis en œuvre ou en cours ainsi que les mesures d'atténuation prévues dans le cadre du scénario inconditionnel d'atténuation.

On trouvera dans le **tableau 3.1.4** les projets relatifs aux mesures d'adaptation mentionnées dans les CDN révisées<sup>17</sup> version 2024. Dans ce tableau, les projets qui sont en cours de réalisation ou dont le financement de la mise en œuvre du projet est assuré sont présentés séparément de ceux dont la mise en œuvre est à l'étude.

---

<sup>15</sup> Banque mondiale : Rapport National Sur Le Climat et le Développement, 2024

<sup>16</sup> MEDD : Contribution Prévue Déterminée au niveau National de la République de Djibouti, 2015

<sup>17</sup> MEDD : Contributions Déterminées au Niveau National, CDN révisé, 2024.

**Tableau 3.1.3 Mesures d'atténuation financées**

Construction de lignes de transport d'électricité à partir de l'Éthiopie. Achevé en 2011	Construction d'une ligne très haute tension d'une capacité de 50 MW afin d'importer de l'électricité depuis l'Éthiopie vers Djibouti. L'électricité éthiopienne est produite à 90% grâce à des sources d'énergies renouvelables. Cette ligne a permis de remplacer l'électricité fournie par des générateurs à Djibouti.
	Financement : 65 millions USD financés à 95% par la Banque Africaine de Développement et à 5% par la République de Djibouti
	Estimation des émissions évitées : 150 kt de CO2e/an
Éoliennes onshore Mise en service prévue en 2025	Installation de turbines éoliennes onshore de 60 MW à Goubet
	Financement : Projet financé par des investisseurs privés en partenariat avec la République de Djibouti
	Estimation des émissions évitées : 100 kt de CO2e/an
Usine photovoltaïque Mise en service programmée pour 2025	Installation de trois centrales solaires à Petit Bara, Ali-Sabieh et Goubet dont le potentiel photovoltaïque est estimé à 250 MW
	Financement : Projet financé par des investisseurs privés en partenariat avec la République de Djibouti
	Estimation des émissions évitées : 320 kt de CO2e/an
Pompe géothermique (La mise en service des centrales est programmée pour 2030.)	Exploitation de l'énergie géothermique dont le potentiel est estimé à 1200 MW dans la région du lac Assal, du lac Abbé et du Nord Goubet
	Financement : Projet d'Assal financé par un groupement de bailleurs de fonds piloté par la Banque Mondiale à hauteur de 31 millions USD. Autres projets financés par des investisseurs privés en partenariat avec la République de Djibouti.
	Estimation des émissions évitées : 6 000 kt de CO2e/an
Nouvelle ligne ferroviaire ouverte en 2015	Construction d'une ligne ferroviaire de 752 km entre Djibouti-ville et Addis-Abeba
	Financement : Projet financé par des investisseurs privés chinois
Projet sur l'efficacité énergétique de 10 bâtiments	L'objectif principal du projet, d'une durée de 2 ans, est de permettre à l'Agence Djiboutienne de la Maîtrise de l'Énergie (ADME) d'étudier la consommation énergétique de 10 bâtiments. Le Projet va également renforcer les capacités des autres services gouvernementaux concernés par la problématique de la maîtrise de l'énergie grâce à un partenariat Sud-Sud avec d'autres pays qui ont fait des progrès dans ce domaine.
	Financement : Projet financé par le PNUD
Réduction de la consommation énergétique des bâtiments publics	Le projet, d'une durée de 2 ans, a pour objectif d'améliorer l'efficacité énergétique de l'ancien bâtiment de la Cité Ministérielle avant la mise en place d'un parc solaire photovoltaïque sur la toiture du bâtiment. Le système photovoltaïque sera raccordé au réseau national. Pour diminuer d'une manière significative la facture électrique de l'État, à l'avenir, l'ADME poursuivra l'extension du projet sur l'ensemble des bâtiments publics.
	Financement : Projet financé par la République de Djibouti
Projet de l'Alliance Mondiale contre le Changement Climatique + (2014-2020)	Pour une durée de deux ans à partir de mai 2015, l'Alliance Mondiale contre le Changement Climatique a pour mission de :
	Renforcer les capacités de Djibouti à participer activement à la lutte contre le changement climatique Développer un cadre institutionnel favorable en matière d'atténuation du changement climatique dans le secteur de l'énergie
	Financement : Projet financé par l'Union européenne à hauteur de 3 millions USD

Source : CPDN Djibouti 2015

**Tableau 3.1.4 Projets en matière de mesures d'adaptation**

N°	Projets en matière de mesures d'adaptation qui sont en cours de mise en œuvre ou dont le financement de la mise en œuvre est assuré	Coût du projet (millions USD)
1	Programme Visant à Renforcer la Résilience Face à l'Insécurité alimentaire et Nutritionnelle (BREFFON 2), 2023 -2028	20,0
2	Projet de développement des chaînes de valeur en milieu rural, 2023-2027	15,0
3	Gestion durable des ressources en eau, des parcours et des périmètres agropastoraux dans le bassin versant de Cheikhetti à Djibouti, 2022 - 2026	3,3
4	Programme de Gestion des Eaux et des Sols (PROGRES) : 2017 – 2024	17,1
5	Programme Visant à Renforcer la Résilience Face à l'Insécurité alimentaire et Nutritionnelle (BREFFON 1), 2021-2026	21,0
6	Projet d'extension et de renforcement du réseau d'assainissement de Djibouti (PERRAD) (ONEAD), 2023-2025	24,2
7	Projet Intégré de gestion des ressources en eau (PGIRE), 2019 - 2024	12,0
8	Renforcement de la résilience à la sécheresse des petits exploitants agricoles et pasteurs de la région de l'IGAD DRESS-EA, 2020-2024	13,8
9	Grande Muraille verte	30,0
10	Projet énergie verte à 100 % (Yoboki - Khor Angar) 2023-2025	3,2
11	Programme « Planification et mise en œuvre de l'adaptation basée sur les écosystèmes dans les régions de Dikhil et Tadjourah à Djibouti » 2023-2028	10,0
12	Projet d'appui stratégique à l'ONEAD et contrat de performance (PROSPERO)	18,0
13	Appui à la Décentralisation et aux Initiatives locales, 12 Millions Euros, UE, 2023 - 2025	14,4
14	Projet de réhabilitation et d'extension du système d'alimentation en eau potable de la ville de Djibouti	64,7
15	Projet « PERRAD » : projet d'extension et de réhabilitation du réseau d'assainissement de Djibouti- une extension des réseaux secondaires et tertiaires dans les quartiers 7, 7 bis, cité Stade, Q6 et Q7, (PERRAD 1, 2 et 3), 2024-2026	36,0
16	Projet de réalisation d'un collecteur des eaux usées Balbala sud, 2023-2024	11,5
17	Projet d'étude intégrée des infrastructures urbaines et de l'adaptation climatique à Djibouti, BAD, 2023-2025	3,8
18	Traitement des eaux usées et extension usine dessalement, 2024-2026	86,4
19	Projet énergie verte à 100% (Khor Angar)	2,0
20	Projet d'adaptation (GEF, LDCF, fonds d'adaptation)	60,0
21	Petite unité de dessalement de l'eau de mer à Goubet	2,0
	Total	468,4

N°	Projets en matière de mesures d'adaptation dont la mise en œuvre est envisagée	Coût du projet (millions USD)
1	Programme national d'amélioration de l'eau potable et de l'assainissement horizon 2035	349,5
2	Programme national d'investissement agricole et sécurité alimentaire et nutrition	200,0
3	Programme multinational pour le développement de la résilience de la sécurité alimentaire dans la corne de l'Afrique	12,0
4	Aménagement hydroagricole des trois bassins versants de Dikhil (Gobaad, Hanlé et Gaggadé)	24,2
5	Programme de mobilisation des eaux de surface pour recharger les nappes et améliorer la régénération des parcours	20,0
6	Projet d'amélioration de la productivité et la qualité des fourrages cultivés	6,0
7	Projet d'aménagement hydroagricole du bassin versant d'Ambouli	56,5
8	Projet de reboisement et restauration des terres arides	10,0
9	Projet de restauration et plantation des mangroves sur les sites potentiels	7,0
10	Projet de développement du système d'exhaure solaire de l'eau pour la production agricole	5,0
11	Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation	3,3
12	Multiplication des semences agricoles adaptées aux changements climatiques	8,0
13	Programme d'assainissement des eaux usées et eaux pluviales	100,0
14	Extension de l'unité de dessalement de l'eau de mer à Goubet	2,0
15	Appui à la mise en œuvre des activités du PANA	50,0
16	Grande muraille verte Djibouti - Dakar	30,0
17	Programme d'appui aux régions	50,0
18	Implication active des enfants et des jeunes comme agents de renforcement des capacités d'adaptation communautaire actuelles et futures au changement climatique	3,0
	Total	936,5

Source : CDN révisé 2024

### 3.2 Principales entités gouvernementales impliquées dans la lutte contre les inondations pluviales et fluviales

On trouvera dans le **tableau 3.2.1** les principales entités gouvernementales impliquées dans la lutte contre les inondations pluviales et fluviales.

**Tableau 3.2.1 Principales entités gouvernementales concernées**

Entité	Rôle en matière de lutte contre les inondations
Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, de la Pêche, de l'Élevage et des Ressources halieutiques (MAEPE-RH)	Gestion des cours d'eau, notamment en l'occurrence de l'oued Ambouli, construction et gestion de barrages, projets de lutte contre les inondations (fluviales). Prévision et alertes en matière d'inondations
Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Djibouti (ONEAD)	Planification, conception, travaux de construction et entretien des réseaux d'eau, d'assainissement et de drainage des eaux pluviales
Direction de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Habitat (DATUH)	Établissement de plans pour les villes et pour les territoires, gestion de l'utilisation des sols
Agence de Réhabilitation Urbaine et du Logement Social (ARULoS)	Réalisation de projets de réhabilitation urbaine et de réinstallation Agence de mise en œuvre du projet intégré de résorption des bidonvilles de Djibouti mis en œuvre avec le soutien de la Banque mondiale.
Agence Djiboutienne des Routes (ADR)	Planification, conception, travaux de construction et entretien des routes Toutefois, l'entretien des caniveaux et d'autres installations de drainage des eaux pluviales mis en place sur les routes est du ressort de l'ONEAD.
Agence Nationale de la Météorologie de Djibouti (ANM)	Observations météorologiques, prévisions météorologiques Représentant de l'OMM à Djibouti en matière de météorologie.
Secrétariat Exécutif de Gestion des Risques des Catastrophes (SEGRC)	Coordination en matière de gestion des catastrophes.
Direction Nationale de la Protection Civile (DNPC)	Réponse aux catastrophes
Ministre de la Ville, de l'Urbanisme et de l'Habitat (MVUH)	Aménagement urbain et régional, développement de l'habitat
Ministère des Infrastructures et de l'Équipement (MIE)	Développement des routes et des infrastructures
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD)	Gestion de l'environnement et politique en matière de changement climatique
Centre d'Études et de Recherche de Djibouti (CERD)	Recherches sur les caractéristiques météorologiques et hydrologiques du bassin de l'oued Ambouli. Représentant de l'OMM à Djibouti en matière d'hydrologie.

Source : Équipe d'étude de la JICA

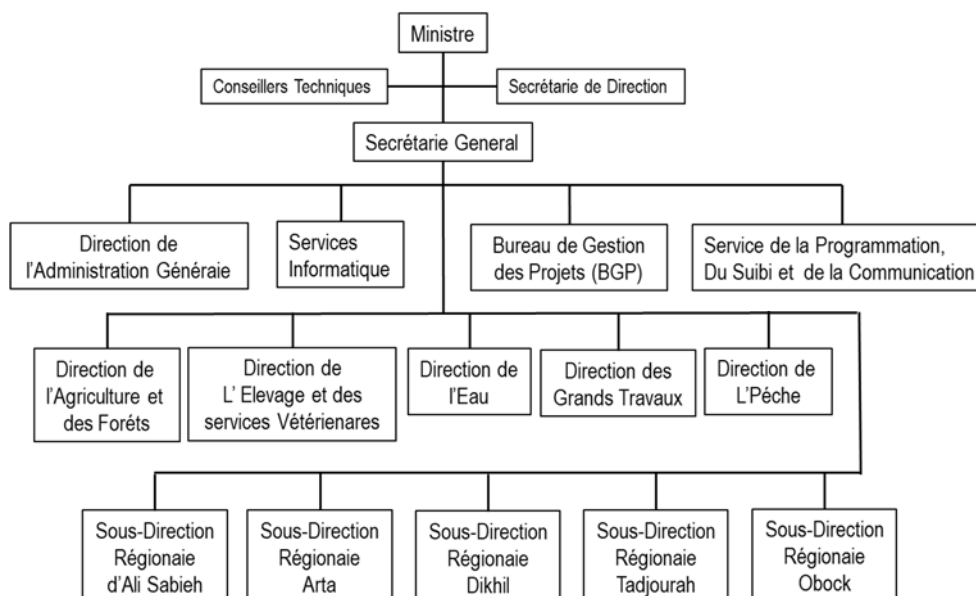
#### 3.2.1 Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, de la Pêche, de l'Élevage et des Ressources Halieutiques (MAEPE-RH)

Le Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, de la Pêche, de l'Élevage et des Ressources Halieutiques (MAEPE-RH) est l'entité responsable en matière d'agriculture, de forêts, d'élevage, de pêche et de ressources en eau. On trouvera à la **figure 3.2.1** un organigramme simplifié du MAEPE-RH.

Les missions de ses principaux secteurs sont les suivantes :

- Direction de l'Agriculture et des Forêts  
Elle assure l'amélioration de l'agriculture et la lutte contre la désertification. Elle apporte un soutien à tous les agriculteurs dans la production de la culture vivrière (maraîchage, arboricole, ...), et l'introduction de nouvelles techniques culturales (micro-irrigation, compostage...).
- Direction de l'Élevage et des Services Vétérinaires  
Elle assure la gestion de l'élevage. Elle assure notamment l'encadrement et le suivi des élevages, la couverture sanitaire du cheptel, l'amélioration des parcours pastoraux, l'hygiène alimentaire et la lutte contre les zoonoses, la réalisation et la gestion des projets d'élevage et la protection de la

- faune sauvage.
- **Direction de l'Eau**  
Elle met en œuvre des projets d'approvisionnement en eau et d'assainissement en milieu rural. Elle est composée de quatre services qui sont 1) le Service d'Ingénierie et Travaux (SIT), 2) le Service des Ressources en Eau (SRE), 3) le Service de l'Assainissement (SA), et 4) le Service d'Appui à la Gestion Décentralisée des Points d'Eau (SAGDE).
- **Direction des Grands Travaux**  
Elle assure la conception et la construction des ouvrages de mobilisation des eaux de surface et d'aménagement des terres agricoles. Elle est composée de trois services qui sont 1) le Service de conception et suivi, 2) le Service Gestion et maintenance du patrimoine de matériels et 3) le Service Technique. La Direction des Grands Travaux gère le barrage de l'Amitié d'Ambouli, qui a été achevé en 2019, et joue par ailleurs le rôle de point focal djiboutien de l'Initiative pour la Corne de l'Afrique (HoAI)<sup>18</sup>.
- **Direction de la Pêche**  
Elle est en charge de la politique en matière de pêche et d'aquaculture et d'établir un cadre de référence permettant d'orienter et de rendre cohérentes les interventions de l'État et des partenaires au développement dans le secteur de la pêche et de l'aquaculture.



Source : MAEPE-RH

**Figure 3.2.1 Organigramme simplifié du MAEPE-RH**

En 2020, le MAEPE-RH comptait 377 agents, parmi lesquels 152 agents titularisés<sup>19</sup>. Le nombre d'agents de la Direction de l'Eau et de la Direction des Grands Travaux, qui sont tous deux en lien avec l'eau, est de 100 agents. Selon une interview avec la Direction des Grands Travaux, à partir de 2024, un total de 24 personnes (4 ingénieurs et 20 employés) seront employées, avec un budget récurrent de 45 millions DJF, dont 10 millions DJF seront destinés à l'entretien et à la gestion du barrage de l'amitié d'Ambouli

<sup>18</sup> Initiative de coordination régionale entre cinq pays de la Corne de l'Afrique (Djibouti, Somalie, Kenya, Éthiopie et Érythrée) pour se confronter aux défis communs en matière de développement qui font obstacle à la croissance économique et aux efforts de lutte contre la pauvreté. Les ministres des Finances des cinq pays ont effectué en 2019 une déclaration commune.

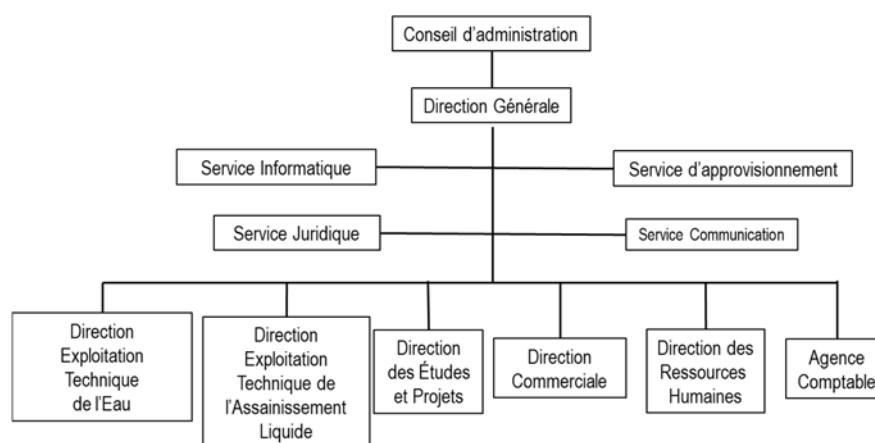
<sup>19</sup> MAEPE-RH : Rapport d'Activité du Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, de la Pêche, de l'Élevage et des Ressources Halieutiques, 2020

### 3.2.2 Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Djibouti (ONEAD)

L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Djibouti (ONEAD) est l'entité responsable de l'eau, de l'assainissement et du drainage des eaux pluviales. On trouvera à la **figure 3.2.2** un organigramme simplifié de l'ONEAD. Les missions de ses principales directions sont les suivantes :

- Direction Exploitation Technique de l'Eau  
Mettre en œuvre les moyens nécessaires à la production et à la distribution de l'eau dans la ville de Djibouti et dans les centres urbains de régions de l'intérieur.
- Direction Exploitation Technique de l'Assainissement Liquide  
Mettre en œuvre les moyens nécessaires pour procéder à l'assainissement collectif et autonome des eaux usées et des eaux pluviales dans l'agglomération de Djibouti et dans les centres urbains de régions de l'intérieur
- Direction des Études et Projets

Réaliser des études portant sur l'eau, l'assainissement et le drainage des eaux pluviales, établir des plans, gérer des projets, et mener des activités en matière de gestion des ressources en eau.



N.B. : Selon un entretien réalisé avec l'ONEAD, une nouvelle « Direction de la sécurité et de la qualité » sera créée l'année prochaine

Source : élaboré par l'équipe d'étude de la JICA sur la base d'informations tirées du site internet de l'ONEAD

**Figure 3.2.2 Organigramme simplifié de l'ONEAD**

La Direction Exploitation Technique de l'Assainissement Liquide, qui est en charge du drainage des eaux pluviales, réalise les tâches suivantes :

- Mettre en œuvre les moyens nécessaires pour appliquer la politique de l'assainissement collectif et autonome des eaux usées (ménagères et industrielles) et des eaux pluviales dans l'agglomération de Djibouti et dans les centres urbains de régions de l'intérieur
- Exploiter les infrastructures de l'assainissement collectif et veiller à leur maintenance
- Assurer la réalisation des programmes de travaux qu'il s'agisse d'extension ou de renouvellement des installations
- Contrôler les structures de l'assainissement autonome non raccordées au réseau
- Se conformer aux objectifs de qualité des eaux épurées, en rapport avec les systèmes existants et les normes en vigueur
- Élaborer les programmes de maintenance des stations d'épuration (STEP) et autres stations.

Selon un entretien réalisé avec l'ONEAD, ce dernier compte environ 1 000 agents dans l'ensemble du pays, et ne serait-ce qu'au sein de la Direction Exploitation Technique de l'Assainissement Liquide, qui prend en charge les tâches liées au drainage des eaux pluviales, il y a une cinquantaine d'agents affectés à Djibouti-ville.

Il n'a pas été possible d'obtenir d'informations sur le budget de l'ONEAD, bien qu'il ait été demandé de les communiquer. Selon l'entretien réalisé avec l'ONEAD, le budget accordé par l'État ne représente qu'une part infime du budget des activités de l'ONEAD, ces activités étant financées par les redevances d'eau et d'assainissement perçues. Bien que les coûts de gestion des installations de drainage des eaux pluviales ne soient pas pris en compte dans les redevances d'eau et d'assainissement, ces coûts sont en l'état actuel financés sur ces redevances.

Avec le soutien de l'Agence Française de Développement (AFD), il a été décidé de procéder à un renforcement des capacités en gestion des activités d'eau et d'assainissement en mettant en œuvre à partir de 2024, pour une période de cinq ans, le Programme stratégique de performance à l'ONEAD (PROSPERO), ce qui laisse espérer un renforcement de l'ONEAD en termes d'organisation, de ressources humaines et de moyens financiers.

### 3.2.3 Autres entités

#### (1) Direction de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Habitat (DATUH)

La Direction de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Habitat (DATUH) du Ministère de la Ville, de l'Urbanisme et de l'Habitat (MVUH) assure la planification urbaine et territoriale ainsi que la gestion de l'utilisation des terres. Elle est l'agence de mise en œuvre du SDAU (2014) et de l'étude en cours portant sur la révision du SDAU.

#### (2) Agence de Réhabilitation Urbaine et du Logement Social (ARULoS)

L'Agence de Réhabilitation Urbaine et du Logement Social (ARULoS) qui dépend du Ministère de la Ville, de l'Urbanisme et de l'Habitat (MVUH), créée en 2019, est chargée des missions suivantes :

- Promouvoir la construction et le développement de logements sociaux
- Assurer la mise en œuvre du Programme National Zéro Bidonville
- Favoriser l'accès à la propriété foncière
- Promouvoir l'utilisation des crédits matériels.

Voici quels sont les objectifs des activités de l'ARULoS :

- L'élaboration des études et la construction des logements sociaux sur financement des partenaires nationaux et internationaux;
- La mise en œuvre des opérations de restructuration et de réhabilitation dans les quartiers précaires
- La régularisation foncière dans le cadre de la procédure de la cession amiable
- L'encadrement technique et l'appui financiers nécessaires au développement des coopératives d'habitat dans les programmes de logements sociaux.

L'ARULoS est l'agence de mise en œuvre du Projet Intégré de Résorption des Bidonvilles mis en œuvre avec le soutien de la Banque mondiale (2019 - en cours).

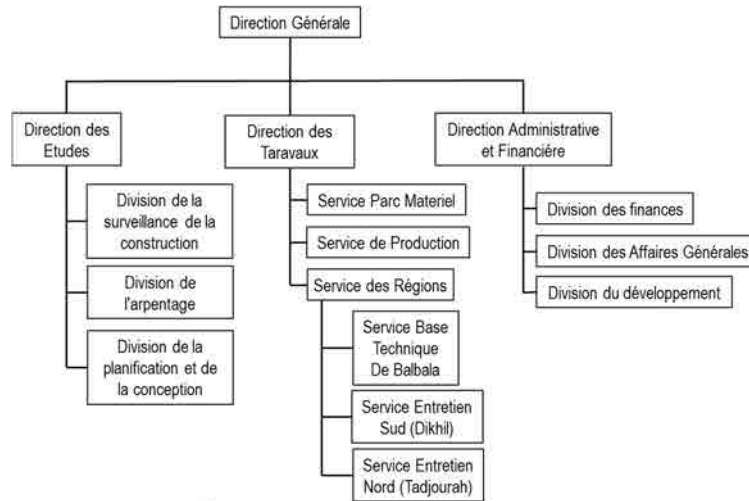
#### (3) Agence Djiboutienne des Routes (ADR)

L'Agence Djiboutienne des Routes (ADR), qui dépend du Ministère des Infrastructures et de l'Équipement (MIE) assure l'étude, la planification, la conception, la construction et l'entretien des routes à Djibouti. On trouvera l'organigramme de l'ADR à la **figure 3.2.3** :

La Direction de Planification et de Supervision est en charge des études, de la planification, de la conception et de la supervision des travaux de construction des routes. Elle est divisée en trois services : le service de supervision des travaux, le service d'arpentage et le service de planification et de conception. Selon un entretien réalisé avec l'ADR, le service de planification et conception compte 50 agents parmi lesquels 30 ingénieurs.

Selon l'ADR, la construction d'installations de drainage des routes telles que les caniveaux, etc. est assurée par l'ADR, mais leur entretien est du ressort de l'ONEAD.

La JICA met actuellement en œuvre le Projet de construction du pont de la Palmeraie, un projet de coopération financière non remboursable dont l'ADR est l'entité homologue. L'établissement, avec le soutien de la Banque africaine de développement (BAD), d'un schéma directeur du Réseau Routier Urbain est en cours avec l'ADR en tant qu'entité homologue.



Source : JICA, ADR : Rapport de l'Étude Préparatoire pour le Projet de construction du Pont de la Palmeraie en République de Djibouti, Rapport d'étude préparatoire (version en prépublication), 2023

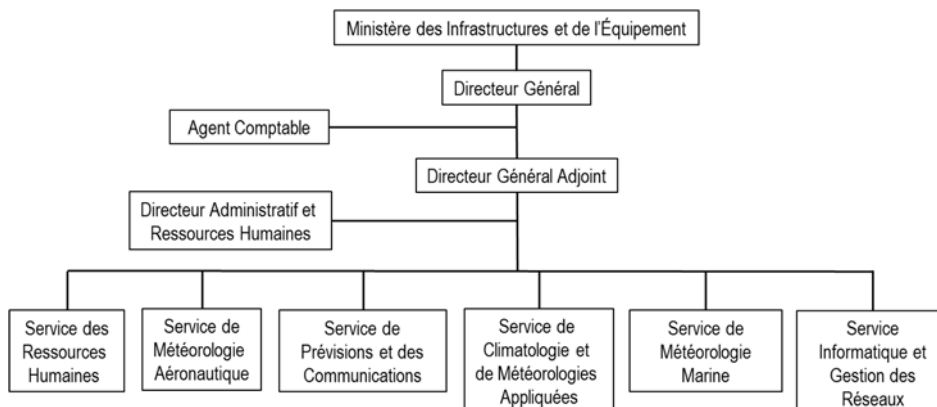
**Figure 3.2.3 Organigramme de l'ADR**

**(4) Agence Nationale de la Météorologie de Djibouti (ANM)**

L'Agence Nationale de la Météorologie de Djibouti (ANM), qui dépend du Ministère des Infrastructures et de l'Équipement (MIE), est l'entité chargée de réaliser les observations et les prévisions météorologiques. On trouvera à la **figure 3.2.4** l'organigramme de l'ANM. Depuis l'indépendance de Djibouti en 1977, les observations météorologiques au plein sens du terme se limitaient à l'aéroport de Djibouti, mais, après la réforme organisationnelle de l'ANM, l'organisation actuelle a été mise en place en 2013, et, depuis lors, un réseau national d'observation météorologique a progressivement été développé.

L'ANM compte actuellement un peu plus de 50 agents, parmi lesquels 37 agents techniques. Le budget des activités de l'ANM, incluant le budget de fonctionnement et le budget d'investissement pour l'aménagement des installations, est d'environ 163million de DJF en moyenne sur la période 2018-2022.

À partir d'avril 2025, la JICA mettra en œuvre le projet de coopération technique « Projet d'amélioration des opérations météorologiques » avec l'ANM comme homologue, et aidera l'ANM à renforcer ses capacités.



Source : ANM

**Figure 3.2.4 Organigramme de l'ANM**

**(5) Secrétariat Exécutif de Gestion des Risques des Catastrophes (SEGRC)**

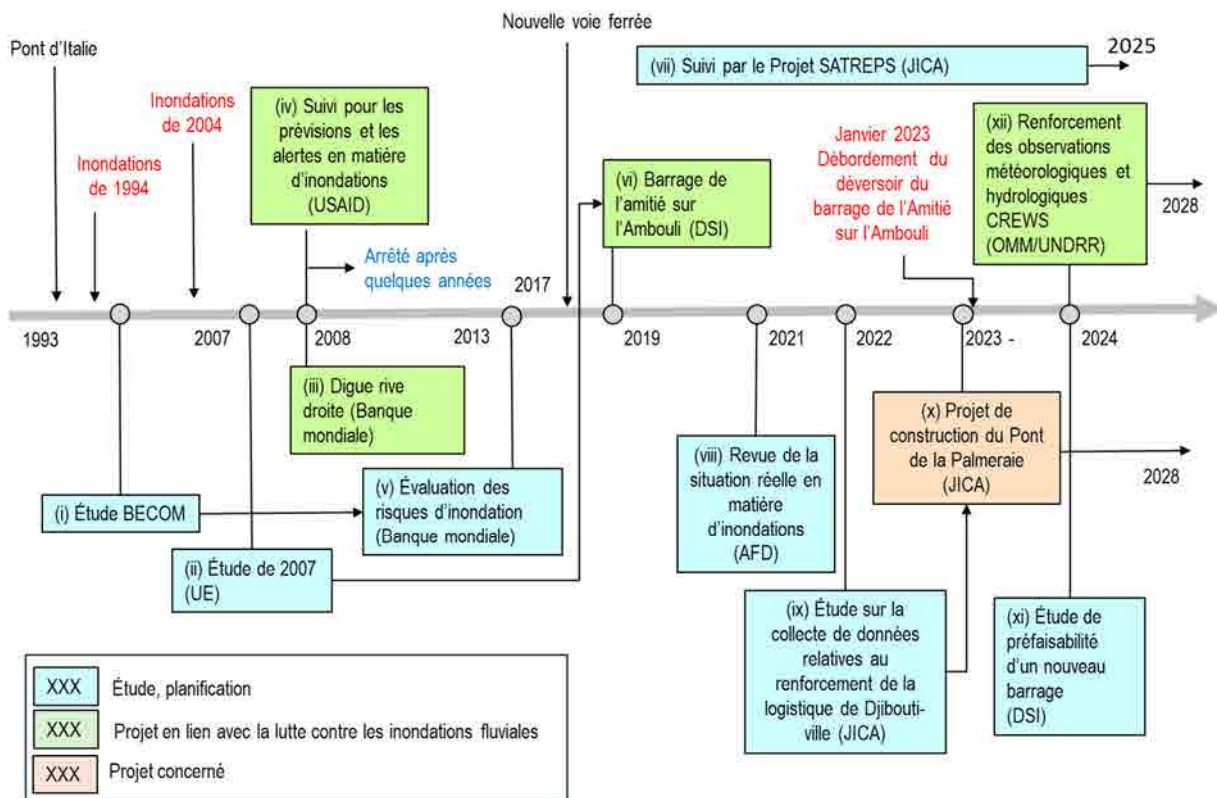
Le Secrétariat Exécutif de Gestion des Risques des Catastrophes (SEGRC), qui dépend du Ministère de l'Intérieur, est l'entité de coordination de la GRC. Il est composé de 19 agents, dont 14 affectés à Djibouti-ville et un représentant affecté dans chacune des cinq régions du pays. Un représentant d'une antenne locale d'un ministère ou d'une agence en lien avec la GRC a été nommé dans chacune des cinq régions, formant ainsi un dispositif permettant de répondre de façon coordonnée en cas de survenue d'une catastrophe.

Le budget des activités au cours des cinq dernières années est resté quasiment constant chaque année, avec un budget de fonctionnement de 3,7 millions de DJF, un budget pour les mesures de prévention et d'atténuation de 3,0 millions de DJF et un budget pour les interventions d'urgence de 30 millions de DJF.

**3.3 Historique des mesures de lutte contre les inondations et soutien des bailleurs dans la zone cible de l'étude**

**3.3.1 Mesure de lutte contre les inondations fluviales**

On trouvera à la **figure 3.3.1** un récapitulatif de l'historique des mesures de lutte contre les inondations fluviales dans le bassin de l'oued Ambouli, établi sur la base des informations recueillies dans le cadre de cette étude. Concernant le bassin de l'oued Ambouli, dans un contexte d'inondations fluviales relativement importantes survenues en 1994 et en 2004, il a été procédé à des études et à l'établissement de plans en matière de lutte contre les inondations fluviales, et des travaux de construction, notamment d'une digue sur la rive droite de l'Ambouli ainsi que du barrage de l'Amitié sur l'oued Ambouli, ont été réalisés.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 3.3.1 Historique des mesures de lutte contre les inondations fluviales dans le bassin de l'oued Ambouli**

**(1) Étude BECOM<sup>20</sup>**

Cette étude de mesures de lutte contre les inondations fluviales dans le bassin de l'oued Ambouli, réalisée dans les années 1990, indique les probabilités de débits dans Djibouti-ville. Les probabilités de débits données dans cette étude ont également servi de référence pour l'Étude d'évaluation des risques d'inondation de 2013 de la Banque mondiale (v) et pour le projet de construction du Pont de la Palmeraie soutenu par la JICA (x). Dans le cadre de la présente étude, des efforts ont été faits pour obtenir le rapport de cette étude BECOM, mais ces efforts n'ayant malheureusement pas abouti, les fondements du paramétrage de ces probabilités de débit restent obscurs.

**(2) Étude de l'UE (2007)**

Cette étude<sup>21</sup> a été réalisée en 2007 avec le soutien de l'Union européenne. Ayant le MAEPE-RH comme entité homologue, elle a examiné de façon exhaustive les barrages de contrôle des crues dans le bassin de l'oued Ambouli. C'est le site de barrage recommandé dans cette étude qui a été choisi pour la construction du barrage de l'Amitié d'Ambouli (vi). Il y a beaucoup de points incertains dans l'analyse hydrologique de cette étude, comme le fait que la partie supérieure du bassin de l'oued Ambouli, le petit Bara, n'est pas considérée comme un bassin cible.

**(3) Projet de construction d'une digue sur la rive droite (2008)**

Ce projet, mis en œuvre avec le soutien de la BM fait suite aux dégâts considérables causés par l'inondation de 2004. Sur une section de 2,2 km, sur la rive droite de l'oued Ambouli en amont du pont d'Italie, il a été procédé à l'érection d'une digue, et les travaux ont été achevés en 2008. En partie grâce à l'efficacité de cette digue, depuis 2004, il ne s'est pas produit d'inondation par débordement sur la rive droite de l'oued Ambouli.

**(4) Suivi pour les prévisions et les alertes en matière d'inondations**

Parallèlement à la construction de la digue de la rive droite, avec le soutien de l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), des jauges de niveau d'eau ont été mises en place le long du cours principal de l'oued Ambouli, afin de renforcer les fonctions de prévision et d'alerte en cas d'inondation. Les mesures du niveau d'eau se faisaient à l'aide de capteurs de pression. Des observations ont été réalisées par un groupe formé autour du Centre d'Études et de Recherche de Djibouti (CERD), mais, pour des raisons tenant notamment à la détérioration des appareils, elles ont cessé après quelques années.

**(5) Évaluation des risques d'inondation (2013)**

Une évaluation des risques d'inondation de l'oued Ambouli a été réalisée en 2013 avec le soutien de la Banque mondiale. En matière de débits de crue, elle se réfère aux résultats de l'étude BECOM (i), qui indiquent l'état d'inondation supposé dans le centre-ville de Djibouti pendant les crues de probabilité centennale et millénale. Dans le cadre de la présente étude, des efforts ont été faits pour obtenir le rapport de l'étude en question, mais ces efforts n'ont malheureusement pas abouti.

**(6) Construction du barrage de l'Amitié d'Ambouli (2019)**

Partant des résultats de l'étude de l'UE de 2007 (ii), un appel a été lancé pour la construction d'un barrage de contrôle des inondations dans le bassin de l'oued Ambouli. Au départ, une requête de soutien a été adressée à la JICA et une équipe d'étude a été envoyée pour examiner le contenu de la requête, mais, du fait de l'importance des coûts de construction, la JICA a rejeté son offre d'assistance. Par la suite, le Gouvernement turc a décidé d'apporter son soutien et le barrage a été achevé en 2019 avec l'assistance technique et financière de la Direction Générale des Travaux Hydrauliques (DSI) de l'État

---

<sup>20</sup> BECOM est le nom du cabinet de conseil qui a réalisé l'étude.

<sup>21</sup> EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de l'Oued Ambouli, Étude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007

turc<sup>22</sup>. Depuis que le barrage est terminé, son exploitation et sa gestion-maintenance sont prises en charge par le MAEPE-RH.

#### **(7) Suivi exercé dans le cadre du projet SATREPS (2019 - en cours)**

Le « Projet de recherche sur l'utilisation avancée et durable de l'eau associée à l'évaluation du potentiel d'écologisation à Djibouti »<sup>23</sup> est mis en œuvre sur une durée prévue de cinq ans à partir de 2019, dans le cadre du Programme de partenariat de recherche scientifique et technologique pour le développement durable (SATREPS). Le MAEPE-RH, qui gère le barrage de l'Amitié d'Ambouli, participe également à ces recherches en tant que co-chercheur, et, dans ce cadre, il est procédé à un suivi, notamment à des observations du niveau d'eau du lac de barrage du barrage de l'Amitié d'Ambouli afin d'étudier le bilan hydrologique dans le bassin.

#### **(8) Revue de la situation réelle en matière d'inondations (2021)**

Réalisée en 2021 avec le soutien de l'AFD, cette revue a porté sur l'état réel des inondations dans la ville de Djibouti, en mettant l'accent sur les inondations pluviales, tout en traitant de façon exhaustive les inondations fluviales et les inondations pluviales<sup>24</sup>. Citant les résultats de l'Étude d'évaluation des risques d'inondation de 2013 (v), le rapport souligne la nécessité de réaliser une analyse des inondations et une évaluation des risques en partant de l'impact de la voie ferrée construite à partir de 2013 sur la plaine inondable de l'oued Ambouli et des effets de régulation des crues exercés par le barrage de l'Amitié d'Ambouli.

#### **(9) Étude sur la collecte de données relatives au renforcement de la logistique de Djibouti-Ville (2022)**

Cette étude a été réalisée avec l'ADR en tant qu'entité homologue, afin d'examiner les orientations du soutien de la JICA dans le secteur des transports de Djibouti en 2022. Le projet de construction du Pont de la Palmeraie<sup>25</sup> (x), proposé dans le cadre de cette étude, est en cours de mise en œuvre depuis 2023 en tant que projet de coopération financière non remboursable de la JICA<sup>26</sup>.

#### **(10) Projet de construction du pont de la Palmeraie (2023 - en cours)**

Partant des résultats de l'Étude sur la collecte de données relatives au renforcement de la logistique (ix), il a été décidé de construire un pont dans la partie la plus en aval de l'oued Ambouli, sur la route principale reliant le centre-ville de Djibouti à la zone de Balbala, avec l'ADR en tant qu'entité homologue. En équipant d'un pont cette route submersible, qui, en l'état actuel, est affectée par la moindre inondation de l'oued Ambouli, il est attendu que la fréquence des blocages de la circulation dus aux inondations de l'oued Ambouli soit considérablement réduite.

#### **(11) Étude de préfaisabilité d'un nouveau site de barrage (2024)**

Avec le soutien de la DSI, et le MAEPE-RH en tant qu'entité homologue, il a été procédé à l'étude de préfaisabilité d'un nouveau site de barrage<sup>27</sup>. Des enquêtes précises sont en cours pour construire des barrages à des fins de régulation des crues, un sur le cours principal de l'oued Ambouli et deux sur l'oued Boullé, un affluent de l'Ambouli.

---

<sup>22</sup> DSI, MAEPE-RH : Projet de barrage de l'Amitié d'Ambouli, Rapport final des travaux de construction, 2020.

<sup>23</sup> <https://satrepsdjibouti.jimdo.free.com/>

<sup>24</sup> AFD : Diagnostic et Recommandations pour une gestion intégrée du risque inondation sur l'agglomération de Djibouti, 2021.

<sup>25</sup> JICA, ADR : Étude sur la collecte de données relatives au renforcement de la logistique de Djibouti-ville, rapport final, 2022.

<sup>26</sup> JICA, ADR : Étude préparatoire pour le projet de construction du pont de la Palmeraie en République de Djibouti, Rapport d'étude préparatoire (prépublication), 2023.

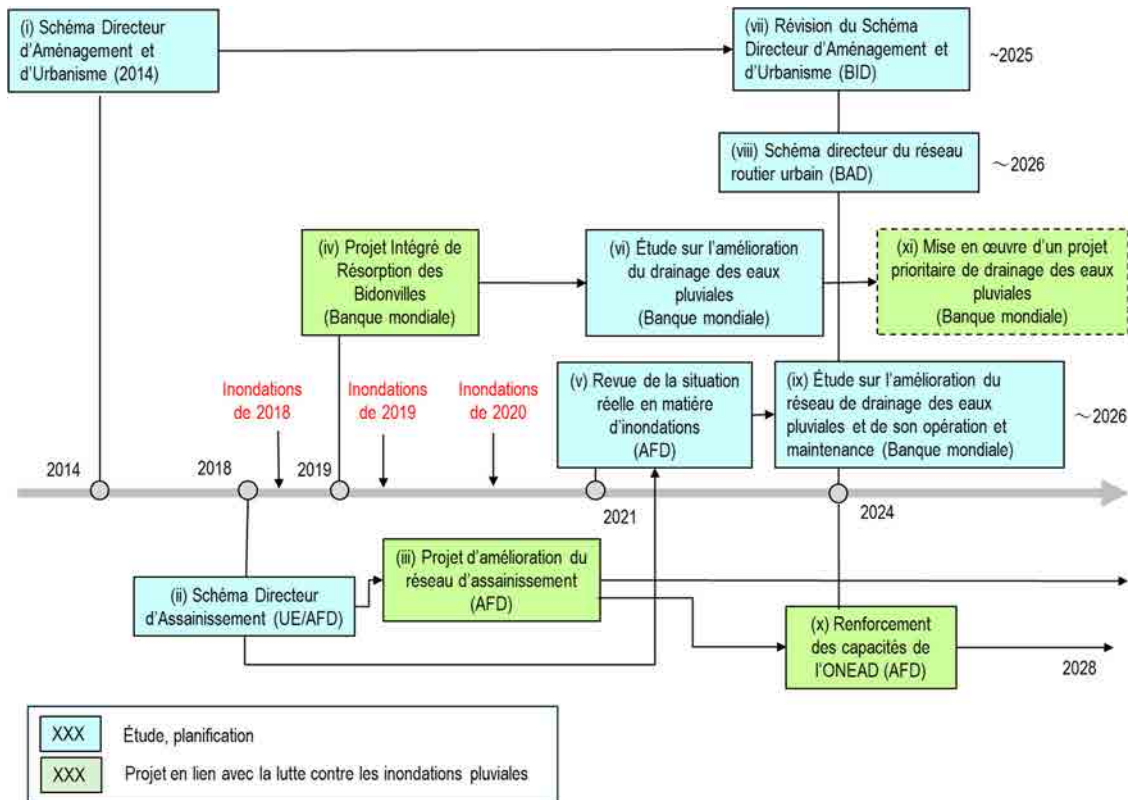
<sup>27</sup> DSI : Rapport d'étude préliminaire sur les barrages de protection contre les inondations à Djibouti, 2024.

**(12) Renforcement des observations météorologiques et hydrologiques dans le cadre de l'initiative CREWS 2024 - en cours)**

Avec le soutien de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et du Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophe (UNDRR), le Projet de renforcement des observations météorologiques et hydrologiques à Djibouti est mis en œuvre depuis 2024 pour une durée prévue de quatre ans. Son coût est de 3,6 millions USD, et les principaux homologues côté djiboutien sont l'ANM et le CERD. Il ne se limite pas au bassin de l'oued Ambouli, mais le renforcement des prévisions et des alertes d'inondations constitue l'une de ses activités<sup>28</sup>.

**3.3.2 Mesures de lutte contre les inondations pluviales**

On trouvera à la **figure 3.3.2** un récapitulatif de l'historique des mesures de lutte contre les inondations pluviales dans le centre-ville de Djibouti, établi sur la base des informations recueillies dans le cadre de cette étude. Les plans de drainage des eaux pluviales doivent être établis en se fondant sur les plans d'utilisation des sols, et un schéma directeur d'assainissement comprenant un plan de drainage des eaux usées et des eaux pluviales a été élaboré en 2018 sur la base du SDAU de 2014. Depuis lors, bien que les aménagements d'assainissement des eaux usées aient été constamment mis en œuvre, en matière de drainage des eaux pluviales, aucun projet basé sur le schéma directeur n'a encore été réalisé. Ces dernières années, les actions en matière d'identification de l'état actuel du drainage des eaux pluviales et de révision des plans en se basant notamment sur les changements d'utilisation des sols depuis l'établissement du schéma directeur sont entreprises avec le soutien de divers bailleurs. Un processus de révision du SDAU ayant été engagé en 2024, il faudra dorénavant améliorer le drainage des eaux pluviales en prenant pour base le SDAU révisé.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 3.3.2 Historique de la lutte contre les inondations pluviales dans le centre-ville de Djibouti**

<sup>28</sup> <https://wmo.int/activities/projects/project-portfolio/crews-djibouti>

### **(1) Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (2014)**

Partant de la « Vision Djibouti 2035 », le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU) de la ville de Djibouti, établi en 2014, propose un zonage de l'utilisation des sols.

### **(2) Schéma Directeur d'Assainissement (SDA) (2018)**

Ce schéma directeur<sup>29</sup> relatif au drainage des eaux usées et des eaux pluviales a été établi avec le soutien de l'UE et de l'AFD, l'ONEAD étant l'entité homologue. Les besoins en traitement des eaux usées sont définis en estimant les volumes d'eaux usées sur la base des perspectives démographiques jusqu'en 2050. Pour ce qui concerne le drainage des eaux pluviales, il prévoit l'établissement de zones de drainage des eaux pluviales fondées sur le zonage de l'utilisation des sols du SDAU et l'aménagement de canaux de drainage principaux et secondaires.

### **(3) Projets d'amélioration du réseau d'égouts**

L'assistance (subvention) de l'AFD au développement des infrastructures d'assainissement sur la base du Schéma Directeur d'Assainissement (ii) se poursuit. Grâce à ce soutien, une nouvelle station d'épuration des eaux usées dans la région de Douda devrait entrer en service en 2025.

### **(4) Projet Intégré de Résorption des Bidonvilles (2019 - en cours)**

Ce projet de réaménagement urbain et d'aménagement de sites de réinstallation est mis en œuvre depuis 2019 par l'ARULoS qui est son agence de mise en œuvre, avec le soutien de la BM<sup>30</sup>. Il procède à un réaménagement urbain des zones prioritaires du centre-ville de Djibouti, accompagné de réinstallations. À Balbala, des réinstallations sont également mises en œuvre, principalement pour les habitations situées dans les zones vulnérables à risque d'inondation à l'intérieur de la commune, à proximité des oueds. Des aménagements de sites de réinstallation sont également réalisés sur la base du soutien financier de la Banque mondiale, en recourant également à des soutiens d'autres bailleurs tels que la BID et au budget propre du pays.

### **(5) Revue de la situation réelle en matière d'inondations (2021)**

Réalisée en 2021 avec l'appui de l'AFD, elle fait le point sur la situation actuelle des inondations à Djibouti-ville en mettant l'accent sur les inondations pluviales, avec toutefois un traitement exhaustif des inondations fluviales et pluviales<sup>31</sup>. Elle procède à la revue du Schéma directeur d'assainissement (ii), souligne que, pour améliorer la situation présente de quasi-absence de canaux de drainage terminaux tels notamment que des caniveaux, les canaux de drainage principaux et secondaires proposés dans le SDA sont insuffisants, et attire l'attention sur l'importance d'une amélioration d'ensemble des infrastructures urbaines incluant les améliorations de la voirie, en termes notamment de nivellement des chaussées permettant d'éviter la rétention des eaux pluviales dans les creux des voies.

### **(6) Étude sur l'amélioration du drainage des eaux pluviales (2024)**

Dans le cadre du projet intégré de résorption des bidonvilles (iv), cette étude porte sur la mise en œuvre d'améliorations urgentes en matière de drainage des eaux pluviales, dans une perspective d'aménagement urbain. L'agence de mise en œuvre du projet est l'ARULoS, mais un comité conjoint composé de la DATUH, de l'ARULoS, de l'ONEAD et de l'ADR a été constitué pour apporter son soutien à l'étude. Sur la base des points soulignés dans la revue de la situation réelle en matière d'inondations (v), il s'agit d'apporter des améliorations aux endroits systématiquement inondés dans la

---

<sup>29</sup> EU/AFD, ONEAD : Schéma Directeur d'Assainissement de l'Agglomération de Djibouti, 2018.

<sup>30</sup> WB : At a Glance, Implementing 'Zero Slums Program' in Djibouti, Djibouti Integrated Slum Upgrading Project, 2018. (En un coup d'œil : mise en œuvre du Programme zéro bidonville à Djibouti, le Projet intégré de résorption des bidonvilles à Djibouti, 2018)

<sup>31</sup> AFD : Diagnostic et Recommandations pour une gestion intégrée du risque d'inondation sur l'agglomération de Djibouti, 2021.

ville de Djibouti, là où les moindres précipitations provoquent des inondations qui font souvent obstacle à la circulation. L'étude procède notamment à l'examen de la question de savoir si les hypothèses du SDA (ii) peuvent être encore appliquées dans la situation actuelle<sup>32</sup>, et indique les mesures de remédiation et leur coût, y compris les niveaux de priorité en matière de remédiation pour les endroits vulnérables aux inondations<sup>33</sup>.

#### **(7) Révision du Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (2024 - en cours)**

Le Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme est en cours de révision par la DATUH en tant qu'agence de mise en œuvre, l'objectif étant d'achever cette révision en 2025<sup>34</sup>. Ce travail de révision bénéficie du soutien de la BID. Le schéma directeur révisé présentera un nouveau zonage de l'utilisation des sols, et les futurs aménagements de drainage des eaux pluviales devront se fonder sur ce nouveau zonage.

#### **(8) Schéma directeur du réseau routier urbain (2024 – en cours)**

Avec le soutien de la BAD, un Schéma directeur du réseau routier urbain est en cours d'établissement avec l'ADR en tant qu'agence de mise en œuvre, l'objectif étant d'achever ce travail en 2026. Pour établir ce schéma directeur, une étude de base sur la circulation routière et une étude de base sur le drainage des eaux pluviales sont mises en œuvre<sup>35</sup>. Selon les responsables de l'ADR, partant de ces études de base, un plan d'aménagement des routes et d'aménagement de drainage des eaux pluviales doit être établi, et il est prévu que les projets soient planifiés et réalisés en tant que projets intégrés plutôt qu'en tant que projets spécifiquement routiers ou que projets spécifiques de drainage des eaux pluviales. Dans ce cas également, un comité conjoint composé de la DATUH, de l'ARULoS, de l'ONEAD et de l'ADR a été constitué pour apporter son soutien à l'étude. Les informations obtenues indiquant que les études de base sont déjà achevées, des efforts ont été déployés dans le cadre de la présente étude pour obtenir les rapports de ces études, mais n'ont malheureusement pas abouti.

#### **(9) Étude sur l'amélioration du réseau de drainage des eaux pluviales et de son opération et maintenance (2024 - en cours)**

Cette étude, menée avec le soutien de la Banque mondiale et l'ONEAD en tant qu'homologue, consiste en une revue du Schéma directeur d'assainissement et de son plan de mise en œuvre, ainsi qu'en une étude visant à formuler des recommandations pour l'amélioration d'opération et de maintenance des installations<sup>36</sup>. Il est prévu qu'elle s'achève en 2026. Cette étude a été financée par le gouvernement japonais dans le cadre du programme Japon-Banque mondiale pour l'intégration de la gestion des risques de catastrophe dans les pays en développement. Selon les responsables de la Banque mondiale, les principaux résultats en seront l'examen et la détermination de la répartition des rôles entre les acteurs liés au drainage des eaux pluviales, le renforcement des capacités de l'ONEAD en matière d'opération et de maintenance des équipements de drainage des eaux pluviales et l'identification de l'impact du SDAU en cours de révision sur le drainage des eaux pluviales.

---

<sup>32</sup> Banque mondiale, ARULoS: Recrutement d'un Bureau d'Études pour l'Élaboration d'une Étude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu'île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d'Intervention et Plan d'Action, Tome 1 : Rapport de Diagnostic, 2024.

<sup>33</sup> Banque mondiale, ARULoS: Recrutement d'un Bureau d'Études pour l'Élaboration d'une Étude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu'île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d'Intervention et Plan d'Action, Tome 2 : Plan d'Action, 2024.

<sup>34</sup> DATUH : Termes de références, Étude portant élaboration du nouveau Schéma d'Aménagement et d'Urbanisme de l'Agglomération de Djibouti, 2023.

<sup>35</sup> BAD: Rapport d'évaluation de projet, Étude intégrée des infrastructures urbaines et de l'adaptation climatique dans la ville de Djibouti, 2022.

<sup>36</sup> Banque mondiale : TdR pour le recrutement d'un Bureau d'Études spécialisé dans la gestion des crues pour développer des activités de la Composante 1 - Renforcement des capacités en opération des infrastructures de lutte contre les inondations pour Djibouti-ville, 2024.

### **(10) Renforcement des capacités de l'ONEAD (2024 - en cours)**

Ce programme qui consiste à renforcer, avec le soutien de l'AFD, les capacités de l'ONEAD à gérer les services d'eau et d'assainissement est mis en œuvre pour une durée prévue de cinq ans à partir de 2024<sup>37</sup>. Le projet fournira une assistance opérationnelle aux services d'approvisionnement en eau, une assistance technique aux stations d'épuration des eaux usées et un financement pour des travaux de construction à petite échelle.

### **(11) Mise en œuvre d'un projet prioritaire de drainage des eaux pluviales (pas défini)**

Projet à mettre en œuvre dans le cadre du Projet intégré de résorption des bidonvilles parmi les projets prioritaires identifiés dans l'étude sur l'amélioration du drainage des eaux pluviales (2024) (vi). La Banque mondiale dispose pour le soutenir d'une réserve de 3 millions d'USD, mais en fonction du dimensionnement de ce projet prioritaire, un cofinancement avec d'autres bailleurs être requis.

## **3.3.3 Possibilités de coopération avec d'autres bailleurs**

### **(1) Mesures de lutte contre les inondations fluviales**

En matière de lutte contre les inondations fluviales dans le bassin de l'oued Ambouli, ces dernières années, hormis la réalisation d'une étude de préféabilité d'un nouveau barrage par la DSI turque, il ne s'est rien passé en termes de soutien de la part des bailleurs. Dans le cadre d'entretiens réalisés avec les différents bailleurs, aucune information n'a été à cette date obtenue qui indiquerait qu'un soutien à la lutte contre les inondations fluviales dans le bassin de l'oued Ambouli soit prévu.

La DSI turque a acquis une expérience précieuse avec ses réalisations en termes de construction du barrage de l'Amitié d'Ambouli, et, dans le même temps, on peut considérer qu'elle a déjà construit une solide relation de confiance avec les acteurs du MAEPE-RH. Quelle que soit la direction que prendra désormais le soutien de la JICA, les échanges d'informations avec la DSI doivent être poursuivis.

Lors d'un entretien avec un Secrétaire de l'ambassade de Turquie, celui-ci a indiqué que, partant de la situation économique récente de la Turquie à l'issue du grand tremblement de terre, il y a de fortes chances qu'il soit difficile pour le Gouvernement turc d'apporter dorénavant un soutien actif en la matière. En réponse aux défis de la lutte contre les inondations qui seront discutés au chapitre 4, il faut que, partant de cette situation que connaît la Turquie, soit envisagée la nature du soutien que pourrait apporter la JICA en termes de poursuite du soutien apporté jusqu'alors par la DSI turque.

Pour ce qui est des prévisions et des alertes en matière d'inondations, le projet CREWS est en cours de mise en œuvre avec le soutien de l'OMM/UNDRR. La JICA prévoit de mettre en œuvre avec l'ANM en tant qu'homologue un « projet d'amélioration du travail de météorologie » d'une durée de trois ans à partir de 2025, et l'on peut penser qu'il sera a priori réalisé en collaboration avec l'initiative CREWS. L'entité homologue pour les aspects d'observation hydrologique du projet CREWS est le CERD, mais le CERD n'étant dans tous les cas qu'une institution de recherche, il ne peut pas être directement impliqué dans l'exploitation et la gestion d'installations de contrôle des cours d'eau telles que le barrage de l'Amitié d'Ambouli et n'en est pas non plus responsable en termes de gestion. Dans le cadre des prévisions et des alertes des crues de l'oued Ambouli, il y a une fonction importante qui est celle de diffuser l'information sur les moments où il est procédé à des lâchers du barrage de l'Amitié d'Ambouli, et c'est au MAEPE-RH qu'en incombe la responsabilité. Le MAEPE-RH devant procéder par lui-même au suivi de l'état des cours d'eau, y compris l'état du barrage de l'Amitié d'Ambouli, et partant de cela émettre des prévisions et alertes appropriées, un renforcement de ses capacités en la matière est essentiel. Pour cette raison, la mise en œuvre, en collaboration avec le projet CREWS soutenu par l'OMM/UNDRR et le « Projet d'amélioration du travail de météorologie » soutenu par la JICA, d'un projet de renforcement des capacités du MAEPE-RH en matière technique et en matière de coordination

---

<sup>37</sup> AFD, ONEAD: Programme Stratégique de Performance à l'ONEAD (PROSPERO)

avec les structures concernées, qui permettrait de générer des effets de synergie, peut être considérée comme extrêmement efficace en termes de réduction des risques d'inondation dans Djibouti-ville.

## **(2) Mesures de lutte contre les inondations pluviales**

Contrairement aux mesures de lutte contre les inondations pluviales dans le bassin de l'oued Ambouli, le soutien des bailleurs en matière de lutte contre les inondations pluviales dans la ville de Djibouti présente ces dernières années un aspect stratifié. Bien que la mise en œuvre du plan de drainage des eaux pluviales du schéma directeur d'assainissement établi en 2018 n'ait connu aucun avancement, des améliorations en matière de drainage des eaux pluviales sont envisagées avec le soutien des bailleurs, dans des projets d'étude qui ont pour homologues non seulement l'ONEAD, responsable du drainage des eaux pluviales, mais aussi la DATUH, compétente en matière d'aménagement urbain et de rénovation urbaine, l'ARULoS, ou encore l'ADR, compétente en matière d'aménagement des routes.

Dans une telle situation, il ne serait pas judicieux pour la JICA d'apporter isolément un soutien à la planification concrète du drainage des eaux pluviales, car cela ne ferait qu'ajouter à la confusion entre les différents acteurs. Pour un plan global de drainage des eaux pluviales, il faut attendre les résultats des soutiens actuellement mis en œuvre par les différents bailleurs.

En matière de soutien aux améliorations urgentes du drainage des eaux pluviales, les résultats de l'Étude d'amélioration du drainage des eaux pluviales réalisée avec le soutien de la Banque mondiale (2024) étant déjà disponibles, une collaboration peut d'ores et déjà être envisagée sous la forme d'un soutien financier qu'apporterait la JICA à la mise en œuvre d'un projet répondant à un besoin élevé parmi les deuxième ou troisième projets prioritaires qui ne seraient pas pris en compte dans la mise en œuvre des projets prioritaires financés ou cofinancés avec d'autres bailleurs par la Banque mondiale.

Par ailleurs, cela ne pourra se réaliser à temps pour être pris en compte dans les conclusions de la présente étude, mais une orientation consistant à explorer les possibilités de collaboration entre bailleurs en matière de soutien à la réalisation d'actions à l'issue des résultats de l'Étude sur l'amélioration du réseau de drainage des eaux pluviales et de son opération et maintenance (2024 - en cours) et du Schéma directeur du réseau routier urbain (2024 - en cours), pouvant être envisagée, il paraît essentiel de continuer de prêter attention aux évolutions de ces études et de s'efforcer de collecter des informations.

## CHAPITRE 4 ÉTUDE PRÉLIMINAIRE SUR LES INONDATIONS FLUVIALES ET PLUVIALES

Ce chapitre présente les résultats de l'étude préliminaire sur les inondations fluviales et terrestres. Tout d'abord, la section 4.1 présente les informations topographiques utilisées dans cette étude. Ensuite, dans la section 4.2, les informations sur les inondations passées sont résumées. Dans la section 4.3, les résultats d'une étude portant sur 300 emplacements dans le centre de la ville de Djibouti sont présentés. En plus de la profondeur et de la durée de l'inondation, les dommages causés par les inondations récentes sont également étudiés. Dans la section 4.4, les facteurs qui causent les inondations, tels que les précipitations, les niveaux de marée et le changement climatique, sont discutés. Les sections 4.5 et 4.6 présentent les résultats des études bibliographiques, des enquêtes sur le terrain et des analyses hydrauliques et hydrologiques sur les crues fluviales et les inondations intérieures. La section 4.7 présente la situation actuelle et le potentiel de développement des ressources en eau comme base pour envisager des mesures de soutien aux mesures de contrôle des inondations. En outre, la section 4.8 résume la situation actuelle des prévisions et des alertes de crue.

La section 4.9 examine le mécanisme des inondations et le risque d'inondation sur la base des résultats présentés ci-dessus. Enfin, compte tenu de la discussion de la section 4.9, les problèmes et les orientations des contre-mesures sont présentés dans la section 4.10.

### 4.1 Informations topographiques

#### 4.1.1 MNT autour du centre de la ville de Djibouti

Dans cette étude, nous avons acheté au Remote Sensing Technology Center of Japan (RESTEC) des données MNT 2m haute résolution AW3D pour une zone de 124 km<sup>2</sup> autour du centre de la ville de Djibouti, y compris le delta de l'oued Ambouli (voir **figure 4.1.1**). Ce MNT a été créé à partir d'images satellites à haute résolution à partir de 2020, il reflète donc les routes, les chemins de fer et les autres structures qui existeront après 2020.

Étant donné que les valeurs d'élévation AW3D contiennent des biais, il est nécessaire de les corriger à l'aide de données de terrain, etc. En outre, il n'est pas possible d'obtenir des valeurs d'élévation pour les masses d'eau. C'est pourquoi les valeurs d'élévation AW3D ont été corrigées sur la base des données suivantes.

- Données d'élévation ponctuelles provenant de 1/2 500 cartes topographiques créées avec le soutien de la JICA<sup>38</sup> en 2014 (correction générale de l'élévation)
- Données transversales de l'oued Ambouli obtenues lors d'une étude précédente de la JICA<sup>39</sup> (correction de l'élévation du plan d'eau)
- Données de l'enquête transversale en aval de la route de la Palmeraie réalisée dans le cadre de cette étude (correction de l'élévation de la masse d'eau).

Dans cette étude, nous avons utilisé le point de contrôle n° 8 de Balbala comme point de référence à partir de la carte topographique au 1/2 500 créée avec le soutien de la JICA en 2014. La valeur d'élévation de ce point de contrôle diffère de 0,36 m en fonction du modèle de géoïde utilisé, comme suit :

- egm96 : 38,72 m
- egm08 : 39,08 m

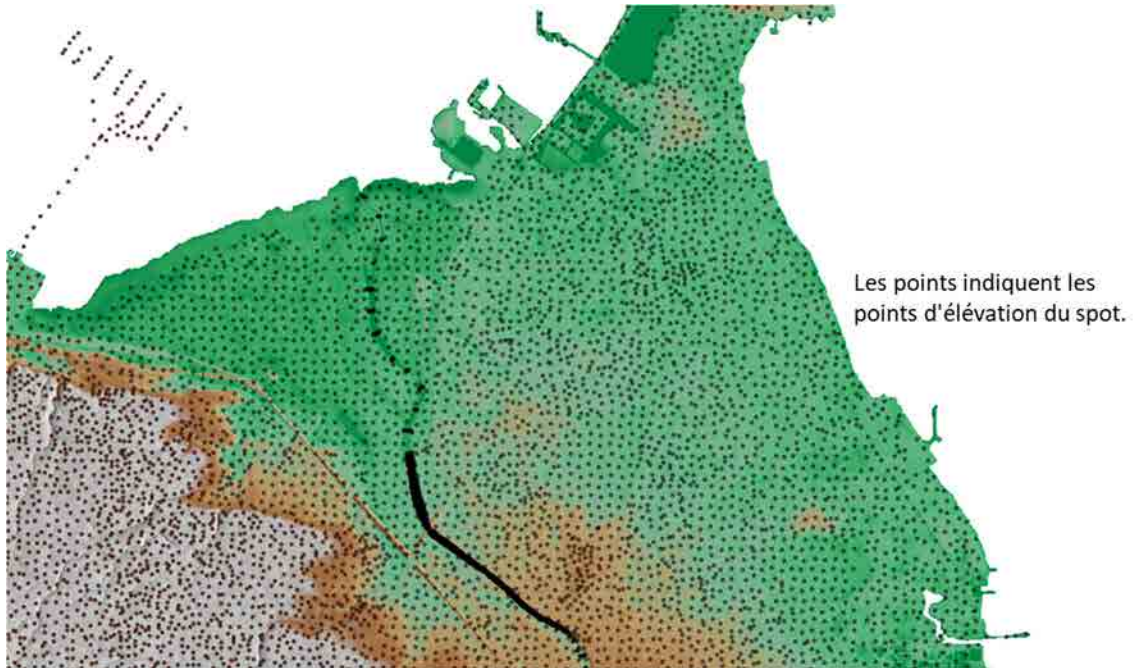
La carte topographique au 1/2 500 créée avec le soutien de la JICA utilise l'egm96 : 38,72 m comme valeur d'élévation du point de contrôle n° 8, de sorte que la valeur d'élévation dans cette étude est exprimée en egm96.

Dans cette étude, nous avons également mesuré le niveau de la marée lors de l'étude de la section transversale de la rivière au point le plus en aval de l'oued Ambouli. Le niveau de la marée astronomique

<sup>38</sup> JICA, TSDE : Projet de développement des données géographiques numériques de Djibouti, Rapport final, Résumé, 2014.

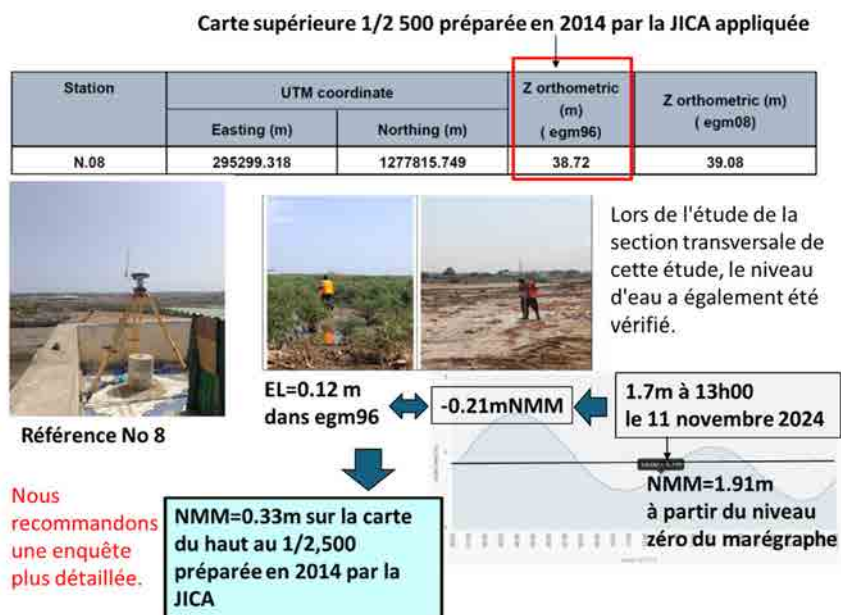
<sup>39</sup> JICA, ADR : Data Collection Survey on Strengthening Logistics in Djibouti City, Djibouti, Rapport final, 2022.

au moment de l'étude était de -0,21 m au-dessus du niveau moyen de la mer (NMM), tandis que le niveau de la marée mesuré à partir du point de contrôle n° 8 egm96 était de 0,12 m. Il a donc été estimé que l'élévation de 0 m sur la carte topographique était inférieure de 0,33 m au niveau moyen de la mer (NMM). En d'autres termes, le NMM est l'élévation de 0,33 m sur la carte topographique au 1/2 500 fournie par la JICA (voir **figure 4.1.2**). Cette fois, la différence entre l'altitude de 0 m sur la carte topographique et le NMM a été estimée à partir d'une seule mesure, mais il est recommandé d'effectuer d'autres mesures à l'avenir pour confirmer l'estimation.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.1.1** Modèle Numérique de Terrain autour du centre de Djibouti et positions d'élévation ponctuelles utilisées pour la correction du distordement



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.1.2** Estimation de la différence entre 0m sur la carte topographique et le NMM

#### 4.1.2 Elévation de la crête de la digue construite sur la rive droite de l'oued Ambouli

En ce qui concerne la digue construite sur la rive droite de l'oued Ambouli, une étude de site a confirmé que l'élévation de la crête était partiellement plus basse à certains endroits. Dans cette étude, une étude longitudinale de l'élévation de la crête a été réalisée sur une section de 2,2 km de la digue afin d'obtenir des informations précises sur l'élévation actuelle de la crête. Les résultats de cette étude longitudinale sont reflétés dans l'analyse hydraulique au point 4.5.3.

#### 4.1.3 Mesure simplifiée du niveau du lit de la retenue du barrage de l'amitié d'Ambouli

Pour comprendre la tendance de la sédimentation au barrage de l'amitié d'Ambouli, les élévations du lit du réservoir ont été mesurées à 10 endroits. La tendance de la sédimentation basée sur les résultats des mesures est discutée dans la section 4.5.5.

#### 4.1.4 MNT couvrant l'ensemble du bassin de l'oued Ambouli

Dans cette étude, le MNT couvrant l'ensemble du bassin de l'oued Ambouli avec une maille de 5 m, préparé par SATREPS, est utilisé. Ces données ont été utilisées pour diviser les sous-bassins, analyser les caractéristiques topographiques des sous-bassins et estimer la relation entre le niveau d'eau, la surface de l'eau et la capacité de stockage des sites de barrage proposés.

### 4.2 Inondations fluviales et pluviales

#### 4.2.1 Liste des grandes inondations passées

Le **tableau 4.2.1** présente la liste des inondations majeures passées qui comprend dates d'occurrence (dates d'occurrence des pluies), le nombre de personnes affectées, le nombre de décès, et la quantité de pluie des inondations majeures qui ont causé des dommages à la ville de Djibouti dans le passé. Bien qu'il y ait eu des cas d'inondations consécutives de grande ampleur, comme en 1977 et 1978, 2018 à 2020, les inondations de grande ampleur se produisent généralement une fois tous les 5 à 10 ans. On constate également que les inondations se produisent le plus souvent en mars et en avril. Selon les résultats de l'enquête sur les inondations menée dans le cadre de la présente enquête, les dommages causés par les inondations en 1994 et 2004 étaient principalement dus à des inondations fluviales, tandis que les quatre inondations survenues depuis 2013 semblent avoir été causées par des inondations pluviales.

**Tableau 4.2.1 Liste des grandes inondations passées**

Année et date	Personne concernée	Décès	Jours de pluie	Bassin de l'oued Ambouli Moyenne des précipitations (mm)	Pluies à l'aéroport de Djibouti
25-27 janvier 1977	91,000	Pas de données	3	24,0 mm/jour (52,8 mm pour 3 jours)	23,4 mm/jour (23,5 mm pour 3 jours)
25-28 février 1978	106,000	Pas de données	4	61,6 mm/jour (101,2 mm pendant 4 jours)	87,1 mm/jour (129,4 mm pendant 4 jours)
18 mars 1981	102,000	25	2	Pas de données	157,2 mm/jour (215,6 mm pour 2 jours)
7 avril 1989	150.300	10	4	Pas de données	171.1mm.jour (282,2 mm pendant 4 jours)
1993	20,000	0	Pas de données	Pas de données	Pas de données
1994	120,000	145	Pas de données	Pas de données	Pas de données
13 avril 2004	115,000	230	1	Pas de données	104,5 mm
25 mars 2013	15,000	7	1	65,3 mm	40,7 mm
20 mai 2018	150,000	2	1	Pas de données	102,5 mm
21-24 novembre 2019	200,000	11	4	48,8 mm/jour (93,5 mm pour 4 jours)	20,5 mm/jour (45,4 mm pour 4 jours)
21 avril 2020	110,000	8	1	52,7 mm	72,1 mm
1er janvier 2023	Pas de dégâts majeurs		1	85,7 mm	29,1 mm
19 mars 2023	Pas de dégâts majeurs		1	21,5 mm	39,8 mm
28 mars 2024	Pas de dégâts majeurs		1	19,6 mm	1,7 mm

Source : Documents de présentation du CERD, PNUD et résultats de l'analyse de l'équipe d'enquête de la JICA sur la base des données pluviométriques de l'ANM.

#### 4.2.2 Conditions d'endommagement des inondations majeures passées

Les conditions d'endommagement de certains événements d'inondation majeurs passés, qui sont confirmés par les études antérieures, sont résumées ci-dessous, à l'exception du nombre de personnes touchées et de décès indiqué dans le **tableau 4.2.1**. Les informations sur les dommages ci-dessous proviennent principalement du rapport sur la gestion des risques d'inondation (2021)<sup>40</sup> décrit au point 3.3.2 (5). Dans le cas d'informations provenant d'autres sources, la source est indiquée.

##### (1) Inondations en avril 1989

Environ 10 000 maisons des quartiers populaires de Djibouti City ont été endommagées et la moitié des jardins d'Ambouli ont été emportés par les eaux.

##### (2) Inondations en 1994

Environ 18 500 bâtiments ont été dévastés. Les dégâts sont estimés à 39 milliards de francs djiboutiens (DJF).

##### (3) Inondations en avril 2004

Des dégâts importants aux infrastructures ont été enregistrés, notamment la destruction de la ligne de chemin de fer Djibouti-Éthiopie, la destruction d'importantes canalisations d'eau potable et des problèmes d'approvisionnement en électricité. Le coût des pertes et des dommages est estimé à 1,8 milliard de DJF.

Presque toutes les familles touchées par les inondations vivaient de la culture de légumes le long de l'oued, et de nombreuses victimes étaient des enfants ou des femmes qui ont été emportées par les eaux en essayant de sauver leurs enfants. En ce qui concerne les infrastructures, deux ponts de la route nationale 1 ont été gravement endommagés. En province, aucune perte en vie humaine n'est à déplorer, mais d'importants dégâts matériels sont à déplorer. (La Nation (Djib), 14 avril 2004).

##### (4) Inondation en mars 2013

Plus de 70 jardins ont été emportés sur les rives de l'Qued Ambouli, à la périphérie de la ville.

##### (5) Inondations en mai 2018

Au moins 1 865 abris ont été endommagés et 630 familles ont été déplacées. Des pertes de stocks alimentaires, des débordements de fosses septiques, des maladies d'origine hydrique consécutives aux inondations et un pic de paludisme ont été constatés.

Les inondations ont été causées par le cyclone tropical Sagar. Le coût total des dommages a été estimé à 5 milliards FDJ, dont 2,2 milliards pour le transport, 1,4 milliard pour l'eau et l'assainissement, 0,8 milliard pour le logement, 0,2 milliard pour l'éducation, 0,3 milliard pour l'agriculture et 0,2 milliard pour la santé et les bâtiments publics. (GFDRR, Rapport d'Évaluation Rapide des Dommages et Besoins, Post- Cyclone Sagar , 7 Juin, 2018)

##### (6) Inondation en novembre 2019

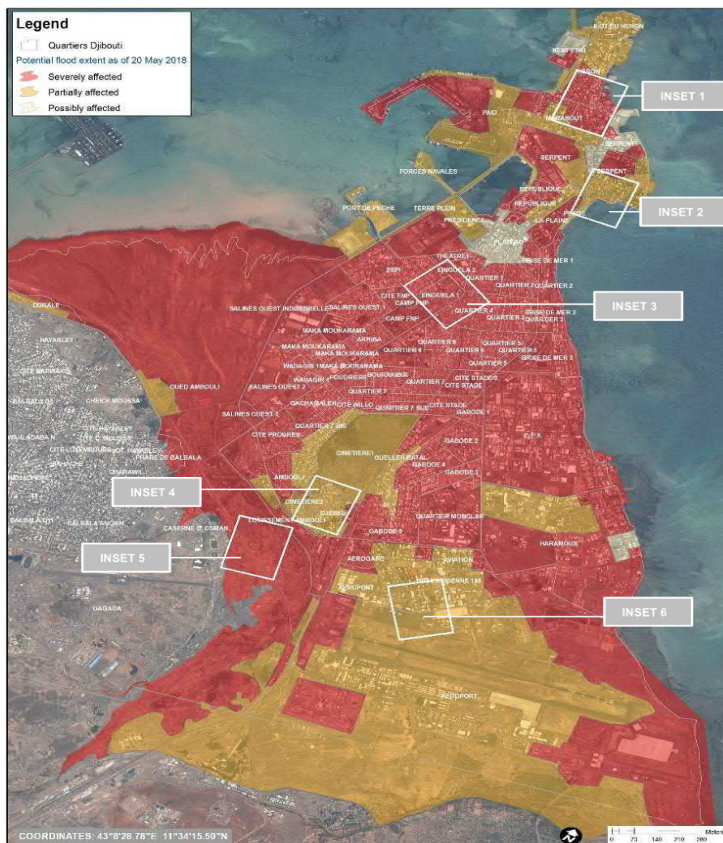
1 000 maisons ont été complètement endommagées et environ 4 300 maisons ont été partiellement endommagées dans la ville de Djibouti. Une quinzaine d'hôpitaux et une trentaine d'écoles (dont la moitié dans la ville de Djibouti) ont été touchés dans l'ensemble du pays. Les autres bâtiments publics et le réseau de transport ont été endommagés. La quantité totale de débris (béton, bois, débris généraux, toitures ondulées) résultant des dégâts a été estimée à 52 000 tonnes. La situation des inondations dans la ville et l'étendue estimée des maisons touchées sont présentées dans les **figures 4.2.2 et 4.2.3**.

---

<sup>40</sup> AFD : Diagnostic et Recommandations pour une gestion intégrée du risque inondation sur l'agglomération de Djibouti, 2021.

**(7) Inondation en avril 2020**

Quelque 18 000 ménages ont été touchés dans la ville de Djibouti et sa banlieue de Balbala. Les zones les plus touchées comprennent Arhiba avec 4 000 familles, Quartier 7 et Quartier 7bis avec 2 000 familles chacun, Quartier 6 avec 1 500 familles, Quartier 2 et Quartier 4 et Oued Ambouli avec 1 000 familles chacun, Einguela et Ambouli avec 800 familles chacun. (Nations Unies, Djibouti, Rapport de situation #1 FLASH FLOODS, 21 avril 2020). La situation des inondations dans la ville est présentée dans la **figure 4.2.4**.



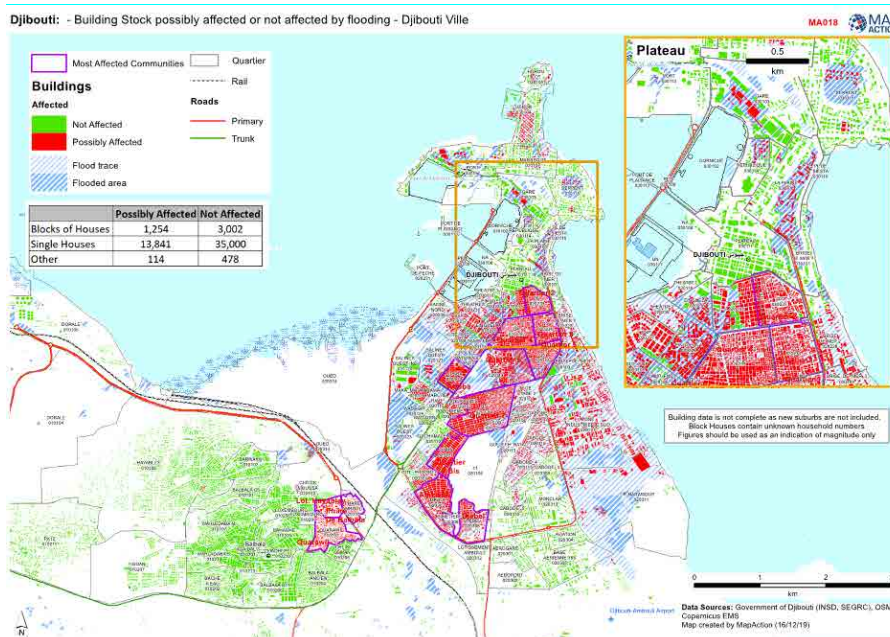
Remarques : Rouge= Gravement touché, Jaune= Partiellement touché  
 Source : unitar (24 mai 2018)

**Figure 4.2.1 Zone touchée par l'inondation de mai 2018**



Source : Flash Floods 2019 Humanitarian Needs Rapid Assessment, NATIONS UNIES Djibouti, 2019

**Figure 4.2.2 Situation d'inondation dans la ville de Djibouti lors de l'inondation de novembre 2019**



Source : MapAction

**Figure 4.2.3 Répartition des bâtiments affectés dans la ville de Djibouti pendant l'inondation de novembre 2019**



Source : Nations Unies, Djibouti, Rapport de situation #1 FLASH FLOODS, 21 avril 2020

**Figure 4.2.4 Situation d'inondation dans la ville de Djibouti pendant l'inondation de novembre 2019**

### 4.3 Enquête sur les inondations

Dans le cadre de cette enquête, des entretiens ont été menés avec des habitants afin d'appréhender la situation réelle des inondations dans la ville de Djibouti. Les questions posées lors des entretiens portaient sur la profondeur maximale de l'eau pendant l'inondation, la durée de l'inondation, la direction de l'écoulement et une vue d'ensemble des dommages. L'enquête a été menée sur 295 sites dans la plaine inondable de l'oued Ambouli et au centre de la ville de Djibouti, sur la rive droite de l'oued Ambouli. Sur chaque site d'enquête, nous avons interrogé une personne âgée qui pouvait se souvenir d'autant d'inondations passées que possible. Les inondations ciblées étaient celles de 1994, 2004, la plus grande inondation de ces dernières années, et les inondations fréquentes. Le **tableau 4.3.1** présente les inondations ciblées et les questions posées lors des entretiens. Presque toutes les réponses ont indiqué que l'inondation la plus importante de ces dernières années s'est produite en 2019.

Les principaux résultats de l'enquête sont résumés ci-dessous. Une série de diagrammes illustrant ces résultats figure à **l'annexe 1**.

**Tableau 4.3.1 Inondations cibles de l'enquête et des principaux éléments de l'entretien**

	Inondation ciblée			
	1994 Inondation	2004 Inondation	Inondation maximale récente	Inondations fréquentes
<b>Type d'inondation</b>	Principalement inondations fluviales		Inondations pluviales	
<b>Conditions d'inondation</b>	Profondeur maximale de l'inondation, durée de l'inondation, direction de l'écoulement		Profondeur maximale de l'inondation, durée de l'inondation	
<b>État des dommages</b>	Non		Dommages à la maison, Autres dommages physiques (Propriétés, bétail, cultures), Dommages à la santé	

Source : Équipe d'étude de la JICA

### (1) Conditions d'inondation

La tendance générale, ainsi que la profondeur maximale et la durée de l'inondation, sont les suivantes :

1994 Inondation > 2004 Inondation > Inondation maximale récente (inondation de novembre 2019) > inondations fréquentes

Ceci suggère que l'inondation de 1994 a été la plus importante en termes d'échelle d'inondation. La durée de l'inondation est connue pour être une inondation à long terme après l'apparition d'inondations dans les dépressions topographiques de la ville de Djibouti, mais dans les résultats des entretiens, toutes les réponses étaient inférieures à un jour, et il est probable que la réponse était la durée pendant laquelle l'eau était profonde jusqu'à un certain point comme la durée de l'inondation.

Les **figures 4.3.1** et **4.3.2** illustrent les résultats des entretiens concernant la profondeur maximale de l'eau et la direction de l'écoulement lors de l'inondation de 2004. La profondeur maximale de la plaine d'inondation de l'oued Amboulili est importante, et dans le centre ville, il y a une zone d'eau profonde à partir de la digue de la rive droite vers le nord-est, et l'existence d'un flux se dirigeant vers le nord-est à cet endroit peut être confirmée. On pense qu'il s'agit du résultat d'un débordement de la digue actuelle de la rive droite (qui n'existait pas lors des inondations de 1994 et 2004).

### (2) État des dommages

#### 1) Dommages aux habitations

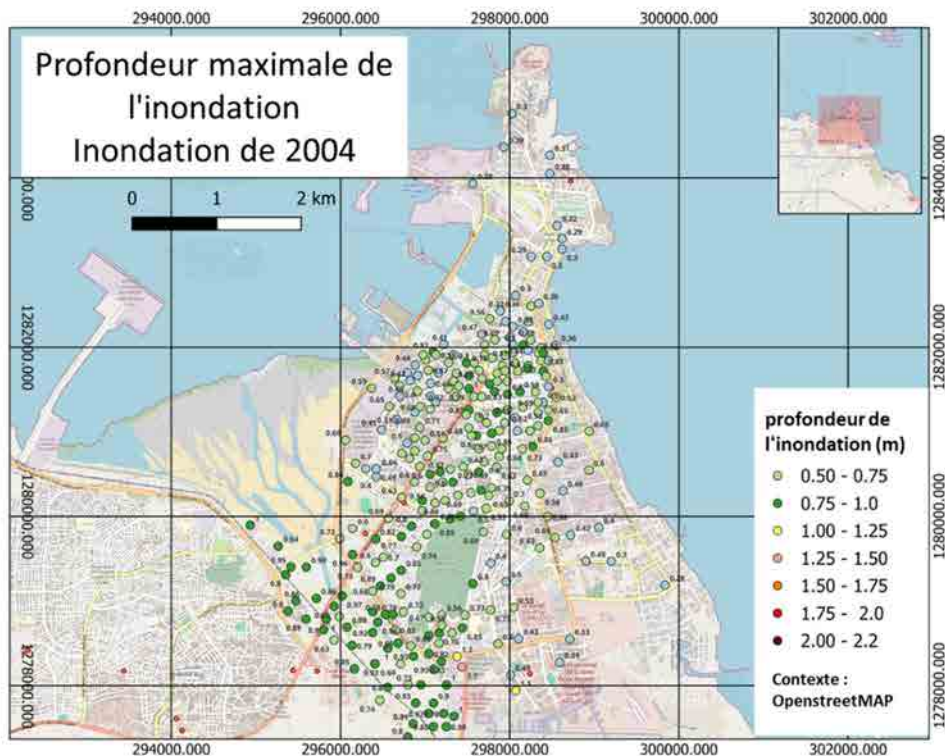
Dans la crue maximale récente (inondation de novembre 2019), 33 % des maisons ont été partiellement endommagées et 67 % n'ont subi aucun dommage, et dans les crues fréquentes, il n'y a presque pas de dommages aux maisons. La **figure 4.3.3** montre la répartition des dommages subis par les maisons lors de l'inondation maximale récente.

#### 2) Autres dommages physiques

Les autres dommages physiques comprennent les dommages aux biens ménagers, les dommages au bétail et les dommages aux cultures. Lors de l'inondation maximale récente (inondation de novembre 2019), 28 % des répondants ont indiqué des dommages aux biens ménagers, et 5 % ont indiqué une combinaison de dommages aux biens ménagers, de dommages au bétail et de dommages aux cultures. Lors d'inondations fréquentes, d'autres dommages sont rarement observés. La **figure 4.3.4** montre la distribution des autres dommages physiques dans l'inondation maximale récente.

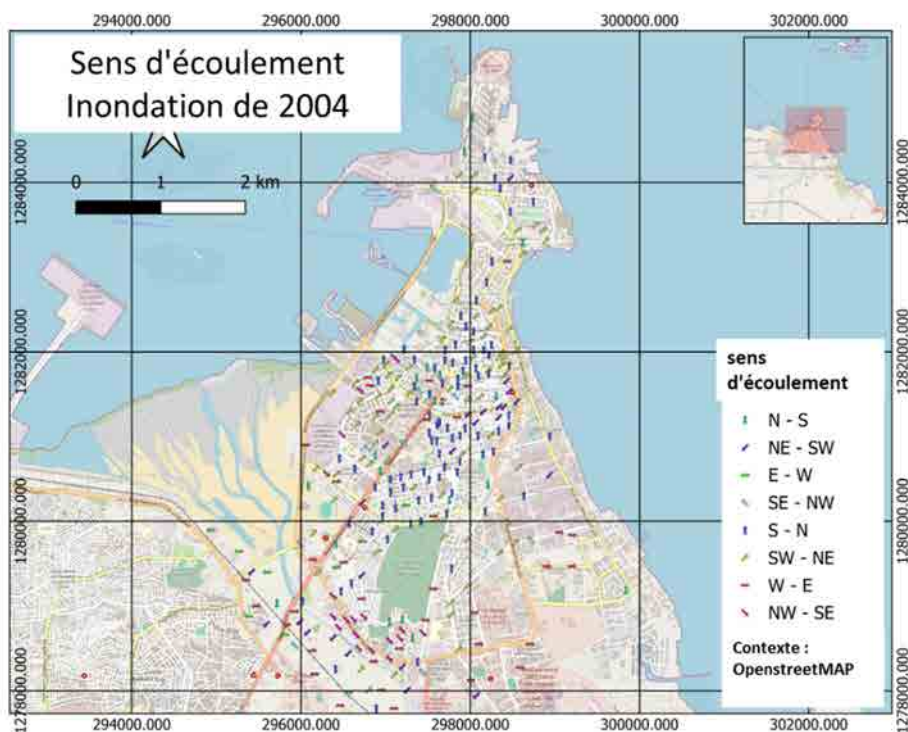
#### 3) Dommages à la santé

En ce qui concerne les dommages sanitaires, 82% des personnes interrogées ont indiqué des dommages lors de la récente inondation maximale (inondation de novembre 2019) et 80% ont indiqué des dommages lors d'inondations fréquentes. La plupart des dommages sont causés par le paludisme. Cela indique que les inondations fréquentes causent des dommages sanitaires étendus, même si elles causent peu de dommages physiques. Les **figures 4.3.5** et **4.3.6** montrent la distribution des dommages sanitaires causés par l'inondation maximale récente et les inondations fréquentes, respectivement.



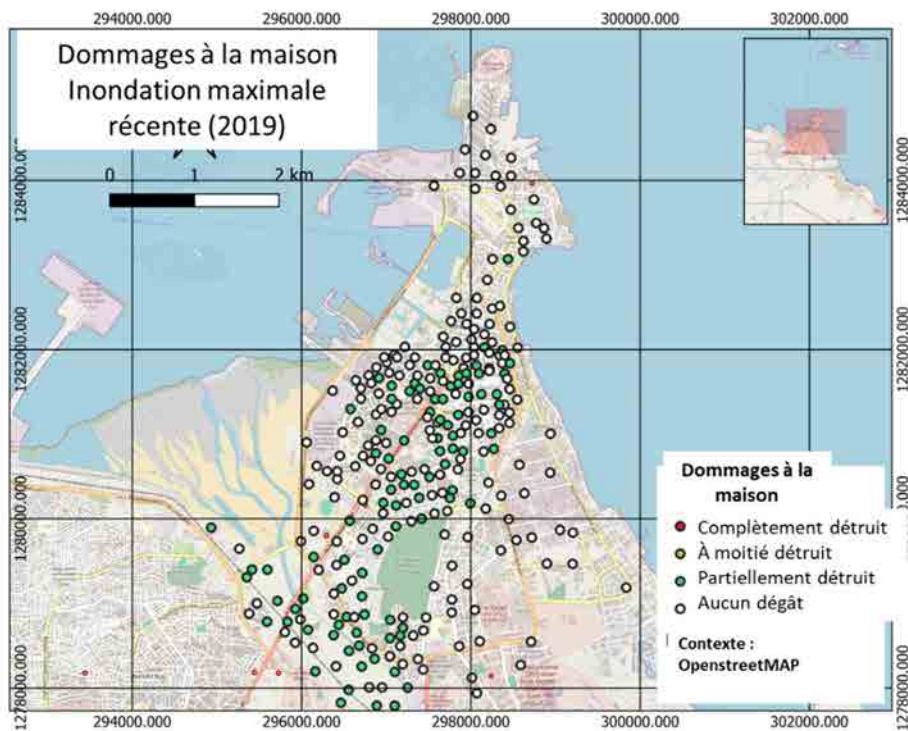
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.3.1 Profondeur maximale de l'inondation (Inondation d'avril 2004)**



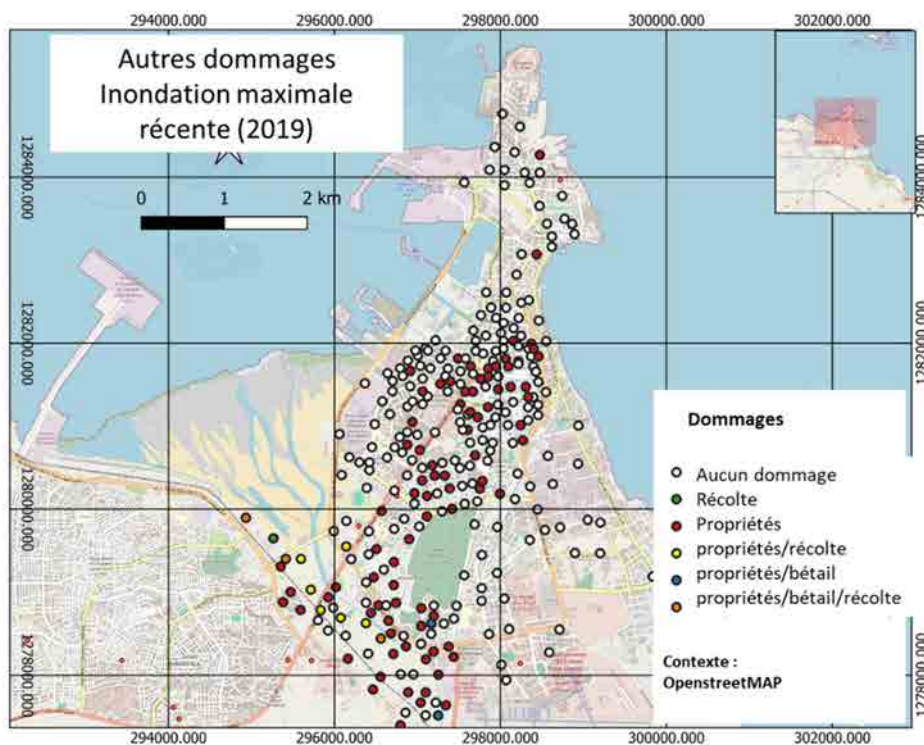
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.3.2 Direction de l'écoulement (Inondation d'avril 2004)**



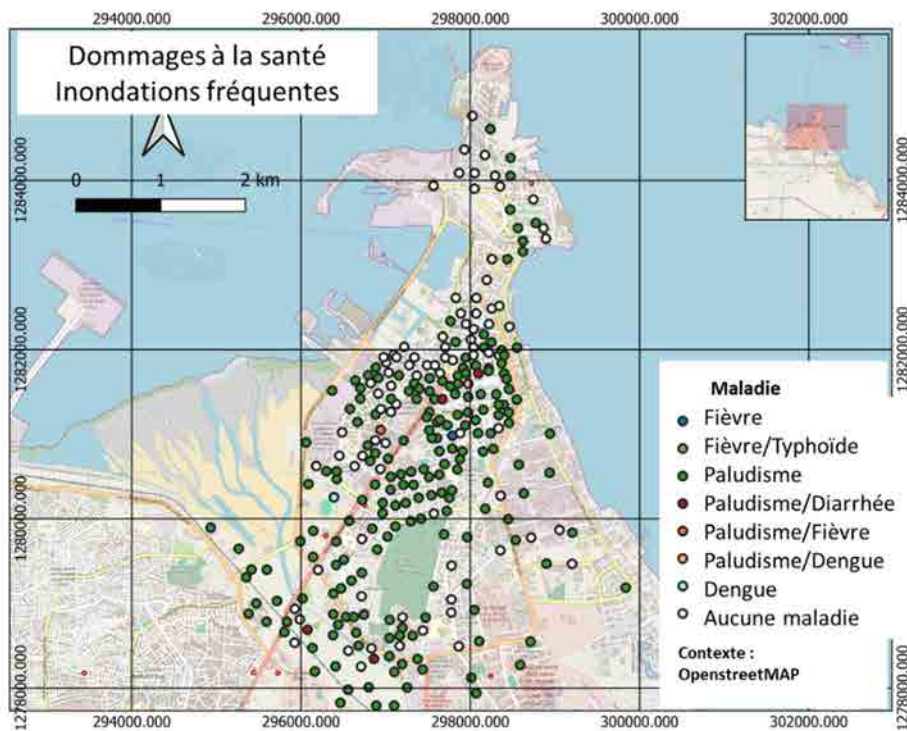
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.3.3 Dégâts aux habitations (inondation maximale récente (novembre 2019))**



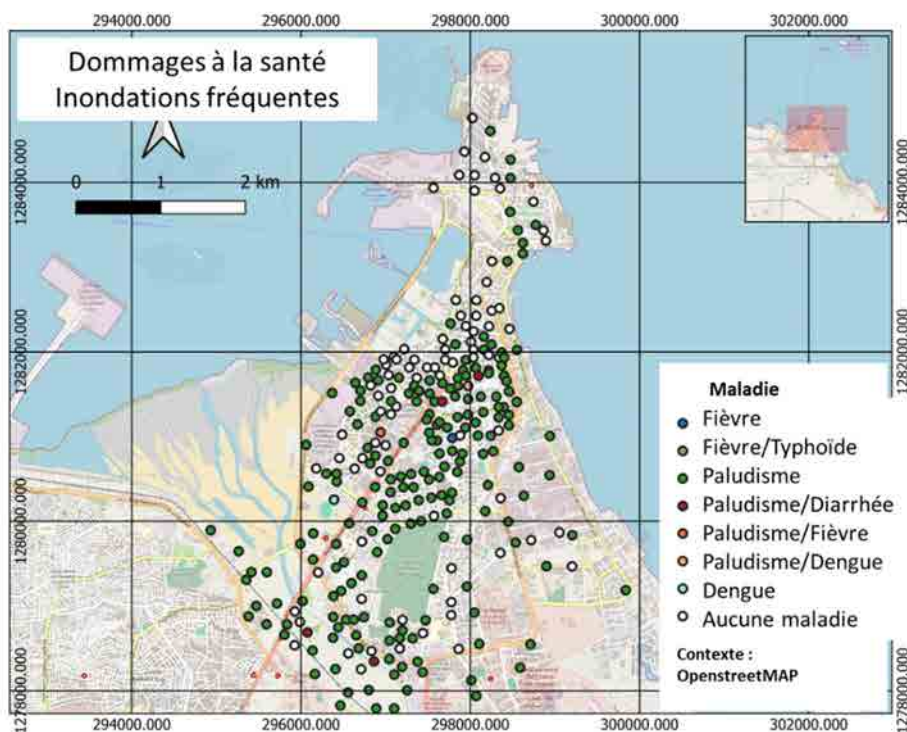
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.3.4 Autres dégâts physiques aux habitations (inondation maximale récente (novembre 2019))**



Source : Équipe d'étude de la JICA

Figure 4.3.5 Dommages sanitaires (inondation maximale récente (novembre 2019))



Source : Équipe d'étude de la JICA

Figure 4.3.6 Dommages sanitaires (inondations fréquentes)

## 4.4 Forces externes des inondations fluviales et pluviales

### 4.4.1 Caractéristiques des précipitations

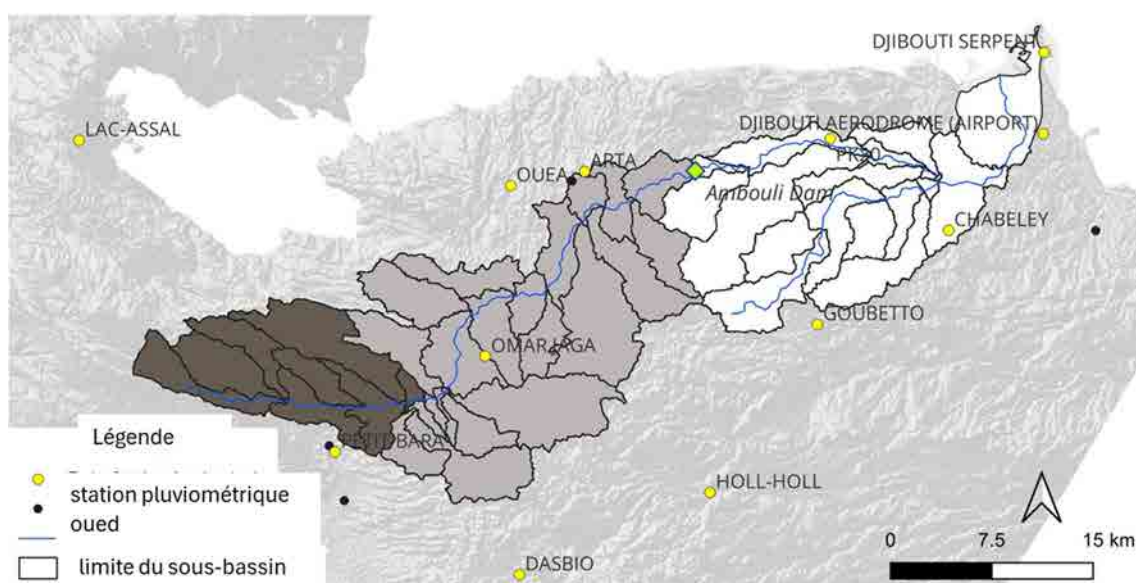
La principale cause des inondations est la pluviométrie. Dans cette section, les caractéristiques pluviométriques de la ville de Djibouti et du bassin de l'oued Ambouli sont analysés.

#### (1) Données pluviométriques gérées par l'ANM

L'Agence Nationale de Météorologie de Djibouti (ANM) a été créée en 2013 et a commencé à observer les précipitations dans 45 stations d'observation manuelles à travers le pays. Actuellement, en plus de ces 45 stations d'observation manuelle, trois dispositifs d'observation automatique (AWS : Automatic Weather Station) ont été installés et sont en fonctionnement. Dans les stations d'observation manuelle, les précipitations sont essentiellement mesurées pour chaque événement pluvieux (de moins d'une heure à plusieurs heures), et les données sont communiquées au siège de l'ANM par téléphone, puis organisées et enregistrées en tant que données pluviométriques quotidiennes. Exceptionnellement, la station d'observation de l'aéroport de Djibouti mesure et enregistre les précipitations toutes les heures. La plupart des données disponibles gérées par l'ANM datent de 2013 et les données disponibles avant 2013 sont limitées, à l'exception des données de l'aéroport de Djibouti. De plus, même pour les données à partir de 2013, seul un nombre limité de données a été numérisé.

Dans cette enquête, l'équipe d'enquête de la JICA a confirmé l'existence de données antérieures appartenant à l'ANM, a demandé des données pluviométriques pour les dates d'occurrence des inondations confirmées dans la littérature, etc. et a coopéré avec l'ANM pour numériser les données pluviométriques sur papier (en photographiant les pages des dates pluviométriques sur les papiers d'enregistrement et en entrant les données pluviométriques dans un PC). Les données pluviométriques fournies par l'ANM ou obtenues grâce au travail de numérisation sont énumérées ci-dessous.

- Pluviométrie horaire à la station de l'aéroport de Djibouti (en continu de 2012 à 2023 et une partie de 2024).
- Pluviométrie horaire à la station de l'aéroport de Djibouti pour les mois d'inondation avant 2011 (février 1978, mars 1981, avril 1989, avril 2004)
- Pluies journalières aux stations d'observation dans et autour du bassin de l'oued Ambouli pendant les mois de crue (janvier 1977, février 1978, mars 2013, novembre 2019 et avril 2020).



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.1 Emplacement des stations pluviométriques de l'ANM utilisées pour l'analyse de cette enquête**

En plus de ce qui précède, les données pluviométriques mensuelles des stations d'observation nationales pour la période de 2012 à 2023 ont été obtenues du projet SATREPS et utilisées dans l'analyse de cette étude.

La **figure 4.4.1** montre l'emplacement des stations d'observation ANM pour lesquelles des données pluviométriques ont été collectées dans le cadre de cette enquête. Les données d'un total de 12 stations d'observation ont été collectées et analysées.

## (2) Caractéristiques des précipitations dans la ville de Djibouti

Les caractéristiques pluviométriques de la ville de Djibouti ont été analysées à partir des données pluviométriques horaires de 2012 à 2023 de la station de l'aéroport de Djibouti. Le **tableau 4.4.1** résume les moyennes mensuelles et annuelles des précipitations de 2012 à 2023 et le **tableau 4.4.2** indique le nombre de jours de pluie par mois. La moyenne annuelle des précipitations est de 105,8 mm, avec un maximum de 171,2 mm (2021) et un minimum de 36,0 mm (2014). Le nombre annuel moyen de jours de pluie est de 16,9 jours, avec un maximum de 26 jours (2020) et un minimum de 8 jours (2018). La **figure 4.4.2** présente les précipitations mensuelles moyennes et le nombre moyen de jours de pluie par mois. On constate que la quantité de pluie est importante en avril-mai, août et novembre, le nombre de jours de pluie en avril-mai est faible, et le nombre de jours de pluie en août et novembre est comparativement important. Les inondations dans la ville de Djibouti sont fréquentes en avril et mai. L'un des facteurs peut dépendre de la caractéristique des précipitations, à savoir de fortes pluies tombant en peu de temps en avril-mai.

**Tableau 4.4.1 Pluviométrie mensuelle (station de l'aéroport de Djibouti, 2012 à 2023)**

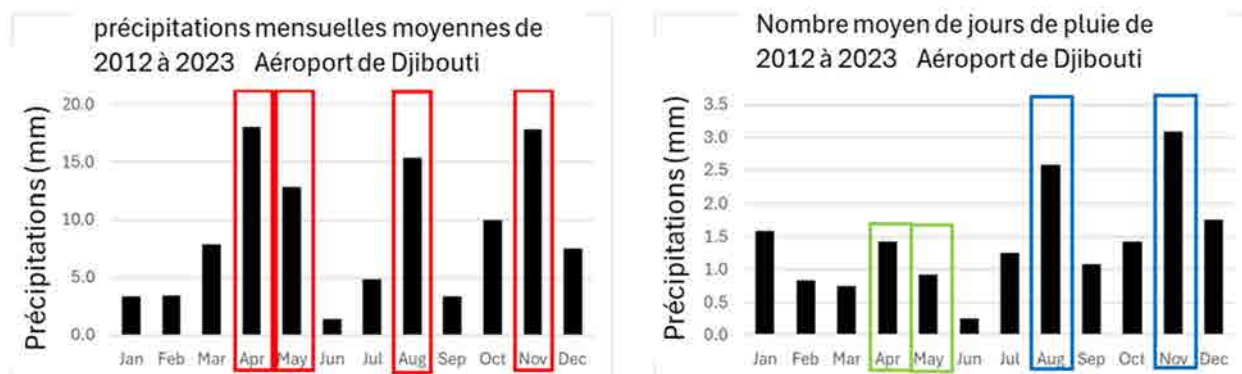
Année	Jan	Fév	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
2012	2.2	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	14.6	40.2	1.8	6.3	0.1	0	71.9
2013	0.0	0.0	46.9	0.0	6.3	0.0	0.0	34.9	3.2	0.0	3.2	0.2	94.7
2014	1.0	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.1	6.9	4.2	16.8	36.0
2015	4.7	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	6.7	9.5	0.0	76.0	6	105.2
2016	1.0	7.0	0.0	12.8	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	31.0	10.5	74.9
2017	0.0	11.9	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	2.5	17.2	15.3	6.0	0	61.1
2018	0.0	1.3	0.0	0.0	111.6	0.0	0.0	8.0	0.0	29.8	0.0	0	150.7
2019	0.0	0.2	0.0	0.0	4.9	14.9	1.9	0.0	4.7	19.8	53.4	19.8	119.6
2020	0.3	3.1	1.8	93.2	0.0	0.0	13.3	1.5	1.5	0.2	12.4	22.6	149.9
2021	0.0	16.1	0.0	103.5	18.2	2.0	11.9	0.5	0.8	13.7	0.0	4.5	171.2
2022	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	58.5	1.5	0.0	0.0	0.08	78.3
2023	29.1	0.0	45.3	0.0	2.4	0.0	0.0	13.6	0.0	27.9	27.3	10.1	155.8
Ave	3.3	3.4	7.9	18.0	12.8	1.4	4.9	15.3	3.4	10.0	17.8	7.5	105.8
Max	29.1	16.1	46.9	103.5	111.6	14.9	16.5	58.5	17.2	29.8	76.0	22.6	171.2
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36.0

Source : Équipe d'étude de la JICA

**Tableau 4.4.2 Nombre de jours de pluie (station de l'aéroport de Djibouti, 2012 à 2023)**

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
2012	2	0	0	2	0	0	2	2	1	2	1	0	12
2013	0	0	4	0	1	0	0	3	2	0	4	2	16
2014	3	2	1	0	0	0	0	4	1	2	2	1	16
2015	6	0	0	0	1	0	0	4	2	0	7	2	22
2016	2	1	0	3	0	0	0	2	0	0	2	3	13
2017	0	1	0	0	1	0	1	1	2	2	4	0	12
2018	0	1	0	0	3	0	0	1	0	3	0	0	8
2019	0	1	0	0	2	2	1	0	2	1	8	4	21
2020	1	2	1	8	0	0	5	1	1	1	2	4	26
2021	0	2	0	4	1	1	4	2	1	1	0	3	19
2022	4	0	0	0	0	0	2	7	1	0	0	1	15
2023	1	0	3	0	2	0	0	4	0	5	7	1	23
Ave.	1.6	0.8	0.8	1.4	0.9	0.3	1.3	2.6	1.1	1.4	3.1	1.8	16.9
Max	6	2	4	8	3	2	5	7	2	5	8	4	26
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

Source : Équipe d'étude de la JICA



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.2 Moyenne des précipitations mensuelles (à gauche) et nombre moyen de jours de pluie par mois (à droite) (station de l'aéroport de Djibouti, 2012 à 2023)**

Les précipitations horaires maximales annuelles et les précipitations journalières maximales annuelles sont résumées dans le **tableau 4.4.3**. En observant les valeurs maximales et moyennes des précipitations horaires maximales annuelles de 2012 à 2023, l'augmentation des précipitations de 3 heures et plus est faible, et en 2012 et 2022, les valeurs maximales de 2 heures à 72 heures sont les mêmes. On peut dire que les précipitations dans la ville de Djibouti ont tendance à tomber intensément en peu de temps.

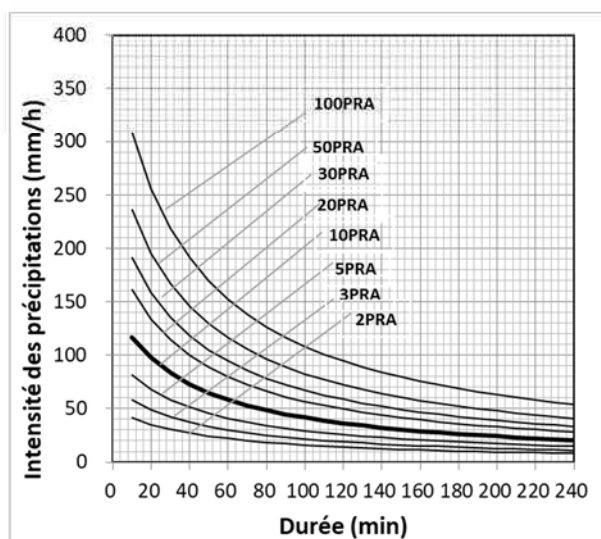
**Tableau 4.4.3 Pluies horaires et journalières maximales annuelles (unité : mm)**

Année	Pluie horaire maximale annuelle (heure)								Pluies journalières maximales annuelles		
	1	2	3	6	12	24	48	72	1 jour	2 jours	3 jours
2012	38.9	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1
2013	28.7	37.2	39.2	40.7	40.7	40.7	40.7	41.9	40.7	40.7	41.9
2014	11.0	14.5	16.1	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8
2015	15.0	22.0	30.3	51.2	68.8	73.0	73.1	73.1	45.7	73.0	73.1
2016	28.0	28.8	29.4	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6
2017	10.0	10.8	15.8	16.2	16.2	16.2	19.0	19.0	16.2	19.0	19.0
2018	76.4	80.0	98.1	102.1	102.5	106.9	111.6	111.6	102.5	111.2	111.6
2019	8.0	12.9	12.9	16.9	16.9	24.0	36.3	45.4	20.5	31.3	40.6
2020	17.1	34.2	51.3	75.2	80.0	80.0	81.5	88.0	72.1	80.0	88.0
2021	36.0	63.0	68.3	70.6	70.6	70.6	72.7	88.8	70.6	70.7	88.8
2022	30.5	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6
2023	28.0	28.0	33.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8
Max	76.4	80.0	98.1	102.1	102.5	106.9	111.6	111.6	102.5	111.2	111.6
Ave.	27.3	33.5	38.8	44.2	46.1	47.4	49.4	52.1	43.8	48.6	51.7

Source : Équipe d'étude de la JICA

Dans cette étude, en plus des données présentées dans le **tableau 4.4.3**, en utilisant des données collectées séparément sur les précipitations quotidiennes maximales annuelles de 1980 à 2011, les courbes de précipitations probables et d'intensité des précipitations sont examinées pour la station de l'aéroport de Djibouti. La **figure 4.4.3** montre les résultats de cet examen.

Djibouti	12 ans		2012-2023		Unité mm/h		1980-2023	
T	60	120	180	360	720	1440	T	1jour
an	mins	mins	mins	mins	mins	mins	an	mm
2	22,6	14,1	10,5	6,2	3,3	1,7	2	39,7
3	29,6	18,2	13,6	8,1	4,3	2,2	3	53,6
5	38,3	23,2	17,4	10,3	5,5	2,8	5	72,0
10	50,5	30,1	23,0	13,3	7,0	3,6	10	100,2
20	63,8	37,6	29,5	16,6	8,7	4,4	20	134,1
30	72,2	42,3	33,7	18,6	9,7	5,0	30	157,2
50	83,7	48,7	39,5	21,3	11,0	5,7	50	190,4
100	100,8	58,1	48,6	25,3	12,8	6,7	100	244,3



Remarque : le type Talbot a été appliqué.

Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.3 Précipitations probables basées sur les valeurs observées et les courbes d'intensité des précipitations (station de l'aéroport de Djibouti)**

### (3) Caractéristiques des précipitations dans le bassin de l'oued Ambouli

#### 1) Corrélation des précipitations observées au sol dans le bassin

Pour analyser les caractéristiques pluviométriques du bassin de l'oued Ambouli, les stations d'observation pouvant être utilisées pour l'analyse ont été sélectionnées. La sélection a été faite en fonction de la période de disponibilité des données et de la localisation de chaque station. En ce qui concerne la période de données (présence ou absence de données pluviométriques), les données pluviométriques mensuelles ont été vérifiées à travers la liste des données pluviométriques mensuelles de 2013 à 2023, qui a été fournie par le projet SATREPS, tout en considérant la présence ou l'absence de données au moment des grandes inondations. En outre, l'emplacement et la distribution des stations ont été confirmés afin de produire et d'analyser les précipitations moyennes du bassin par la méthode de division de Thissen au moment des inondations majeures. Dans les deux cas, 11 stations d'observation ont été sélectionnées à l'intérieur et à l'extérieur du bassin sur les 12 stations indiquées dans la **figure 4.4.1**, à l'exclusion de la station Djibouti Serpent, qui n'a pas fait l'objet d'observations depuis les années 1990. Ensuite, les précipitations journalières aux stations sélectionnées pendant les inondations ont été collectées, et la corrélation des valeurs d'observation des stations a été étudiée. La corrélation a été calculée à partir des valeurs moyennes des précipitations mensuelles de chaque station d'observation de 2013 à 2023. Les coefficients de corrélation sont présentés dans le **tableau 4.4.4**. Dans le tableau, les valeurs en gras indiquent une forte corrélation, et les valeurs hachurées indiquent une faible corrélation. La corrélation entre la station Omar Jaga ou Petit-bara et les autres stations est faible. Les deux stations sont situées dans la partie supérieure ouest du bassin, et cette zone semble avoir des caractéristiques de précipitations différentes de celles du cours moyen et de l'aval.

**Tableau 4.4.4 Corrélation des stations**

	ARTA VILLE	CHABELEY	DASBIO	DJIBOUTI AERODROME	GOUBETTO	HOLL-HOLL	LAC-ASSAL	OMAR JAGA	OUEA	PETIT-BARA	PK20
ARTA VILLE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHABELEY	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DASBIO	<b>0.73</b>	0.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DJIBOUTI AERODROME	0.66	<b>0.94</b>	0.53	-	-	-	-	-	-	-	-
GOUBETTO	<b>0.85</b>	<b>0.75</b>	<b>0.84</b>	<b>0.74</b>	-	-	-	-	-	-	-
HOLL-HOLL	0.56	0.50	<b>0.75</b>	0.55	<b>0.72</b>	-	-	-	-	-	-
LAC-ASSAL	0.36	0.62	0.45	0.59	0.47	0.24	-	-	-	-	-
OMAR JAGA	0.07	0.04	0.35	-0.04	0.22	0.14	-0.05	-	-	-	-
OUEA	<b>0.93</b>	<b>0.75</b>	<b>0.76</b>	<b>0.74</b>	<b>0.86</b>	0.60	0.42	0.26	-	-	-
PETIT-BARA	0.41	0.41	0.45	0.35	0.48	0.41	0.17	0.08	0.40	-	-
PK20	0.56	<b>0.72</b>	0.40	0.65	0.56	0.46	0.47	0.16	0.68	0.27	-

Source : Équipe d'étude de la JICA

## 2) Précipitations moyennes dans le bassin et répartition spatiale et temporelle des précipitations lors des grandes inondations passées

Afin de comprendre les caractéristiques des précipitations pendant les inondations, les précipitations moyennes dans le bassin pendant les inondations majeures et les ruissellements récents à grande échelle pour lesquels des données pluviométriques quotidiennes sont disponibles ont été calculées en utilisant la méthode de division de Thiessen. Les précipitations moyennes ont été calculées pour l'ensemble du bassin, ainsi que pour l'amont, le cours moyen et l'aval du bassin (l'amont du côté ouest (noir) de la **figure 4.4.4**, le cours moyen du cours inférieur de l'amont jusqu'au barrage de l'amitié d'Ambouli (gris), et l'aval du côté est (blanc) du barrage de l'amitié d'Ambouli jusqu'à l'estuaire). Les quantités moyennes de précipitations sont calculées pour chaque zone divisée et pour chaque inondation majeure et ruissellement à grande échelle comme a) à i) et résumées dans le **tableau 4.4.5**.

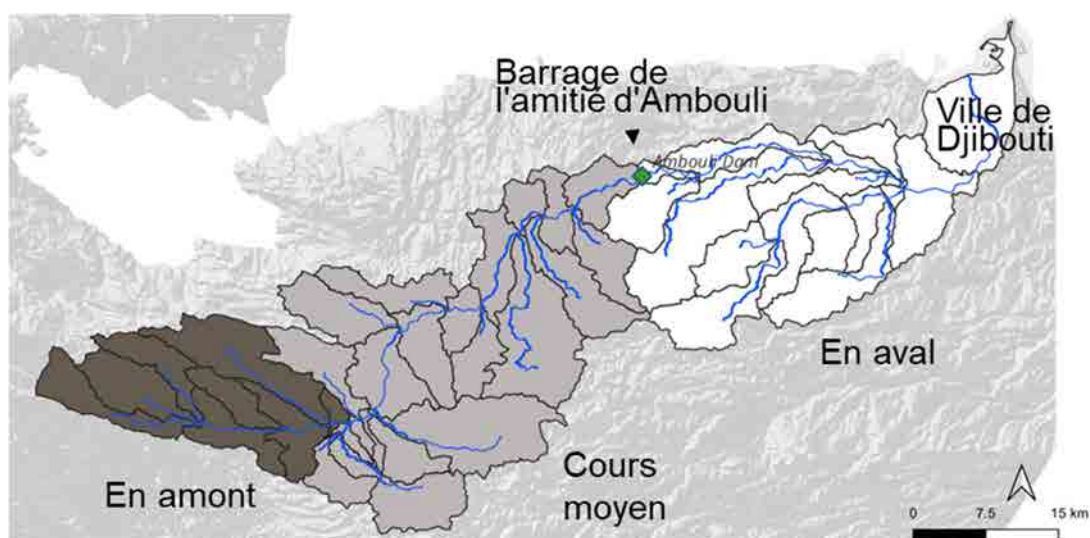
En outre, le bassin a été divisé sur la base de la topographie et des données du réseau fluvial (voir **Figure 4.4.4**), et la quantité de précipitations pour chaque sous-bassin divisé a été calculée et tracée pour organiser la distribution spatiale des précipitations pendant les inondations. Parmi les distributions organisées des précipitations pendant les inondations majeures, les cas représentatifs a), b), et d) sont montrés dans les pages suivantes, et tous les cas y compris les autres cas sont montrés dans l'**Annexe 2**. Etant donné que les stations disponibles pour chaque événement d'inondation diffèrent en fonction de la disponibilité des données, les stations utilisées pour calculer la quantité de précipitations pour chaque événement d'inondation sont indiquées sur chaque figure de la distribution spatiale des précipitations.

Afin d'appréhender l'évolution des précipitations à court terme, pour les inondations pour lesquelles les données de l'Observatoire de l'aéroport de Djibouti sont disponibles, la figure de l'évolution des précipitations horaires est également présentée. En outre, pour a), b), c) et d), les données GSMaP<sup>41</sup> fournies par JAXA ont été corrigées pour être cohérentes avec les précipitations totales des précipitations moyennes du bassin pour chacun des tronçons supérieurs, moyens et inférieurs, et les précipitations horaires moyennes du bassin pour chacun des tronçons supérieurs, moyens et inférieurs ont été calculées.

Les résultats de l'analyse permettent de dégager les éléments suivants sur les caractéristiques des précipitations lors des crues et des écoulements de grande ampleur dans le bassin de l'oued Ambouli.

- Il existe principalement deux types de précipitations : les fortes pluies concentrées qui durent quelques heures et les pluies qui se poursuivent par intermittence pendant plusieurs jours.
- En cas d'inondation ou de ruissellement important, les précipitations sont souvent plus importantes dans la ville de Djibouti ou en aval que dans le cours moyen et en amont.
- Lors des inondations, surtout dans le passé (avant la construction du barrage de l'amitié d'Ambouli), la quantité de précipitations est élevée dans les zones en amont et en aval.

<sup>41</sup> <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>



Source : Équipe d'étude de la JICA

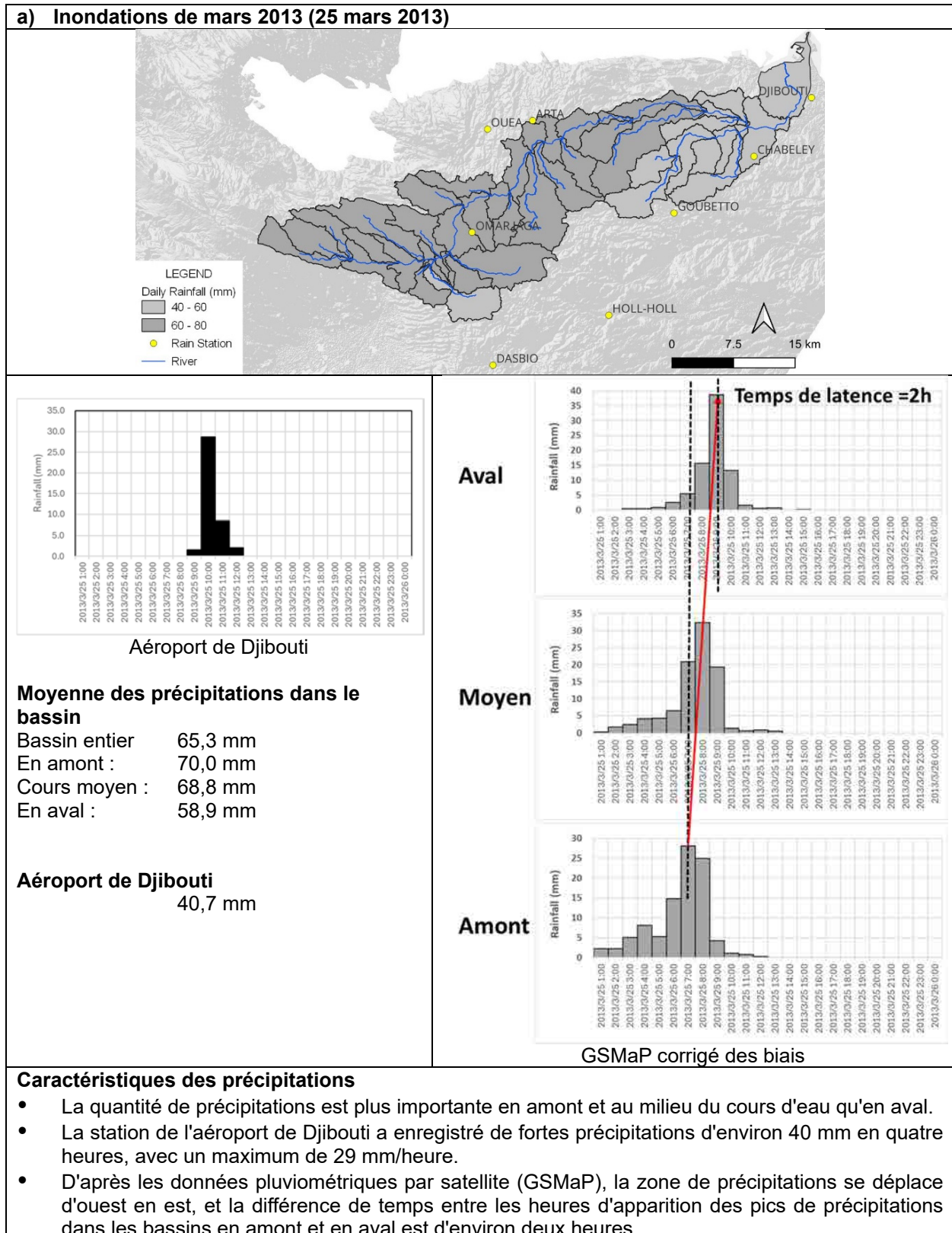
**Figure 4.4.4** Division du bassin de l'oued Ambouli (amont, moyen et aval et sous-bassins)

**Tableau 4.4.5** Moyenne des précipitations dans le bassin pendant les inondations majeures et les événements récents de ruissellement à grande échelle, sur la base des précipitations observées au sol

	Année et date	Moyenne des précipitations dans le bassin (mm)					Ampleur de l'inondation (personne affectée)
		Bassin entier	En amont	Cours moyen	En aval	Aéroport de Djibouti	
a)	20 mai 2018	65.3	70.0	68.8	58.9	40.7	15,000
b)	21-24 novembre 2019	93.5 (4 jours au total)	75.0 (4 jours au total)	85.0 (4 jours au total)	112.1 (4 jours au total)	45.4 (4 jours au total)	200,000
c)	21 avril 2020	52.7	79.8	29.3	68.2	72.1	110,000
d)	1er janvier 2023	85.7	99.4	100.7	61.5	29.1	Débordement du déversoir du barrage
e)	19 mars 2023	21.5	0.1	10.9	43.8	39.8	Petite échelle
f)	28 mars 2024	19.6	0.0	5.4	45.4	1.7	Petite échelle
Pour référence (le nombre de stations disponibles est faible ou la pluviométrie mensuelle est utilisée comme substitut)							
g)	25-27 janvier 1977	52.8 (3 jours au total)	53.5 (3 jours au total)	40.3 (3 jours au total)	67.2 (3 jours au total)	23.5 (3 jours au total)	91,000
h)	25-28 février 1978	101.2 (4 jours au total)	97.0 (4 jours au total)	70.3 (4 jours au total)	139.8 (4 jours au total)	129.4 (4 jours au total)	106,000
i)	20 mai 2018 (les précipitations mensuelles sont utilisées)	20.1 (Pluies mensuelles)	16.8 (Pluies mensuelles)	17.9 (Pluies mensuelles)	24.4 (Pluies mensuelles)	102.5 (Pluies journalières)	150,000

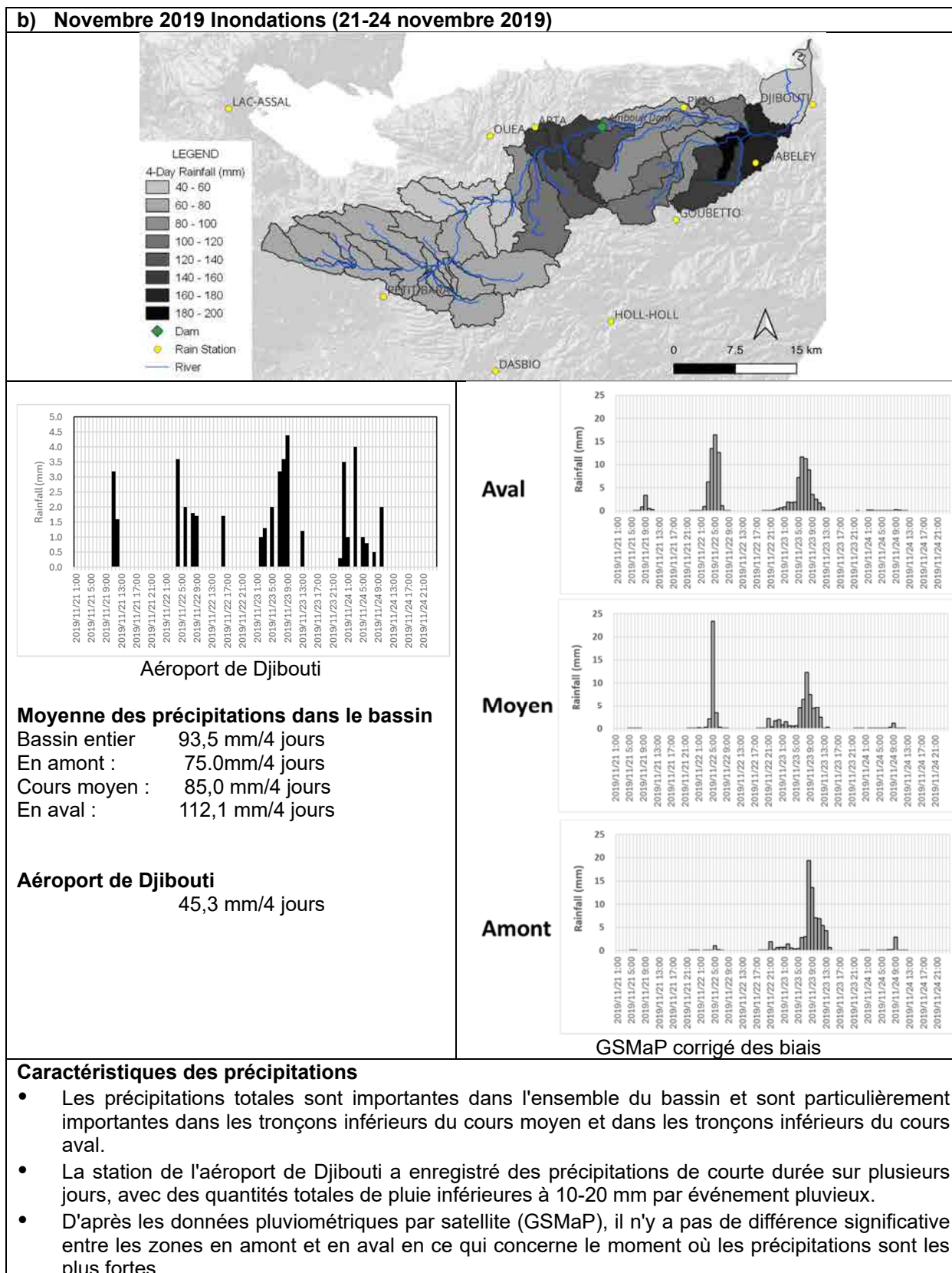
Remarques : Lorsque le nombre de jours de pluie n'est pas indiqué dans ( ), la pluie a duré environ 24 heures ou moins.

Source : Équipe d'étude de la JICA



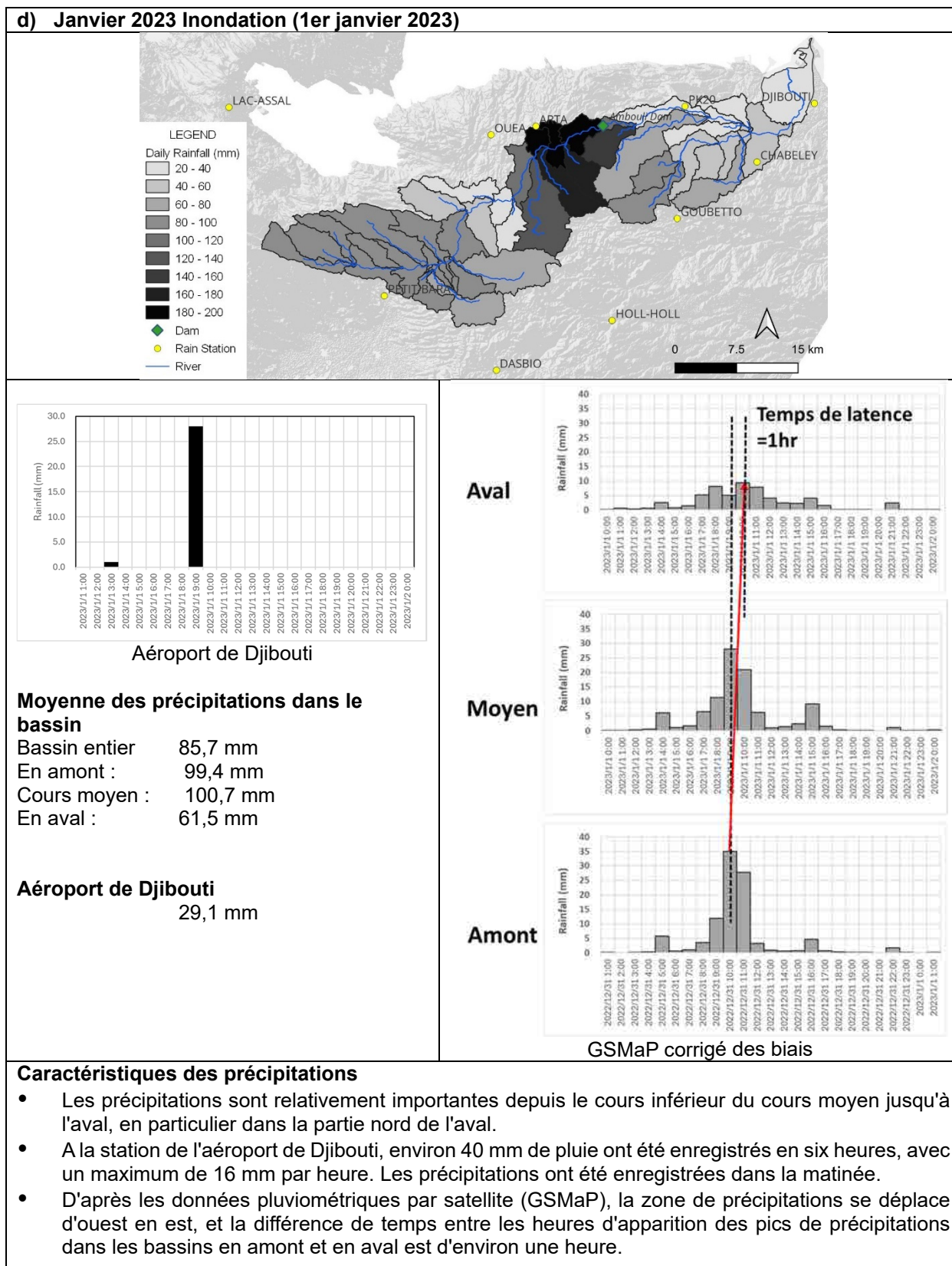
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.5** Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de mars 2013



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.6** Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de novembre 2019



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.7** Distribution spatio-temporelle des précipitations pendant l'inondation de janvier 2023

### 3) Pluies journalières moyennes annuelles maximales probables dans le bassin

La pluviométrie journalière moyenne maximale annuelle du bassin calculée par la méthode de division de Thiessen en utilisant les données pluviométriques disponibles et la pluviométrie probable calculée à partir de la pluviométrie journalière moyenne maximale annuelle du bassin sont présentées dans le **tableau 4.4.6**. Pour le calcul de la moyenne annuelle des précipitations journalières dans le bassin, à l'exception des années où des inondations ou des ruissellements à grande échelle se sont produits, les seules données pluviométriques collectées dans chaque station d'observation étaient les précipitations mensuelles, qui ont donc été utilisées à la place des précipitations mensuelles. Comme le nombre de jours de pluie par mois est d'environ un, il a été jugé que les précipitations mensuelles pouvaient être utilisées comme valeur alternative, à titre d'étude préliminaire.

**Tableau 4.4.6 Pluies journalières moyennes annuelles maximales du bassin et pluies probables dans le bassin de l'oued Ambouli**

Année	Maximum annuel des précipitations journalières moyennes du bassin (mm)	Remarques (Données utilisées)	Période de retour	Période de retour	Pluies journalières moyennes annuelles maximales probables dans le bassin (mm)
2013	65.3	Pluies journalières (25 mars)	8	2	37.3
2014	12.8	Pluies mensuelles (mars)	-	3	47.5
2015	23.3	Précipitations mensuelles (Nov.)	-	5	58.8
2016	26.0	Précipitations mensuelles (avril)	-	10	73.0
2017	26.2	Précipitations mensuelles (mai)	-	20	86.6
2018	20.3	Précipitations mensuelles (mai)	-	30	94.4
2019	48.8	Pluies journalières (23 novembre)	3	50	104.2
2020	52.7	Pluies journalières (21 avril)	5	80	113.2
2021	36.3	Précipitations mensuelles (avril)	-	100	117.4
2022	57.1	Précipitations mensuelles (août)	-		
2023	85.7	Pluies journalières (1er janvier)	20		

Source : Équipe d'étude de la JICA

Une étude de l'UE réalisée en 2007<sup>42</sup> a utilisé 81,6 mm comme 100 période de retour de l'année (PRA) pour la moyenne annuelle des précipitations journalières maximales dans le bassin de l'oued Ambouli, et 118,4 mm comme 1000PRA, ce qui est sensiblement différent de l'estimation de la présente étude (117,4 mm).

#### 4.4.2 Analyse des marées

L'analyse des marées a été réalisée à partir des données de marée<sup>43</sup> de la station de Djibouti du Sea Level Center de l'Université d'Hawaï (période de données : juillet 2007 à avril 2016). Les résultats de l'analyse sont présentés dans le **tableau 4.4.7**. La source des hautes eaux moyennes (MHWS) est à +0,73 m au-dessus du niveau moyen de la mer (MSL), les hautes eaux moyennes supérieures (MHHW) sont à +0,719 m, et la différence entre les hautes eaux moyennes (MHW) et les basses eaux moyennes (HLW), qui est l'amplitude moyenne de la marée, est de 1,11 m. La **figure 4.4.8** montre la variation annuelle du niveau moyen mensuel de l'eau. Comme le montre la figure, le niveau de la marée est plus élevé que la moyenne de décembre à juin et plus bas de juillet à octobre. En avril et mai, lorsque les inondations sont les plus fréquentes, le niveau moyen mensuel de la marée est environ 0,08 m (8 cm) plus élevé que le niveau moyen de la mer (niveau moyen de la mer).

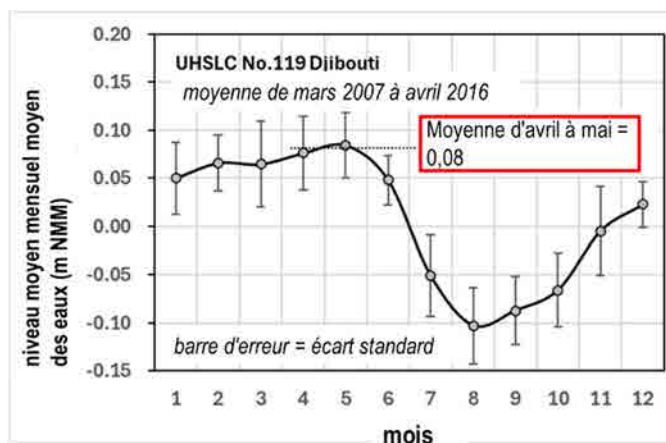
<sup>42</sup> EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Ouedu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

<sup>43</sup> Université d'Hawaï : Centre du niveau de la mer, <https://uhscl.soest.hawaii.edu/stations/?stn=119#levels>

**Tableau 4.4.7 Paramètres de marée (Unité : mm)**

Station	Source des hautes eaux moyennes (MHWS)	Moyenne des hautes eaux supérieures (MHHW)	Moyenne des hautes eaux (MHW)	moyen mers (NMM)	Moyenne des basses eaux (MLW)	Moyenne des basses eaux basses eaux (MLLW)
Djibouti	0.730	0.719	0.569	0	-0.541	-0.901

Source : Équipe d'étude de la JICA sur la base de données du Sea Level Center, Université d'Hawaï.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.8 Variation annuelle du niveau d'eau moyen mensuel**

#### 4.4.3 Changement climatique

La Banque mondiale (BM) a résumé comme suit la version djiboutienne de son profil pays sur les risques climatiques pour 2023 :

**Tableau 4.4.8 Prévisions futures sur le changement climatique**

Objet	Calendrier	Prédiction	Changer	Scénario
Température moyenne de l'air observée	1971~ 2020		0,21°C /10 ans d'augmentation	Tendance passée
Température moyenne de l'air prévue	2020~ 2039	28,69°C~ 29,42°C	0,74°C augmentation	SSP3-7.0
	2040~ 2059	28,69°C~ 29,42°C	0,77°C augmentation	SSP3-7.0
Précipitations annuelles moyennes	1971~ 2020		22,50 mm /diminution de 10 ans	Tendance passée
	Au milieu de ce siècle	Augmentation prévue	Augmentation de 13,59 % *	SSP3-7.0
Moyenne des précipitations maximales sur 5 jours	Période de référence * ~Au milieu de ce siècle	19.90~ 46.41mm		SSP3-7.0
Nombre maximal de jours secs continus	Au milieu de ce siècle	292,78 jours	Diminution de 13,6 jours	SSP3-7.0
Probabilité de précipitations journalières maximales	100YRP devient 64 YRP			SSP3-7.0
L'élévation du niveau de la mer	Période de référence~ 2050		Augmentation de 0,22 million d'euros	SSP3-7.0
	Période de référence~ 2100		Augmentation de 0,69 million d'euros	SSP3-7.0

\* Valeur relative par rapport aux précipitations de 1995 à 2014

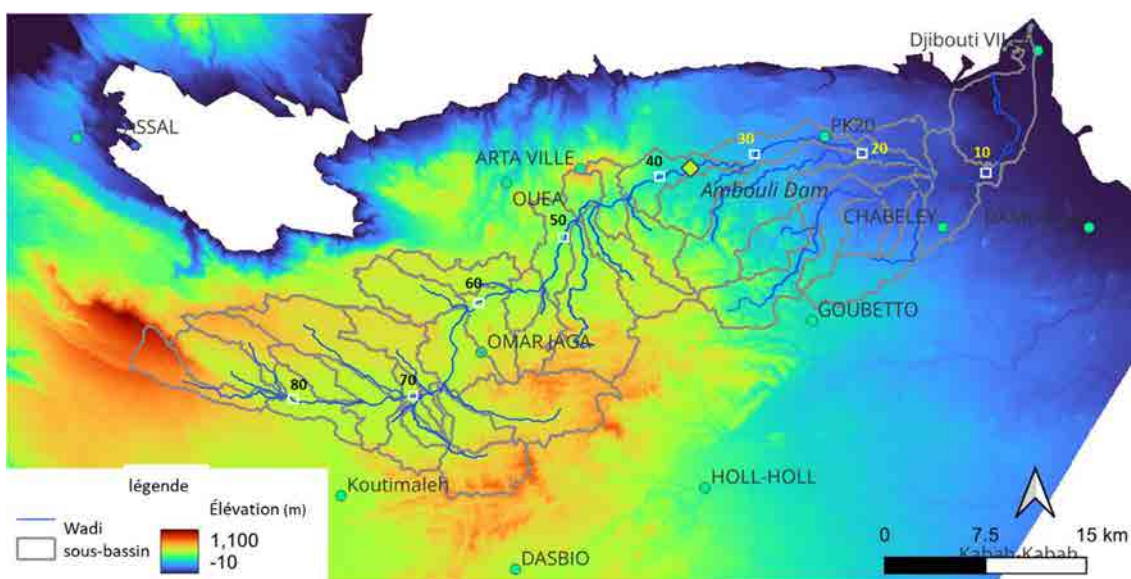
Source : BM, Profil du pays en matière de risques climatiques (2023)

L'augmentation des températures moyennes ne fait pas qu'exacerber les problèmes de santé humaine, elle pose également des risques pour la sécurité de l'eau et de l'alimentation, tandis que l'augmentation des précipitations et du niveau des mers accroît les risques d'inondation.

## 4.5 Inondations fluviales

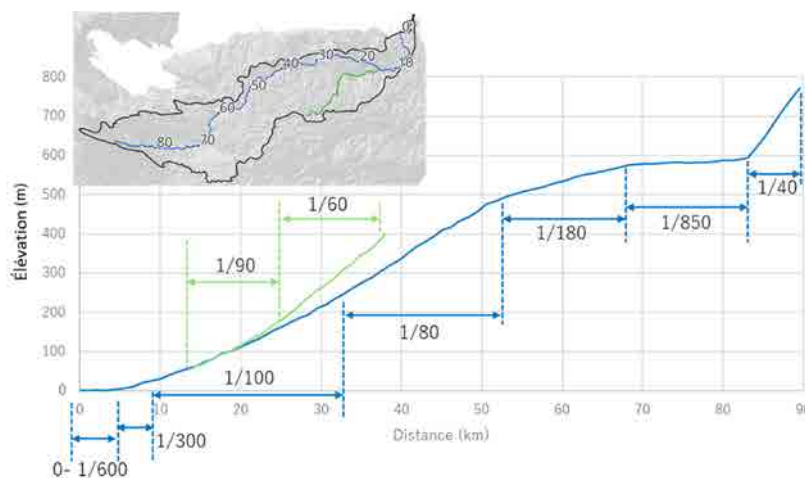
### 4.5.1 Caractéristiques du bassin de l'oued Ambouli

Le bassin de l'oued Ambouli a un bassin versant d'environ 800 km<sup>2</sup> et s'étend d'est en ouest. Comme le montre la **figure 4.5.1**, il existe des zones montagneuses à l'ouest et au sud, qui constituent l'amont du bassin. L'altitude de la zone montagneuse occidentale dépasse 1 000 m et celle de la zone montagneuse méridionale est de 800 m environ. L'oued Ambouli, d'une longueur d'environ 90 km, prend sa source dans la région montagneuse de la partie occidentale du bassin et s'écoule à travers des vallées dans la partie centrale vallonnée avant de traverser une large zone naturelle en forme de cuvette et de fusionner avec un affluent sur la rive droite. Il creuse ensuite un chenal fluvial dans la zone relativement plate située en aval, où se trouve la ville de Djibouti, avant de se jeter dans un delta et de se déverser dans le golfe d'Aden. Le cours principal de l'oued Ambouli et tous ses affluents sont des rivières sèches qui ne coulent que pendant les pluies. Le barrage de l'amitié d'Ambouli, qui a été achevé en 2019, est situé à environ 37 km de l'estuaire, et l'altitude du site du barrage est d'environ 310 m au-dessus du niveau moyen de la mer.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.5.1 Élévation et limites du bassin de l'oued Ambouli**



Remarques : Bleu=Ambouli Wadi, Vert=Boulle Wadi

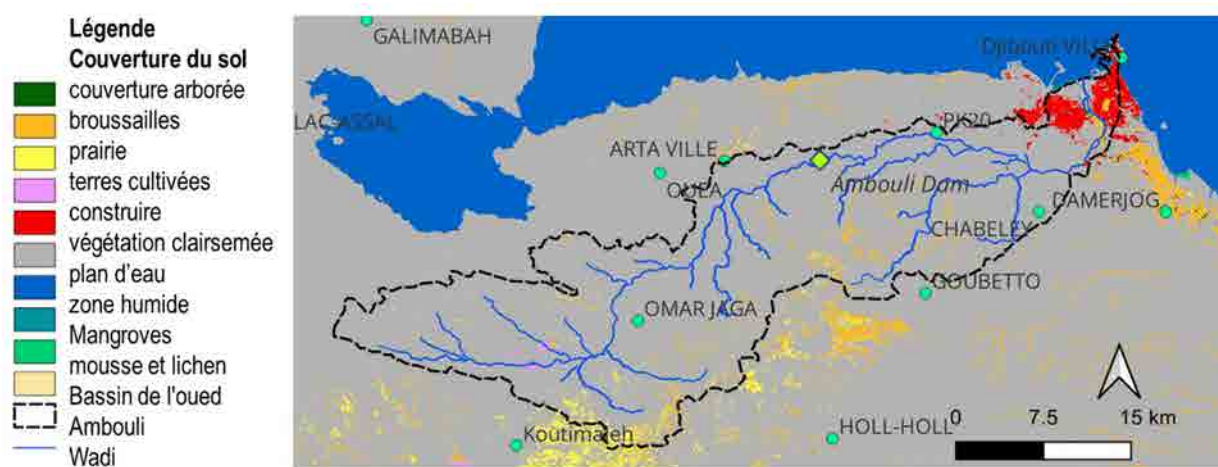
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.5.2 Profils longitudinaux de l'oued Ambouli**

Les profils longitudinaux de l'oued Ambouli et de l'oued Boulle, qui rejoint l'oued Ambouli à environ 13 km de l'embouchure de l'oued Ambouli, sont présentés dans la **figure 4.5.2**. La pente longitudinale de l'oued Ambouli est de 1/100 dans le cours moyen, de 1/300 à 1/600 dans le cours inférieur, et plate dans le delta. Le cours supérieur de l'oued Ambouli est abrupt, mais il y a aussi de grandes zones plates couvertes de sable, comme Omar Jagga.

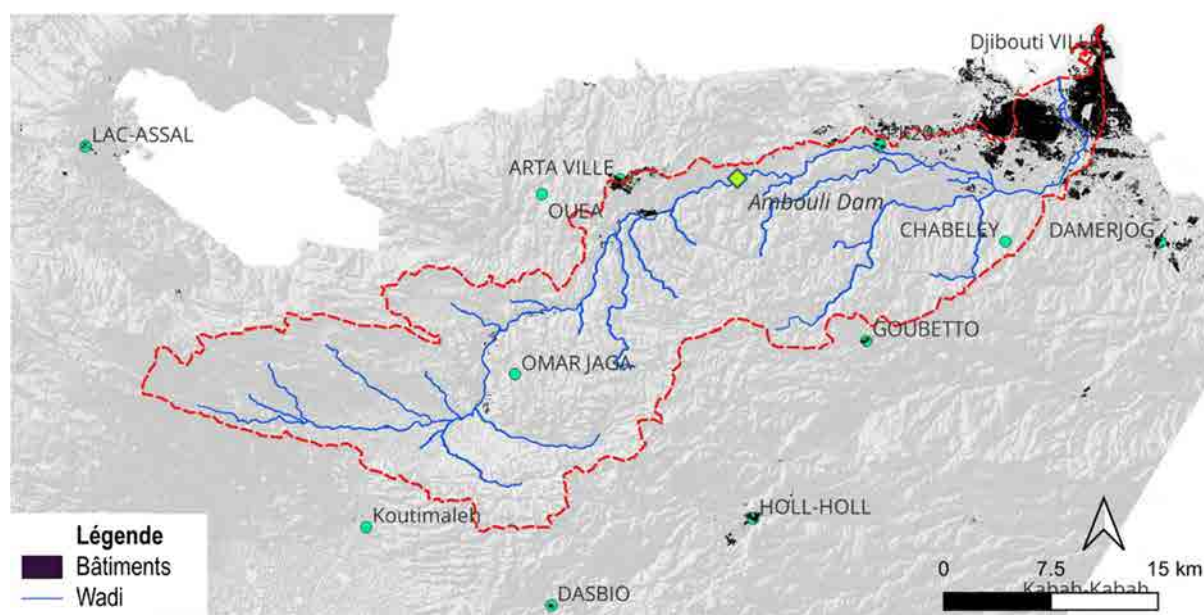
La couverture terrestre du bassin est présentée dans la **figure 4.5.3**. La majeure partie du bassin est constituée de terres nues (zone grise sur la figure), avec une petite quantité de prairies (jaune) et d'arbustes (orange) dans la partie méridionale du bassin. On peut également constater que les zones bâties (en rouge) sont concentrées près de la côte, en aval, sur le côté est du bassin.

La **figure 4.5.4** montre la répartition des bâtiments dans le bassin. Les bâtiments sont colorés en noir sur la figure. On peut voir que les bâtiments à l'intérieur du bassin sont limités à des zones comprenant la ville de Djibouti dans la partie aval orientale du bassin, et à des blocs urbains le long du fleuve et dispersés à l'intérieur et à l'extérieur du bassin, comme la ville d'Arta dans la partie centrale septentrionale du bassin.



Source : Équipe d'étude de la JICA sur la base des données WorldCover 10m 2021 de l'ESA

**Figure 4.5.3 Couverture terrestre dans Bassin de l'oued Ambouli**



Source : Équipe d'étude de la JICA sur la base des données Open Buildings

**Figure 4.5.4 Répartition des bâtiments dans le bassin de l'oued Ambouli**

La **figure 4.5.5** montre l'état des cours moyen et inférieur de l'oued Ambouli. La large zone naturelle en forme de cuvette dans le cours moyen fonctionne comme un bassin de ralentissement des crues et un bassin de piégeage des sédiments. Les affluents, y compris l'oued Boule, ont également de larges bassins de ralentissement des crues et de piégeage du sable en aval de la vallée. L'oued Ambouli a une largeur de 500 à 900 m entre Nagat et Palmeraie dans le cours inférieur. Le delta est un très grand bassin de ralentissement des crues et de piégeage du sable avant que les eaux de crue et les sédiments ne se jettent dans la mer. Dans le cours inférieur, il y a trois gués, près du Pont Italien, de la Palmeraie, de Nagat et d'une décharge. En outre, il y a une digue (2,2 km de long) sur la rive droite de Nagat au Pont Italien.



Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.5 Bassin de l'oued Ambouli dans les bassins moyen et inférieur**

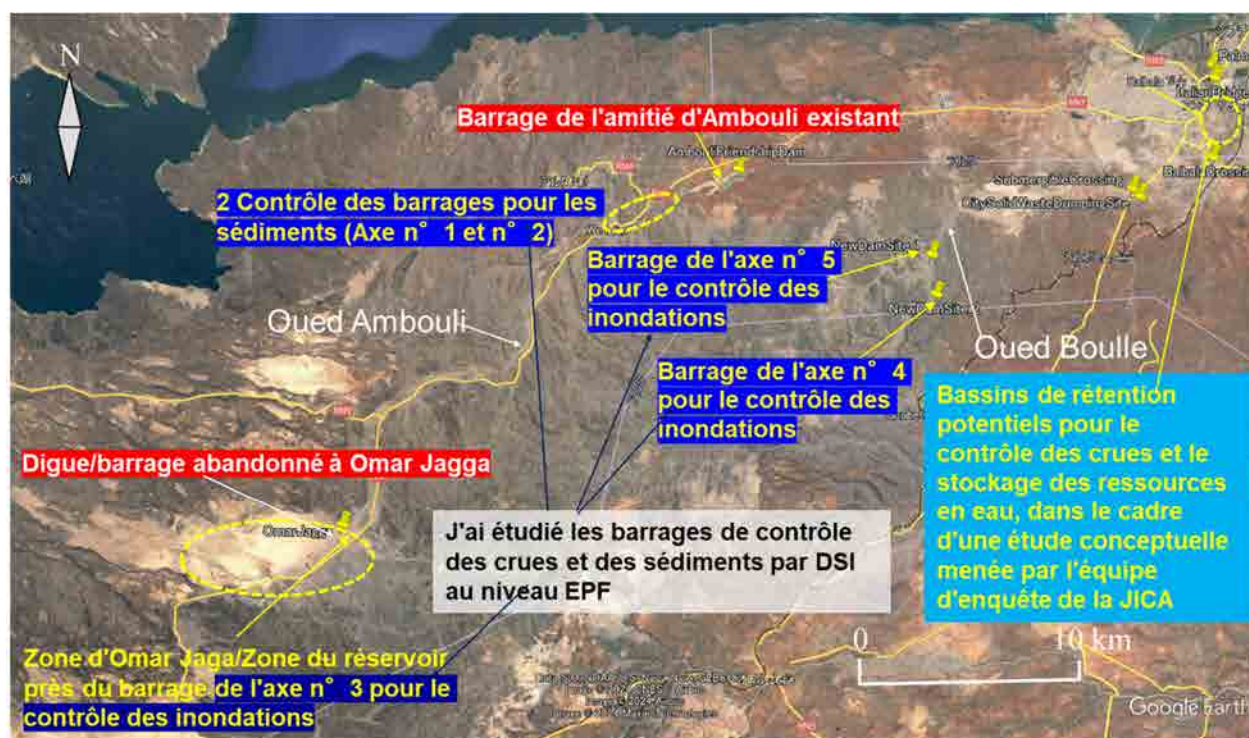
#### 4.5.2 Installations de lutte contre les inondations existantes et étudiées et aménagements connexes des ressources en eau Installations

##### (1) Installations existantes de lutte contre les inondations et installations connexes de mise en valeur des ressources en eau

Dans l'oued Ambouli, il y a deux installations de contrôle des crues existantes. Il s'agit de la digue de la rive droite dans le tronçon aval, qui a été construite grâce au fonds de la Banque mondiale en 2008, et du barrage de l'amitié d'Ambouli (BAAM) dans le tronçon intermédiaire, qui a été construit par DSI de Turquie grâce au fonds turc en 2019. Bien que le barrage de l'amitié d'Ambouli ait été construit uniquement à des fins de lutte contre les inondations, il est également utilisé pour la recharge des eaux souterraines à partir de l'eau retenue stockée pendant les inondations.

En outre, il y avait une digue en terre de plusieurs mètres de haut et de 720 m de long pour stocker les eaux de crue et utiliser pour la recharge des eaux souterraines à Omar Jagga dans la zone en amont de l'oued Ambouli (à environ 60 km de Djibouti City). La digue a été rompue par l'inondation de 2004 et n'est plus utilisée.

La figure 4.5.6 montre l'emplacement de ces trois installations. Cette figure inclut également les emplacements des installations étudiées décrites au point (2) ci-dessous.



Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.6 Localisation des ouvrages de protection contre les inondations existants et étudiés et des ouvrages connexes de mise en valeur des ressources en eau dans le bassin de l'oued Ambouli.**

##### 1) Digue de la rive droite

La digue de la rive droite dans la partie aval de l'oued Ambouli à partir de l'amont du pont italien avec une longueur d'environ 2,2 km a été construite en 2008 sur la base de l'inondation très sévère par l'inondation de 2004. L'objectif de la digue de la rive droite est de protéger la ville de Djibouti, en particulier les zones de la rive droite autour de l'oued Ambouli avec un certain franc-bord, basé sur l'estimation du niveau de l'eau de crue avant la construction du BAAM. La digue est construite en terre avec une protection par des roches pour la pente de la digue du côté de l'oued et quelques parties sur le

sommet de la digue également. La **figure 4.5.7** montre une photo de la digue de la rive droite. De nombreuses personnes, y compris les personnes ayant migré des zones inondables de l'oued Ambouli, où de très graves inondations se sont produites pendant l'inondation de 2004, vivent sur la digue en construisant des maisons. Cependant, on peut dire qu'il y a toujours des risques élevés d'inondation pour ces personnes en cas de débordement des eaux de crue sur la digue ou d'effondrement de la digue par les eaux de crue débordées. Il est également important de noter que de telles habitations entravent l'entretien et la gestion des digues et constituent une menace pour leur sécurité.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.5.7 Digue de rive droite dans le cours aval de l'oued Ambouli**

## 2) Barrage de l'amitié d'Ambouli

Le barrage de l'amitié d'Ambouli (BAAM) est un barrage de contrôle des inondations, qui a été construit par DSI de Turquie en 2019 en se référant au barrage proposé (barrage P17) par l'étude de l'UE 2007 Rapport<sup>44</sup> sur les différents sites de barrage candidats pour le contrôle des inondations. Le bassin versant du barrage de l'amitié Ambouli a été estimé à 490 km<sup>2</sup> sur la base de l'analyse du MNT utilisé dans cette étude. Le type de barrage est un barrage à noyau crayeux, sable, gravier et enrochement<sup>45</sup>. La hauteur du barrage est de 38 m, la capacité de stockage brute du réservoir est de 14,37 MMC et la capacité de stockage active est de 12,06 MMC. Le débit nominal du déversoir est de 3 000 m<sup>3</sup>/s. Le barrage dispose d'une conduite de sortie de fond avec une capacité de débit de 8,25 à 12,29 m<sup>3</sup>/s pour libérer l'eau de crue stockée afin de récupérer le stockage de contrôle des inondations pour la prochaine crue en ouvrant sa vanne. La partie d'entrée de la sortie de fond est située à El. 316.00m, ce qui est 15 m au-dessus du lit original de la rivière et correspond à 2.31MCM du volume de stockage mort de conception (volume de sédiments) après 50 ans d'exploitation de conception du barrage. Cependant, comme décrit en 4.5.5, en novembre 2014, le niveau de sédiments du réservoir avait déjà atteint 5 m en dessous de la sortie de la vidange de fond, laissant seulement 1,34 MCM de capacité de sédiments restante. La **figure 4.5.8** montre le BAAM avec son réservoir et la sortie de fond.

## 3) Digue/barrage abandonné d'Omar Jagga

A Omar Jagga, dans la zone amont du bassin de l'oued Ambouli, la digue/barrage d'une hauteur de plusieurs mètres et d'une longueur de 720 m a été construite dans les années 1990 pour recharger la nappe phréatique en stockant les eaux de crue<sup>46</sup>. Le bassin versant de la digue/barrage est d'environ 200 km<sup>2</sup> (d'après l'analyse MNT de cette étude). Comme la digue a été rompue par l'inondation de 2004, elle n'est plus utilisée aujourd'hui. La **figure 4.5.9** montre la digue rompue et la zone environnante. Comme

<sup>44</sup> EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Ouedu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

<sup>45</sup> DSI, MAEPE-RH : Projet de barrage de l'amitié d'Ambouli, Rapport final des travaux de construction, 2020.

<sup>46</sup> MAEPE-RH : Hydroterra engineering, Etude de Faisabilité pour la Création D'Ouvrages de Retention D'Eaux par Mobilisation des Eaux de Surface, 2018.

le montre la photo ci-dessous, contrairement aux autres zones couvertes de roches et de galets, la zone d'Omar Jagga est couverte de sable et la topographie est très large et plate. Par conséquent, cette zone a probablement un potentiel de développement agricole grâce au stockage et à l'utilisation des eaux de surface.



Barrage de l'amitié d'Ambouli et réservoir le 17 octobre 2024



Déversoir en forme de triangle (labyrinthe)



Gorges en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli



Tuyau de sortie inférieur pour abaisser le niveau d'eau du réservoir (Max. environ 12 m<sup>3</sup>/s)

Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.5.8 Barrage de l'amitié d'Ambouli**



Source : Équipe d'étude de la JICA (photo en octobre 2024, arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.9 Digue rompue à Omar Jagga et dans les environs**

## (2) Installations de lutte contre les inondations et installations de développement des ressources en eau étudiées

Les installations de contrôle des inondations et de développement des ressources en eau étudiées comprennent 1) une étude de préfaisabilité sur des barrages de contrôle des inondations et des barrages de contrôle des sédiments supplémentaires (barrages de contrôle ou barrages de Sabo) menée par le DSI de Turquie en juillet 2024<sup>47</sup>, et 2) une étude conceptuelle sur les bassins de ralentissement des inondations et le stockage et l'utilisation des eaux de surface menée dans le cadre de la présente étude.

### 1) Barrages supplémentaires recommandés dans l'étude de DSI en juillet 2024

La DSI a mené une étude de préfaisabilité sur les barrages supplémentaires de contrôle des inondations ainsi que sur les barrages de contrôle des sédiments (barrages de contrôle ou barrages de Sabo) pour réduire l'apport de sédiments au barrage de l'amitié d'Ambouli dans le bassin de l'oued Ambouli. Le **tableau 4.5.1** présente les cinq barrages dont la DSI a recommandé la construction. L'emplacement de ces barrages est indiqué sur la **figure 4.5.6**. Les détails de ces barrages figurent à l'**annexe 3** du présent rapport.

**Tableau 4.5.1 Barrages recommandés par DSI pour la construction**

Site du barrage (No. d'axe)	Oued	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Objectif	Type de barrage	Hauteur du barrage (m)	Stockage brut (MCM)
Axe No.1	Ambouli	470	Stockage de sédiments pour l'BAAM	Poids du béton (gravité)	10.00	0.178 (volume de sédiments)
Axe No.2	Ambouli	470	Stockage de sédiments pour l'BAAM	Poids du béton (gravité)	10.00	0.347 (volume de sédiments)
Axe No.3	Ambouli	280	Stockage des eaux de crue	Béton	11.00	40.814 (Retain entire V <sub>500</sub> )
Axe No.4	Boulle	27	Stockage des eaux de crue	Béton compacté au rouleau (BCR)	27.50	3.987 (Conserver l'ensemble du V <sub>500</sub> )
Axe No.5	Boulle	47	Stockage des eaux de crue	BCR	26.00	6.250 (Conserver l'ensemble du V <sub>500</sub> )

Remarques : période de retour de 500 ans (PRA) du volume d'inondation

Source : DSI

### 2) Etude conceptuelle de cette enquête sur les bassins de ralentissement potentiels dans le tronçon aval de l'oued Ambouli

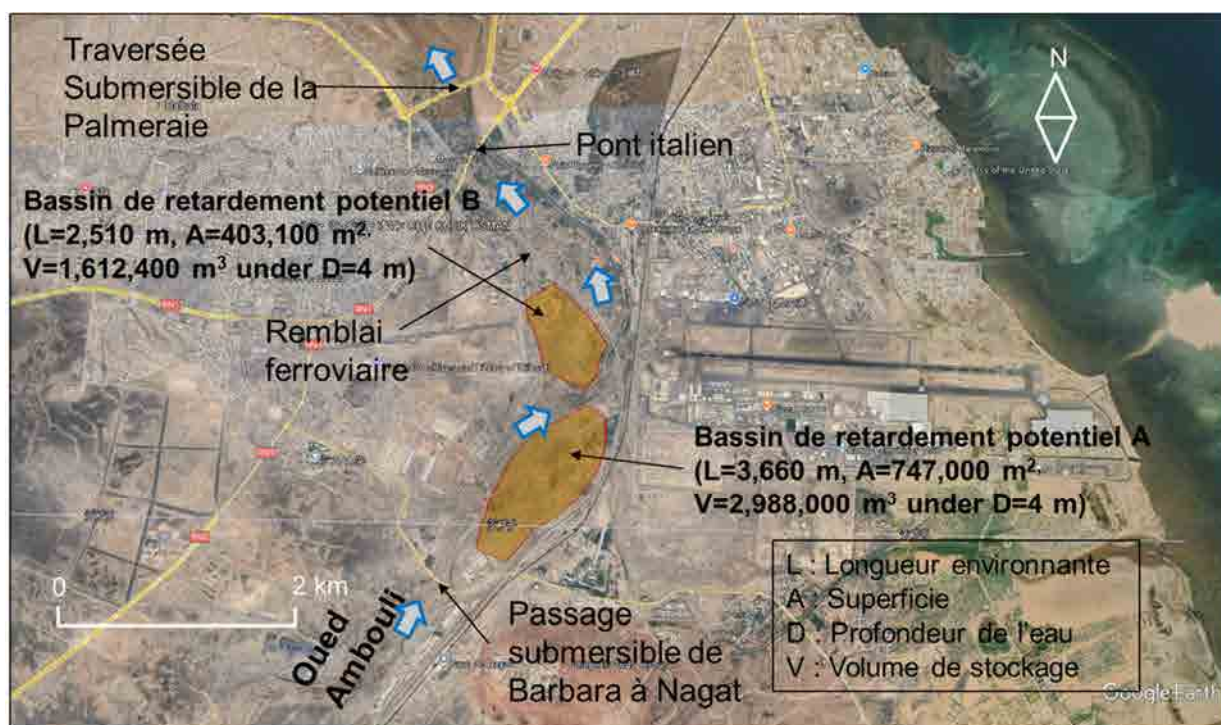
Afin de réduire le pic de crue dans le tronçon aval de l'oued Ambouli, deux (2) zones de ralentissement potentielles (bassins de ralentissement potentiels A et B) ont été identifiées par cette étude. Les emplacements des zones potentielles de ralentissement sont indiqués sur la **figure 4.5.6**. La zone du bassin de ralentissement potentiel A est actuellement un vaste terrain vague. La zone du bassin de ralentissement potentiel B est également un vaste terrain vague, mais quelques personnes (y compris des migrants illégaux) y vivent. D'après l'ancienne carte du CERDO datant de 1953, l'oued Ambouli s'écoulait autrefois dans ces deux zones.

La **figure 4.5.10** montre les superficies supposées des bassins de ralentissement potentiels. En supposant que la profondeur d'eau de ces deux bassins de ralentissement potentiels est de 4 m, les capacités de stockage des bassins de ralentissement potentiels A et B sont approximativement estimées à 2,99 MCM et 1,61 MCM, respectivement, et ces stockages sont les capacités de stockage de contrôle des

<sup>47</sup> DSI : Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report, 2024.

inondations. Comme les capacités de stockage ne sont pas très importantes, il est préférable d'utiliser ces bassins de ralentissement potentiels pour réduire le débit de pointe de l'inondation.

La capacité de contrôle des inondations doit être maintenue vide en cas d'inondations, mais si une capacité de stockage supplémentaire pouvait être créée tout en maintenant la capacité de contrôle des inondations, la capacité de stockage supplémentaire pourrait être utilisée pour stocker de petits débits, tels que le débit du barrage de l'amitié d'Ambouli par la décharge de fond, et pourrait être utilisée pour l'agriculture, le jardinage, ou le reboisement dans la ville de Djibouti et les zones environnantes.



Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.10** Zones conceptuelles avec capacités de stockage supposées des bassins de rétention potentiels dans le cours aval de l'oued Ambouli

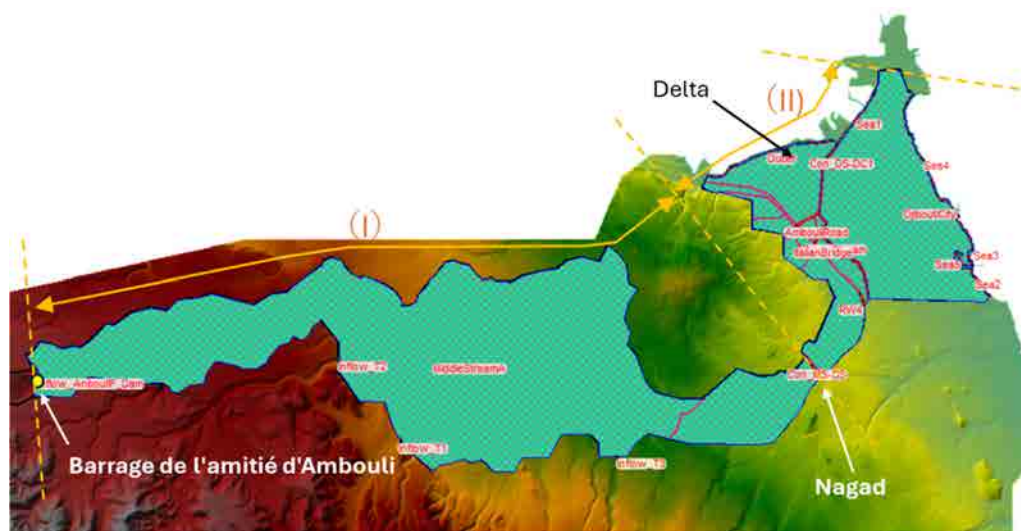
### 4.5.3 Analyse de l'inondation

#### (1) Objectif de l'analyse des inondations

L'objectif de l'analyse est de construire un modèle de simulation qui représente le phénomène d'inondation pendant les crues, et d'examiner l'impact des structures existantes telles que les ponts et les voies ferrées sur les inondations, l'efficacité des mesures de contrôle des inondations existantes, l'impact des plans de développement futurs, et l'efficacité attendue des mesures de contrôle des inondations à mettre en œuvre. Les principales zones cibles de l'analyse sont la plaine inondable en aval du point Nagad près de la ville de Djibouti et la zone urbaine de la ville de Djibouti.

#### (2) Aperçu du modèle

Le modèle de simulation a été construit en utilisant HEC-RAS développé par le Centre d'Ingénierie Hydrologique du Corps des Ingénieurs de l'Armée des Etats-Unis (HEC-USACE), et l'analyse des flux instationnaires en 2D a été effectuée. Le modèle a été construit pour le canal de la rivière et la zone d'inondation en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli (environ 37 km de l'embouchure de la rivière) (voir **Figure 4.5.11**), et la zone du modèle a été divisée en deux zones (I. Barrage de l'amitié d'Ambouli au point Nagad, II. Point Nagad à l'estuaire) pour l'analyse. L'objectif principal de la première zone (I) était de comprendre le phénomène de propagation du débit de crue vers le bas et l'effet de la réduction du débit de pointe dans la zone, et la deuxième zone (II) était de comprendre le phénomène d'inondation dans la zone en aval et l'impact sur la zone urbaine. Cette section se concentre sur le contenu et les résultats de l'analyse pour la deuxième zone (II). En ce qui concerne (I), la modélisation a été réalisée dans le cadre d'une analyse préliminaire du ruissellement pluvial. Pour plus de détails sur l'analyse préliminaire du ruissellement pluvial, veuillez vous référer à l'**annexe 4** du présent rapport.



Remarques : le maillage vert indique le domaine de calcul  
Source : Équipe d'étude de la JICA

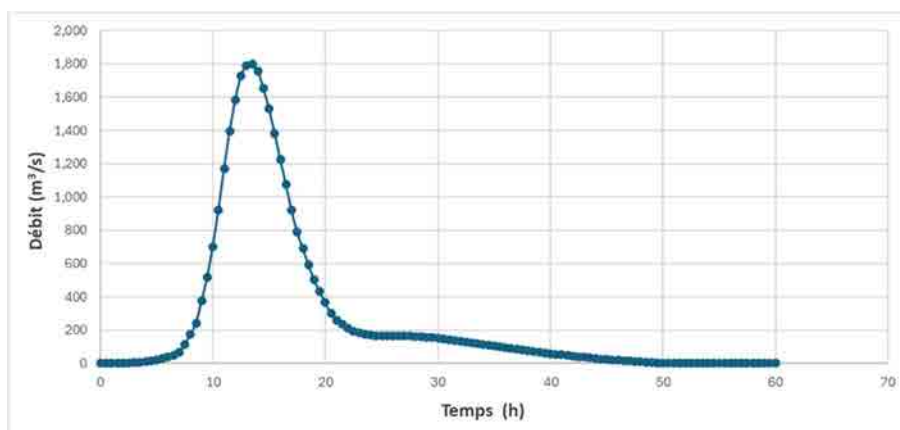
**Figure 4.5.11 Couverture du modèle de simulation**

À la suite d'essais et d'erreurs tenant compte des conditions du sol et de la végétation de la zone cible dans le cadre d'informations de calibrage limitées pour la zone (II), les coefficients de rugosité appliqués dans le modèle ont été fixés à 0,15 dans la zone urbaine, à 0,1 dans la plaine d'inondation et à 0,04 dans le chenal de la rivière, tandis que 0,035 dans le chenal de la rivière après l'excavation du lit de la rivière. En outre, le niveau de l'eau dans l'estuaire a été supposé constant et la source des hautes eaux moyennes (MHWS) a été appliquée comme niveau de l'eau dans l'estuaire, qui est la condition limite en aval du modèle. Sur la base des résultats de la mesure des marées en 4.1.1 et de l'analyse des marées en 4.4.2, la source de hautes eaux moyennes (MHWS), en tenant compte des fluctuations annuelles, a été fixée au niveau moyen de la mer + 0,8 m, soit 1,13 m (0,8 m + 0,33 m) par rapport à la valeur d'élévation standard pour cette étude.

Il convient de noter que cette analyse est une analyse préliminaire dans laquelle les calculs pour l'ensemble de la zone cible, y compris la partie du canal, ont été effectués uniquement à l'aide d'un modèle 2D, dans le but de comprendre les caractéristiques d'inondation de la zone cible, et qu'une analyse détaillée sera nécessaire lors de l'examen de projets spécifiques à l'avenir.

### (3) Définition de l'hydrogramme de débit

L'hydrogramme de décharge comme condition limite en amont a été défini sur la base des résultats d'études antérieures. En d'autres termes, la forme de l'hydrogramme (changements temporels du débit) était basée sur les résultats de l'étude de l'UE (2007)<sup>48</sup> (décrite dans 3.3.1 (2)), et la valeur du débit de pointe était basée sur les résultats de l'étude BECOM<sup>49</sup> (décrite dans 3.3.1 (1)), puis l'hydrogramme a été ajusté (étiré ou raccourci) selon le cas. La simulation de l'inondation a été réalisée essentiellement avec un débit de pointe de 1 800 m<sup>3</sup>/s pour la période de retour de 50 ans (PRA) de l'étude BECOM, mais les valeurs des débits de pointe ont été modifiées pour certains cas de simulation spécifiques, le cas échéant. L'hydrogramme de décharge utilisé dans l'analyse est présenté dans la **Figure 4.5.12**.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.5.12 Hydrogramme de débit (pour un débit de pointe de 1 800 m<sup>3</sup>/s)**

### (4) Analyse de l'inondation cas 1 : Examen de l'impact des structures existantes

En ce qui concerne l'analyse de l'inondation Cas 1, afin d'examiner l'impact des structures existantes, des simulations d'inondation ont été effectuées pour trois cas : 1A) sans structures existantes (sans ponts ni chemin de fer, c'est-à-dire l'état avant la construction du pont italien), 1B) après la construction du pont italien, et 1C) après la construction du pont italien et du chemin de fer (mais sous condition de « sans rive droite » à installer en amont du pont italien sur une longueur de 2 km). La simulation a permis de calculer la zone inondée et le nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation, et les résultats sont présentés dans le **tableau 4.5.2**. Le nombre de bâtiments affectés dans le tableau a été calculé sur la base des informations sur les bâtiments mentionnées au 4.5.1. La **figure 4.5.13** montre les zones inondées pour les cas 1A et 1C. En plus de la zone inondée pour chaque profondeur d'inondation, la figure montre également un diagramme schématique de la direction et de la quantité d'écoulement pendant l'inondation à l'aide de flèches et de chiffres (les chiffres indiquent le débit (m<sup>3</sup>/s)). Le **tableau 4.5.2** et la **figure 4.5.13** indiquent que la construction du pont italien et de la voie ferrée a étendu la zone inondée de plusieurs pour cent chacun, et qu'après la construction de la voie ferrée, de nouvelles inondations se sont produites sur le côté ouest de la voie ferrée, du pont italien à la zone proche de la route de la Palmeraie.

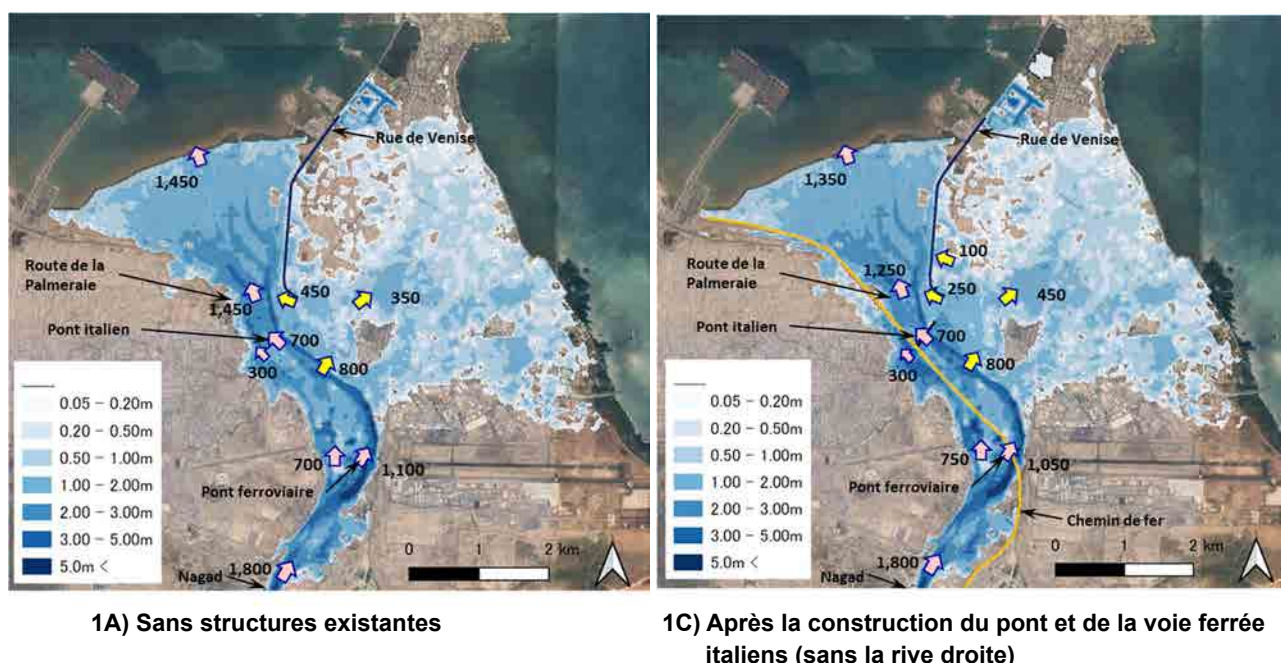
<sup>48</sup> EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Oudeu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

<sup>49</sup> JICA.ADR: Data Collection Survey on Strengthening of Transportation Sector, Final Report, 2022.

**Tableau 4.5.2 Comparaison de la zone inondée et du nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation (cas 1)**

Profondeur (m)	1A) Sans structures existantes		B) Après la construction du pont italien		1C) Après la construction du pont et de la voie ferrée italiens (sans la rive droite)	
	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0.05-0.20	1.52	4,144	1.46	3,940	1.50	3,634
0.20-0.50	3.57	9,129	3.62	9,545	3.75	10,047
0.50-1.00	5.59	10,960	5.80	11,530	5.84	11,463
1.00-2.00	6.15	4,392	6.45	5,227	6.37	6,121
2.00-3.00	2.15	504	2.13	588	2.17	936
3.00-5.00	0.78	68	0.79	83	0.97	268
5.00 <	0.12	1	0.12	1	0.13	2
Total	19.88	29,198	20.37	30,914	20.72	32,471

Source : Équipe d'étude de la JICA



Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.13 Zone inondée, profondeur de l'inondation et débit de l'inondation (cas 1)**

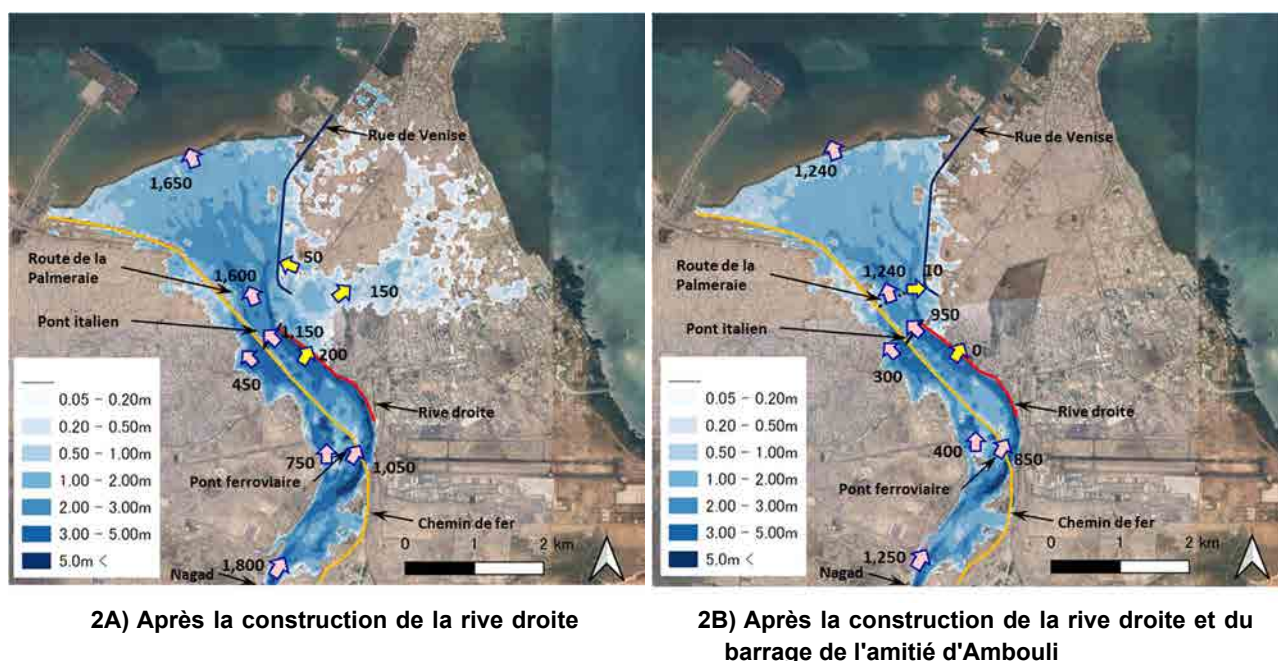
**(5) Analyse de l'inondation cas 2 : Examen de l'efficacité des mesures de contrôle des inondations existantes**

En ce qui concerne le cas 2 d'analyse des inondations, afin d'examiner l'efficacité des mesures existantes de contrôle des inondations, les conditions d'inondation ont été analysées pour deux cas : 2A) Après la construction de la rive droite, et 2B) Après la construction de la rive droite et du barrage de l'amitié d'Ambouli. Le cas 2B est la simulation sous la condition que l'effet du barrage est maximisé et que le débit de pointe est réduit de 1 800 m<sup>3</sup>/s à 1 250 m<sup>3</sup>/s (l'analyse de l'effet de réduction du barrage est décrite dans 4.5.4). Le **tableau 4.5.3** montre la zone inondée et le nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation dans chaque cas. A titre de comparaison, le résultat pour le cas 1C est indiqué dans la colonne de droite du tableau. La figure 4.5.8 montre la zone d'inondation pour les cas 2A et 2B. Le **tableau 4.5.3** et la **figure 4.5.14** montrent que la rive droite a réduit la zone inondée d'environ 60 % et le nombre de bâtiments touchés d'environ 40 % par rapport au cas 1C, et qu'en outre, en raison de l'effet du barrage de l'amitié d'Ambouli, la zone inondée a été réduite d'environ 40 % par rapport au cas 1C. la zone est réduite à environ 40 % et le nombre de bâtiments touchés à environ 10 % du cas 1C. On peut dire que l'efficacité des mesures de lutte contre les inondations existantes est très élevée.

**Tableau 4.5.3 Comparaison de la zone inondée et du nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation (cas 2)**

Profondeur (m)	2A) Après la construction de la rive droite		2B) Après la construction de la rive droite et du barrage de l'amitié d'Ambouli		1C) Après la construction du pont et de la voie ferrée italiens (sans la rive droite)	
	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0.05-0.20	1.40	3,555	0.30	429	1.50	3,634
0.20-0.50	1.77	4,325	0.57	612	3.75	10,047
0.50-1.00	2.02	2,898	1.53	611	5.84	11,463
1.00-2.00	3.85	1,663	3.92	982	6.37	6,121
2.00-3.00	2.46	936	1.61	730	2.17	936
3.00-5.00	1.23	580	0.75	289	0.97	268
5.00 <	0.17	7	0.08	1	0.13	2
Total	12.89	13,964	8.76	3,654	20.72	32,471

Source : Équipe d'étude de la JICA



Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.14 Zone inondée, profondeur de l'inondation et débit de l'inondation (cas 2)**

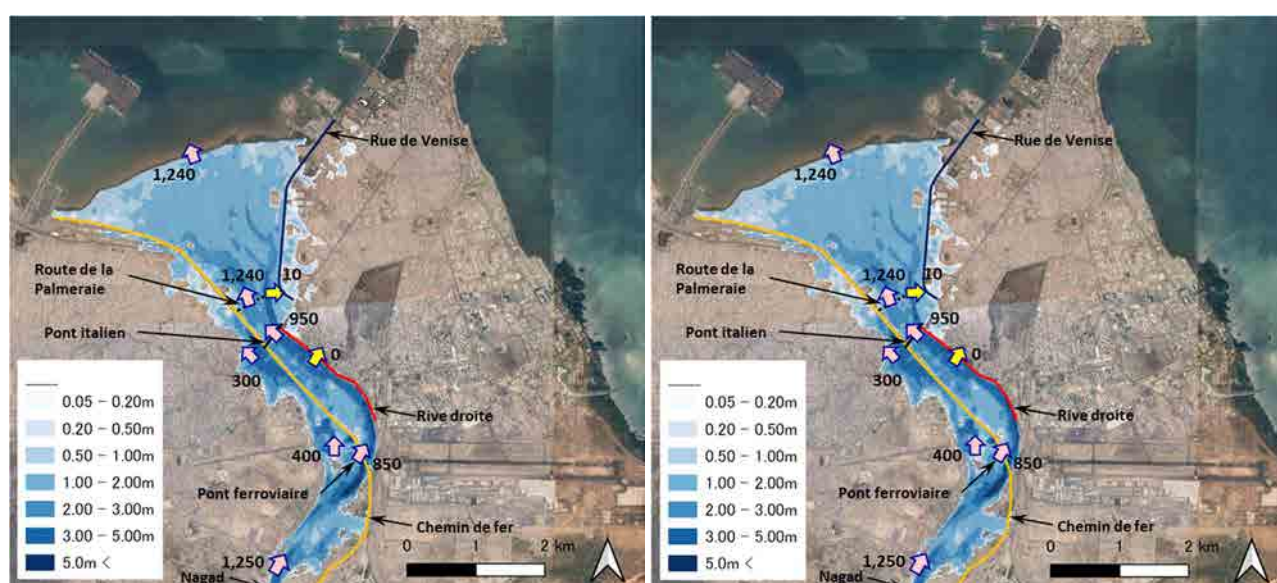
**(6) Cas 3 d'analyse d'inondation : examen de l'impact du développement d'infrastructures dans un futur proche**

En ce qui concerne le cas d'analyse d'inondation 3, afin de prédire l'impact de la construction du pont de la Palmeraie, les conditions d'inondation après la construction du pont de la Palmeraie ont été analysées. L'analyse a également pris en considération les travaux d'amélioration partielle du canal qui seront effectués en conjonction avec la construction du pont (excavation du canal au niveau de la section du pont à une élévation du lit du canal de 0m, et excavation de la rive gauche de la partie en amont du pont jusqu'au pont italien à une élévation de 1m à 2m avec un gradient d'environ 1/600). La condition de débit appliquée est celle où le barrage de l'amitié d'Ambouli fonctionne au maximum (débit de pointe de 1 250 m<sup>3</sup>/s). Le **tableau 4.5.4** montre la zone inondée et le nombre de bâtiments affectés pour chaque profondeur d'inondation, ainsi que le résultat pour le cas 2B, où les conditions sont les mêmes à l'exception du pont de la Palmeraie. La **figure 4.5.15** montre la zone inondée pour ce cas (cas 3) avec le résultat du cas 2B. Comme le montrent le **tableau 4.5.4** et la **figure 4.5.15**, bien que la zone inondée augmente légèrement après la construction du pont de la Palmeraie, l'impact est négligeable. Pour des informations de référence concernant le cas d'analyse d'inondation 3, les conditions d'inondation pour chaque échelle de débit sont présentées à l'**annexe 5**.

**Tableau 4.5.4 Comparaison de la zone inondée et du nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation (cas 3)**

Profondeur (m)	3) Après la construction du pont de la Palmeraie		2B) Après la construction de la rive droite et du barrage de l'amitié d'Ambouli	
	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0.05-0.20	0.32	465	0.30	429
0.20-0.50	0.60	655	0.57	612
0.50-1.00	1.54	628	1.53	611
1.00-2.00	3.91	1,005	3.92	982
2.00-3.00	1.59	709	1.61	730
3.00-5.00	0.78	288	0.75	289
5.00 <	0.08	1	0.08	1
Total	8.83	3,751	8.76	3,654

Source : Équipe d'étude de la JICA



**3) Après la construction du pont de la Palmeraie**

**2B) Après la construction de la rive droite et du barrage de l'amitié d'Ambouli**

Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.15 Zone inondée, profondeur de l'inondation et débit de l'inondation (cas 3)**

**(7) Cas d'analyse d'inondation 4 : Examen de l'impact du développement de la ZES en tant que plan futur**

En ce qui concerne le cas 4 d'analyse des inondations, afin de prédire l'impact du développement futur de la ZES, les conditions d'inondation lorsque la zone ZES sera développée avec quelques canaux dans le delta en aval de l'oued Ambouli ont été analysées. Pour l'analyse, deux cas de canaux à installer dans la zone ZES ont été supposés et définis, puis des simulations ont été effectuées dans les deux cas suivants : 4A) des canaux de 20 m et 80 m de large seront installés, et 4B) deux canaux de 20 m de large seront installés.

En ce qui concerne la définition de la largeur du canal, le canal de 20 m de large est basé sur le fait que le canal actuellement construit le long de la rue Venice dans le développement partiellement mis en œuvre sur le côté est du delta est d'environ 20 m de large. Le canal de 80 m de large est basé sur le fait que le canal qui s'écoule dans la partie centrale de la zone économique spéciale peut être lu comme ayant une largeur d'environ 80 m dans le plan de développement sur le panneau de signalisation dans la zone de développement actuelle. La hauteur du lit de chaque canal est fixée à une élévation de 0 m, sans pente. Le réglage de 0 m est basé sur le fait que la hauteur du lit du canal de 20 m en cours de construction est

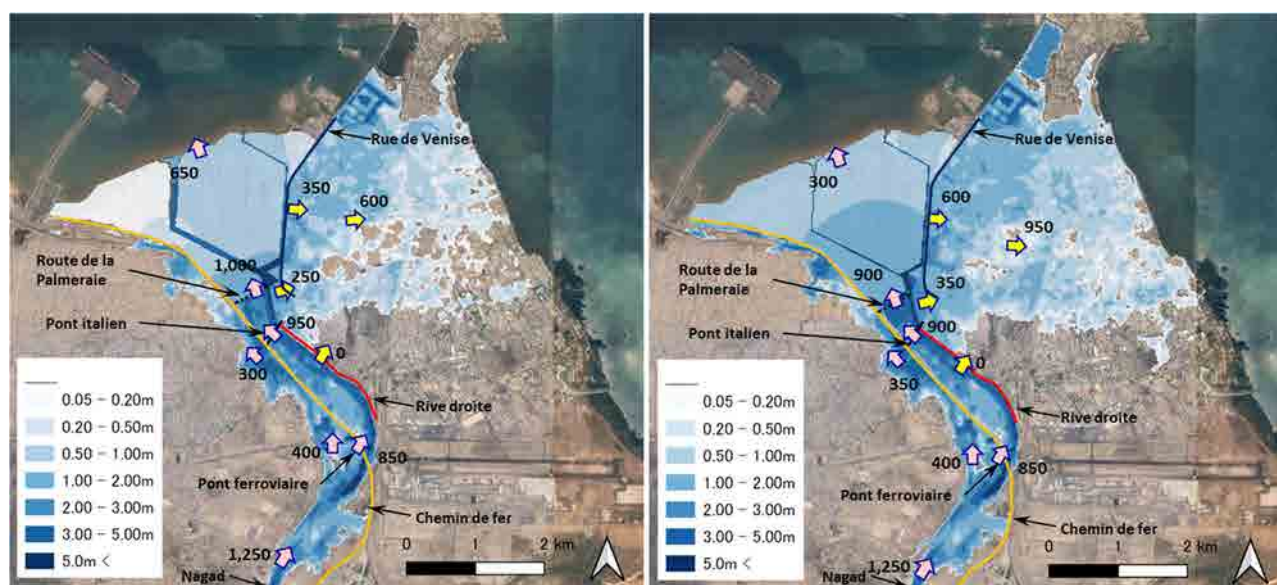
considérée comme étant d'environ 0 m. Le réglage de deux canaux de 20 m de large dans le cas 4B suppose que le canal dans la partie centrale de la zone SEZ sera installé avec environ la même largeur que le canal en cours de construction. En outre, il est également supposé que la zone de développement de la ZES sera remplie de terre à une hauteur de 4 m dans l'ensemble, à l'exception de la partie du canal. La hauteur de remplissage de 4 m est basée sur le fait que l'élévation du terrain actuellement développé dans une partie de la zone ZES est d'environ 4 m.

D'autres hypothèses et conditions pour la simulation sont que le développement de la ZES aurait lieu après la construction du pont de la Palmeraie (c'est-à-dire, la condition « avec » le pont de la Palmeraie), et la condition de décharge appliquée est celle où le barrage de l'amitié d'Ambouli fonctionne au maximum (décharge de pointe de 1250m<sup>3</sup>/s).

**Tableau 4.5.5 Comparaison de la zone inondée et du nombre de bâtiments touchés pour chaque profondeur d'inondation (cas 4)**

Profondeur (m)	4A) Cas où des canaux de 20 m et 80 m de large sont installés dans la zone économique spéciale (ZES)		4B) Cas où deux canaux de 20 m de large sont installés dans la zone SEZ		3) Après la construction du pont de la Palmeraie	
	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0.05-0.20	2.05	2,882	0.79	2,054	0.32	465
0.20-0.50	2.66	6,604	2.25	5,548	0.60	655
0.50-1.00	5.26	7,624	6.68	10,984	1.54	628
1.00-2.00	3.49	5,282	6.09	9,339	3.91	1,005
2.00-3.00	1.47	827	1.89	1,230	1.59	709
3.00-5.00	1.09	269	1.17	314	0.78	288
5.00 <	0.19	1	0.19	1	0.08	1
Total	16.21	23,489	19.06	29,470	8.83	3,751

Source : Équipe d'étude de la JICA



**4A) Cas des canaux de 20 et 80 mètres de large sont construits dans la zone SEZ**

**4B) Cas de deux canaux de 20 m de large sont construits dans la zone SEZ**

Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.16 Zone inondée, profondeur de l'inondation et débit de l'inondation (cas 4)**

Le **tableau 4.5.5** montre la zone inondée et le nombre de bâtiments affectés pour chaque profondeur d'inondation dans chaque cas, ainsi que les résultats du cas 3, où toutes les conditions sont les mêmes, à l'exception du développement dans la zone SEZ. La **figure 4.5.16** montre la zone inondée pour les cas 4A et 4B. Comme le montre la comparaison des zones inondées dans le tableau et la figure, l'impact du

développement de la ZES devrait être extrêmement important, même si des canaux sont installés. On s'attend également à ce que les inondations se produisent non seulement dans la zone urbaine de la ville de Djibouti, mais aussi dans la nouvelle zone de développement de la ZES.

## **(8) Estimation de l'allocation maximale du débit du canal compte tenu des contraintes**

### **1) Estimation du débit maximal du canal compte tenu des contraintes dans les conditions actuelles du delta**

Actuellement, le niveau moyen du sol dans le delta en aval de la route de la Palmeraie est d'environ 2 m, et même dans les zones de basse altitude où l'eau s'écoule pendant les inondations, l'élévation est d'environ 1m. Le plan futur du projet de construction du pont de la Palmeraie fixe l'élévation du lit du canal à la section du pont à -0,9 m, d'autre part, en tant que projet d'aide financière pour le pont de la Palmeraie, le lit du canal pour la section du pont est prévu d'être excavé à une élévation de 0 m, car on ne sait pas comment le canal sera traité dans le plan de développement de la zone économique spéciale en aval. Toutefois, compte tenu de la situation actuelle en aval, si l'excavation en aval ne peut pas être effectuée après le projet d'aide non remboursable, il est très probable que le lit du canal s'élèvera en raison de la sédimentation au niveau de la section du pont.

Compte tenu de la situation ci-dessus, en supposant qu'aucune excavation ne puisse être effectuée dans le delta et que le lit du canal s'élève au niveau du pont, l'équipe d'enquête a examiné la capacité d'écoulement maximale du canal qui peut être attendue au niveau de la route de la Palmeraie après la construction du pont de la Palmeraie, c'est-à-dire le débit maximal du canal qui peut être appliqué lors de la planification des futures mesures de contrôle des inondations, en tenant compte de diverses contraintes. Lors de l'examen, les niveaux des hautes eaux de conception (NEA) du pont de la Palmeraie et du pont italien (élévations de 4,3 m et 5,3 m, respectivement) ont été pris en compte dans le cadre de l'étude. Les contraintes imposées à l'examen peuvent être résumées comme suit :

- i. L'excavation, y compris le chenal, n'est pas autorisée dans la zone prévue de la ZES.
- ii. La largeur du chenal en amont du pont de la Palmeraie est au maximum de 100 m (la même que la largeur d'ouverture du pont de la Palmeraie et du pont italien).
- iii. L'élévation du lit du chenal au pont de la Palmeraie est fixée à une élévation de 1,0 m, qui est l'élévation supposée après sédimentation sur la base du profil longitudinal du profil du lit conformément à (i).
- iv. L'élévation du lit du chenal au pont italien n'est pas creusée en dessous de l'élévation du lit du chenal de conception du pont italien de 1,85 m.
- v. La hauteur de la tête de pont du pont de la Palmeraie (4,3 m) et la hauteur de la tête de pont du pont italien (5,3 m) restent inchangées.

De plus, les travaux d'amélioration du chenal qui sont réalisables tout en tenant compte des contraintes ci-dessus et qui sont nécessaires pour maximiser le débit alloué au chenal sont supposés être les suivants. Les détails des travaux sont fixés par des calculs d'essai utilisant le modèle de simulation.

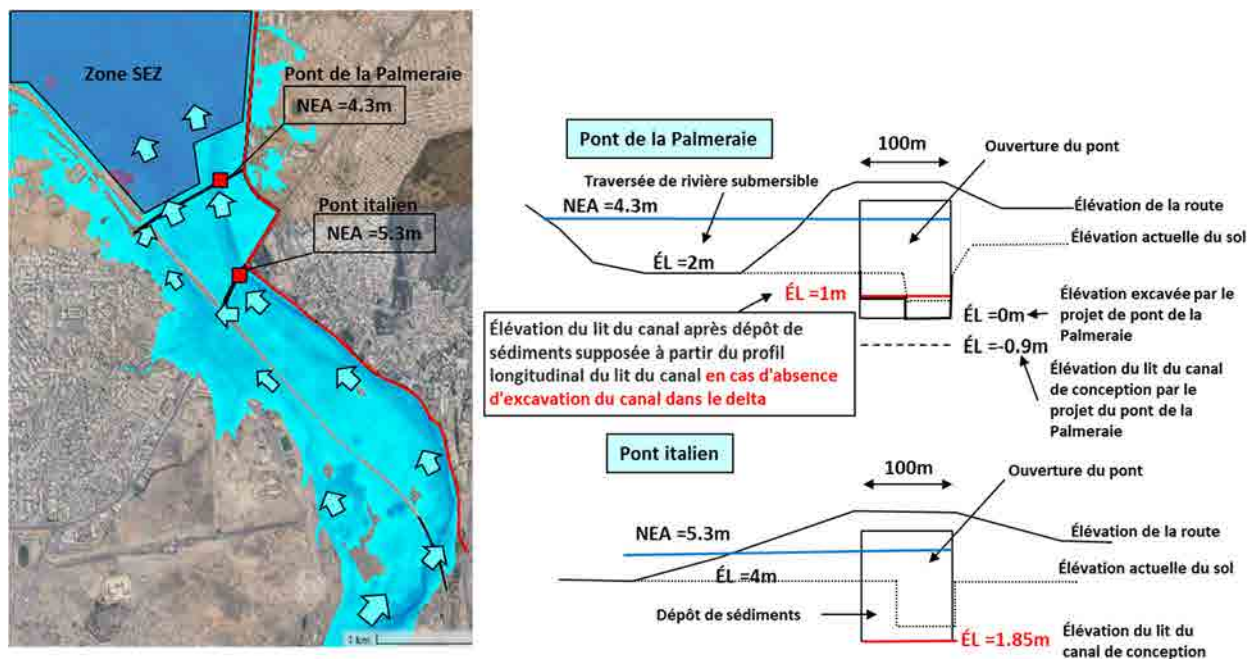
- La section allant du pont de la Palmeraie au pont italien est creusée avec une largeur de chenal de 100 m, une hauteur de lit de chenal d'une élévation de 1 m au pont de la Palmeraie et de 1,85 m au pont italien, avec une pente de lit de chenal d'environ 1/700.
- Au niveau de la section transversale du pont italien, l'excavation est réalisée jusqu'à la hauteur de lit de chenal de conception d'une élévation de 1,85 m.
- Une section de 500 m en amont du pont italien est creusée, avec une largeur de chenal de 100 m, une hauteur de lit de chenal d'une élévation de 1,85 m au pont italien, et une pente de lit de chenal de 1/600 en amont.

Comme le montre la **figure 4.5.17**, si les eaux de crue s'écoulent à une hauteur de 4,3 m au niveau du pont de la Palmeraie, les eaux de crue s'écouleront dans la section de franchissement submersible du côté ouest de la route de la Palmeraie en plus de la nouvelle section du pont. En fonction du plan de développement de la ZES, il est possible que la section de franchissement submersible du côté ouest soit

bloquée. Dans cet examen, deux cas ont été examinés, comme l'un dans lequel les eaux de crue s'écoulent dans la section de franchissement submersible et l'autre dans lequel elles ne le font pas.

A la suite de l'examen, les débits maximaux du canal sont estimés comme suit :

- Le cas où les eaux de crue s'écoulent dans la section de franchissement submersible du côté ouest de la route de la Palmeraie en plus de la section du nouveau pont : environ  $800 \text{ m}^3/\text{s}$
- Le cas où les eaux de crue s'écoulent uniquement dans la section du nouveau pont (par exemple, si la section de franchissement submersible est bloquée par un remblai) : environ  $600 \text{ m}^3/\text{s}$



Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

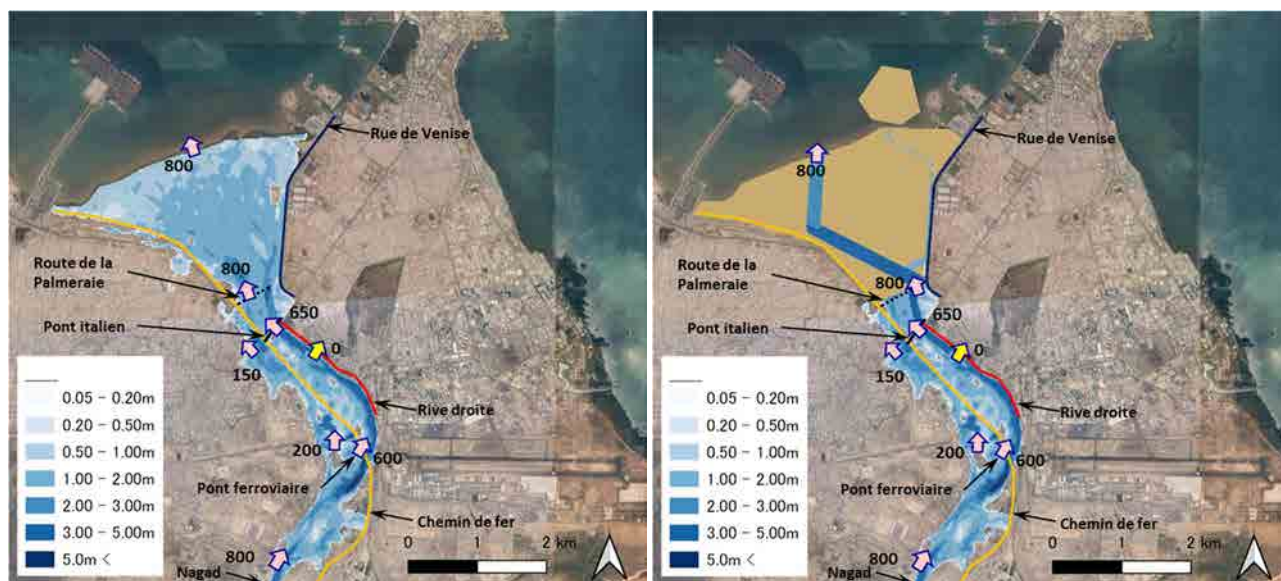
**Figure 4.5.17 Schéma de principe des contraintes du pont de la Palmeraie et du pont italien**

## 2) Prise en compte de la largeur requise du chenal dans la ZES pour le débit maximal estimé du chenal fluvial

Dans le cas où le débit maximal du chenal est de  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ , comme l'indique l'estimation ci-dessus au point 1), la largeur du chenal requise dans la ZES pour ce débit de  $800 \text{ m}^3/\text{s}$  a été examinée de manière approximative. L'examen a été effectué par des calculs d'essai en modifiant la largeur du chenal de 80 m sur la base du cas 4A de la section 4.5.3 (7).

Comme condition de simulation, elle a été fixée à « aucune inondation ne se produit dans la zone de développement de la ZES » et comme contrainte de la simulation, elle a été fixée à « le niveau d'eau au pont de la Palmeraie ne dépasse pas la hauteur maximale d'eau de 4,3 m ». À la suite de l'examen, il a été estimé que la largeur du chenal requise dans la ZES est d'environ 200 m. Lorsque la largeur du canal dans la ZES est de 200 m, la hauteur de la nappe phréatique de 4,3 m ou moins au niveau du pont de la Palmeraie est respectée, mais il existe un risque que le niveau d'eau dans le canal de 20 m le long de la rue de Venise dépasse la hauteur de la route et déborde au niveau de la route. Lorsque la largeur du canal est de 200 m, le débit spécifié peut être atteint sans utiliser un canal de 20 m de large, des mesures sont donc recommandées pour empêcher l'eau de s'écouler dans le canal de 20 m de large en cas de crue.

La **figure 4.5.18** montre les résultats de l'analyse des crues pour un débit de  $800 \text{ m}^3/\text{s}$  comme résultats d'analyse pour 1) et 2). La zone inondée pour 2) est le cas où les eaux de crue ne sont pas déversées dans le canal de 20 m de large.



1) Débit maximal dans le chenal de la rivière dans les conditions actuelles du delta

2) Largeur prévue du chenal dans la zone SEZ pour le débit maximal du canal fluvial

Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.18 Zone inondée, profondeur de crue et débit de la crue au débit maximal du canal**

De cette manière, si des voies navigables appropriées correspondant à la part de débit du lit du fleuve sont sécurisées dans la ZES, il n'est pas impossible de minimiser l'aggravation des conditions d'inondation dues au développement de la ZES. Toutefois, si un delta autre qu'une voie navigable est comblé, l'effet de dépôt de sédiments que le delta avait auparavant ne peut pas être attendu, et davantage de sédiments s'écouleront dans la mer que si le delta existait, ce qui pourrait augmenter le dépôt de sédiments autour des côtes et des installations portuaires voisines. Pour la ville de Djibouti, les installations portuaires constituent une infrastructure économique vitale et il est souhaitable de minimiser les impacts négatifs sur elles. Cette étude n'a pas été jusqu'à examiner de tels changements dans la dynamique des sédiments, mais il sera nécessaire d'y prêter une attention particulière à l'avenir lors de l'examen de l'impact du développement des ZES.

#### 4.5.4 Analyse préliminaire des précipitations et du ruissellement<sup>50</sup>

Dans cette étude, le processus de précipitations et de ruissellement a été examiné sur la base de l'estimation du débit entrant du barrage qui est devenue disponible après l'achèvement du barrage de l'amitié d'Ambouli et des informations pluviométriques disponibles. Un modèle de précipitations et de ruissellement a été construit pour le processus de précipitations et de ruissellement dans le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli. Afin d'estimer l'hydrogramme à Nagad autour de la ville de Djibouti, il est nécessaire de modéliser correctement le phénomène de propagation des crues dans le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli. Dans cette étude, le modèle a été réalisé sur la base de l'expérience passée et des connaissances concernant la vitesse de propagation des crues. À l'aide de ce modèle, le débit de crue probable à Nagad a été estimé et l'effet du barrage a également été examiné.

<sup>50</sup> Pour plus de détails sur ce point, veuillez vous référer à l'annexe 4 du présent rapport.

## (1) Débit de crue probable

Le **tableau 4.5.6** montre les valeurs simulées des débits de crue de pointe à période de retour de 100 ans (PRA), 50PRA et 25PRA à Nagad sans et avec le barrage de l'amitié d'Ambouli. Pour référence, le tableau répertorie également les débits de crue probables des études BECOM<sup>51</sup> et 2007 de l'UE<sup>52</sup>.

**Tableau 4.5.6 Débit de crue probable**

Modèle de précipitations	Débit de pointe de crue (m <sup>3</sup> /s)					
	100 PRA	50 PRA	25 PRA	100 PRA avec BAAM	50 PRA avec BAAM	25 PRA avec BAAM
1) Modèle de précipitations de mars 2013	2 150	1 800	1 500	1 600	1 250	900
2) Modèle de précipitations centralisé hypothétique (temps de latence = 2 heures)	2 150	1 800	1 450	1 500	1 150	800
3) Modèle de précipitations centralisé hypothétique (temps de latence = 2 heures)	2 350	1 900	1 600	1 800	1 350	950
Étude BECOM	2 080	1 800	1 500	NA	NA	NA
Étude 2007*	1 600	NA	NA	NA	NA	NA

Remarques : PRA = période de retour annuelle, BAAM = barrage de l'amitié d'Ambouli\*

La partie la plus en amont (UP dans cette étude) n'est pas incluse.

Source : Équipe d'étude de la JICA

Le schéma de précipitations centralisé (temps de latence = 4 heures) est un cas particulier, et en excluant cela, on peut dire ce qui suit.

- Les débits de crue pour 100PRA, 50 PRA et 25 PRA sans le barrage de l'amitié d'Ambouli sont similaires à ceux estimés par BECOM.
- En raison de l'effet de contrôle des crues du barrage de l'amitié d'Ambouli, même du côté de la sécurité, les débits de pointe des crues à Nagat sont réduits à environ 1 250 m<sup>3</sup>/s pour une crue de 50PRA et à environ 900 m<sup>3</sup>/s pour une crue de 25PRA.

## (2) Effet des barrages prévus sur la réduction du débit de pointe

Les effets des barrages prévus dans l'étude de préfaisabilité (EPF) menée par le DSI<sup>53</sup> turc sont examinés de manière préliminaire. Le **tableau 4.5.7** résume la réduction du débit de pointe à Nagad par les barrages prévus pour les crues de 50PRA et 100PRA, avec le modèle de précipitations de mars 2013 comme modèle de précipitations représentatif.

Le barrage Axe 3, avec le barrage de l'Amitié d'Ambouli, contribue à la réduction du débit de pointe des crues dans l'oued Ambouli. En revanche, les barrages Axe 4 et 5 ont un effet important sur la réduction des débits de pointe dans l'affluent, cependant, en raison de la différence entre le moment où les débits de pointe dans l'affluent et dans l'oued Ambouli se produisent, la réduction du débit de pointe des crues dans l'affluent n'a pas d'effet important sur la réduction du débit de pointe global des crues.

<sup>51</sup> JICA, ADR: Data Collection Survey on Strengthening Logistics in Djibouti City, Djibouti, Final report, 2022.

<sup>52</sup> EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Ouedu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

<sup>53</sup> DSI : Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report, 2024.

**Tableau 4.5.7 Effets des barrages prévus sur la réduction du débit de pointe des crues à Nagad**

Modèle de précipitations Modèle de précipitations de mars 2013	Débit de pointe de crue (m <sup>3</sup> /s)					
	sans BAAM	avec BAAM	BAAM + Barrage Axe 3	BAAM + barrage Axe 3R	BAAM + barrage Axe 4	BAAM + barrage Axe 5
50PRA	1 800	1 250	550	750	1 220	1 200
100PRA	2 150	1 600	650	1 000	1 580	1 550

Remarques : PRA= période de retour annuelle, BAAM = barrage de l'amitié d'Ambouli\*  
Source : Équipe d'étude de la JICA

### (3) Bassin de retenue

Sur la base de l'hydrogramme à Nagad pour 50 et 100PRA avec le barrage de l'amitié d'Ambouli, le volume nécessaire du bassin de retardement pour réduire le débit de pointe de la crue de 150 m<sup>3</sup>/s est estimé à environ 1,6 MCM avec un facteur de sécurité de 2. Sur le site potentiel du bassin de retardement 2, qui devrait pouvoir sécuriser le plus grand volume parmi les sites potentiels identifiés dans cette étude, le volume disponible peut être de 3 MCM lorsque la profondeur effective est de 4 m. Cette taille est suffisante pour accueillir le volume nécessaire de 1,6 MCM même si un stockage supplémentaire pour l'utilisation de l'eau est envisagé.

#### (1) Combinaison de barrages planifiés et de bassin de retenue

Le **tableau 4.5.8** montre l'effet de la réduction du débit de pointe de la crue à Nagat lorsque le barrage proposé et le bassin de retenue sont combinés pour des crues de 50 et 100PRA.

Les projections de la Banque mondiale sur le changement climatique suggèrent que les précipitations à court terme à Djibouti pour des précipitations de 100 PRA dans le climat actuel pourraient devenir des précipitations de 60 PRA dans le futur. Si cela se produit réellement, la crue actuelle de 100 PRA sera presque une crue de 50 PRA, et dans un plan prenant en compte le changement climatique, il sera nécessaire de faire face à un débit plus important afin d'atteindre un niveau de sécurité de crue de 50 PRA.

Si le débit de crue maximal possible dans le canal en aval de Nagat est de 800 m<sup>3</sup>/s, il peut être géré en construisant uniquement l' Axes du barrage 3R dans le climat actuel pour des crues de 50 PRA, par exemple, mais on considère qu'une combinaison du barrage proposé et du bassin de retenue sera nécessaire pour gérer des crues de 100 PRA dans le climat actuel ou des crues de 50 PRA compte tenu du changement climatique.

**Tableau 4.5.8 Effet de la combinaison des barrages prévus sur le bassin de retenue sur la réduction du débit de pointe de la crue à Nagad**

Modèle de précipitations Modèle de précipitations de mars 2013	Débit de pointe de crue (m <sup>3</sup> /s)					
	sans BAAM	avec BAAM	BAAM + BDR	BAAM + barrage Axe 5 + BDR	BAAM + barrage Axe 3R + BDR	BAAM + barrage Axe 3R + Barrage axe 5 + BDR
50PRA	1 800	1 250	1 100	1 050	600	550
100 PRA	2 150	1 600	1 450	1 400	850	800

Remarques : PRA = période de retour annuelle, BAAM = barrage de l'amitié d'Ambouli, BDR = bassin de retardement  
Source : Équipe d'étude de la JICA

#### (4) Voie à suivre

Le débit de pointe de la crue à Nagat pourrait être important si le moment de l'apparition du débit de pointe du courant principal de l'oued Ambouli et des affluents, y compris l'oued Boule, coïncide. Cela est grandement influencé non seulement par le schéma spatiotemporel des précipitations, mais aussi par la vitesse de propagation de la crue dans le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli. Par conséquent, afin d'estimer plus précisément le débit de crue probable à l'avenir, il est nécessaire d'enquêter et d'étudier soigneusement le phénomène de propagation de la crue dans le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli.

En plus de renforcer les prévisions et les alertes, la surveillance immédiate des crues avec l'installation de jauges de niveau d'eau est recommandée comme l'une des actions prioritaires les plus urgentes pour mieux comprendre le phénomène de propagation des ondes de crue afin de formuler des études et des plans de qualité et des investissements efficaces pour la réduction des risques d'inondation dans un avenir proche.

#### 4.5.5 Sédimentation dans le réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli

Dans cette étude, la situation de sédimentation du réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli a été étudiée et analysée à un niveau préliminaire. Les documents d'étude sont présentés à l'annexe 6.

##### (1) Procédure d'analyse préliminaire de la sédimentation du barrage de l'amitié d'Ambouli (BAAM)

- Étude topographique à plusieurs points de la surface des sédiments dans le BAAM
- Estimation de l'élévation moyenne de la surface des sédiments
- Estimation du volume de sédimentation et du taux de sédimentation dans le réservoir en novembre 2024 (5 ans après le début de l'exploitation du BAAM)
- Estimation du taux de rendement des sédiments ( $m^3/km^2/an$ ) dans le bassin versant du BAAM

##### (2) Points de relevé topographique de la surface des sédiments dans le BAAM

La figure 4.5.19 montre les points topographiques de la surface des sédiments dans le réservoir et au sommet du barrage.



Source : Équipe d'étude de la JICA (arrière-plan=Google Earth)

**Figure 4.5.19 Points de relevé topographique de la surface des sédiments (fond du réservoir) dans le barrage de l'amitié d'Ambouli**

### (3) Estimation du volume de sédiments et du taux de sédimentation dans le réservoir du BAAM et taux de rendement de sédiments à partir du bassin versant du BAAM

Le **tableau 4.5.9** montre le volume de sédimentation réel estimé dans le BAAM en novembre 2024, le taux de sédimentation au cours de ces cinq (5) années depuis le début de l'exploitation du BAAM et le taux de rendement annuel de sédiments à partir du bassin versant du BAAM. Ce tableau montre également ces valeurs sur la base de la conception originale du BAAM.

Le volume de sédimentation réel et le taux de sédimentation dans le BAAM au cours de ces 5 années sont estimés respectivement à 1 000 MCM et 0,200 MCM/an. Ces valeurs sont 4,3 fois supérieures à la valeur de sédimentation de conception du DSI de Turquie

Sur la base de la zone de captage réelle du BAAM de 490 km<sup>2</sup> estimée par cette étude, le taux de rendement sédimentaire réel du bassin versant du AMFD est estimé à 408 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an. D'autre part, sur la base du volume mort de conception de 2,31 MCM et de la durée de sédimentation de 50 ans du BAAM fixés par DSI et de la zone de captage de 309 km<sup>2</sup> définie dans l'étude de l'UE en 2007, on peut estimer que le taux de rendement sédimentaire du bassin versant du BAAM a été fixé à 150 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an au stade de la conception. Les différences entre le volume de sédimentation réel et le volume de sédimentation de conception peuvent provenir des différences susmentionnées de zone de captage du BAAM et de taux de rendement sédimentaire.

**Tableau 4.5.9 Effet de la combinaison des barrages prévus sur le bassin de retenue sur la réduction du débit de pointe de la crue à Nagad**

Article	Cette étude	Conception originale
Zone d captage de l'AMFD	490 km <sup>2</sup>	309 km <sup>2</sup> (*1)
a) Élévation de la surface des sédiments	El. 311.15 m	-
b) Volume de sédimentation	1.000 MCM (Volume de sédimentation au cours des 5 années écoulées depuis le début de l'exploitation de l'BAAM en 2019, basé sur la courbe H-V de conception (*2) de l'BAAM réalisée par DSI)	0,231 MCM (=0,0462 MCM/an x 5 ans)
c) Taux de sédimentation annuel dans l'AMFD/réservoir	0.200 MCM/an (=1.000 MCM/5ans)	0,0462 MCM/an (=2,31 MCM (volume de sédimentation de conception de l'BAAM)/50 ans)
d) Taux de rendement des sédiments du bassin versant de l'AMFD	408 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /an	150 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /an (=0,0462 MCM/an/309 km <sup>2</sup> )

(\*1) EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Ouedu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007. (zone de captage illustrée à la page 17)

(\*2) DSI, MAEPE-RH, Ambouli Friendship Dam Project, Final Construction Work Report, 2020.

Source : Équipe d'étude de la JICA

À titre de référence, le rapport d'étude de préfaisabilité du DIS54 sur des barrages supplémentaires dans le bassin de l'oued Ambouli, les taux de rendement des sédiments juste en amont du BAAM ont été fixés à 350 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an et à 450 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an à Omar Jagga, ce qui est presque cohérent avec le taux de rendement des sédiments réel de 408 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an.

<sup>54</sup> DSI: Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report, 2024.

#### **(4) Recommandation**

Après le début de l'exploitation du barrage de l'amitié d'Ambouli en 2019, la sédimentation dans le réservoir du barrage s'est avérée 4,3 fois plus élevée que le taux de sédimentation estimé au moment de la conception. En novembre 2024, le niveau de sédiments a déjà atteint 5 m sous la sortie du drain de fond du barrage, ce qui est destiné à libérer l'eau stockée avant que la prochaine crue n'entre dans le réservoir du barrage et à restaurer la capacité de contrôle des crues. Si la sédimentation progresse à un rythme relativement rapide, le niveau de sédiments peut s'élever au-dessus de la sortie du drain de fond, affectant le débit du drain de fond. De plus, la sédimentation réduit la capacité de contrôle des crues du barrage de l'Amitié d'Ambouli, réduisant sa fonction de réduction du débit de pointe des crues et augmentant le risque d'inondation dans la ville de Djibouti, qui est située dans la zone en aval du bassin de l'oued Ambouli.

Pour assurer la fonction d'évacuation de la conduite de sortie de fond du réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli et maintenir la capacité de contrôle des crues, il est recommandé de réduire et d'éliminer les sédiments du réservoir en draguant dans le réservoir et en excavant les sédiments dans la zone en amont du réservoir. En outre, il est également recommandé de construire un barrage de contrôle (barrage de Sabo) juste en amont du BAAM pour réduire l'afflux de sédiments dans le BAAM, comme proposé par le DSI de Turquie.

## 4.6 Inondations pluviales

### 4.6.1 Canaux de drainage existants

#### (1) Aperçu des canaux de drainage existants

ONEAD est responsable du développement et de l'entretien des systèmes d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales de la ville. Selon l'ONEAD, il existe 27 km de collecteurs d'eaux pluviales et 110 km de conduites d'égout, avec un taux de raccordement aux égouts de 40 %<sup>55</sup>.

L'étude la plus récente sur l'état actuel du drainage des eaux pluviales est l'étude d'amélioration urgente du drainage des eaux pluviales (2024)<sup>56</sup>, qui a été menée dans le cadre du projet intégré d'amélioration des bidonvilles soutenu<sup>57</sup> par la Banque mondiale. Le projet a été mis en œuvre par l'ARULoS, mais un comité conjoint composé de la DATUH, de l'ARULoS, de l'ONEAD et de l'ADR a été formé pour soutenir l'étude. La **figure 4.6.1** montre l'état actuel du drainage des eaux pluviales confirmé dans l'étude.

Dans cette étude, nous avons mené une enquête sur le terrain avec le personnel de l'ONEAD pour confirmer l'état du drainage des eaux pluviales illustré à la **figure 4.6.1**. Le drainage des eaux pluviales se compose de canaux ouverts et de ponceaux, mais compte tenu de la position relative des routes et des drains, on pense que de nombreux ponceaux rectangulaires étaient à l'origine des canaux ouverts. En fait, les images satellite de Google Earth montrent que certains canaux de drainage ouverts ont été recouverts ou ponceaux depuis 2010, ou ont été comblés et ont disparu (la **figure 4.6.1** montre ceux qui ont été confirmés).

En général, les canaux de drainage couverts ou ponceaux sont difficiles à entretenir, et de nombreuses villes ont connu la disparition de canaux en raison de l'accumulation de sédiments, de déchets, etc. dans les canaux. Par exemple, à Manille, aux Philippines, ce phénomène est appelé « Missing Estero » (Estero signifie canal ouvert), et est considéré comme l'un des facteurs à l'origine du déclin de la fonction de drainage des eaux pluviales de la ville<sup>58</sup>. Dans la ville de Djibouti, il est possible que la capacité d'origine de drainage des eaux pluviales de la région ait progressivement été perdue à mesure que les canaux ouverts ont disparu ou ont été recouverts.

En plus des canaux d'évacuation des eaux pluviales illustrés à la **figure 4.6.1**, il existe des canalisations communes pour les eaux pluviales et les eaux d'égout, mais elles n'ont pas la capacité de transporter suffisamment les eaux de pluie en cas de fortes pluies, et les débordements se produisent immédiatement.

À l'exception de quelques zones, les routes de la ville de Djibouti ne sont pas équipées de caniveaux, et même de légères précipitations provoquent le déplacement des eaux de pluie le long de la surface de la route comme une voie d'eau et la dérive dans les dépressions. La plupart des canaux d'évacuation des eaux pluviales actuellement installés artificiellement servent à recueillir les eaux de pluie qui se sont temporairement accumulées sur la surface de la route, puis à les évacuer directement par des regards, etc.

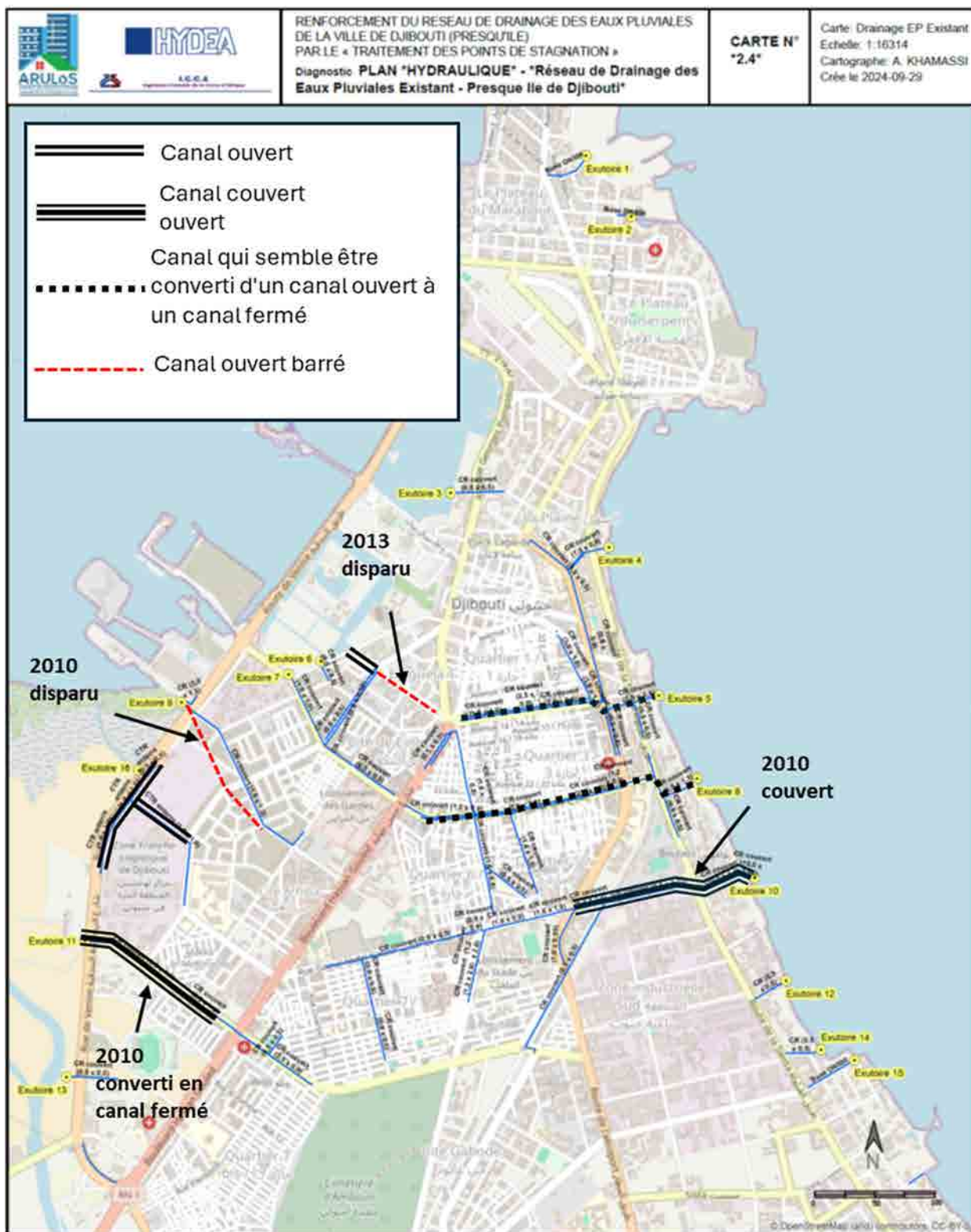
---

<sup>55</sup> ONEAD : Web-page, <https://www.onead.dj/chiffres-cles-assinissement/>

<sup>56</sup> BM, ARULoS: Recrutement d'un Bureau d'Etudes pour l'Elaboration d'une Etude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu'île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d'Intervention et Plan d'Action, Tome 1 : Rapport de Diagnostic, 2024.

<sup>57</sup> BM : At a Grabce, Implementing 'Zero Slums Program' in Djibouti, Djibouti Integrated Slum Upgrading Project, 2018.

<sup>58</sup> JICA, DPWH : Study on Drainage Improvement in the Core Area of Metro Manila, 2004.





Source : BM, MVUH (2024) modifié par l'équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.6.1 Canaux de drainage des eaux pluviales au centre de la ville de Djibouti**

## (2) Exemples d'inondations pluviales

Pendant la période d'enquête sur le terrain de cette étude, de petites quantités de pluie sont tombées dans la ville de Djibouti les 24 et 25 octobre 2024, provoquant des inondations dans la ville. Les précipitations mesurées par l'équipe d'étude ont été de 30 mm au total sur deux jours, avec 27 mm de précipitations quotidiennes le 25 octobre et une pluviométrie horaire maximale d'environ 15 mm (il a été confirmé que les précipitations quotidiennes à l'observatoire de l'aéroport de Djibouti étaient à peu près de la même valeur). Un exemple d'inondation à cette époque est présenté ci-dessous, ainsi que l'état du canal de drainage des eaux pluviales existant.

<p><b>Exemple-1</b></p>	
<p>Source : Figure - BM, MVUH (2024), Photos - Equipe d'étude de la JICA</p>	
<p>Il n'y a pas de caniveaux sur la route, ou même s'il y en a, ils sont remplis de terre et de sable, de sorte que l'eau de pluie s'accumule dans les creux de la chaussée. Ce canal de drainage des eaux pluviales sert à évacuer vers la mer les eaux de pluie qui s'accumulent sur la chaussée.</p>	
<p><b>Exemple-2</b></p>	
<p>Source : Figure - BM, MVUH (2024), Photos - Equipe d'étude de la JICA</p>	
<p>L'eau de pluie s'écoule sur la route où il n'y a pas de canal d'évacuation des eaux pluviales. À peu près au même moment, il n'y a presque aucun débit dans le canal d'évacuation principal qui évacue les eaux pluviales dans cette zone, et les eaux pluviales de la zone n'atteignent pas le canal d'évacuation principal.</p>	

**Exemple-3**

Toutes les eaux environnantes viennent ici et provoquent une inondation plus profonde. Les voitures ne peuvent pas passer dans cette zone.

Il y a un regard d'égout et un canal de drainage qui se connectent à la mer. Cependant, la sortie du drainage a été bloquée par l'aménagement du territoire.

Il devait y avoir une prise. En fait non.

C'est la seule prise qui fonctionne.

Source : Figure - BM, MVUH (2024), Photos - Équipe d'étude de la JICA

Un lieu fréquemment inondé dans la région de Heron. Le 25 octobre, l'eau atteignait environ 0,3 m de profondeur, ce qui a bloqué les voitures. La sortie du canal d'évacuation des eaux pluviales a été enterrée dans la zone qui est en train d'être récupérée pour le développement, laissant le drainage des eaux pluviales de la zone sans aucun endroit où aller. L'eau de pluie qui s'est accumulée dans une dépression près de l'intersection s'écoule sur la surface de la route et est lentement évacuée du canal d'évacuation des eaux pluviales qui se connecte à la mer à proximité.

**Exemple-4**

Source : Figure - BM, MVUH (2024), Photos - Équipe d'étude de la JICA

Bien qu'il existe des égouts pluviaux, ils ne sont pas assez larges et sont obstrués par de la terre et du sable. Lors de la crue du 25 octobre, les eaux de pluie n'ont pas été évacuées et toute la zone a été inondée, la profondeur de l'eau dépassant 0,3 m à certains endroits, rendant le passage des véhicules impossible.

**Exemple-5**



Source : Figure - BM, MVUH (2024), Photos - Équipe d'étude de la JICA

La structure du haut du canal couvert ouvert s'est effondrée, enfouissant le canal. On pense que le canal lui-même n'a presque aucune capacité à évacuer l'eau.  
L'inondation du 25 octobre n'a pas inondé la zone environnante, mais l'eau de pluie flotte sur le dessus du canal de drainage des eaux pluviales effondré.

**Exemple-6**

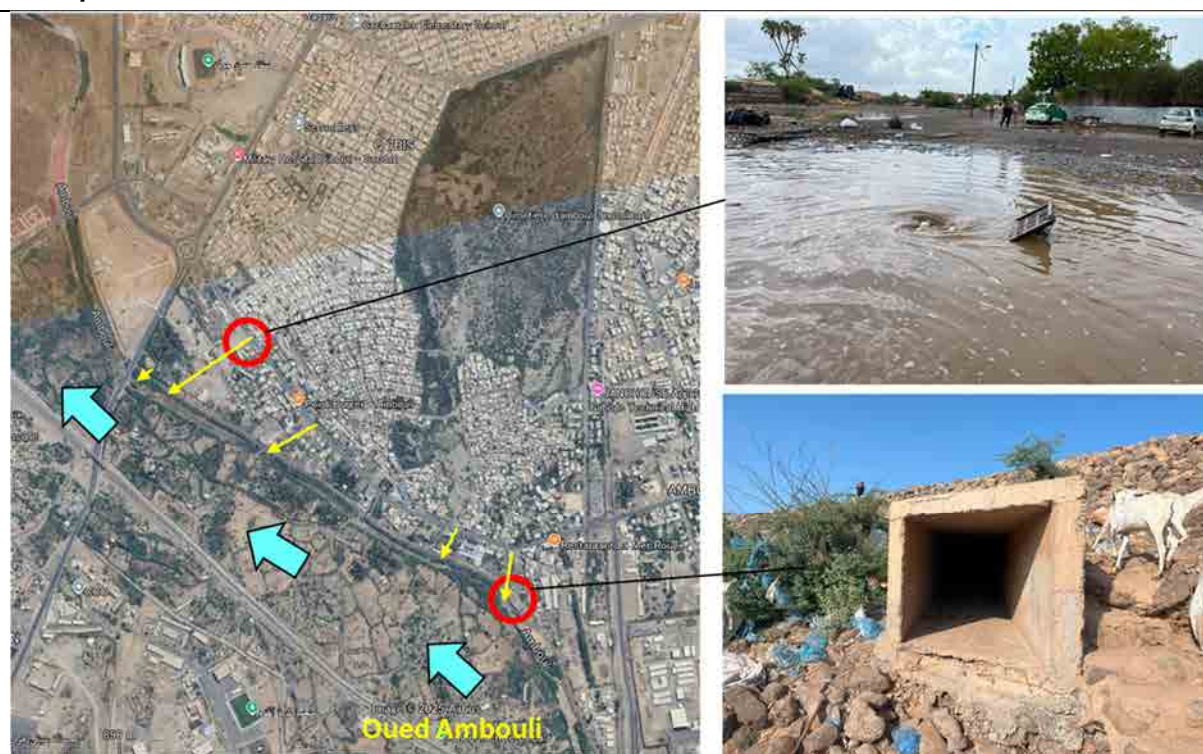


Source : Figure - BM, MVUH (2024), Photos - Équipe d'étude de la JICA

Dans le canal de drainage principal sous la route, la surface de la route est enlevée puis nettoyée, y compris l'élimination des sédiments accumulés dans le canal. Après le nettoyage, la surface de la route doit être reconstruite, ce qui rend ce travail d'entretien extrêmement inefficace.

Pendant les pluies du 25 octobre, il n'y avait presque pas de débit dans le canal, et on pense que l'eau de pluie de la région n'atteint pas le canal de drainage principal.

### Exemple-7



Source : Figure – Google Earth, Photos - Équipe d'étude de la JICA

Les eaux de pluie qui s'accumulent sur la chaussée sont aspirées par des regards et déversées dans l'oued Ambouli par des canaux de drainage des eaux pluviales qui se connectent à l'oued. Selon un responsable de l'ONEAD, lorsque le niveau d'eau dans l'oued Ambouli est élevé, l'eau remonte par ces regards et inonde la ville.

### (3) Équipement d'exploitation et de maintenance

Nous avons visité le bureau exploitation et maintenance du Département des Opérations Techniques d'Assainissement et avons confirmé la présence des équipements d'exploitation et de maintenance suivants (gros équipements uniquement) appartenant à l'ONEAD.

- Camions d'eau d'urgence : 2
- Camions-pompes : 4 (dont un en panne) : pour évacuer les eaux de crue en cas d'inondation
- Camions de nettoyage des égouts : 2
- Camions : 3
- Excavateurs : 4
- Rétrocaveuses : 2

Selon l'ONEAD, le nettoyage des égouts pluviaux est effectué chaque année de novembre à janvier, mais il y a une pénurie d'équipements. En cas de réapprovisionnement en équipements, il est possible d'augmenter le nombre de personnels en charge, et les réparations quotidiennes des équipements peuvent être effectuées par des ingénieurs en poste au bureau exploitation et maintenance.

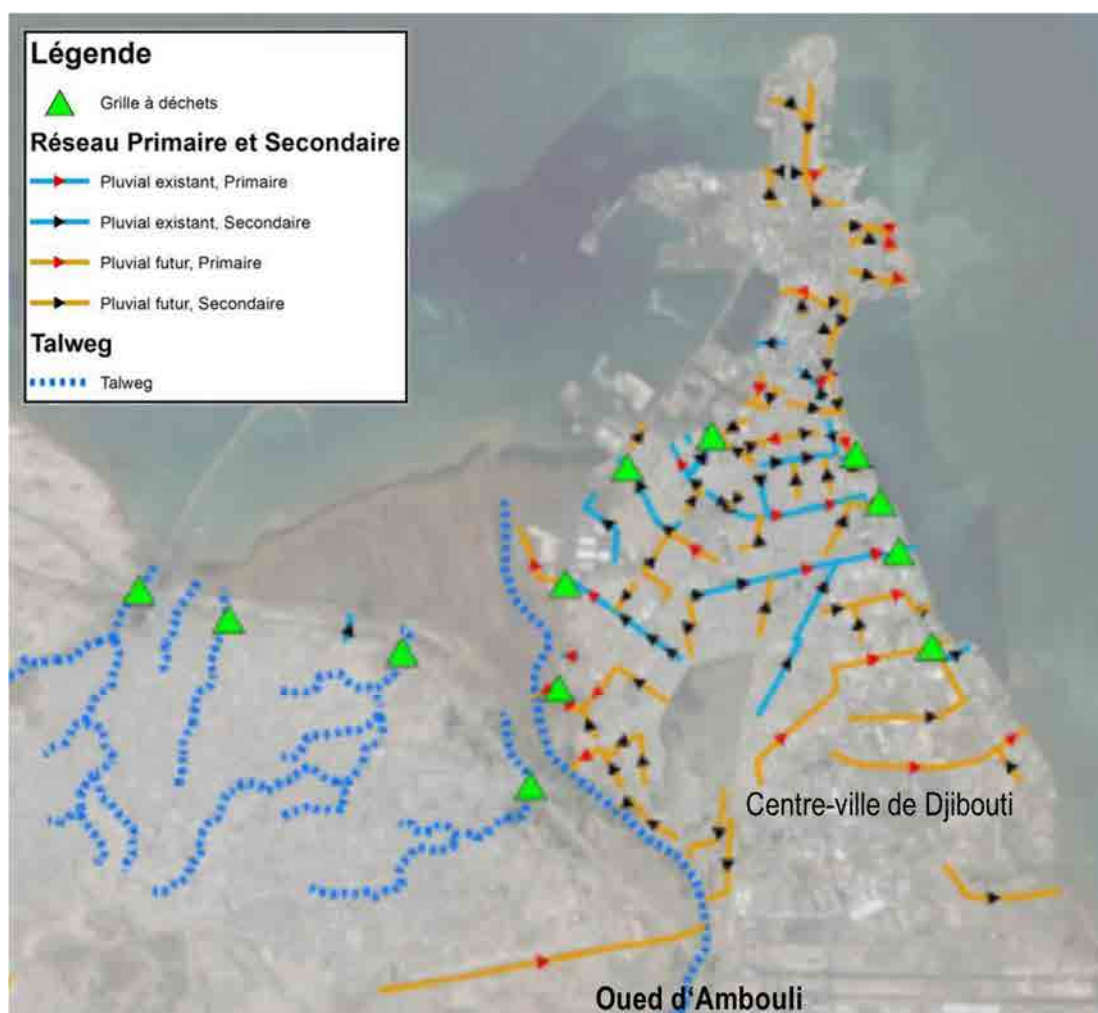
#### 4.6.2 Plans existants en matière d'inondations intérieures et initiatives récentes

##### (1) Schéma directeur d'assainissement (2018)

À Djibouti-ville, un schéma directeur d'assainissement<sup>59</sup> et de drainage des eaux pluviales a été élaboré avec l'appui de l'UE et de l'AFD, avec l'ONEAD comme C/P. Le plan est basé sur le Schéma Directeur d'Aménagement Urbain (SDAU) formulé en 2014.

En ce qui concerne l'assainissement, le développement d'un réseau d'assainissement basé sur un système d'assainissement séparé pour les eaux usées et les eaux pluviales et la construction d'une station d'épuration sont proposés, et la partie centrale de Djibouti-ville sur la rive droite de l'oued Ambouli devrait avoir un taux de couverture d'assainissement de 100 % à l'avenir. Le développement proposé de l'assainissement progresse régulièrement avec l'appui de l'AFD.

D'autre part, pour le drainage des eaux pluviales, un plan est présenté pour le développement de canaux d'évacuation des eaux pluviales primaires et secondaires en réparant les canaux existants et en construisant de nouveaux canaux (coût total du projet 270 millions d'euros (85 millions d'euros pour la partie centrale de Djibouti-ville)). La figure 4.6.2 montre le plan de développement des canaux d'évacuation des eaux pluviales proposé dans le schéma directeur.



Source : UE/AFD, OENAD, schéma directeur d'assainissement (2018)

**Figure 4.6.2 Plan de drainage des eaux pluviales dans le Schéma directeur d'assainissement (2018)**

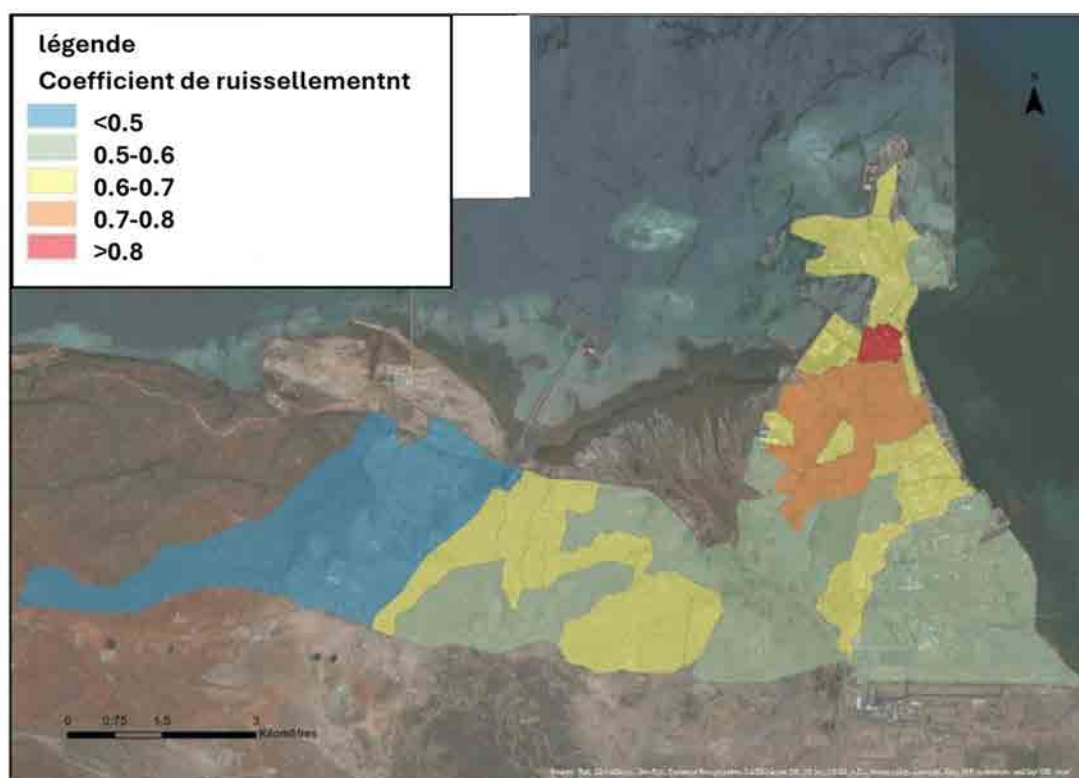
<sup>59</sup> UE/AFD, ONEAD: Schéma Directeur d'Assainissement de l'Agglomération de Djibouti, 2018.

Sur la base du rapport du plan, le concept de planification est considéré comme suit.

- Les normes de développement des canaux de drainage des eaux pluviales sont une période de retour de 10 ans pour les canaux primaires et une période de retour de 5 ans pour les canaux secondaires.
- Lors du calcul du débit prévu, on suppose que le comportement des eaux pluviales dans la zone de drainage menant aux canaux primaires et secondaires est similaire à celui des villes normales où des canaux de drainage terminaux tels que des caniveaux routiers sont développés dans une certaine mesure.
- La capacité d'écoulement des canaux de drainage des eaux pluviales existants est évaluée à une période de retour d'environ 2 à 5 ans, et lorsque la capacité d'écoulement des canaux de drainage des eaux pluviales existants est insuffisante, des sections transversales de réparation ont été définies pour augmenter la capacité d'écoulement, et pour les nouveaux canaux de drainage des eaux pluviales, des sections transversales ont été définies pour pouvoir écouler le débit prévu.

Pour l'hyétogramme prévu, un hyétogramme centralisé a été donné avec une durée de pluie de 4 heures, et une pluie de 4 heures de 105 mm pour les précipitations sur 10 ans, une pluie maximale de 30 minutes de 59 mm et une pluie maximale de 5 minutes de 15 mm. Les résultats de l'analyse des précipitations dans cette étude présentés dans la section 4.4 montrent que la probabilité de pluie sur 10 ans est de 83 mm pour les précipitations de 4 heures, de 42 mm pour les précipitations maximales de 30 minutes et de 11 mm pour les précipitations maximales de 5 minutes, ce qui est plus élevé que les résultats de cette étude.

Quant au coefficient de ruissellement, compte tenu de l'utilisation des terres, il est fixé à environ 0,6 - 0,8 dans le centre de la ville de Djibouti, comme le montre la **figure 4.6.3**.



Source : UE/AFD, OENAD, schéma directeur d'assainissement (2018)

**Figure 4.6.3** Coefficient de ruissellement

Selon l'ONEAD, aucun des plans d'amélioration du drainage des eaux pluviales proposés n'a été mis en œuvre jusqu'à présent.

## (2) Examen de la situation des inondations (2021)

Bien que le plan de drainage des eaux pluviales proposé dans le schéma directeur d'assainissement n'ait pas été mis en œuvre, en 2021, avec le soutien de l'AFD, un examen de la situation actuelle des inondations dans la ville de Djibouti a été réalisé<sup>60</sup>, traitant de manière exhaustive des inondations fluviales et intérieures.

L'examen a réétudié la zone de captage du drainage des eaux pluviales envisagée dans le schéma directeur d'assainissement sur la base d'informations topographiques détaillées du centre de la ville de Djibouti, et a souligné que le développement des canaux de drainage principaux et secondaires proposés dans le schéma directeur d'assainissement est insuffisant pour améliorer la situation actuelle dans laquelle il n'y a presque pas de canaux de drainage terminaux tels que les caniveaux routiers. En outre, il a souligné l'importance d'améliorer l'ensemble de l'infrastructure urbaine, y compris les améliorations routières, telles que la prévention de l'accumulation des eaux pluviales dans les dépressions routières en nivelant la surface de la route.

## (3) Projet intégré de réhabilitation des bidonvilles (2019-en cours)

Avec le soutien de la Banque mondiale, ARULoS met en œuvre le projet de réaménagement urbain et d'aménagement de sites de réinstallation depuis 2019. Le réaménagement urbain (aménagement de routes et de parcs dans la zone) est en cours dans les zones prioritaires du centre de la ville de Djibouti, comme le montre la **figure 4.6.4**, et les résidents sont réinstallés en même temps. Dans la zone de Balbala, les résidents sont réinstallés, principalement à partir de maisons situées dans des zones inondables autour des oueds de la zone.



Source : ARULoS

**Figure 4.6.4 Zones prioritaires pour le projet intégré de réhabilitation des bidonvilles**

Ce projet consiste à aménager un site de réinstallation de 110 ha dans la partie sud du district de Balbala (voir **Figure 4.6.5**). Sur ce total, 30 % sont financés par la Banque mondiale, 30 % par la Banque islamique de développement et 40 % par le budget national. Selon ARULoS, lorsqu'ils déplacent des résidents de leur lieu de résidence actuel, ils ne se contentent pas d'aménager le site de réinstallation, mais ils leur fournissent également des moyens de transport, par exemple, pour leur permettre de continuer à gagner leur vie.

<sup>60</sup> AFD : Diagnostic et Recommandations pour une gestion intégrée du risque inondation sur l'agglomération de Djibouti, 2021.



Source: ARULO S

**Figure 4.6.5 Exemples de sites de réinstallation dans le cadre du projet intégré de modernisation des bidonvilles**

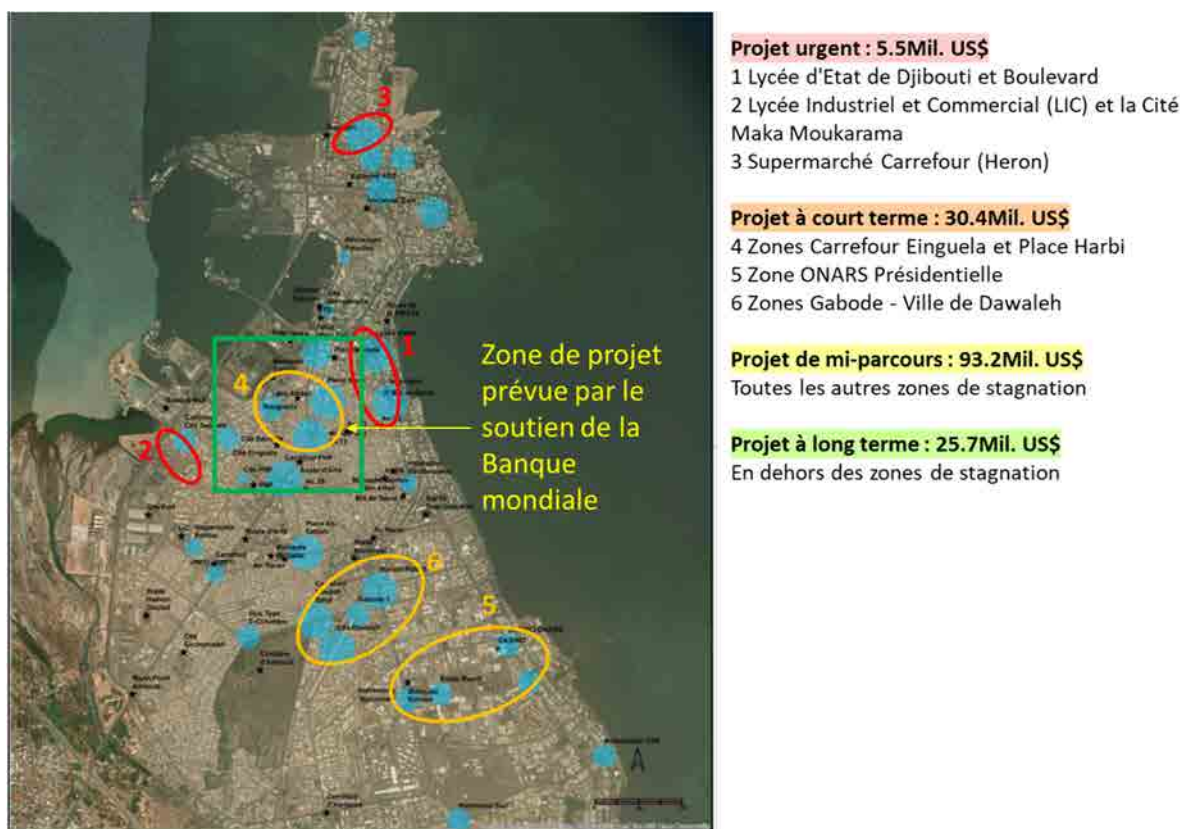
Dans la région du Vietnam, l'une des zones prioritaires de mise en œuvre du projet, 95 % de la population de 3 000 personnes (500 maisons) est confrontée au risque d'inondation, mais en raison du coût élevé des mesures de prévention des inondations, une réinstallation collective de la ville dans son ensemble est prévue, et les résidents locaux ont accepté la réinstallation. Le site de réinstallation n'est pas la zone de 110 ha mentionnée ci-dessus, mais la partie ouest de la région de Balbala, et l'obtention des fonds du projet est un problème.

#### (4) Étude d'amélioration urgente du drainage des eaux pluviales (2024)

En 2024, une enquête a été menée pour mettre en œuvre des améliorations urgentes du drainage des eaux pluviales dans la perspective du développement urbain dans le cadre du projet intégré de modernisation des bidonvilles (en cours depuis 2019) présenté dans (3). L'organisme de mise en œuvre du projet est l'ARULO S, mais un comité conjoint composé de la DATUH, de l'ARULO S, de l'ONEAD et de l'ADR a été formé pour soutenir l'enquête. Sur la base des conclusions de l'examen de la situation des inondations (2021) présentées dans (2), l'enquête améliorera les zones inondables de la ville de Djibouti, où les inondations se produisent même avec de faibles précipitations et provoquent

fréquemment des perturbations de la circulation. Une étude a été menée, notamment pour déterminer si les hypothèses du schéma directeur d'assainissement (2018) présentées dans (1) peuvent être appliquées à la situation actuelle, et les priorités d'amélioration, les mesures d'amélioration et les coûts estimés pour les zones inondables sont présentés<sup>61</sup>.

La **figure 4.6.6** montre les zones inondables et les zones présentant des priorités d'amélioration élevées en leur sein. Français D'après les entretiens avec l'ONEAD et la DATUH, ils considèrent que la mise en œuvre du projet 4 : Carrefour Einguela et Place Harbi, qui a été recommandé comme zone de projet à court terme, est la plus haute priorité, plutôt que les zones de projets urgents (1, 2, 3) indiquées à la suite de l'enquête, et il est supposé que l'aide financière (3 millions de dollars US) de la BM, qui doit être mise en œuvre à la suite de l'enquête, sera utilisée pour soutenir le projet d'amélioration du drainage des eaux pluviales dans la zone centrée sur 4. Si l'ampleur du projet devient importante et qu'il devient difficile d'obtenir le budget du projet avec la seule aide financière de la BM, il est possible qu'un cofinancement par d'autres donateurs soit exploré.



Source: BM, MVUH (2024)

**Figure 4.6.6 Projets prioritaires identifiés dans l'étude d'amélioration urgente du drainage des eaux pluviales soutenue par la Banque mondiale (2024)**

**(5) Schéma directeur de gestion des infrastructures de transport urbain (2024 - en cours)**

Avec le soutien de la BAD, le ADR élabore actuellement un schéma directeur de gestion des infrastructures de transport urbain<sup>62</sup>, qui devrait être achevé en 2026. Selon un responsable de l'ADR, des plans de développement des routes et du drainage des eaux pluviales seront formulés, et il est prévu qu'ils soient planifiés et mis en œuvre comme un projet composite, plutôt que comme des projets routiers

<sup>61</sup>BM, ARULoS: Recrutement d'un Bureau d'Etudes pour l'Elaboration d'une Etude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu'île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d'Intervention et Plan d'Action, Tome 2 : Plan d'Action, 2024.

<sup>62</sup> BAD:Project Appraisal Report, Integrated Urban Infrastructure and Climate Adaptation Study in Djibouti City, 2022.

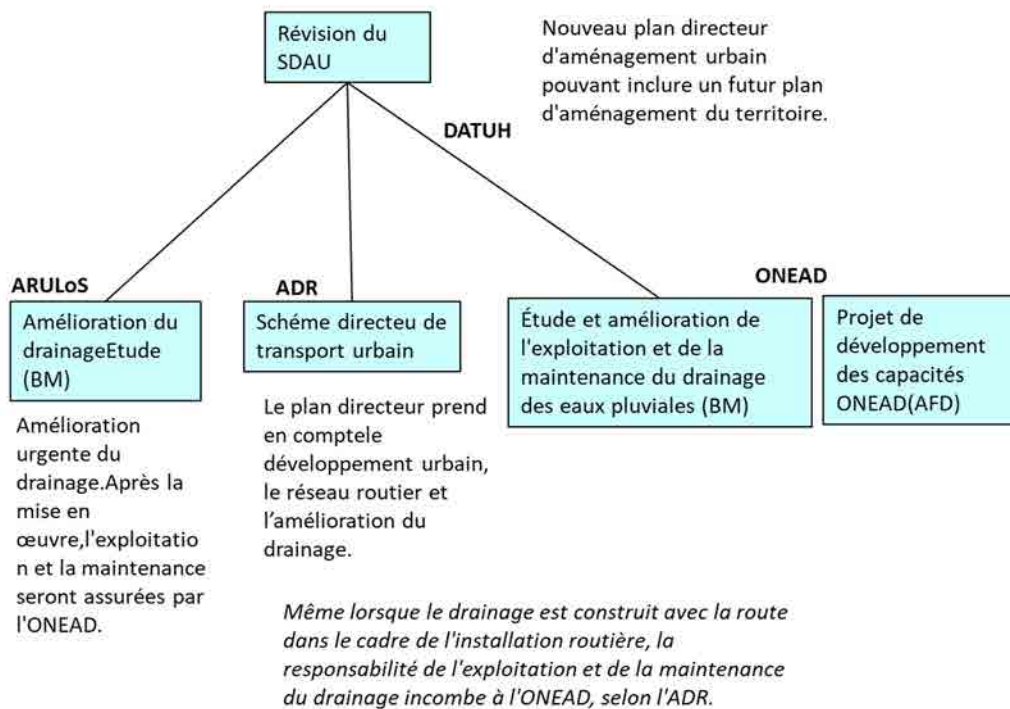
distincts ou des projets de drainage des eaux pluviales. Un comité conjoint composé de DATUH, ARULoS, ONEAD et ADR a également été formé pour soutenir l'étude.

**(6) Étude d'amélioration du drainage des eaux pluviales et de l'exploitation et de la maintenance (2024 - en cours)**

Actuellement, avec le soutien de la Banque mondiale, une enquête est en cours avec l'ONEAD comme C/P pour examiner le schéma directeur d'assainissement, envisager un plan de mise en œuvre et proposer des améliorations de l'exploitation et de la maintenance<sup>63</sup>. Son achèvement est prévu pour 2026. Cette étude a été financée par le gouvernement japonais dans le cadre du programme Japon-Banque mondiale pour l'intégration de la gestion des risques de catastrophe dans les pays en développement. Selon un responsable de la Banque mondiale, les principaux résultats de l'enquête seront d'examiner et d'organiser la répartition des rôles entre les parties prenantes impliquées dans le drainage des eaux pluviales, de renforcer l'exploitation et la maintenance de l'ONEAD liées au drainage des eaux pluviales et d'examiner l'impact du plan de développement urbain révisé sur le drainage des eaux pluviales. L'ONEAD a l'intention de mettre en œuvre un projet d'amélioration du drainage des eaux pluviales sur la base des résultats de cette enquête.

**(7) Cadre de lutte contre les inondations intérieures dans la ville de Djibouti**

Comme le montrent les paragraphes (4) à (6), le soutien des donateurs aux mesures de lutte contre les inondations intérieures dans la ville de Djibouti est devenu complexe ces dernières années. De plus, de nombreuses agences gouvernementales sont impliquées, ce qui complique la situation. La **figure 4.6.7** résume le cadre actuel des mesures de lutte contre les inondations intérieures dans la ville de Djibouti. La figure montre également le projet de révision du plan de développement urbain et de renforcement des capacités de l'ONEAD en tant que projets connexes.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.6.7 Cadre actuel de contrôle des inondations intérieures dans la ville de Djibouti**

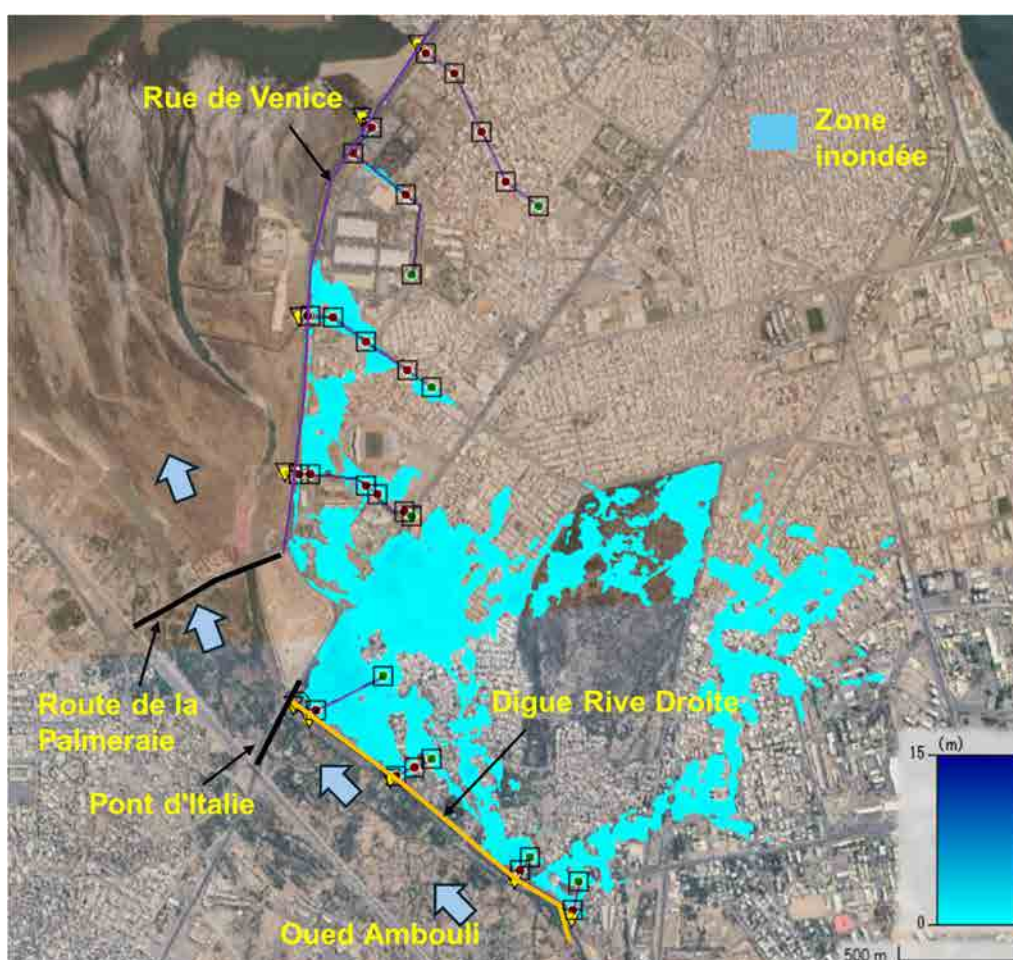
<sup>63</sup> BM: ToRs for the recruitment of a Firm specialized in flood management to develop activities under Component 1 - Strengthening flood infrastructure operation for Djibouti City, 2024.

### 4.6.3 Simulation d'inondations

Dans cette étude, afin de confirmer l'ampleur de l'impact du reflux des canaux de drainage connectés à l'oued Ambouli sur les inondations, un modèle a été utilisé qui incorporait les calculs du réseau de canalisations dans le modèle de calcul d'inondation 2D par HEC-RAS.

La microtopographie de la ville de Djibouti a été exprimée à l'aide du MNT présenté dans la section 4.1. Pour les canaux de drainage connectés à l'oued Ambouli, l'emplacement, la forme transversale, la taille, etc. des regards ont été confirmés par des enquêtes sur site et intégrés au modèle.

Français Les conditions de calcul étaient les suivantes : aucune pluviométrie n'a été donnée et l'analyse des crues de la rivière Ambouli présentée au 4.5.3 a été effectuée dans les conditions d'un débit de pointe de  $1\ 000\text{ m}^3/\text{s}$ , ce qui correspond au volume de crue qui ne provoquerait pas le niveau d'eau de la rivière Ambouli au-delà de la digue de la rive droite. Les niveaux d'eau calculés à ce moment-là ont été donnés aux points de l'oued Ambouli de chaque canal de drainage et le comportement des crues dues au reflux à travers les canaux de drainage a été simulé.



Source : Équipe d'étude de la JICA

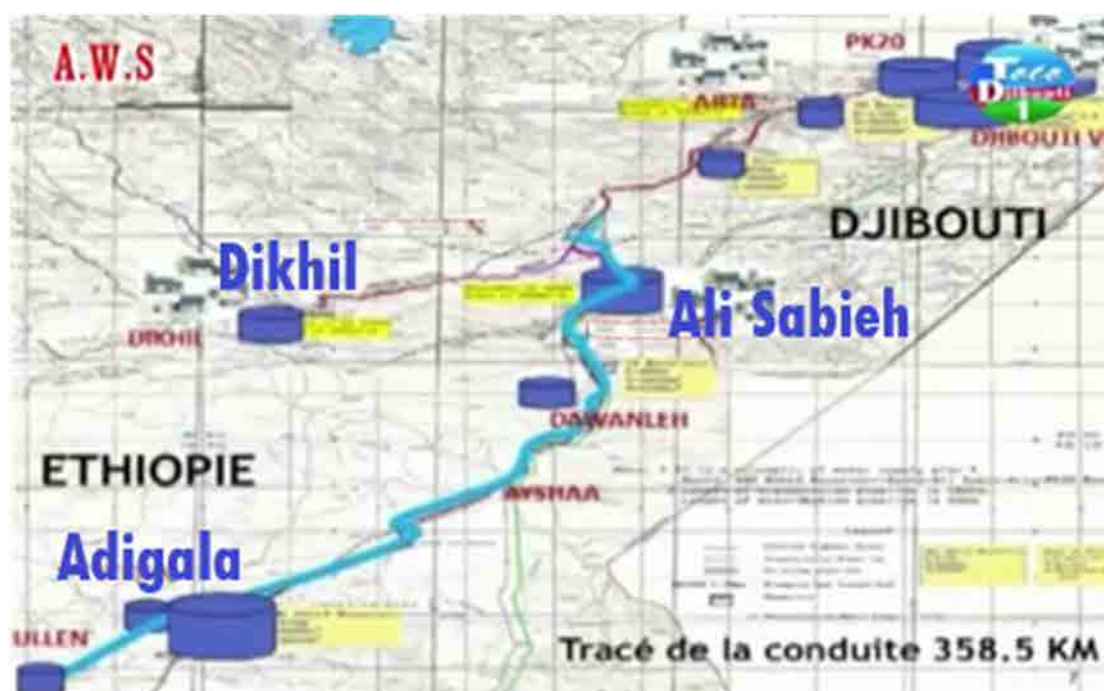
**Figure 4.6.8 Résultats de la simulation d'inondations dues au reflux des canaux de drainage reliés à l'oued Ambouli**

Bien que la zone inondée ne soit pas grande, on peut voir que l'eau se répand depuis les regards à l'intérieur de la digue qui sont utilisés pour drainer l'eau de pluie de la surface de la route, inondant les routes environnantes. La profondeur maximale de l'inondation atteint environ 0,5 m à certains endroits, ce qui suggère que ce type de phénomène de reflux va aggraver les inondations intérieures causées par les précipitations.

## 4.7 État actuel et potentiel de développement des ressources en eau

### 4.7.1 État actuel de l'utilisation de l'eau

Djibouti ne possède pas de rivière permanente et les zones urbaines et rurales utilisent principalement les eaux souterraines. L'ONEAD est responsable de l'approvisionnement en eau urbaine, tandis que le Service des eaux du MAEPE-RH est responsable de l'approvisionnement en eau rurale. L'approvisionnement en eau de la ville de Djibouti est assuré par la collecte des eaux souterraines des puits creusés dans le sud de Djibouti et autour de la RN1, et leur distribution à la ville de Djibouti par pompage. Les eaux souterraines de Djibouti ont souvent une teneur élevée en sel, et les puits du sud de Djibouti en particulier ont un niveau d'eau bas et une salinité élevée en raison de l'intrusion d'eau salée, de sorte qu'ils les mélangent avec des puits de l'ouest, qui ont une faible concentration en sel, pour les utiliser comme source d'eau. Une fois tous les puits mélangés, la conductivité électrique (EC) dépasse toujours 3 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (la norme japonaise pour l'eau potable est de 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ou moins). En outre, comme le développement des eaux souterraines n'a pas suivi le rythme de la croissance démographique, un transfert d'eau depuis l'Éthiopie a été planifié et mis en œuvre, et l'approvisionnement en eau a commencé en 2017 (voir la **figure 4.7.1**). Ce projet approvisionnera en eau Ali Sabieh-Arta-Djibouti et Dikhil à partir de 28 puits construits à Adigala, en Éthiopie, et fournira 100 000  $\text{m}^3/\text{j}$  gratuitement pendant les 20 prochaines années. Cependant, la facture d'électricité pour l'approvisionnement en eau doit être payée par Djibouti, de sorte que le projet ne fonctionne pas à pleine capacité.



Source: ONEAD

**Figure 4.7.1 Problèmes liés aux inondations fluviales dans la partie aval de l'oued Ambouli**

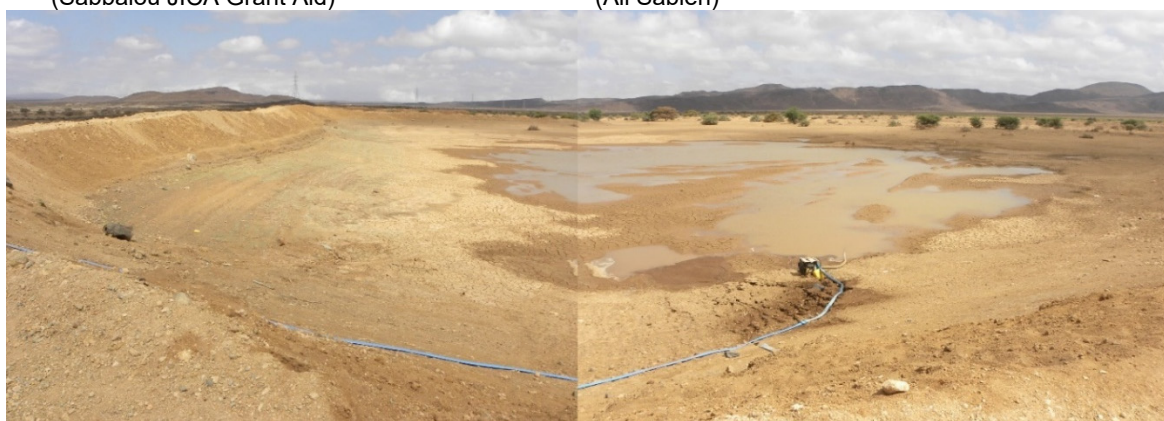
Pendant ce temps, l'approvisionnement en eau en milieu rural est de la responsabilité du Service de l'eau du MAEPE-RH, qui a construit des puits profonds, des puits peu profonds, des réservoirs de stockage des eaux de pluie et des réservoirs comme points d'approvisionnement en eau pour les nomades (voir **Figure 4.7.2**).



Approvisionnement en eau par puits profond (Sabbalou JICA Grant Aid)



Approvisionnement en eau par un puits peu profond (Ali Sabieh)



Étang par la digue (Grand Bara)



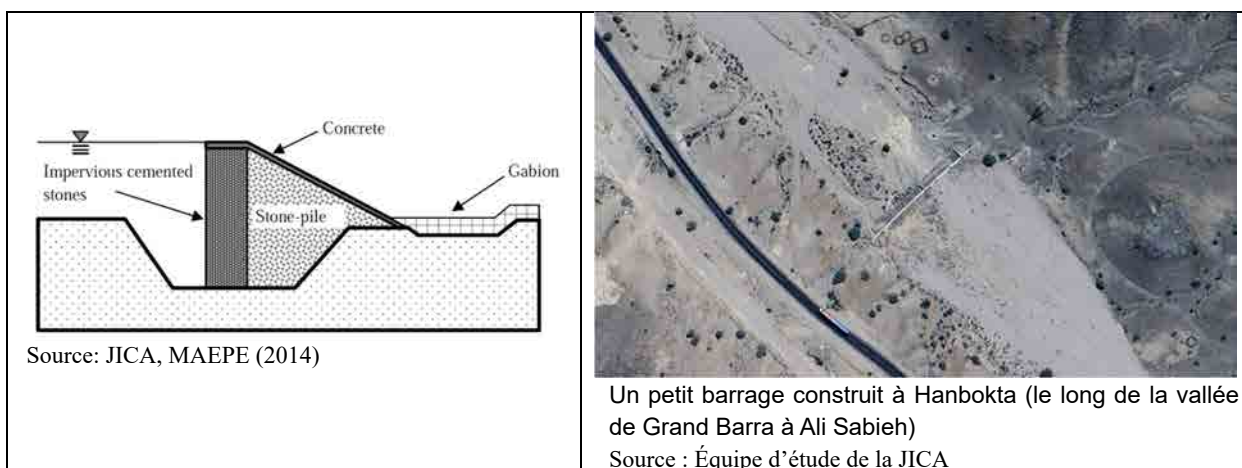
Étang par excavation (Grand Bara)

Source : Équipe d'étude de la JICA

### Figure 4.7.2 Exemple de puits profond, puits peu profond et étang

Ces dernières années, le Service des grands travaux du MAEPE-RH a construit des petits barrages pour la recharge des eaux souterraines, comme le montre la **figure 4.7.3**. Par exemple, l'effet de recharge des eaux souterraines d'un barrage construit à Grand Valle en 2013 a été confirmé. Ce petit barrage stocke temporairement les eaux de crue, qui s'infiltrent progressivement dans le lit de la rivière et en aval, rechargeant ainsi les eaux souterraines autour du barrage. Comme ce barrage ne nécessite pas de murs imperméables profonds qui atteignent le rocher de fondation. Le coût de construction du barrage lui-même n'est pas élevé, mais il faut veiller à la prévention de l'érosion dans les zones traversées par les eaux de crue<sup>64</sup>.

<sup>64</sup> JICA, MAEPE-RH : The Master Plan Study for Sustainable Irrigation and Farming in Southern Djibouti, Final Report, 2014.



**Figure 4.7.3 Exemples de petits barrages de recharge des eaux souterraines**

Djibouti a un faible taux d'autosuffisance alimentaire de 3 %, et le développement agricole est un défi de longue date. L'agriculture nécessite de l'eau, et elle a été mise en œuvre en conjonction avec le développement des eaux souterraines. Cependant, en 2020, la première phase de la station d'épuration des eaux usées a été achevée dans la zone de Douda au sud de l'aéroport de Djibouti, ce qui a permis de fournir une quantité stable d'eau traitée, et des efforts sont en cours pour l'approvisionner en eau agricole dans les terres agricoles qui s'étendent sur la zone de Damarjok au sud de Douda.

#### 4.7.2 Potentiel de développement des ressources en eau

##### (1) Possibilité d'utilisation de l'eau du barrage de l'amitié d'Ambouli

En 2019, le barrage de l'amitié d'Ambouli a été achevé au PK30 dans l'oued Ambouli en tant que barrage de contrôle des crues. Lorsque le réservoir du barrage a été rempli d'eau, le MAEPE-RH a prévu d'utiliser l'eau pour développer des terres agricoles autour du barrage. Cependant, l'eau s'est infiltrée plus rapidement que prévu, soulevant des doutes sur la durabilité du barrage en tant que source d'eau agricole, et la mise en œuvre du plan a été suspendue.

Cette enquête a obtenu les résultats des mesures du niveau d'eau du réservoir du barrage depuis l'achèvement du barrage en 2019 jusqu'en juin 2020. La **figure 4.7.4** montre l'évolution du niveau d'eau et du volume de stockage du réservoir du barrage.

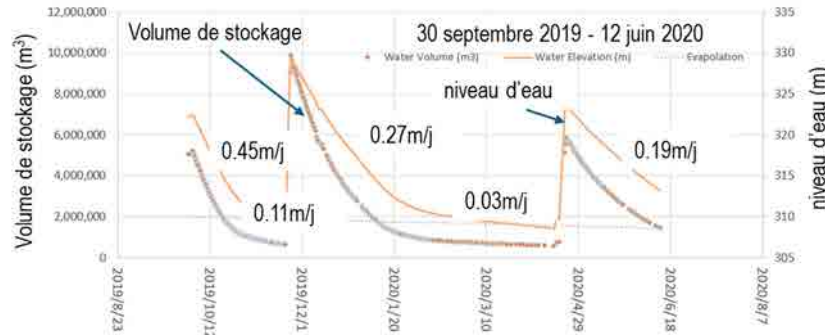
Pendant la période d'observation illustrée à la **Figure 4.7.4**, il y a eu trois inondations et l'état de fuite après stockage a pu être observé. Le taux de baisse du niveau d'eau a ralenti rapidement autour du niveau d'eau de 312 m et on peut voir que les conditions de fuite changent lorsque le niveau d'eau descend en dessous de 312 m. Le réservoir est une vallée entourée de falaises abruptes et les fuites se produisent sur les côtés et au fond du réservoir. Si les fuites se produisent depuis le fond, il est difficile d'imaginer que le taux de baisse du niveau d'eau changerait soudainement. Par conséquent, les fuites principales se produisent sur les côtés et on pense que lorsque le niveau d'eau descend en dessous de 312 m, les fuites depuis les côtés s'arrêtent et les fuites ne se produisent que depuis le fond.

En comparant la baisse du niveau d'eau de 320 m à 315 m, le taux de fuite ralentit à 0,45 m/jour pour la première crue, 0,27 m/jour pour la deuxième crue et 0,19 m/jour pour la troisième crue. Le taux de baisse du niveau d'eau en dessous de 312 m était de 0,11 m/jour pour la première crue et de 0,03 m/jour pour la deuxième crue, et on pense que la perméabilité du fond a rapidement diminué en raison du dépôt de matériaux à grains fins.

Le MAEPE-RH n'a pas effectué d'observations du niveau d'eau du réservoir du barrage depuis lors, mais les enregistrements de la jauge de niveau d'eau installée dans le SATREPS principalement menés par l'Université d'agriculture de Tokyo et l'Université de Djibouti ont été confirmés, et le changement du

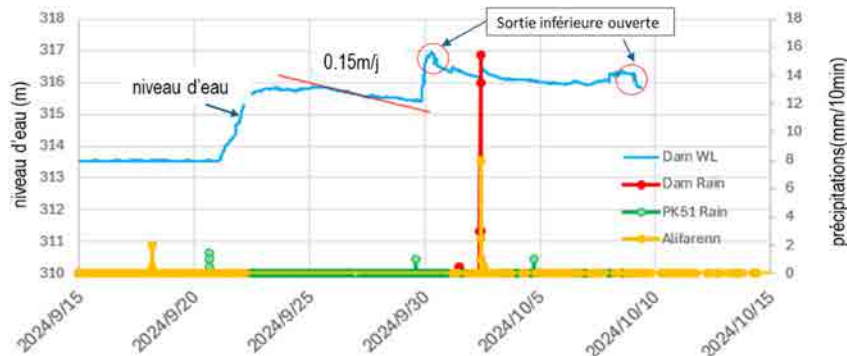
niveau d'eau en 2024 a été capturé, ce qui nous a permis de confirmer la situation actuelle. Le changement du niveau d'eau confirmé par le SATREPS est illustré à la figure 4.7.5.

Comme le montre la figure, le taux de baisse du niveau d'eau est de 0,15 m/jour, ce qui ne représente pas une diminution significative par rapport aux 0,19 m/jour de juin 2020, il y a quatre ans, ce qui indique que la perméabilité des côtés n'a pas beaucoup changé.



Source : Département des grands travaux, MAEPE-RH

**Figure 4.7.4 Évolution du niveau d'eau et du volume de stockage dans le réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli**



Source: SATREPS

**Figure 4.7.5 Évolution du niveau d'eau dans la retenue du barrage de l'amitié d'Ambouli en septembre 2024**

Étant donné que le barrage d'Ambouli Friendship a été construit pour contrôler les inondations, il est nécessaire d'abaisser le plus rapidement possible le niveau d'eau du réservoir du barrage qui monte pendant les inondations. Les fuites contribuent à abaisser le niveau d'eau, mais du point de vue d'une utilisation efficace de l'eau, il est souhaitable de transférer autant d'eau que possible vers une autre installation de stockage d'eau et de l'utiliser avant qu'elle ne fuie.

Lorsque la sortie inférieure est ouverte pour abaisser le niveau d'eau d'un lac de barrage après une inondation, un débit allant jusqu'à 12 m<sup>3</sup>/s s'écoule dans l'oued en aval. Si cette eau pouvait être prélevée à un endroit approprié dans l'oued en aval et stockée à l'extérieur de l'oued, cela conduirait non seulement à une utilisation efficace de l'eau stockée dans le réservoir du barrage, mais cela allégerait également, au moins dans une certaine mesure, l'entrave à la circulation sur les routes en aval en raison du débit libéré par le réservoir du barrage.

## (2) Concept d'utilisation polyvalente des installations de contrôle des crues

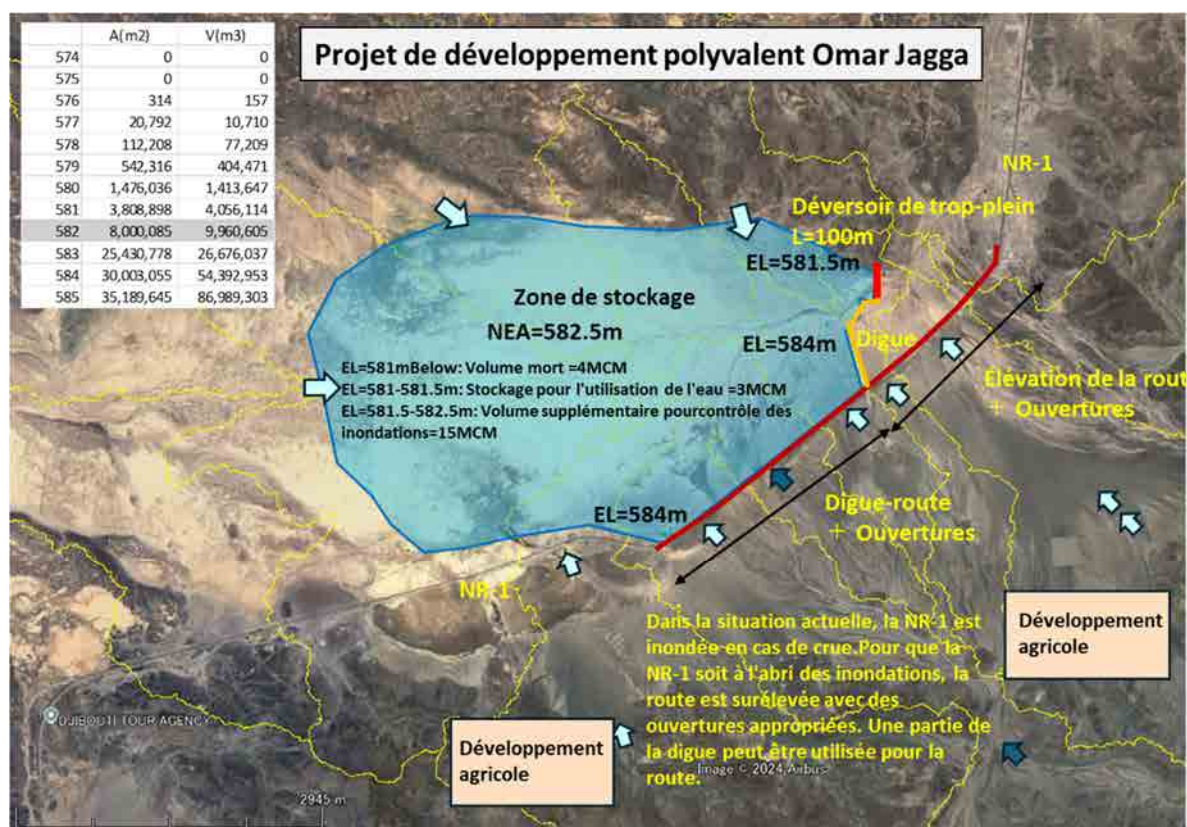
### 1) Projet polyvalent Omar Jagga

L'axe 3 du barrage, proposé par la Turquie DSI dans le cadre de l'étude de préféabilité en 2024, était un barrage de contrôle des crues avec un bassin versant de 280 km<sup>2</sup>, qui était proposé pour stocker la

totalité du ruissellement des crues. Cette hypothèse indique que la zone submergée s'étendra considérablement, ce qui nécessitera de détourner la NR-1, qui passe à proximité.

Un barrage pour l'utilisation de l'eau avait déjà été construit dans la même zone, et l'eau stockée était principalement utilisée pour la recharge des eaux souterraines, mais le barrage a été détruit en 2004 et y est resté jusqu'à ce jour<sup>65</sup>. Dans cette étude, l'emplacement de l'axe 3 du barrage a été modifié à l'emplacement où le barrage avait été construit auparavant, la zone de captage a été réduite à 200 km<sup>2</sup> et la possibilité d'utiliser l'eau a été envisagée.

Comme ce réservoir est formé sur un terrain plat, même une légère élévation du niveau de l'eau provoquera une grande expansion de la surface de l'eau. Français Même si une section de débordement appropriée est installée et que toute la capacité de stockage d'eau en dessous de la section de débordement, à l'exception de la réserve de sédiments, est définie comme capacité d'utilisation de l'eau, la capacité de stockage d'eau de la section de surcharge lorsque la section de débordement déborde pendant une crue sera assez importante, de sorte que le débit de pointe de la crue peut être réduit. Sur la base de cette idée, les spécifications du réservoir ont été provisoirement définies. En définissant le réservoir comme indiqué dans la **figure 4.7.6**, il a été estimé en utilisant HEC-HMS pour calculer le volume de crue du réservoir que le débit de pointe de 650 m<sup>3</sup>/s pendant une crue de 50PRA peut être réduit à 150 m<sup>3</sup>/s tout en garantissant une capacité d'utilisation de l'eau de 3 MCM.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.7.6 Concept de développement polyvalent d'Omar Jagga**

L'eau stockée pour l'utilisation de l'eau peut être utilisée pour la recharge des eaux souterraines et comme source d'eau supplémentaire pour le développement agricole dans la zone environnante.

Le niveau d'eau du réservoir pendant une crue devrait atteindre le niveau de la surface de la route de l'actuel NR-1, mais dans la situation actuelle, NR-1 peut être submergé par les eaux de ruissellement du

<sup>65</sup> MAEPE-RH : Hydroterra engineering, Etude de Faisabilité pour la Création D'Ouvrages de Retention D'Eaux par Mobilisation des Eaux de Surface, 2018.

bassin pendant une crue et devenir infranchissable. Afin de rendre la route praticable même en cas de crue, il est possible de surélever la surface de la route et de créer des ouvertures. Il est également possible d'utiliser une partie de la digue comme route. Ce site est considéré comme ayant le potentiel pour un tel développement polyvalent.

## 2) Possibilité d'utiliser l'eau du bassin de retenue

La capacité de contrôle des crues doit être maintenue vide à tout moment en prévision des inondations, mais si une capacité de stockage supplémentaire pouvait être fournie tout en maintenant la capacité de contrôle des crues, la capacité de stockage supplémentaire pourrait être utilisée pour stocker de petites quantités d'eau, telles que le débit du barrage de l'amitié d'Ambouli, et pourrait potentiellement être utilisée pour l'agriculture, le jardinage ou l'écologisation de la ville de Djibouti et des environs.

Afin de structurer le bassin de retenue en tenant compte de l'utilisation de l'eau, il peut être nécessaire d'installer des déversoirs d'admission à petite échelle, des vannes d'admission, des canaux d'admission, etc. qui peuvent aspirer l'eau dans le bassin de retenue jusqu'à la capacité d'utilisation de l'eau même pendant les inondations à petite échelle, en plus des déversoirs de débordement pour diriger le débit près du débit de pointe pendant les inondations dans le bassin de retenue.

Afin d'éviter autant que possible des opérations complexes d'installations, une distinction claire doit être établie entre la capacité d'utilisation de l'eau et la capacité de contrôle des inondations, et des opérations doivent être envisagées dans lesquelles le niveau d'eau est toujours abaissé à la limite supérieure de la capacité d'utilisation de l'eau désignée après une inondation afin de garantir que les objectifs de contrôle des inondations sont atteints.

### 4.8 Prévision et alerte des inondations

Le MAEPE-RH est chargé de transmettre les informations sur la situation des inondations aux organismes compétents pour l'oued Ambouli. Selon les entretiens avec le personnel du MAEPE-RH, les prévisions et les alertes actuelles des inondations sont basées sur les résultats de l'observation visuelle de l'oued par le personnel du MAEPE-RH et diverses informations reçues du SNS, etc., puis sont rapportées aux organismes compétents. Plus précisément, le risque d'inondation est transmis au Secrétariat exécutif pour la gestion des risques et des catastrophes (SEGRC) et à la Direction nationale de la protection civile (DNCP), qui sont chargés de diffuser publiquement les informations aux résidents. Des restrictions de circulation sont imposées sur les routes principales qui traversent l'oued Ambouli par gué, et les résidents vivant à l'extérieur de la digue sont avertis.

La vitesse de propagation des ondes de crue n'est pas très rapide, et on dit empiriquement qu'il faut environ huit heures pour se rendre du cours supérieur de l'oued Ambouli à la ville de Djibouti. La transmission précise des informations sur la situation dans le cours supérieur permet de réagir à l'avance aux inondations dans la ville de Djibouti, de sorte que ces réponses manuelles ont bien fonctionné avant l'achèvement du barrage de l'amitié d'Ambouli.

Après l'achèvement du barrage de l'amitié d'Ambouli en 2019, il était plein le 1er janvier 2023, provoquant une fuite à grande échelle du déversoir. De plus, lorsque l'eau a été libérée par le déversoir inférieur pour abaisser le niveau d'eau après la crue, la fuite a provoqué l'inondation de l'oued sur les routes, y compris le site où le pont de la Palmeraie est prévu pour être construit. Au milieu de cette série d'événements, la diffusion des informations du MAEPE-RH aux organisations concernées n'a pas toujours fonctionné correctement, et le SEGRC a eu du mal à répondre à l'inondation dans une situation où il n'y avait aucune information de pluie ou d'avertissement du MAEPE-RH. Sur la base de cette expérience, la politique actuelle consiste à contacter les organisations concernées lorsque l'eau est libérée du barrage de l'amitié d'Ambouli.

Par le passé, un système d'observation a été installé dans le bassin de l'oued Ambouli pour saisir les conditions d'écoulement en amont afin de prévoir et d'alerter les crues. Bien que l'emplacement précis de l'installation, les grandes lignes du système et la période de fonctionnement soient inconnus, un système comme celui présenté dans le **tableau 4.8.1** a déjà été installé.

**Tableau 4.8.1 Système de surveillance du bassin de l'oued Ambouli dans le passé**

Durée de l'observation	Système	Emplacement	Agence responsable	Soutien	Source
1956~1960	Niveau d'eau	Inconnu	Travaux publics	Inconnu	*1
1971~1974	Niveau d'eau	Oued Ambouli près de la ville de Djibouti	Inconnu	Inconnu	*1
1980 ~ 1992 environ	Précipitations, niveau d'eau (Enregistreur)	Djibouti, Oueah, Gami, Gorabous, Galafi, Degbour	Inconnu	Allemagne	*1
Débuté vers 2009 (ne fonctionne plus actuellement)	Niveau d'eau : 3 Précipitations : 9 Systèmes sans fil	Niveau d'eau : Oueah, Boule, Kalaloho Précipitations : Stations pluviométriques précédentes	CERD	USAID	*1 *2

Source: \*1 - Second National Communication of the Republic of Djibouti to the UN Framework convention on Climate Change (2013), \*2 - Project Document of United Nations Development Programme (Country: Djibouti) December, 2011.

D'autre part, comme les inondations se produisent en raison des précipitations, si la situation pluviométrique du bassin peut être appréhendée et prédite en temps réel à l'aide des informations météorologiques, le risque d'inondation peut être envisagé à l'avance par le MAEPE-RH et le CERD, et les prévisions et alertes d'inondation peuvent être émises avec un délai plus long. Cependant, le réseau actuel d'observation des précipitations de l'ANM, à l'exception du point d'Arta où l'AWS est installé, est une station d'observation manuelle des précipitations qui vérifie les précipitations lorsqu'une pluie est terminée, il n'est donc pas possible de saisir les informations pluviométriques du bassin en temps réel. Par conséquent, il est actuellement difficile de prédire les inondations à partir des informations météorologiques rapportées par le service météorologique

Dans ce contexte, l'initiative CREWS (Climate Risk and Early Warning System) dirigée par l'OMM démarrera en octobre 2024, et le développement d'équipements d'observation automatique a commencé avec le budget de la BAD, du Fonds d'adaptation et de l'ANM. Cela renforcera le réseau d'observation, et il est prévu que l'utilisation efficace des informations météorologiques (introduction de directives) commencera dans le cadre du projet de coopération technique météorologique de la JICA prévu pour démarrer l'année prochaine, ce qui améliorera considérablement la qualité et la quantité des informations météorologiques utilisables.

Les prévisions météorologiques (prévisions météorologiques du lendemain) émises par l'ANM jouent actuellement un rôle dans la gestion des eaux intérieures de la ville de Djibouti. Le service météorologique diffuse publiquement les informations météorologiques comme indiqué dans le **tableau 4.8.2** via la télévision, la radio et le courrier électronique (aux personnes inscrites sur la liste de diffusion). De gauche à droite, les fortes pluies, les vents forts et la chaleur sont indiqués, et respectivement « vert foncé : aucun impact », « jaune : faible », « orange : modéré » et « rouge : fort ». Une mise en garde est émise lorsque le niveau est orange ou supérieur, et un avertissement est émis lorsque le niveau est rouge. L'ONEAD et l'Agence nationale de protection civile, responsables des mesures de lutte contre les inondations à Djibouti-ville, utilisent ces prévisions pour se préparer aux inondations intérieures du lendemain.

**Tableau 4.8.2 Prévisions météorologiques de l'ANM**

Région	FORTE PLUIE				VENTS FORTS				CHALEUR			
	RISQUE				RISQUE				RISQUE			
	Non	Faible	Moyen	Élevé	Non	Faible	Moyen	Élevé	Non	Faible	Moyen	Élevé
Djibouti-Ville	X				X				X			
Arta	X				X				X			
Ali-Sabieh	X				X				X			
Dikhil	X				X				X			
Tadjourah	X				X				X			
Obock	X				X				X			

Source: ANM

## 4.9 Discussion sur le mécanisme des inondations et le risque d'inondation

Sur la base de l'étude présentée ci-dessus, le mécanisme des inondations et le risque d'inondation sont discutés ci-dessous.

### 4.9.1 Inondations fluviales

#### (1) Mécanisme des inondations fluviales de l'oued Ambouli

##### 1) Pluies soudaines - ruissellement dans l'oued Ambouli et ses affluents par les pluies d'orage

- En cas d'inondations dans l'oued Ambouli, des pluies d'orage avec un certain décalage horaire par zones telles que les zones en amont, les zones médianes, les zones tributaires et les zones en aval se produisent, et un ruissellement de pluies soudaines avec des hydrogrammes relativement prononcés pénètre dans les oueds composés de l'oued Ambouli principal et de ses affluents.
- Dans la zone médiane du chenal principal de l'oued Ambouli et juste en aval de la sortie de l'affluent des gorges, y compris l'oued Boule, il existe de vastes zones naturelles avec de nombreux rochers et blocs rocheux, qui ont pour fonction de bassins de retardement naturels pour réduire les débits de pointe des crues ainsi que de bassins de retardement naturels du sable pour déposer des sédiments (sable, galets, rochers et rochers) et réduire les sédiments vers les tronçons en aval dans une certaine mesure.
- Après ces larges bassins de retardement naturels, les eaux de crue se précipitent vers la jonction avec l'oued principal Ambouli et son affluent avec un certain décalage temporel pour atteindre les hydrogrammes de crue vers les zones de jonction de l'oued principal Ambouli et de son affluent.

##### 2) Débordement du canal de l'oued Ambouli dans le bief aval et en particulier à cause des portions de goulot d'étranglement au niveau de l'actuel pont de l'Italie et du futur pont de la Palmeraie

- Dans les zones en aval de la jonction de l'oued principal Ambouli avec l'affluent de l'embouchure du fleuve à la partie d'entrée du delta, les eaux de crue se répandent sur les vastes zones de plaine inondable (chenal de hautes eaux), qui existent en aval de Nagat, le long de l'oued Ambouli.
- À l'origine, la capacité de décharge du tronçon aval de l'oued Ambouli étant relativement faible, le débordement de l'oued Ambouli vers les zones environnantes, y compris la ville de Djibouti, s'était produit lors d'inondations telles que celles de 1994 et 2004. Le pont italien a été construit avant 1994, ce qui ferme la zone de plaine inondable du côté de la rive gauche par son remblai de route d'accès, a réduit la section transversale du fleuve et a quelque peu atténué les conditions d'inondation dans la zone la plus en aval.
- Après la construction de la digue (2,2 km de longueur) en 2008 sur le côté rive droite du pont italien jusqu'en aval de Nagat, le débordement vers le côté rive droite (côté ville de Djibouti) a été considérablement réduit. Puis, après le début des travaux du barrage de l'amitié d'Ambouli en 2019, le débit des crues de l'oued principal d'Ambouli jusqu'à la jonction avec l'affluent a été considérablement réduit. Même pendant les précipitations de janvier 2023, qui sont estimées à une échelle de 20PRA, aucune inondation majeure ne s'est produite en aval de l'oued Ambouli.
- Cependant, comme le pont de la Palmeraie sur le lit des basses eaux de l'oued Ambouli aura presque la même capacité de décharge que l'ouverture du pont que le pont italien, ces deux ponts constitueront également des goulots d'étranglement en cas d'inondations. De plus, comme le côté ouest du pont de la Palmeraie traversera la rivière comme dans les conditions actuelles, le débit sur la partie traversée par la rivière se produira même en cas de petites inondations, qui sont causées par le débordement des eaux de crue du lit des basses eaux de l'oued Ambouli, y compris la partie du débit de crue provenant de l'ouverture le long du remblai ferroviaire autour de la Palmeraie.

### 3) Inondation dans la zone de la plaine d'inondation (canal de crue) dans le tronçon aval de l'oued Ambouli

- Étant donné que la capacité de décharge du lit des basses eaux du tronçon aval de l'oued Ambouli est généralement faible, le débordement du lit des basses eaux vers les zones de plaine inondable (zones de lit des hautes eaux) le long du tronçon aval de l'oued Ambouli, en particulier en aval de Nagat, se produit facilement.
- Les inondations dans les zones de plaine inondable affectent les personnes (principalement des migrants illégaux) vivant dans les zones de plaine inondable.
- Une partie des eaux de débordement dans la plaine inondable s'écoule le long du côté ouest du remblai de la voie ferrée et affecte gravement la région du Vietnam, avec des personnes vivant dans la partie la plus en aval, sur la rive gauche de l'oued Ambouli.

## (2) Prise en compte du risque d'inondation

### 1) Risques d'inondation restants dans le tronçon aval en cas de crues importantes

- Bien qu'aucun débordement de crue ne se soit produit depuis l'achèvement du barrage de l'amitié d'Ambouli en 2019, il existe toujours des risques d'inondation en cas de crues importantes telles que des crues de 50 ou 100 PRA ou des crues plus importantes, en particulier dans les portions de goulot d'étranglement au niveau du pont italien et dans un avenir proche la portion du pont de la Palmeraie plus le franchissement de la rivière dans la partie ouest.
- De plus, bien qu'il puisse y avoir de très rares cas de coïncidence de l'hydrogramme de crue de l'oued principal Ambouli et de l'hydrogramme de crue de l'affluent à la jonction de l'oued principal Ambouli avec l'affluent, si une telle coïncidence des hydrogrammes de crue se produit, le débit de pointe de la crue vers le tronçon aval devient beaucoup plus élevé, ce qui peut provoquer des inondations importantes autour du tronçon aval même en fonctionnement du barrage de l'amitié d'Ambouli.
- Par conséquent, il est très important d'observer la répartition des précipitations dans le bassin de l'oued Ambouli et d'observer le niveau des eaux de crue à plusieurs endroits le long de l'oued Ambouli et d'accumuler ces données et d'analyser les phénomènes de ruissellement et de propagation des débits le long de l'oued Ambouli et de son affluent.

### 2) Risques d'inondation futurs dans les zones les plus en aval, y compris la zone ZES

- Si une ZES est aménagée en comblant le delta, il est souhaitable de l'aménager de manière à prendre en compte la durabilité et à préserver autant que possible les fonctions inhérentes au delta en matière de stockage des sédiments et des crues. Dans le pire des cas, si cela n'est pas pris en compte, en fonction de la taille de la voie navigable dans la ZES qui s'étend de l'aval du pont Palmares jusqu'à la mer, il existe un risque d'inondation sur une zone très large de la ville de Djibouti (rive droite) et de la ZES, comme le montre le diagramme des inondations de la **figure 4.5.16**.

### 3) Risques d'inondation futurs causés par la sédimentation du barrage de l'amitié d'Ambouli

- Le volume de sédimentation dans le barrage de l'amitié d'Ambouli au cours de ces 5 années depuis le début de son exploitation en 2019 est 4,3 fois plus important que le volume de sédimentation initialement estimé au stade de la conception. Français La surface de sédimentation du réservoir en novembre 2024 a déjà été atteinte à El. 311,15 m avec une profondeur de dépôt d'environ 15 m déjà (mesurée par cette étude), ce qui n'est qu'environ 3 m en dessous du niveau de fonctionnement minimum du réservoir à El. 314 m et 5 m en dessous de l'entrée de la sortie de la rivière à El. 316m.
- Si un tel afflux de sédiments très important se poursuit, il est possible que la surface de sédimentation soit bientôt plus élevée que la partie d'entrée de la conduite de sortie de la rivière, ce qui affectera alors la libération de l'eau du réservoir après avoir stocké les eaux de crue. Ensuite, la

capacité de stockage de contrôle des crues du barrage de l'amitié d'Ambouli sera réduite. Cela signifie que la fonction de réduction du débit de pointe des crues vers les tronçons intermédiaires et en aval par le barrage de l'amitié d'Ambouli sera réduite et que les risques d'inondation dans les zones en aval seront plus élevés.

#### **4.9.2 Inondations pluviales**

##### **(1) Mécanisme des inondations pluviales dans la ville de Djibouti**

###### **1) Inondations causées même par les précipitations les plus légères**

- La plupart des routes de la ville de Djibouti n'ont pas de caniveaux, donc même une petite quantité de précipitations provoque l'inondation de la surface de la route, et la surface de la route devient un canal de drainage virtuel à travers lequel s'écoule l'eau de pluie. Ensuite, les eaux de pluie se concentrent et s'accumulent dans les dépressions causées par la topographie.
- Il existe de nombreux endroits de ce type dans la ville de Djibouti, et ils sont reconnus comme des zones inondables.
- Dans la plupart des cas, les zones inondables et les canaux de drainage existants ne sont pas connectés, ou même s'ils le sont, la capacité est insuffisante, de sorte que l'eau de pluie accumulée ne peut pas être efficacement évacuée en utilisant les canaux de drainage des eaux pluviales existants.
- La majeure partie de l'eau de pluie accumulée reste en place, à l'exception de la quantité qui s'évapore et s'infiltré, donc plus les événements pluvieux consécutifs se produisent et plus les précipitations cumulées augmentent, plus la profondeur de l'inondation devient importante. En d'autres termes, la gravité des inondations dans la ville de Djibouti aujourd'hui est considérée comme dominée par la quantité totale de précipitations, plutôt que par l'intensité instantanée des précipitations.

###### **2) Refoulement de l'oued Ambouli**

- Le canal de drainage des eaux pluviales connecté à l'oued Ambouli ne dispose d'aucun dispositif anti-refoulement à son extrémité, donc lorsque le niveau d'eau dans l'oued Ambouli monte et dépasse le niveau du sol, l'eau reflue de la rivière vers les terres à l'intérieur de la digue.
- Les résultats de la simulation montrent que bien que le volume du reflux ne soit pas important, il inonde les routes environnantes, aggravant la situation des inondations intérieures.

###### **3) Disparition des canaux de drainage en raison du développement et de la capacité d'écoulement insuffisante des canaux alternatifs**

- Dans le Héron, une zone sujette aux inondations, à mesure que le développement par la mise en valeur des terres côtières progresse, la sortie du canal de drainage des eaux pluviales dans la mer a été enterrée, ce qui fait que les eaux de pluie n'ayant nulle part où aller stagnent dans une dépression.
- Dans une zone où un canal ouvert existait à l'origine, après le remplissage du canal ouvert, un nouveau ponceau a été installé sous la route mais il n'est pas assez grand, et il y a aussi l'accumulation de terre et de déchets, ce qui signifie que la capacité d'écoulement est insuffisante, provoquant des inondations.

##### **(2) Prise en compte du risque d'inondation**

###### **1) Poursuite du risque d'inondation en raison du manque de mesures structurelles**

- Bien que l'existence de zones inondables soit connue, aucune mesure structurelle n'a été mise en œuvre pour y remédier. Si la situation actuelle se poursuit, des inondations fréquentes continueront de se produire.

- Les précipitations étant en hausse en raison du changement climatique, le risque d'inondation devrait augmenter à l'avenir.

## 2) Risques graves pour la santé

- Les résultats de l'enquête par entretien sur les inondations ont confirmé que de nombreuses personnes souffrent de problèmes de santé tels que le paludisme après une inondation, non seulement lors des inondations les plus graves de ces dernières années, mais aussi lors des inondations qui se produisent presque chaque année, en raison de la propagation d'eau contaminée et de l'accumulation localisée d'eau sur de longues périodes. Le risque de dommages pour la santé causée par des inondations fréquentes est élevé.

## 3) Risque de modification des régimes d'inondation en raison d'une capacité de drainage insuffisante des principaux canaux d'évacuation des eaux pluviales à long terme

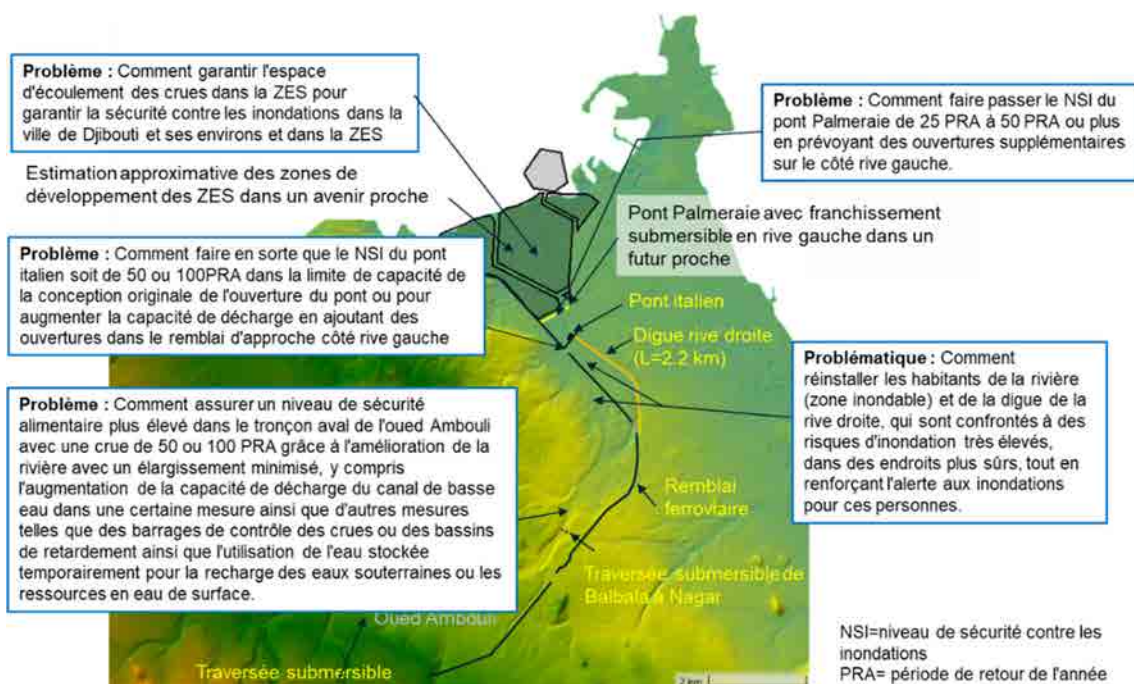
- À l'avenir, à mesure que la construction des égouts pluviaux locaux, y compris les caniveaux routiers, progressera, la quantité d'eaux pluviales stockées dans la zone de drainage diminuera et se déversera d'un seul coup dans les principaux canaux d'évacuation. Dans cette situation, l'intensité instantanée des précipitations sera le facteur dominant qui détermine le débit de pointe des principaux canaux d'évacuation. Selon l'étude du schéma directeur d'assainissement (2018), la capacité d'évacuation des égouts existants dans cette situation est évaluée comme suffisante pour gérer les précipitations avec une probabilité de 2 à 5 ans. En cas de fortes pluies avec une intensité de précipitations plus élevée, il existe un risque que les principaux canaux d'évacuation débordent et provoquent des inondations.

### 4.10 Problèmes et orientation des contre-mesures

Sur la base des considérations de la section 4.9, les enjeux et l'orientation des contre-mesures liées au risque d'inondation sont résumés.

#### 4.10.1 Inondations fluviales

Les enjeux et l'orientation des mesures de lutte contre les inondations dans l'oued Ambouli sont présentés ci-dessous. La **figure 4.10.1** montre les enjeux dans le tronçon aval de l'oued Ambouli.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.10.1 Problèmes liés aux inondations dans la partie aval de l'oued Ambouli**

**(1) Niveau de sécurité insuffisant contre les inondations de l'oued Ambouli et objectif à atteindre pour atteindre un niveau de sécurité plus élevé contre les inondations**

<p>Problème</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comment atteindre une période de retour de 50 ou 100PRA du niveau de sécurité contre les inondations (NSI) dans le tronçon aval de l'oued Ambouli en minimisant l'élargissement de l'oued, en particulier en raison de la difficulté d'élargissement de l'ouverture du pont italien et de l'ouverture du pont de la Palmeraie.</li> <li>• Comment augmenter la capacité de décharge du lit des basses eaux de l'oued Ambouli, de sorte que la fréquence des débordements du lit des basses eaux vers les zones de plaine inondable (zones de lit des hautes eaux) soit réduite et réduise les dommages directs aux personnes et à l'agriculture dans les zones de plaine inondable.</li> </ul>
<p>Direction de la contre-mesure</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour réduire davantage le débit de pointe des crues, des barrages de contrôle des crues supplémentaires en amont de l'oued principal Ambouli ou dans l'affluent (oued Boule) ou des bassins de retenue dans les tronçons intermédiaires et aval doivent être étudiés. De plus, les eaux de crue temporairement stockées par ces installations de stockage devraient être mieux utilisées pour la recharge des eaux souterraines ou les ressources en eau de surface.</li> <li>• L'augmentation de la capacité d'évacuation du lit des basses eaux par le biais d'un petit élargissement de la rivière ou d'excavations pour réduire la fréquence des débordements du lit des basses eaux vers les zones de plaine inondable doit être étudiée, et des contre-mesures supplémentaires connexes pour ajouter des ouvertures pour le remblai d'approche du pont italien, etc. doivent également être étudiées (si nécessaire).</li> </ul>

**(2) Limites de la capacité de décharge du pont italien et du futur pont de la Palmeraie et amélioration du niveau de sécurité contre les inondations**

<p>Problème</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comment faire pour que le NSI du pont italien soit de 50 ou 100 PRA dans la limite de capacité actuelle, ou comment augmenter la capacité de décharge en ajoutant des ouvertures sur le côté rive gauche. Ensuite, comment faire passer le NSI du pont de la Palmeraie de 25 PRA à 50 ou 100RPA.</li> </ul>
<p>Direction de la contre-mesure</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour le Pont Italien, afin d'augmenter la NSI à 50 ou 100 PRA, reconstruction du Pont en un nouveau pont plus long ou ajout d'ouvertures le long du talus d'approche côté rive gauche.</li> <li>• Pour le Pont de la Palmeraie, ajouter des viaducs ou des ponts-pontons continus côté rive gauche pour évacuer les eaux de crue sur la plaine inondable et assurer la circulation tout au long de l'année.</li> </ul>

**(3) Effet de la ZES dans le delta sur le débit des crues et sur la garantie de la fonction d'atténuation des crues du delta**

Problème	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la ZES est développée en comblant le delta, le défi sera de la développer d'une manière qui prenne en compte la durabilité et préserve autant que possible les fonctions inhérentes de stockage d'eau et de sable du delta.</li> <li>• Comment garantir un espace d'écoulement des crues dans la ZES pour garantir la sécurité contre les inondations de la ville de Djibouti et des zones environnantes et de la ZES.</li> </ul>
Direction de la contre-mesure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'agence gouvernementale responsable de la ZES doit être consciente des risques associés au développement et doit développer la ZES d'une manière qui prend en compte la durabilité, en préservant autant que possible les fonctions inhérentes de stockage d'eau et de sable du delta, et en veillant à ce qu'au une largeur de voie navigable suffisante soit prévue dans la ZES.</li> </ul>

**(4) De nombreuses personnes vivent dans la zone inondable et sur la digue de la Banque mondiale et pour assurer la sécurité contre les inondations**

Problème	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comment assurer la sécurité de ces personnes contre les inondations.</li> </ul>
Direction de la contre-mesure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La meilleure solution pour protéger les habitants des zones inondables le long de l'oued Ambouli contre les inondations est de les réinstaller dans des endroits plus sûrs à proximité. Il est également préférable de réinstaller les habitants de la digue de la Banque mondiale dans des endroits plus sûrs à proximité.</li> <li>• Cependant, la réinstallation de ces personnes n'est pas si facile. Par conséquent, afin de procéder à une évacuation précoce de ces personnes, il est nécessaire d'annoncer une alerte d'inondation dès le début des inondations.</li> <li>• Afin de donner des informations à ces personnes sur la possibilité d'inondations par le biais de conseils d'alerte d'inondation, il est nécessaire de développer un système d'observation télémétrique du niveau d'eau et d'utiliser les données télémétriques de précipitations de l'ANM.</li> </ul>

**(5) Assurer la fonction de stockage des crues du barrage de l'amitié d'Ambouli**

Problème	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comment réduire le volume de sédimentation dans le réservoir et sécuriser la capacité de stockage du barrage/réservoir pour le contrôle des crues.</li> </ul>
Direction de la contre-mesure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour réduire l'afflux de sédiments et le volume de sédimentation dans le barrage de l'amitié d'Ambouli, des travaux de dragage ou d'excavation des sédiments dans la zone du réservoir doivent être effectués.</li> <li>• Construire un barrage de sédimentation (barrage sabo) juste en amont du barrage de l'amitié d'Ambouli, proposé par DSI de Turquie, pour réduire l'afflux de sédiments dans le barrage de l'amitié d'Ambouli.</li> </ul>

#### 4.10.2 Inondations pluviales

Les problèmes et l'orientation des contre-mesures contre les inondations dans la ville de Djibouti sont présentés ci-dessous.

##### (1) Manque de drainage local

Problème	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le drainage local relié au drainage principal n'étant pas bien développé, même une petite quantité de pluie peut provoquer des inondations. Bien que la capacité actuelle du drainage principal ne soit pas suffisante, une grande partie des eaux de pluie déborde avant d'entrer dans le drainage principal et n'atteint pas le drainage principal.</li> <li>Par conséquent, même si les améliorations du drainage principal proposées par le schéma directeur d'assainissement (2018) sont mises en œuvre, des inondations localisées persisteront.</li> </ul>
Direction de la contre-mesure	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avec le soutien de la Banque mondiale, une étude est en cours pour améliorer les zones inondables et des mesures seront mises en œuvre sur la base des résultats de l'étude.</li> <li>Parallèlement à la construction de routes, la construction de systèmes de drainage locaux tels que des caniveaux routiers devrait être étendue.</li> </ul>

##### (2) Reflux provenant du drainage connecté à l'oued Ambouli

Problème	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actuellement, il n'existe pas de dispositif anti-refoulement à la sortie du drainage qui se connecte à l'oued Ambouli, donc lorsque le niveau d'eau de l'oued Ambouli est élevé, l'eau reflue de l'oued Ambouli.</li> <li>Les résultats du modèle de simulation d'inondation ont confirmé que bien que le volume d'eau refluant ne soit pas important, il aggrave l'inondation des routes environnantes.</li> </ul>
Direction de la contre-mesure	<ul style="list-style-type: none"> <li>Installer des dispositifs anti-refoulement tels que des vannes à clapet à la sortie du drainage.</li> </ul>

##### (3) Développement d'installations de drainage principales appropriées

Problème	<ul style="list-style-type: none"> <li>À l'avenir, il est nécessaire de développer un système de drainage principal de taille appropriée. En effet, comme cela a déjà été évalué dans le schéma directeur d'assainissement (2018) et d'autres études similaires, la capacité du système de drainage existant est insuffisante lorsque des systèmes de drainage locaux sont développés et que les eaux pluviales sont raccordées au système de drainage principal.</li> <li>Dans une perspective à long terme, il est nécessaire d'envisager le développement d'un système de drainage principal approprié à la lumière des nouveaux plans d'aménagement urbain et des plans d'occupation des sols.</li> </ul>
Direction de la contre-mesure	<ul style="list-style-type: none"> <li>La Banque mondiale soutient la révision du schéma directeur d'assainissement de l'ONEAD (2018) et la BAD soutient la formulation du schéma directeur de transport urbain, prévu jusqu'en 2026. L'appui à la formulation du Plan est déjà en cours. Des progrès constants devraient être réalisés dans le développement des principaux canaux de drainage conformément au Plan.</li> </ul>

**(4) Entretien inefficace du drainage des eaux pluviales**

Problème	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lors du nettoyage d'un drainage existant devenu des ponceaux sous les routes, il est nécessaire d'abord d'excaver la route, ce qui rend l'entretien extrêmement inefficace.</li></ul>
Direction de la contre-mesure	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lors de la rénovation future du drainage existant, il convient de le rénover en une structure facile à exploiter et à entretenir.</li><li>• Par exemple, si la surface du canal de drainage n'est pas utilisée comme route, il peut être possible à l'avenir de restaurer le canal ouvert autant que possible, et même s'il est converti en canal souterrain, des ouvertures pour l'entretien qui peuvent être facilement ouvertes et fermées à intervalles appropriés pour le nettoyage pourraient être prévues.</li></ul>

**(5) Problème de santé causé par l'inondation**

Problème	<ul style="list-style-type: none"><li>• En raison de la propagation de l'eau contaminée lors des inondations et de l'accumulation localisée de l'eau sur de longues périodes, de nombreuses personnes souffrent de problèmes de santé tels que le paludisme et la diarrhée après les inondations, et cette situation doit être améliorée.</li></ul>
Direction de la contre-mesure	<ul style="list-style-type: none"><li>• En plus de réduire le risque d'inondation lui-même, des mesures doivent être prises pour minimiser la propagation des eaux usées et éliminer rapidement toute eau restante après l'inondation, même si une inondation se produit.</li></ul>



## **CHAPITRE 5 BESOINS DE SOUTIEN ET FUTUR PLAN DE COOPÉRATION**

Dans ce chapitre, la section 5.1 examine tout d'abord les besoins des collectivités en matière de réduction des risques d'inondation sur la base des résultats de l'étude du chapitre précédent. Ensuite, dans la section 5.2, un menu de contre-mesures qui devraient être mises en œuvre pour réduire le risque d'inondation sur la base des besoins des soutiens est présenté.

### **5.1 Besoins de soutien pour la réduction des risques d'inondation**

#### **5.1.1 Inondations fluviales**

##### **(1) Il faut résoudre les problèmes**

Dans l'oued Ambouli, la digue de la rive droite en aval et le barrage de l'amitié d'Ambouli ont réduit le risque d'inondation dans une certaine mesure en aval, où le risque d'inondation était auparavant élevé. Cependant, le risque d'inondation demeure pour les crues plus importantes, et des mesures pour faire face à ces risques sont donc nécessaires à l'avenir.

Les besoins pour résoudre aux problèmes décrits à la section 4.10 peuvent être résumés comme suit.

##### **1) Besoins de contre-mesures en tenant compte des facteurs limitant la réalisation d'améliorations fluviales**

Les capacités d'écoulement au niveau du pont italien existant et du pont de la Palmeraie, ainsi que la traversée submersible du côté ouest, qui seront construits par le programme d'aide de la JICA, sont les facteurs limitant la capacité d'écoulement dans le tronçon aval de l'oued Ambouli. Par conséquent, pour planifier les aménagements fluviaux dans le tronçon aval, il est nécessaire d'étudier les aménagements fluviaux appropriés et réalisables, étant donné qu'il est difficile d'aménager un chenal beaucoup plus large qui dépasserait les limites de débit aux deux endroits susmentionnés.

##### **2) Nécessité de réduire le débit de pointe des inondations par un stockage supplémentaire des eaux de crue**

En fonction du niveau de sécurité de l'inondation dans le tronçon aval de l'oued Ambouli, qui est de 50 période de retour de l'année (PRA) ou 100PRA, à condition que le débit de pointe de l'inondation soit réduit par le barrage de l'amitié d'Ambouli, pour le débit de l'inondation dans le tronçon aval, qui dépasse les capacités d'évacuation aux deux ponts ci-dessus et au canal de la rivière, il est nécessaire de réduire les débits de pointe de l'inondation en stockant l'eau de l'inondation par des barrages supplémentaires dans les tronçons en amont ou à mi-parcours ou par de nouveaux bassins de ralentissement dans le tronçon en aval.

##### **3) Nécessité de contre-mesures pour résoudre le problème de l'écoulement d'une partie des eaux de crue le long du côté ouest du talus de la voie ferrée**

Les eaux de crue débordent facilement du canal d'étiage dans le tronçon aval autour de Nagat dans l'oued Ambouli. Les eaux de crue débordantes sont divisées par le remblai de la voie ferrée, qui s'étend et traverse en diagonale la plaine inondable de l'oued Ambouli. Les eaux de crue, qui sont divisées du côté ouest du remblai de la voie ferrée, s'écoulent le long du côté ouest du remblai de la voie ferrée, et une partie des eaux de crue est déversée dans la traversée submersible ouest de la Palmeraie. De cette manière, même des inondations relativement petites s'écouleront par-dessus le passage submergé de la Palmeraie et bloqueront le trafic. Par conséquent, il est nécessaire de prévoir des contre-mesures contre le flux d'inondation par le côté ouest du remblai de la voie ferrée.

#### **4) Besoins en matière de gestion de l'occupation des sols dans les zones présentant des risques d'inondation très élevés**

De nombreuses personnes vivent dans les plaines inondables où les risques d'inondation sont très élevés dans l'oued Ambouli, ainsi que sur la digue de la rive droite où les risques d'inondation sont élevés. Il est important de mener une gestion de l'utilisation des terres dans la plaine inondable et sur la digue de la rive droite, qui comprendra l'interdiction de vivre dans ces zones et la réinstallation des personnes dans des zones plus sûres contre les inondations ainsi que dans des zones proches des lieux actuels, dans la mesure du possible. Il est nécessaire d'étudier les plans et la mise en œuvre de cette gestion de l'utilisation des terres.

#### **5) Besoins en matière de développement d'un système d'observation hydrologique**

Afin d'améliorer la précision de l'analyse des inondations et de formuler un plan de gestion des risques d'inondation, il est indispensable d'améliorer le système d'observation météorologique et hydrologique (système d'observation télémétrique par radio ou par SMS) et de procéder à des observations. En ce qui concerne l'observation météorologique, le projet de coopération technique de la JICA devrait être mis en œuvre à partir de 2025. En revanche, l'observation hydrologique (observation du niveau d'eau des rivières) n'est pas du tout effectuée. Il est donc nécessaire de commencer par développer un système d'observation hydrologique.

#### **6) Nécessité de prendre des mesures contre l'afflux de sédiments dans le barrage de l'amitié d'Ambouli**

Le barrage de l'amitié d'Ambouli a commencé à fonctionner en 2019. Le volume de sédiments entrant au cours de ces cinq années est 4,3 fois plus important que le volume de sédiments estimé à l'origine dans la conception. Il est très important de maintenir la capacité de stockage du barrage de l'amitié d'Ambouli et de son réservoir. Par conséquent, il est nécessaire de procéder à des travaux de dragage dans le réservoir et d'excavation des sédiments dans la partie du réservoir située à l'entrée.

#### **7) Nécessité d'un plan directeur pour la gestion des risques d'inondation**

En plus des points 1) à 6) ci-dessus, il est nécessaire de formuler un plan directeur de gestion des risques d'inondation (GRI) couvrant l'ensemble du bassin de l'oued Ambouli et en particulier en se concentrant sur les zones en aval, et de présenter divers menus et une feuille de route pour la mise en œuvre de la FRM. En ce qui concerne les installations de stockage des crues, il est nécessaire d'inclure l'utilisation des ressources en eau dans la mesure du possible.

### **(2) Besoins en matière de soutien des donateurs**

Étant donné que le gouvernement de Djibouti n'a aucune expérience de la planification et de la mise en œuvre indépendantes de ces mesures, le soutien des donateurs est considéré comme essentiel.

Ces dernières années, le soutien des donateurs s'est limité à ce qui suit et, pour autant que nous ayons enquêté, il n'y a pas de plans concrets pour un soutien futur.

- Étude de préféabilité (EPF) pour un nouveau barrage par la DSI de Turquie
- Projet soutenu par l'OMM/UNDRR pour renforcer l'observation météorologique et hydrologique par CREWS (les partenaires sont l'ANM et le CERD)

### **5.1.2 Inondations pluviales**

#### **(1) Il faut résoudre les problèmes**

Le développement des installations de drainage des eaux pluviales, en particulier le drainage local, n'a pas été mis en œuvre, et même une petite quantité de pluie provoque des inondations fréquentes, entraînant des perturbations de la circulation, des pertes matérielles et des dommages sanitaires. Du

point de vue de la garantie des fonctions urbaines, ces inondations fréquentes doivent être améliorées de toute urgence.

Les besoins pour résoudre aux problèmes décrits à la section 4.10 peuvent être résumés comme suit.

**1) Besoin d'améliorations structurelles dans les zones sujettes aux inondations, où même des pluies légères provoquent des inondations**

En raison de l'absence de drainage le long des routes, comme les caniveaux, de l'obstruction des canaux de drainage existants due à l'aménagement du territoire et de l'existence de dépressions topographiques, il existe des zones inondables où même une pluie légère peut provoquer une inondation, et les organismes compétents en sont conscients.

Avec le soutien de la Banque mondiale, une étude a été réalisée pour améliorer ces zones inondables, et la Banque mondiale prendra l'initiative de mettre en œuvre des projets dans les zones prioritaires. Cependant, il n'y a aucune perspective de mise en œuvre de projets dans d'autres zones, et une assistance financière est recherchée pour la mise en œuvre des projets.

**2) Besoins en équipements de prévention des retours d'eau pour les drainages raccordés à l'oued Ambouli**

Lorsque le niveau d'eau de l'oued Ambouli augmente, l'eau reflue du drainage relié à l'oued Ambouli vers les terres situées à l'intérieur de la digue, ce qui contribue à l'inondation de l'intérieur des terres. Il est nécessaire d'empêcher le reflux en installant des dispositifs anti-refoulement tels que des vannes à clapet à la sortie du drainage.

**3) Nécessité de mettre en place un système de drainage principal approprié compte tenu du développement urbain futur**

Actuellement, une grande partie des eaux de pluie n'atteint pas le drainage principal en raison de l'absence de canaux de drainage locaux, etc., de sorte que même si la capacité du drainage principal existant semble suffisante, les résultats de l'enquête dans le schéma directeur de l'assainissement (2018) indiquent que lorsque le drainage local sera développé à l'avenir, le débit de pointe du drainage principal augmentera et il y a une forte possibilité que la capacité soit insuffisante. La ville de Djibouti est en train de réviser son plan d'aménagement urbain et, sur cette base, il est nécessaire de formuler un plan d'aménagement approprié pour le drainage principal et de l'aménager petit à petit.

L'appui au développement du plan est déjà en cours de mise en œuvre, avec la BM qui soutient la revue de schéma directeur de l'assainissement de l'ONEAD (2018) et la BAD qui soutient le développement du plan directeur d'infrastructures de transport urbain, prévu pour durer jusqu'en 2026.

**4) Besoins d'améliorations en ce qui concerne le fonctionnement et l'entretien des installations de drainage des eaux pluviales**

Lors du nettoyage des drainages existants qui sont devenus des ponceaux sous les routes, il est nécessaire d'ouvrir d'abord la route, ce qui est une situation d'entretien extrêmement inefficace. Afin d'améliorer cette situation à l'avenir, lors de la réparation des drainages existants, il sera nécessaire de les rénover afin d'obtenir une structure facile à utiliser et à entretenir.

Il est attendu que ce point soit pris en compte dans la revue du schéma directeur de l'assainissement de l'ONEAD (2018) appuyé par la BM et dans l'appui de la BAD à la formulation du schéma directeur d'infrastructures de transport urbain.

**5) Nécessité de mesures visant à réduire les dommages sanitaires causés par les inondations**

Après une inondation, de nombreuses personnes souffrent de problèmes de santé tels que la malaria et la diarrhée. Afin de réduire les dommages sanitaires causés par les inondations, il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures telles que la réduction de la propagation des eaux usées et l'élimination

rapide des eaux stagnantes après les inondations, en plus de la réduction du phénomène d'inondation lui-même.

## **(2) Besoins en matière de soutien des donateurs**

L'ONEAD, qui est responsable des installations de drainage des eaux pluviales, est actuellement débordé par le développement des égouts et a du mal à obtenir un budget pour les projets d'amélioration du drainage des eaux pluviales, de sorte que le soutien des donateurs est considéré comme nécessaire.

L'appui des bailleurs de fonds aux mesures de drainage des eaux pluviales dans la ville de Djibouti s'est multiplié ces dernières années. Bien que la mise en œuvre du plan de drainage des eaux pluviales du Plan Directeur d'assainissement formulé en 2018 n'ait pas du tout progressé, l'amélioration du drainage des eaux pluviales est envisagée avec l'appui des bailleurs de fonds dans un plan d'étude avec les partenaires non seulement de l'ONEAD, qui est responsable du drainage des eaux pluviales, mais aussi de la DATUH, qui est responsable de la planification urbaine et du réaménagement urbain, de l'ARULoS, et de l'ADR, qui est responsable de l'aménagement de la voirie.

## **5.2 Projets recommandés pour réduire le risque d'inondation**

### **5.2.1 Inondations fluviales**

#### **(1) Plan directeur de gestion des risques d'inondation et étude de pré faisabilité dans le bassin de l'oued Ambouli**

Il est recommandé de réaliser une étude de plan directeur (PD) de gestion des risques d'inondation et une étude de pré faisabilité (EPF) sur le projet prioritaire. Le plan directeur sera un plan global de réduction et de gestion des inondations dans le bassin fluvial cible et constituera une feuille de route pour la mise en œuvre.

Lors de la formulation d'un plan directeur de gestion des risques d'inondation, il est important que les responsables du gouvernement de Djibouti soient conscients des impacts du développement de la ZES, notamment les conditions d'inondation et de dépôt de sédiments dans la zone environnante, et qu'ils s'engagent à mettre en œuvre le plan formulé en tant que leur propre plan.

Les concepts pour l'étude de la gestion des risques d'inondation, y compris le contrôle des inondations pour l'oued Ambouli, sont décrits ci-dessous à un niveau préliminaire. Les concepts détaillés doivent être étudiés et formulés à nouveau lors d'une étude à grande échelle dans le futur.

#### **1) Zones cibles pour la protection contre les inondations**

Les infrastructures et les biens de la ville de Djibouti sont principalement situés dans les zones en aval de l'oued Ambouli, en particulier dans les zones en aval de la traversée de Balbala à Nagat. La zone économique spéciale (ZES) dans le delta doit également être protégée contre les inondations. Par conséquent, les zones cibles pour la protection contre les inondations doivent être la zone en aval de la jonction de l'oued Ambouli et de son affluent, en particulier les zones comprenant les zones en aval de la traversée de Balbala à Nagat jusqu'à l'embouchure du fleuve et la future zone économique spéciale.

#### **2) Niveau de sécurité cible en cas d'inondation**

Compte tenu de l'importance de la ville de Djibouti en tant que capitale, le niveau de sécurité contre les inondations (NSI) pour la ville de Djibouti et les zones environnantes contre les inondations de l'oued Ambouli est préférable d'être fixé à 100 période de retour de l'année (PRA) ou au moins 50PRA<sup>66</sup>.

---

<sup>66</sup> Selon les projections du changement climatique, les précipitations à court terme avec une échelle de 100PRA dans le climat actuel peuvent devenir une échelle de 60 PRA si le changement climatique se produit. Sur cette base, le débit de conception peut être fixé à l'échelle 100 PRA dans le climat actuel ou à l'échelle 50PRA avec le changement climatique (les deux seront à peu près égaux).

### 3) Mesures structurelles

#### a) Assurer la capacité d'écoulement du canal d'étiage

En aval de Nagat, un large canal avec des plaines inondables (canal de crue) entoure le canal d'étiage de l'oued Ambouli, mais la capacité d'évacuation du canal d'étiage est très faible. Dans ces conditions, même les petites crues débordent fréquemment du canal d'étiage. Ensuite, une partie des eaux de crue s'écoule le long de la plaine d'inondation du côté ouest du remblai de la voie ferrée et s'écoule vers la plaine d'inondation du côté est du remblai de la voie ferrée à partir des ouvertures autour du pont italien et de la traversée de la Palmeraie.

Pour cette raison, même si le pont de la Palmeraie sera construit au-dessus du canal d'étiage de l'oued Ambouli dans un avenir proche, les eaux de crue seront débordées par la partie ouest de la traversée de la rivière, et il y aura des possibilités de blocage de la circulation. Il est donc nécessaire d'améliorer la rivière afin de réduire la fréquence des débordements du canal d'étiage (exemple : Améliorer le chenal d'étiage pour avoir une capacité d'évacuation totale de la berge pour une période de retour des inondations de 5 à 10PRA dans les conditions avec le barrage de l'amitié d'Ambouli ou des installations de stockage supplémentaires). En outre, grâce à la réduction de la fréquence d'écoulement des eaux dans la plaine d'inondation, il sera possible de réduire les dommages causés par les inondations aux personnes, à l'agriculture, etc. dans la plaine d'inondation.

#### b) Réduction du débit de pointe des inondations

Compte tenu des limites des capacités d'évacuation au niveau du pont italien, du pont de la Palmeraie, de la traversée du côté ouest de la rivière et de la future ZES, il est proposé d'étudier la réduction de l'évacuation des crues autant que possible grâce au nouveau barrage ajouté en amont de l'oued Ambouli (barrage modifié en tenant compte du stockage des eaux de surface et du potentiel de développement agricole) ou au nouveau barrage dans l'oued Boule (affluent de l'oued Ambouli) ou à de nouveaux bassins de ralentissement dans le tronçon aval. Selon l'étude de la DSI, le nouveau barrage de l'oued Boule aura une capacité de stockage du volume d'eau total de la crue de 500PRA. Comme les capacités de stockage du bassin de ralentissement ne sont que de 2 à 3 MCM, il est efficace d'exploiter le bassin de ralentissement pour réduire le débit de pointe de la crue.

En outre, il est nécessaire d'utiliser l'eau de crue stockée dans un barrage ou un bassin de ralentissement pour la recharge des eaux souterraines et l'agriculture dans les zones environnantes. En outre, il est nécessaire de stocker la quantité d'eau (environ 10 m<sup>3</sup>/s), qui est déchargée de la conduite de sortie de la rivière du barrage de l'amitié d'Ambouli pour réduire le niveau d'eau du réservoir, dans le bassin de ralentissement en allouant la capacité de stockage de l'utilisation de l'eau dans le bassin de ralentissement, et d'utiliser l'eau stockée pour l'agriculture et le jardinage dans les zones environnantes ainsi que pour le verdissement de la ville de Djibouti. Il est donc intéressant d'étudier l'utilisation de l'eau stockée comme ressource en eau de surface.

#### c) Mesures structurelles attendues

Compte tenu de ce qui précède, les mesures structurelles attendues sont présentées dans la **figure 5.2.1**.

Les détails de la combinaison alternative de barrages et de bassins de ralentissement doivent être discutés lors de la formulation du plan directeur. La **figure 5.2.2** montre les barrages et les bassins de ralentissement provisoirement établis pour 50PRA et 100PRA ainsi que les conditions d'inondation en aval de Nagat.

### 4) Mesures non structurelles

#### a) Réinstallation des personnes vivant dans des zones à très haut risque d'inondation

De nombreuses personnes vivent dans la plaine inondable sur la rive gauche et sur la digue de la rive droite dans la partie la plus en aval de l'oued Ambouli. Comme ces personnes sont exposées à des risques d'inondation très élevés, il est préférable de les réinstaller dans des endroits plus sûrs. En outre, comme il est possible que de nombreuses personnes vivant dans les plaines inondables soient des migrants

illégaux, il est nécessaire de traiter ces personnes de manière appropriée avec les services de police en suggérant de les enregistrer en tant que réfugiés.

**b) Développement d'un système d'observation hydrologique en temps réel (niveau d'eau de la rivière) afin d'utiliser le système pour l'exploitation du barrage de l'amitié d'Ambouli et l'alerte aux inondations, ainsi que pour l'étude du plan directeur sur la gestion des risques d'inondation dans le bassin de l'oued Ambouli.**

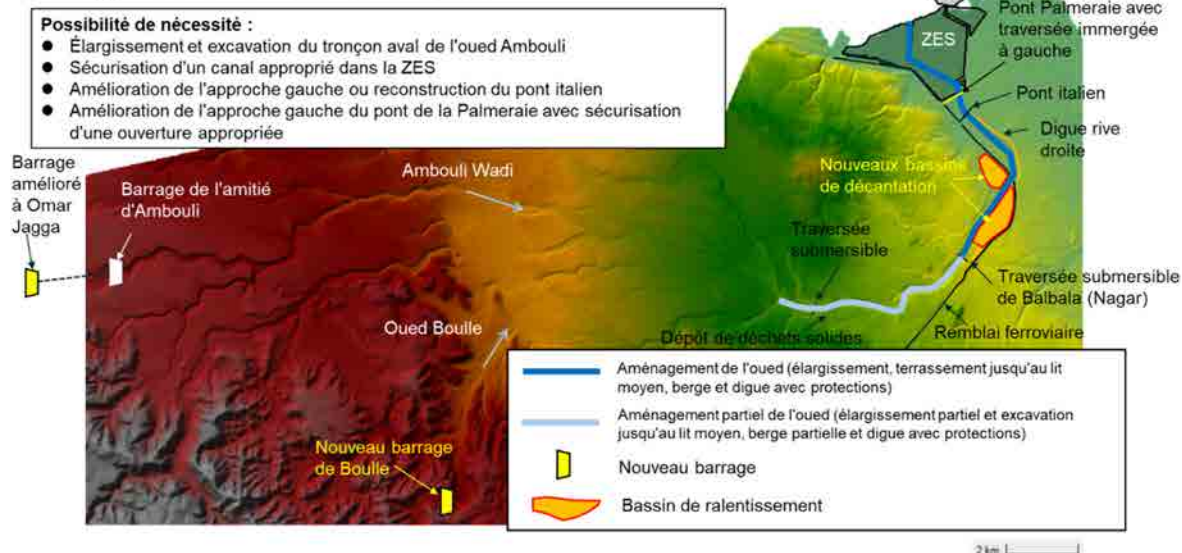
Il y avait des stations de mesure télémétrique du niveau d'eau SMS à deux (2) endroits le long de l'oued Ambouli dans le passé, mais ces stations ne fonctionnent pas actuellement en raison d'une panne de leur équipement d'observation.

Par conséquent, en plus des données pluviométriques fournies par l'ANM, si des stations télémétriques de mesure du niveau d'eau en temps réel (par SMS ou radio) sont installées pour observer les hydrogrammes de crue dans le tronçon en amont du barrage de l'amitié d'Ambouli, dans le réservoir et dans le tronçon en aval, le MAEPE-RH et les agences concernées peuvent recevoir les données en temps réel. Cela facilitera le bon fonctionnement du barrage de l'amitié d'Ambouli, l'annonce des avis d'alerte sur les inondations, y compris les inondations excessives, aux personnes vivant dans et autour de l'oued Ambouli et l'interdiction de la circulation dans les passages de la rivière.

En outre, les données sur les niveaux d'eau accumulées par les stations susmentionnées peuvent être utilisées avec les données météorologiques et pluviométriques pour formuler un plan directeur de gestion des risques d'inondation dans le bassin de l'oued Ambouli en améliorant la précision de l'analyse des inondations et la formulation des plans. Par conséquent, il est recommandé de développer les stations télémétriques de mesure du niveau d'eau ci-dessus dès que possible. En outre, il peut également être efficace d'utiliser des caméras de surveillance pour les rivières, les barrages et les réservoirs.

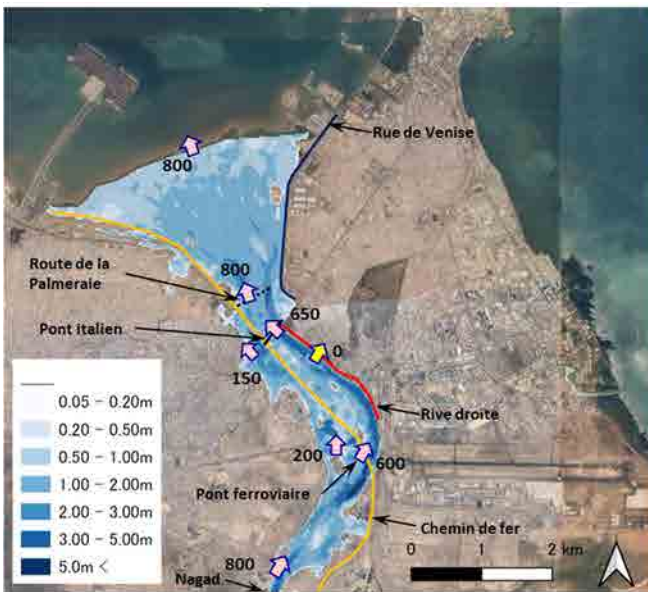
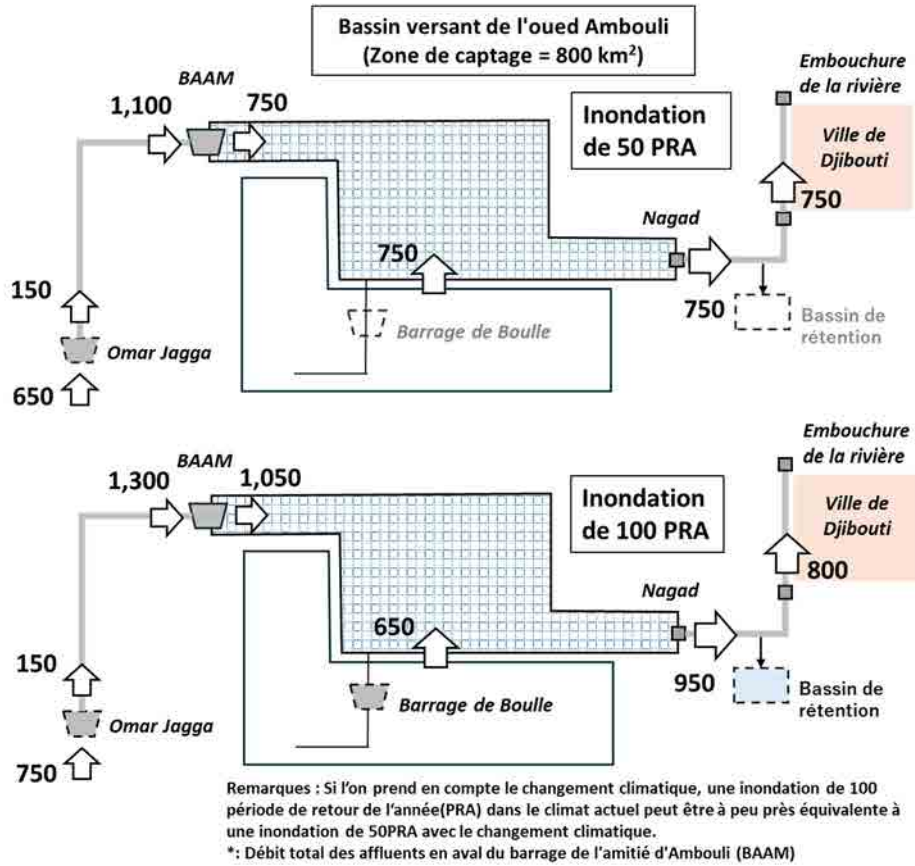
La figure 5.2.3 montre les emplacements possibles des nouvelles stations d'observation télémétrique du niveau de l'eau. Ces emplacements sont recommandés sur la base de la reconnaissance du site en amont, à mi-parcours et en aval de l'oued Ambouli par l'équipe d'enquête de la JICA et le directeur des grands travaux de construction du MAEPE-RH.

**Concept d'atténuation des inondations de l'oued Ambouli  
Amélioration de l'oued + Combinaison de nouveaux barrages et de bassins de retenue**

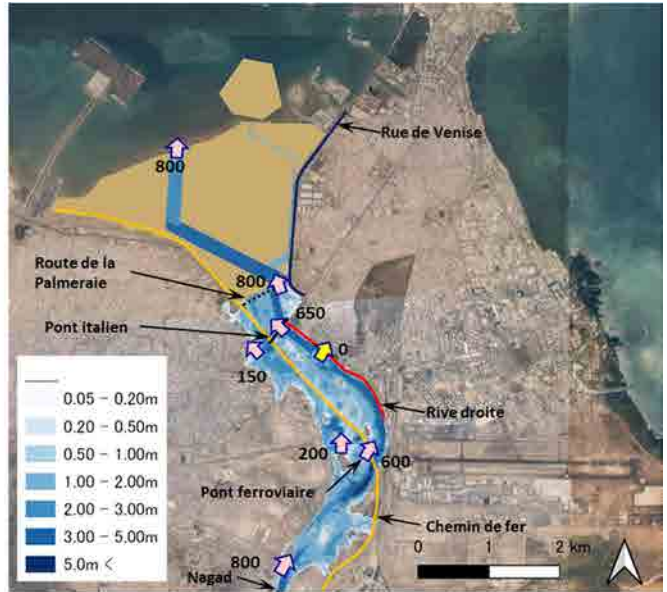


Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 5.2.1 Mesures structurelles attendues**



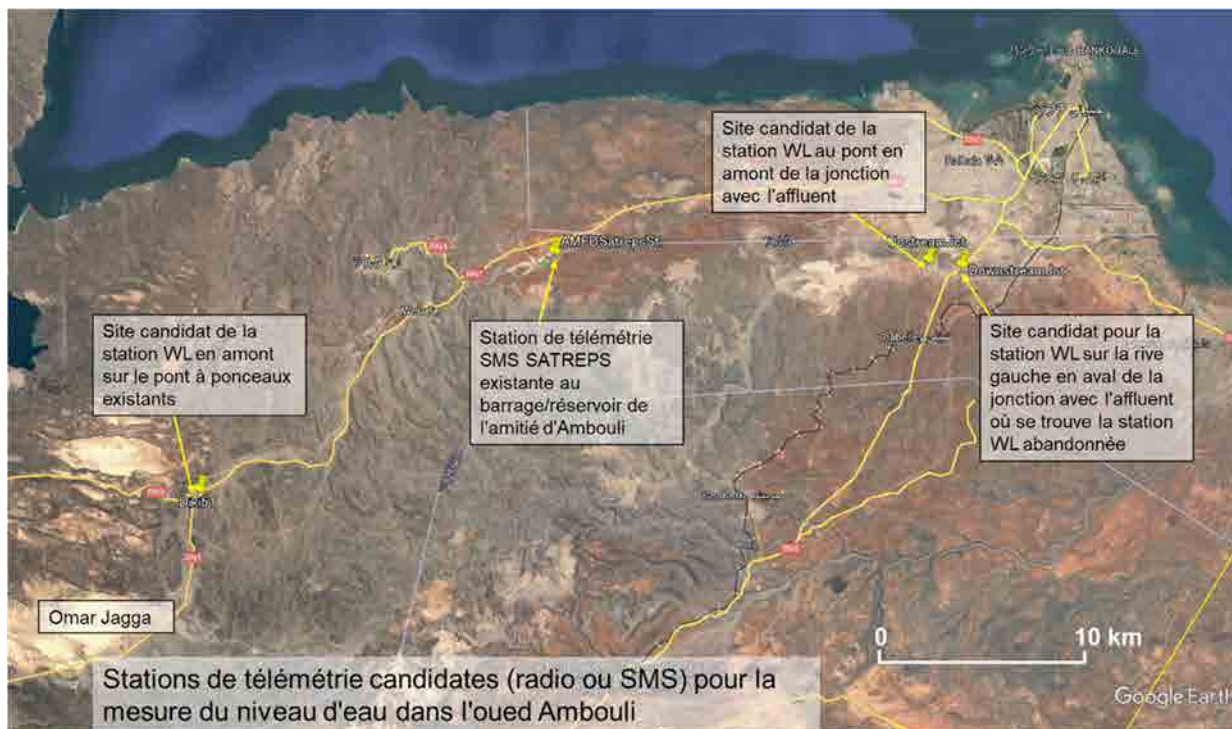
Cas où le delta actuel est maintenu



Cas où une ZES est développée sur le delta et où une voie navigable adaptée est prévue pour l'écoulement des crues

Source : Équipe d'étude de la JICA

Figure 5.2.2 Distribution du débit de crue avec barrages provisoires et bassin de rétention pour 50PRA et 100 PRA, conditions d'inondation dans le tronçon aval de Nagad.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 5.2.3 Stations télémétriques candidates de mesure du niveau de l'eau dans l'oued Ambouli**

## 5) Autres

### a) Réduction de la quantité de sédiments entrant dans le barrage/réservoir de l'amitié d'Ambouli

Au cours des cinq (5) années écoulées depuis le début de l'exploitation du barrage de l'amitié d'Ambouli, une quantité de sédiments 4,3 fois supérieure à la quantité de sédiments initialement prévue s'est déposée dans le réservoir. Cela s'explique par un apport de sédiments en provenance du bassin amont du barrage beaucoup plus important que la quantité de sédiments prévue à l'origine. Il est donc préférable de construire un barrage de sédimentation (barrage de Sabo) juste en amont du barrage de l'amitié d'Ambouli. En outre, il est recommandé de draguer et d'excaver les sédiments déposés dans le réservoir ou à l'endroit le plus en amont du réservoir.

### b) Étude du bilan sédimentaire des zones montagneuses aux zones côtières du bassin du fleuve Ambouli et recommandations sur la gestion des sédiments

Nous examinerons le volume de production de sédiments dans l'ensemble du bassin et l'efficacité de la zone de stockage de sable naturel au milieu du cours d'eau, et ferons des recommandations sur la conservation et d'autres politiques de gestion. En outre, nous examinerons l'impact du développement de la ZES dans le delta sur le bilan sédimentaire et proposerons des mesures pour minimiser les effets négatifs des changements dans le bilan sédimentaire sur la côte et les installations portuaires à proximité.

## 6) Composantes du projet prévues dans le plan directeur

Sur la base de ce qui précède, les projets prévus dans le plan directeur sont énumérés ci-dessous.

### Mesures structurelles

- S1 **Amélioration du fleuve dans le tronçon aval** : Jonction de l'oued Ambouli avec l'affluent jusqu'à l'embouchure dans la zone actuelle du delta, notamment de Nagat jusqu'à l'embouchure dans la zone actuelle du delta.
- S2 **Barrages** : Barrage de l'amitié d'Ambouli (BAAM), et barrage(s) supplémentaire(s) en

- S3 amont de l'oued Ambouli à Omar Jagga (polyvalent pour l'utilisation de l'eau et le contrôle des inondations) et/ou Boule Wadi (à but unique pour le contrôle des inondations).  
**Bassin(s) de rétention** : dans le tronçon aval (polyvalent pour la lutte contre les inondations et l'utilisation de l'eau).

#### Mesures non structurelles

- N1 **Gestion des zones fluviales** : mise en place de zones de contrôle le long des deux rives de la rivière ou le long de la digue pour empêcher la construction de maisons ou la pratique de l'agriculture.
- N2 **Gestion de l'utilisation des sols dans les zones à très haut risque d'inondation** : par exemple, interdiction des maisons mais autorisation de l'agriculture.
- N3 **Renforcement de la surveillance météorologique et hydrologique** afin d'obtenir des données de base pour la gestion des risques de catastrophes et sa planification, ainsi que pour l'alerte en cas d'inondation et le fonctionnement du BAAM.

#### Autres

- O1 **Fonctionnement et entretien (FE) du BAAM** : Dragage dans le réservoir pour réduire le dépôt de sédiments
- O2 **Réduction des sédiments de la rivière** : Un barrage de retenue en amont du BAAM, un barrage de consolidation pour créer un bassin de ralentissement du sable juste en amont de la jonction de l'oued principal d'Ambouli et de ses affluents.
- O3 **Plan de gestion des sédiments**
- O4 **Renforcement institutionnel pour la gestion des risques d'inondation**

### (2) **Évaluation préliminaire des composantes du projet prévu par le plan directeur**

Parmi les composantes de projet prévues dans le plan directeur, celles qui sont absolument nécessaires même sans tenir compte du plan directeur peuvent être mises en œuvre avant ou parallèlement à la formulation du plan directeur. Dans cette perspective, une évaluation préliminaire des composantes du projet prévues dans le plan directeur a été réalisée.

Les résultats de l'évaluation préliminaire sont présentés dans le **tableau 5.2.1**. Il est jugé que N3 : Renforcement de la surveillance des inondations et O1 : Maintenance et gestion du BAAM peuvent être mis en œuvre avant ou parallèlement à la formulation du plan directeur.

### (3) **Autres projets recommandés en parallèle à la formulation du PD/EPF**

Compte tenu de l'évaluation préliminaire des composantes attendues du projet PD, les projets suivants sont également recommandés parallèlement à la formulation du PD et du EPF.

#### 1) **Renforcement de la surveillance hydrologique pour la planification de la gestion des ressources en eau, le fonctionnement du BAAM et l'alerte aux inondations (projet de développement des capacités)**

- Etudier et proposer le système de surveillance hydrologique en temps réel nécessaire (niveau d'eau) dans l'oued Ambouli
- Installer les stations de surveillance hydrologique proposées, et démarrer et poursuivre l'exploitation pendant le projet
- Soutenir la préparation des niveaux d'eau d'alerte de crue et des conseils pour une évacuation précoce et les actions connexes.
- Soutenir la gestion du barrage et du bassin de retenue (si nécessaire)

#### 2) **Fourniture d'équipements de dragage et d'excavation pour BAAM**

- Etude des équipements nécessaires au dragage et à l'excavation des sédiments avant ou dans le réservoir du BAAM.
- Entreprise soumissionnaire

- Mise en œuvre (Approvisionnement des équipements et test de fonctionnement des équipements) et remise au MAEPE-RH
- Suivi périodique des opérations de dragage et d'excavation des sédiments avant ou dans le réservoir du BAAM

**Remarque : la combinaison des projets 1) et 2) sera plus efficace que leurs projets séparés pour l'exploitation et la maintenance du BAAM.**

### 3) Déploiement continu d'experts en gestion des risques d'inondation au MAEPE-RH

- Soutenir le MAEPE-RH dans la gestion des risques d'inondation incluant les projets recommandés (le cas échéant).

**Tableau 5.2.1 Évaluation préliminaire des composantes du projet attendues dans le cadre du plan directeur**

	Projet prévu	Statut	Nécessité de PD	Priorité de mise en œuvre urgente
<b>S1</b>	<b>Amélioration de la rivière dans le tronçon aval</b>	La capacité maximale d'écoulement sous la restriction des structures existantes, etc. a été estimée de manière préliminaire.	Des études complémentaires sont recommandées pour déterminer l'attribution du débit de crue en tant que PD.	<b>Moyen</b> Les détails dépendent du plan directeur
<b>S2-1</b>	<b>Axe-3 du barrage (Omar Jagga)</b>	étude de préfaisabilité (EPF) terminée.	Il est recommandé d'envisager une utilisation polyvalente et de procéder à une étude plus approfondie.	Selon le plan directeur
<b>S2-2</b>	<b>Axe 4 du barrage (Oued Boule)</b>	EPF terminée.	L'efficacité et la priorité pourraient être évaluées par le biais du programme pluriannuel.	Selon le plan directeur
<b>S2-3</b>	<b>Axe 5 du barrage (Oued Boule)</b>	EPF terminée.	L'efficacité et la priorité pourraient être évaluées par le biais du programme pluriannuel.	Selon le plan directeur
<b>S3</b>	<b>Bassin(s) de rétention</b>	Concept uniquement	Comme le bassin de ralentissement est situé au-dessus de la section aval, il a un effet direct sur la réduction des pics de crue dans la section aval dans une certaine mesure. Cet aspect doit être pris en compte dans le PD.	<b>Moyen</b> Les détails dépendent du plan directeur
<b>N1</b>	<b>Gestion de l'espace fluvial</b>	pas disponible	Ces questions doivent être discutées par les parties prenantes lors de la formulation du PD.	Selon le plan directeur
<b>N2</b>	<b>Gestion de l'occupation des sols dans les zones à très haut risque d'inondation</b>	pas disponible	Ces questions doivent être discutées par les parties prenantes lors de la formulation du PD.	Selon le plan directeur
<b>N3</b>	<b>Renforcement de la surveillance météorologique et hydrologique</b>	Les emplacements prioritaires des jauges de niveau d'eau ont été identifiés au préalable.	Il peut être mis en œuvre avant le PD.	<b>Haut</b>
<b>O1</b>	<b>FE pour BAAM (dragage)</b>	La nécessité a été clarifiée.	Il peut être mis en œuvre avant le PD.	<b>Haut</b>
<b>O2</b>	<b>Réduction des sédiments de la rivière</b>	EPF terminée.	L'efficacité et la priorité pourraient être évaluées par le biais du programme pluriannuel.	Selon le plan directeur
<b>O3</b>	<b>Plan de gestion des sédiments</b>	pas disponible	Ces questions doivent être discutées par les parties prenantes lors de la formulation du PD.	Selon le plan directeur
<b>O4</b>	<b>Renforcement institutionnel de la FRM</b>	pas disponible	Ces questions doivent être discutées par les parties prenantes lors de la formulation du PD.	Selon le plan directeur

Source : Équipe d'étude de la JICA

## 5.2.2 Inondations pluviales

### (1) Promouvoir des projets d'amélioration des zones inondables

Il est recommandé de promouvoir la mise en œuvre des projets prioritaires pour l'étude de soutien de la Banque mondiale sur l'amélioration des zones inondables (2024) qui n'ont pas de perspective de financement.

L'un des objectifs possibles est la prévention des inondations dans la zone du Héron (voir **figure 5.2.4**) pour les raisons suivantes :

- A l'heure actuelle, il n'y a aucune perspective de recevoir une aide financière.
- La zone est topographiquement indépendante des autres zones et le drainage des eaux pluviales ne doit être pris en compte qu'à l'intérieur de cette zone.

Le projet prioritaire de la Banque mondiale est d'une valeur de 1 millions de dollars, mais dans une perspective à moyen et long terme, il est également possible de l'étendre à un projet d'amélioration de l'ensemble de la zone du Héron.



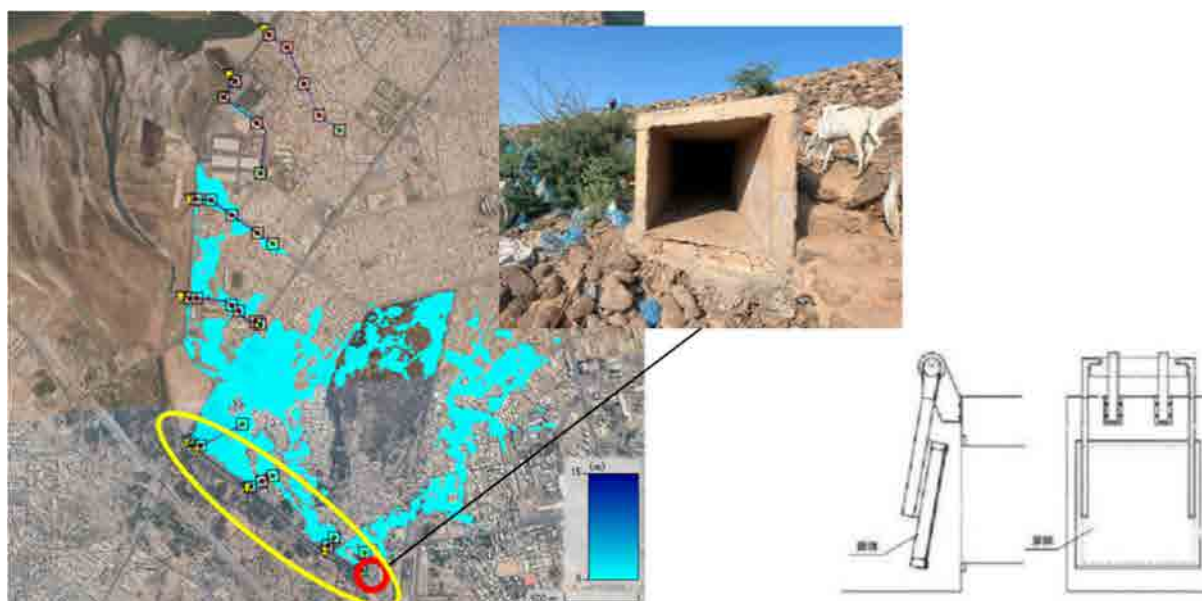
Source : BM, MVUH (2024)

**Figure 5.2.4 Zones candidates à l'aide financière pour les projets d'amélioration des zones inondables**

### (2) Installation de vannes à clapet pour le drainage de l'oued Ambouli

Il est recommandé d'installer des clapets à la sortie des drains qui se connectent à l'oued Ambouli.

Des clapets peuvent être installés à cinq endroits dans les drainages qui se terminent autour du talus de la rive droite en amont du pont italien, où aucune amélioration de la situation de drainage n'est actuellement nécessaire (voir **figure 5.2.5**).



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 5.2.5 Installation de vannes à clapet pour le drainage relié à l'oued Ambouli**

### **(3) Projet visant à réduire les dommages sanitaires causés par les inondations**

Le plan futur pour le traitement des eaux usées dans la ville de Djibouti est de fournir 100% d'eaux usées dans le centre de la ville de Djibouti. A l'avenir, on s'attend à ce que la propagation des eaux usées lors des inondations soit minimisée si les installations d'assainissement sont achevées.

Cependant, à l'heure actuelle, le traitement des eaux usées ne progresse pas bien en raison de la croissance démographique, et dans de nombreux quartiers du centre de la ville de Djibouti, des fosses septiques sont utilisées pour le traitement de chaque foyer. Selon une enquête sur la situation réelle des inondations, il a été rapporté que le refoulement des fosses septiques se produit pendant les inondations. En outre, après les inondations, l'eau mélangée aux eaux usées s'accumule dans les dépressions des routes, ce qui favorise la reproduction des moustiques et l'apparition du paludisme, qui est transmis par ces derniers.

Pour améliorer ces conditions, l'une des idées consiste à fournir des équipements tels que des camions suceurs de boues pour collecter l'eau accumulée mélangée aux eaux usées après les inondations, et à construire des installations pour stocker temporairement et stériliser les eaux usées collectées (soit en les partageant avec des installations de traitement des boues, soit en les reliant aux installations de traitement des eaux usées existantes).

### **(4) Promouvoir les projets de développement d'infrastructures urbaines en tenant compte du développement urbain futur**

Il est prévu que des projets de développement d'infrastructures urbaines, y compris le développement d'installations de drainage des eaux pluviales, soient proposés sur la base du développement urbain futur par le biais de la révision du schéma directeur de l'assainissement de l'ONEAD (2018) soutenu par la BM et la formulation d'un schéma directeur d'infrastructures de transport urbain par la BAD. En plus des projets prioritaires soutenus par chaque donateur sur la base de ces études et plans, il est recommandé que d'autres projets soient promus.

## **ANNEXE**

- ANNEXE 1    ENQUÊTE SUR LES INONDATIONS**
- ANNEXE 2    CARACTÉRISTIQUES DES PRÉCIPITATIONS**
- ANNEXE 3    BARRAGES PROPOSÉS DANS L'ÉTUDE  
SOUTENUE PAR DSI (TURQUIE)**
- ANNEXE 4    ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES  
PRÉCIPITATIONS ET DU RUISSELLEMENT**
- ANNEXE 5    RÉSULTATS DE SIMULATION D'INONDATION  
PAR ÉCHELLE D'INONDATION**
- ANNEXE 6    ÉTUDE DE LA SÉDIMENTATION DANS LE  
RÉSERVOIR DU BARRAGE DE L'AMITIÉ  
D'AMBOULI**
- ANNEXE 7    ATELIER DES PARTIES PRENANTES**



## ANNEXE 1 ENQUÊTE SUR LES INONDATIONS

### 1.1 Aperçu de l'enquête

Dans cette enquête, des entretiens ont été menés avec les habitants pour appréhender la situation réelle des inondations dans la ville de Djibouti. Les questions d'entretien comprenaient la profondeur maximale de l'eau pendant l'inondation, la durée de l'inondation, la direction de l'écoulement et un aperçu des dégâts. L'enquête a été menée dans 295 endroits dans la plaine inondable de l'oued Ambouli et dans le centre de la ville de Djibouti sur la rive droite de l'oued Ambouli. Sur chaque site d'enquête, nous avons interrogé une personne âgée qui pouvait se souvenir d'autant d'inondations passées que possible. Les inondations ciblées étaient celles de 1994, 2004, la plus grande inondation de ces dernières années et les inondations fréquentes. Le **tableau 1.1.1** présente les inondations ciblées et les questions d'entretien. Presque toutes les réponses ont indiqué que la plus grande inondation de ces dernières années s'était produite en 2019.

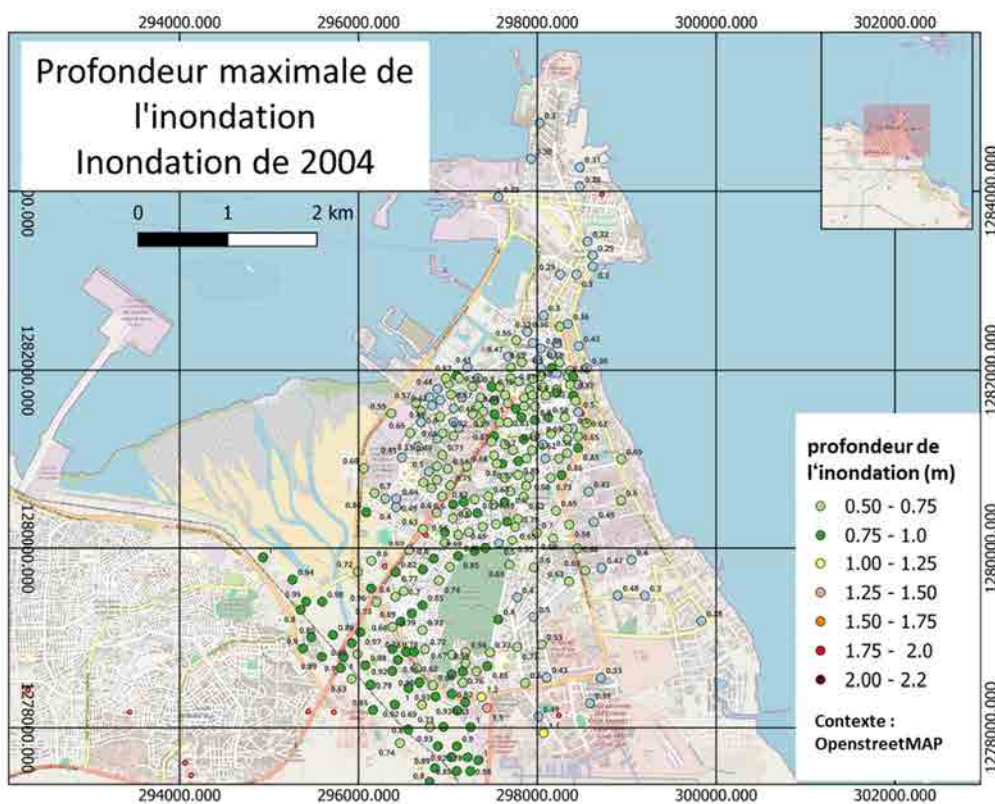
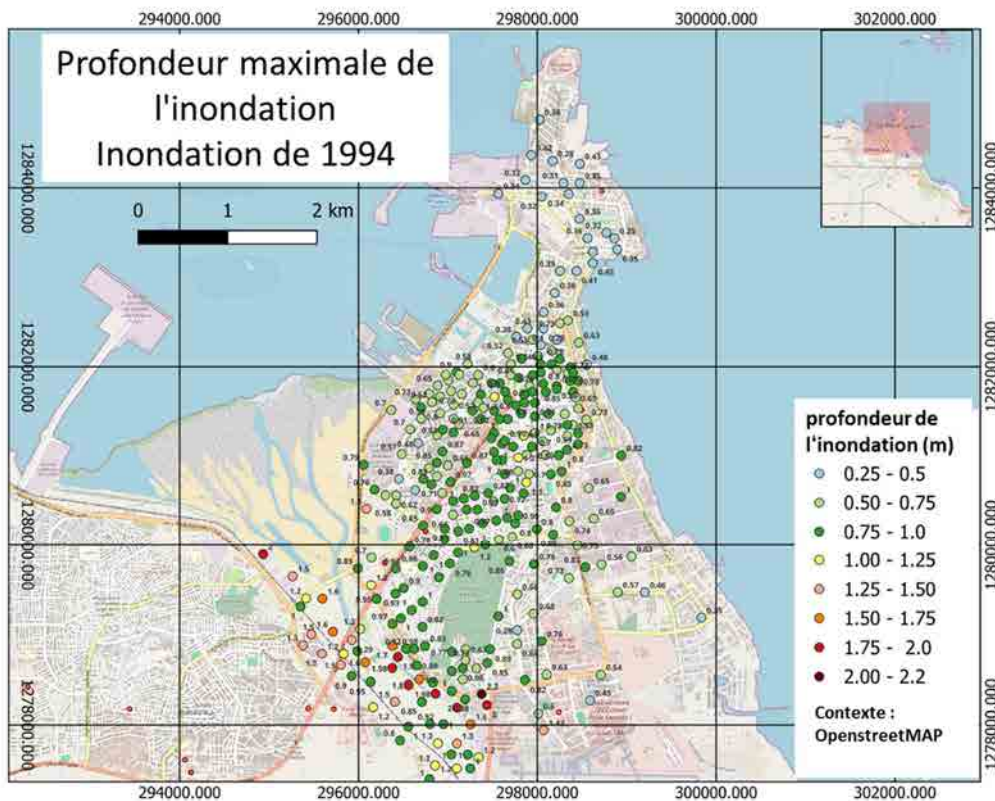
**Tableau 1.1.1 Cibles des sondages d'entrevue et principaux éléments d'entrevue**

	Inondation ciblée			
	Inondation de 1994	Inondation de 2004	inondation maximale récente	Inondations fréquentes
<b>Type d'inondation</b>	Principalement des inondations fluviales		inondations pluviales	
<b>État d'inondation</b>	Profondeur maximale de la crue, durée de la crue, direction de l'écoulement		Profondeur maximale de l'inondation, durée de l'inondation	
<b>État des dommages</b>	Non		Dommages à la maison, Autres dommages physiques (Propriétés, bétail, cultures), Dommages à la santé	

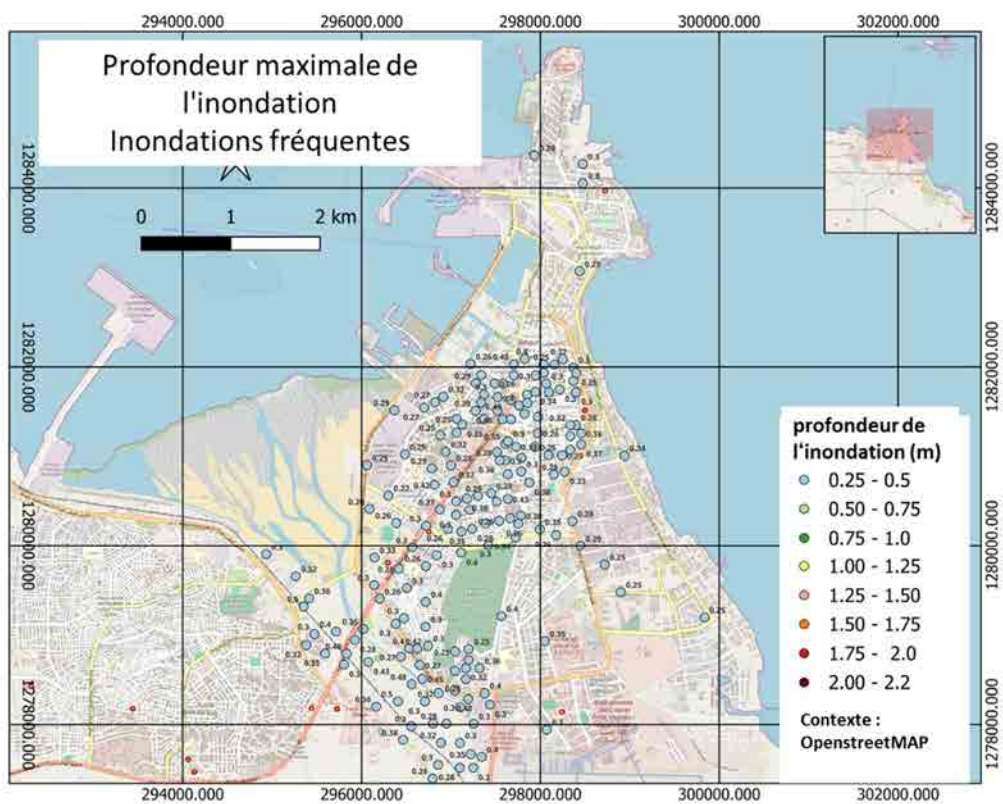
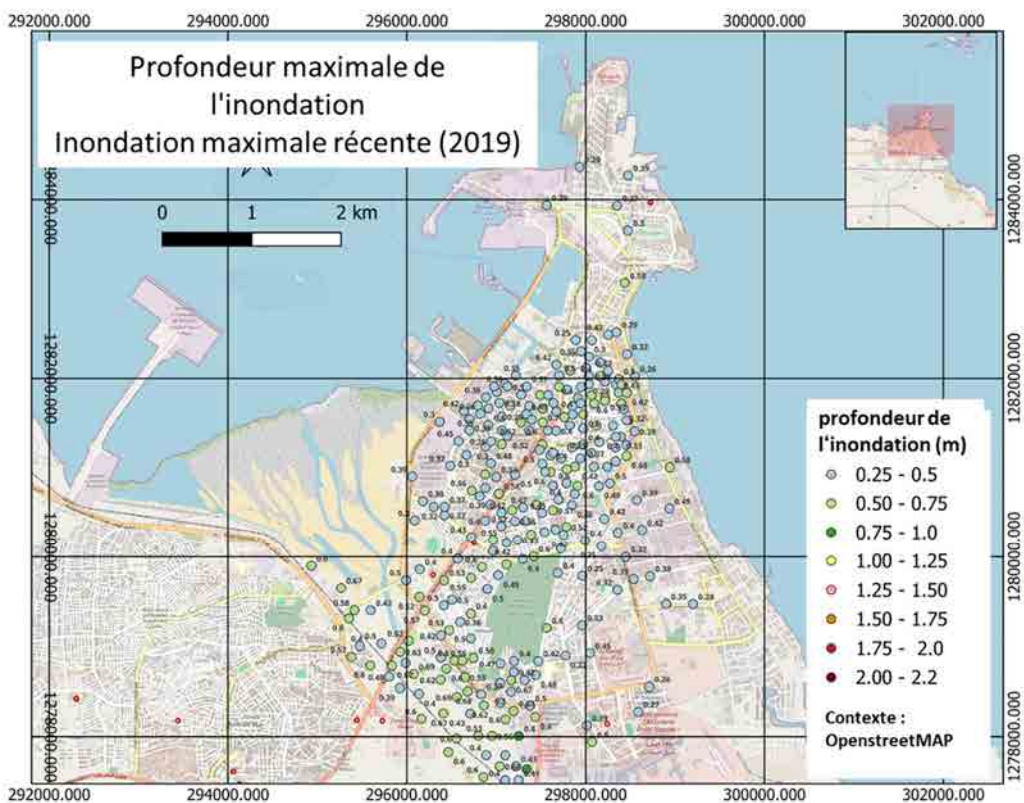
Source : Équipe d'étude de la JICA

### 1.2 Résultats de l'enquête

Les résultats de l'enquête sont présentés dans les pages suivantes.

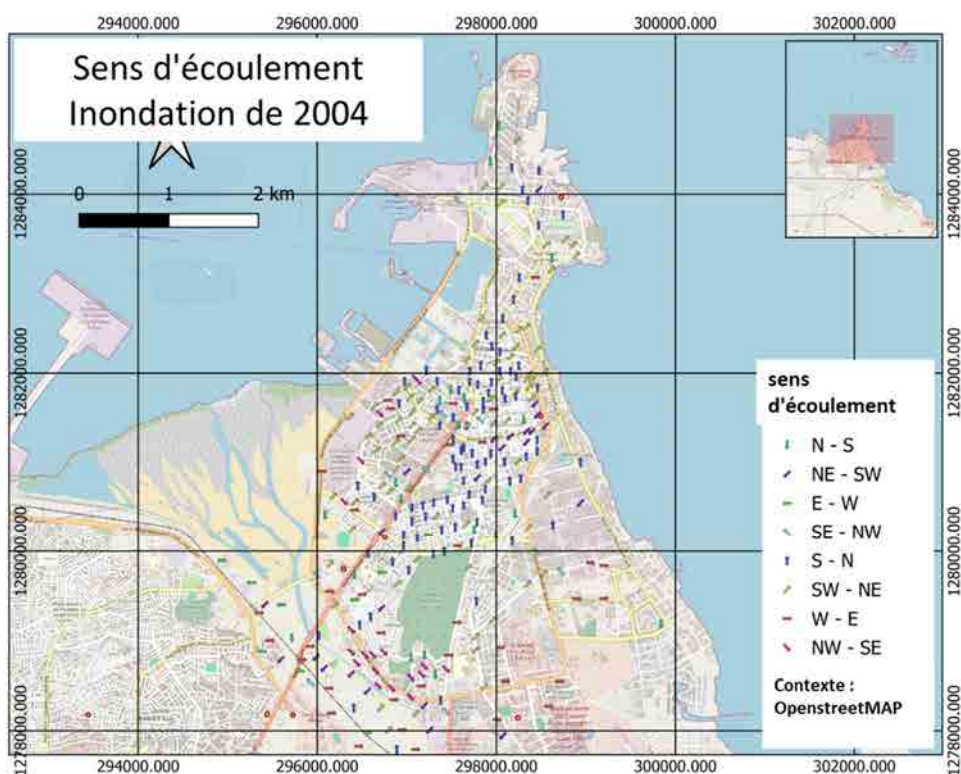
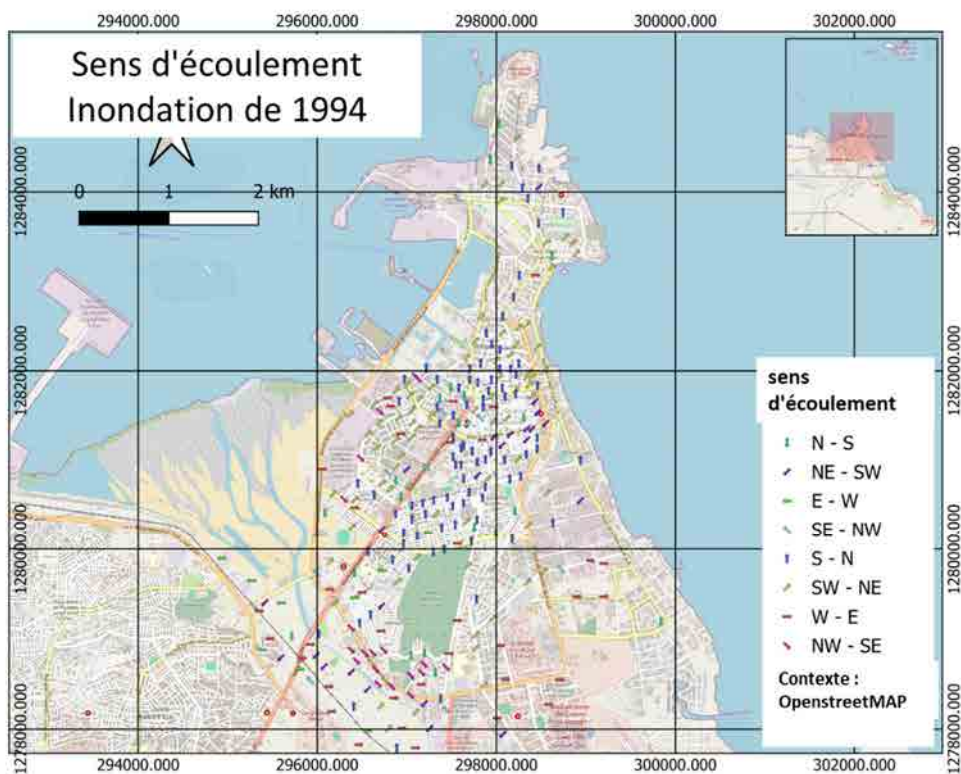


**Profondeur maximale de l'inondation**  
 (en haut : inondation de 1994, en bas : inondation de 2004)



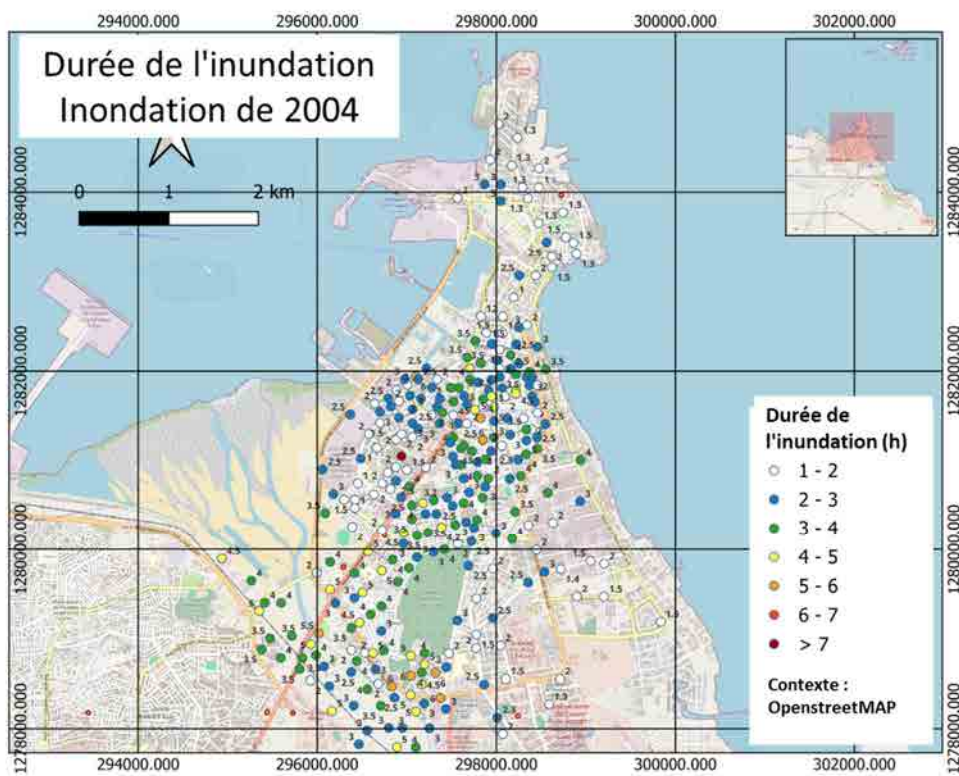
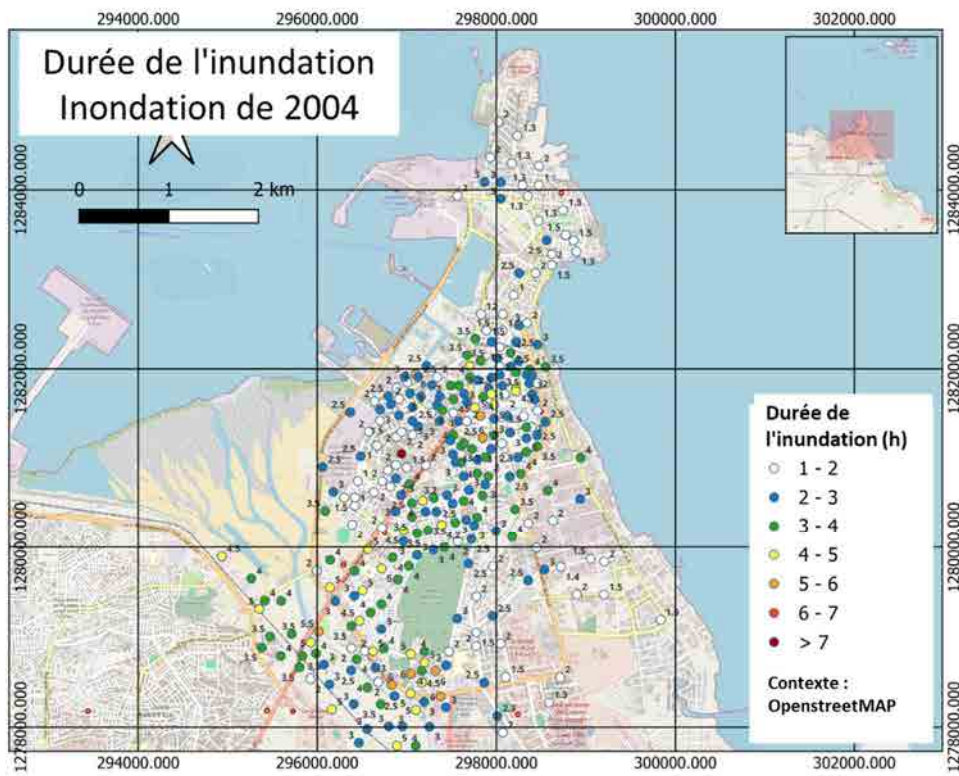
**Profondeur maximale de l'inondation**

(en haut : Inondation maximale récente (2019), en bas : Inondations fréquentes)

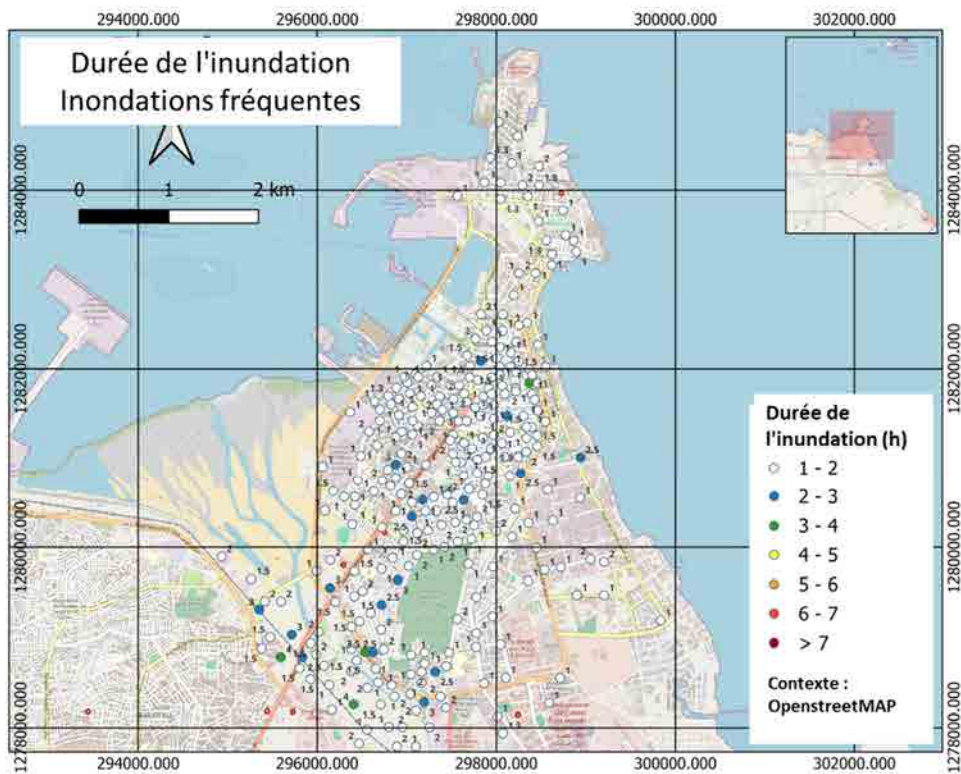
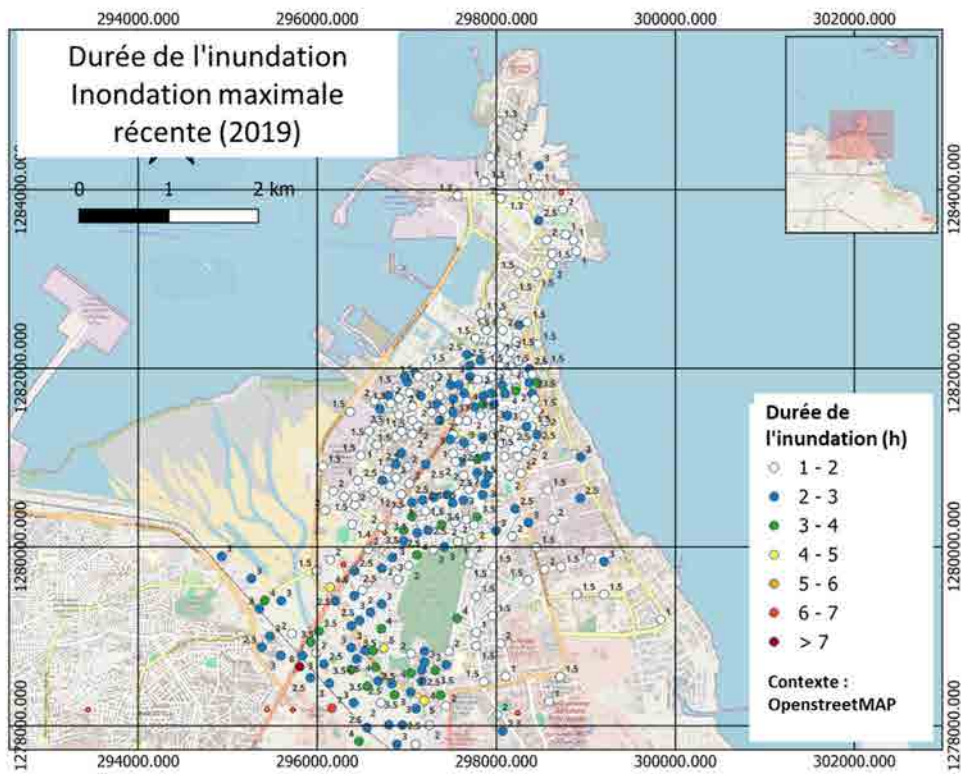


**Sens d'écoulement**

**(en haut : inondation de 1994, en bas : inondation de 2004)**

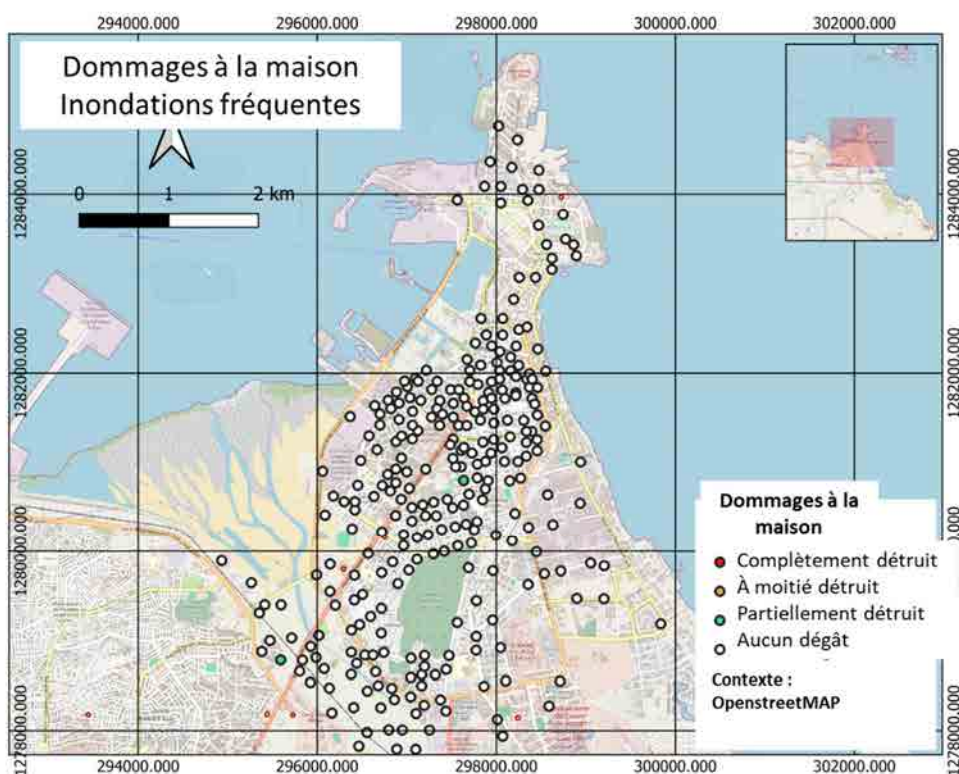
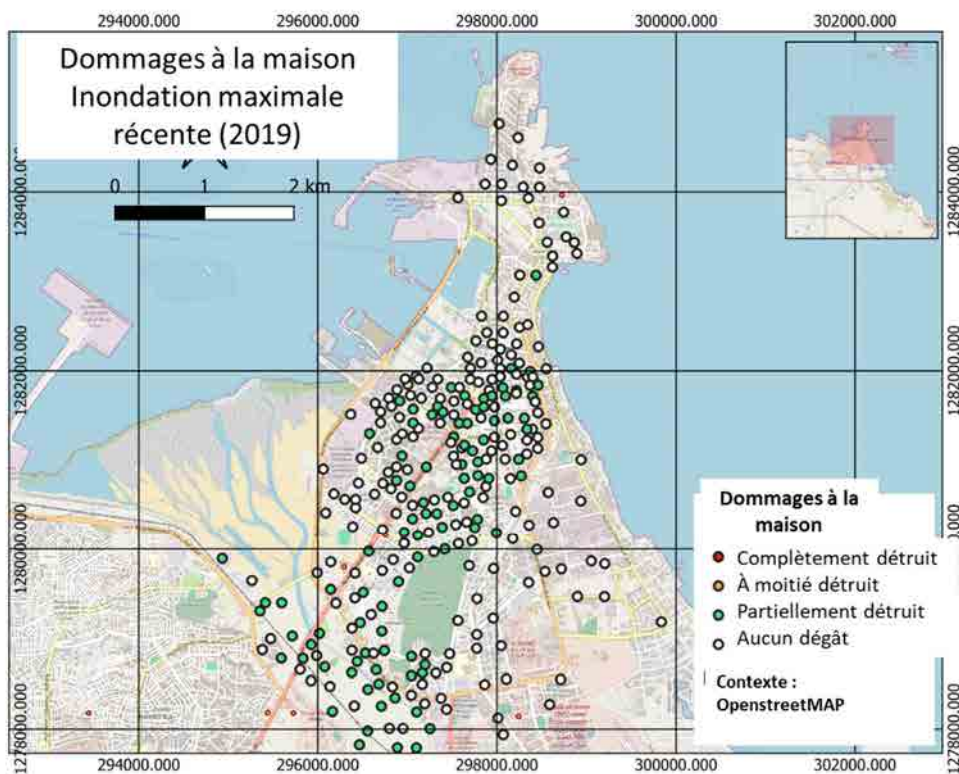


**Durée de l'inondation**  
**(en haut : inondation de 1994, en bas : inondation de 2004)**



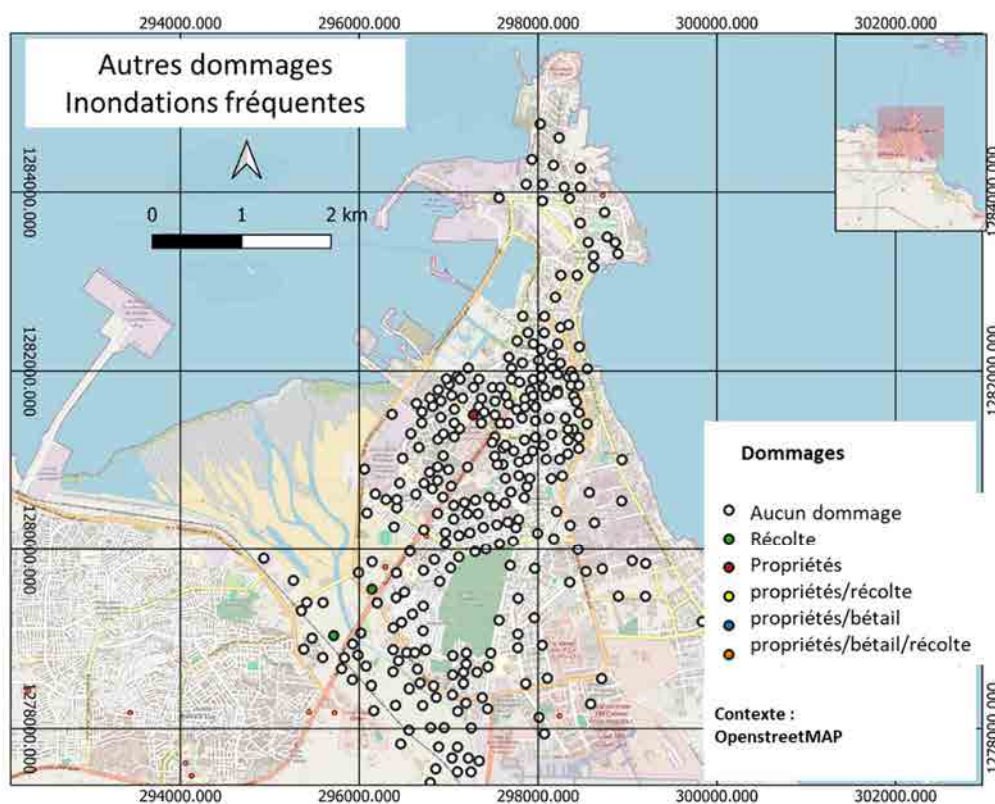
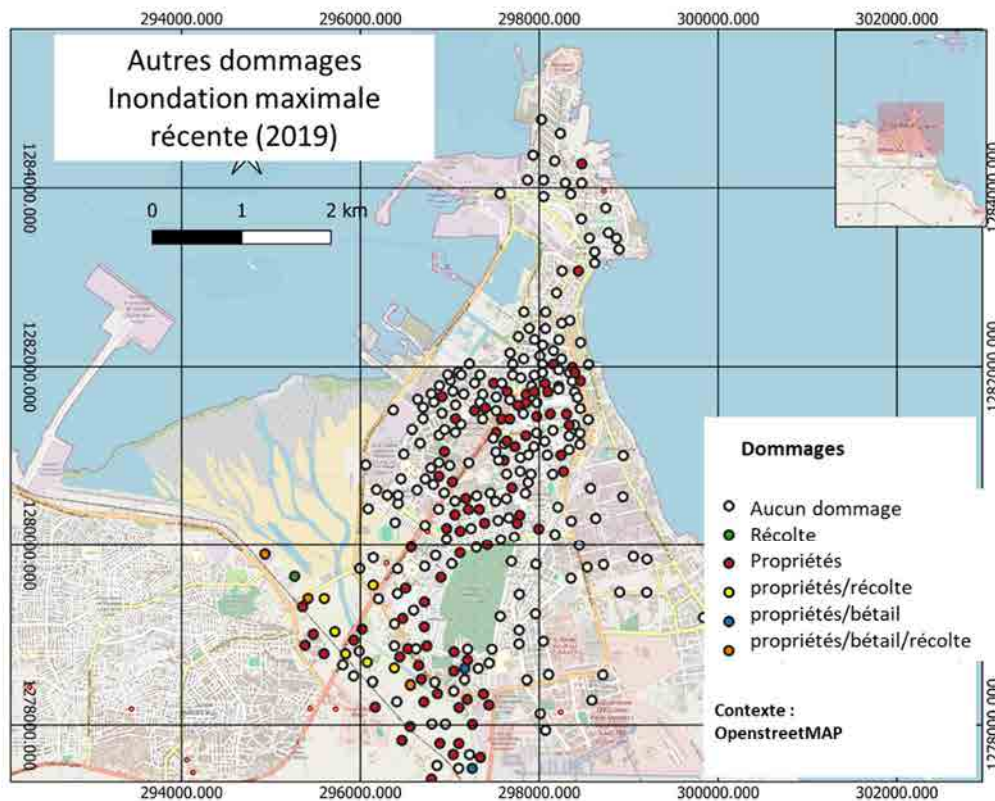
**Durée de l'inondation**

(en haut : Inondation maximale récente (2019), en bas : Inondations fréquentes)



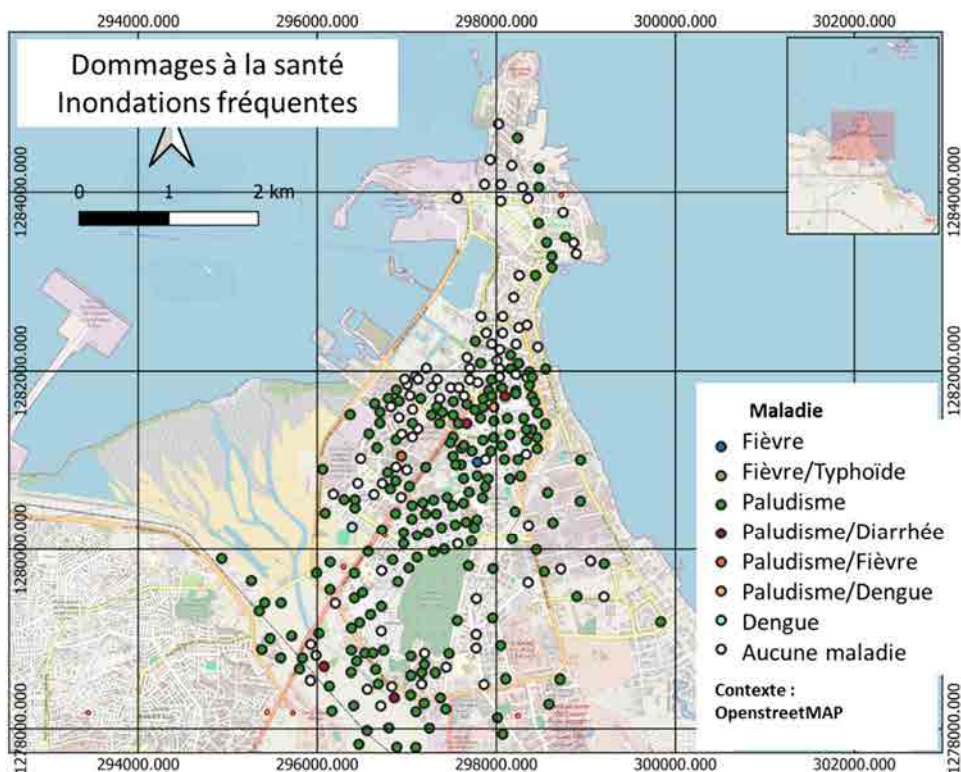
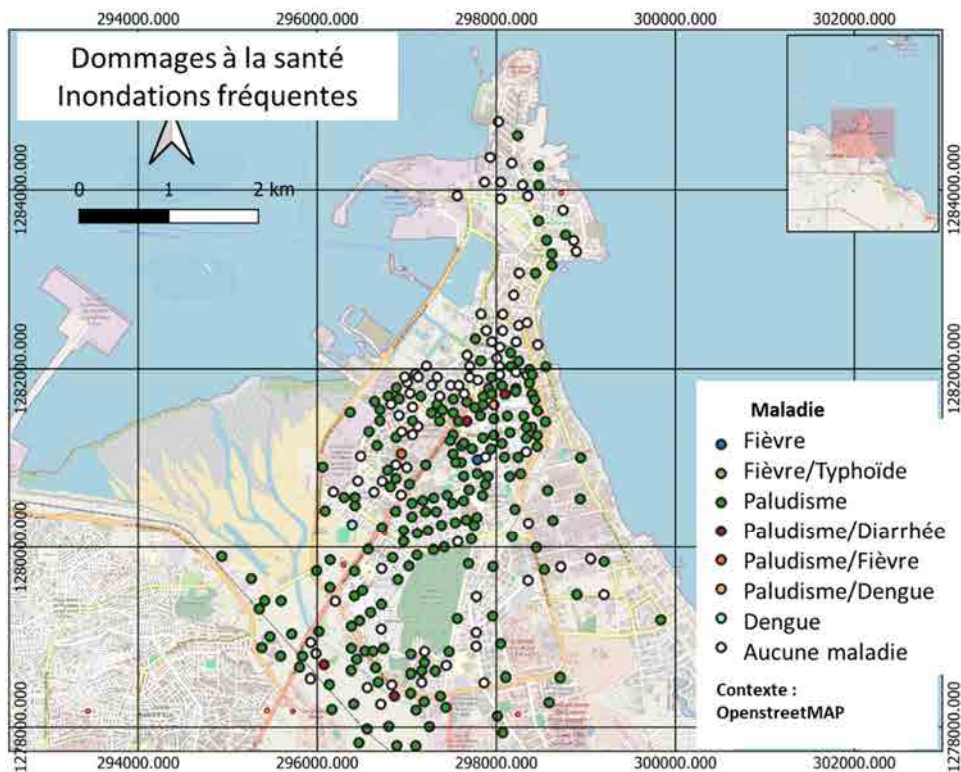
**Dommages à la maison**

(en haut : Inondation maximale récente (2019), en bas : Inondations fréquentes)



**Autres dommages**

(en haut : Inondation maximale récente (2019), en bas : Inondations fréquentes)



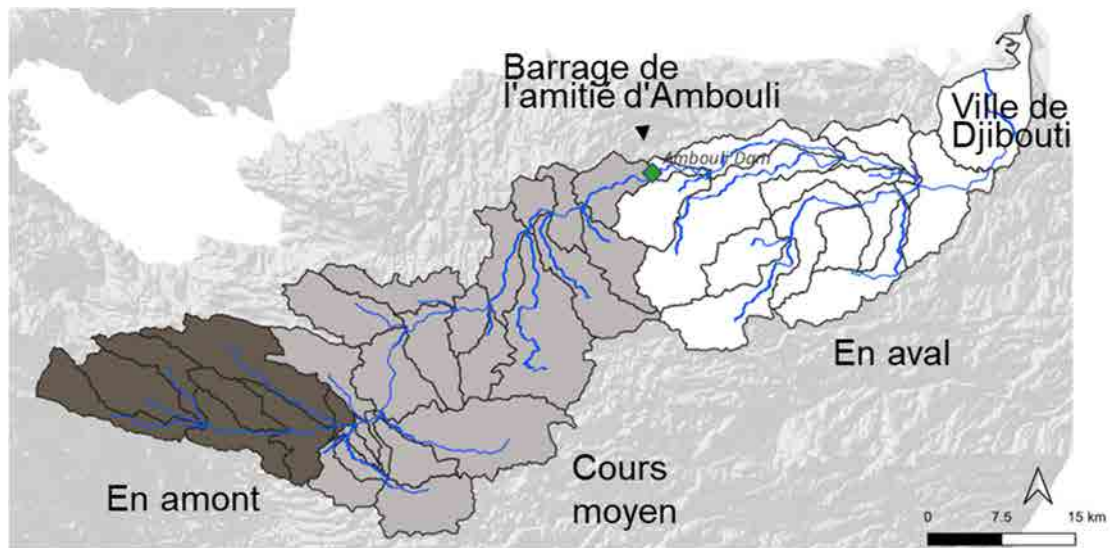
**Dommages à la santé**

(en haut : Inondation maximale récente (2019), en bas : Inondations fréquentes)



## ANNEXE 2 CARACTÉRISTIQUES DES PRÉCIPITATIONS

### 2.1 Distribution spatio-temporelle des précipitations lors des grandes inondations passées



Source : Équipe d'étude de la JICA

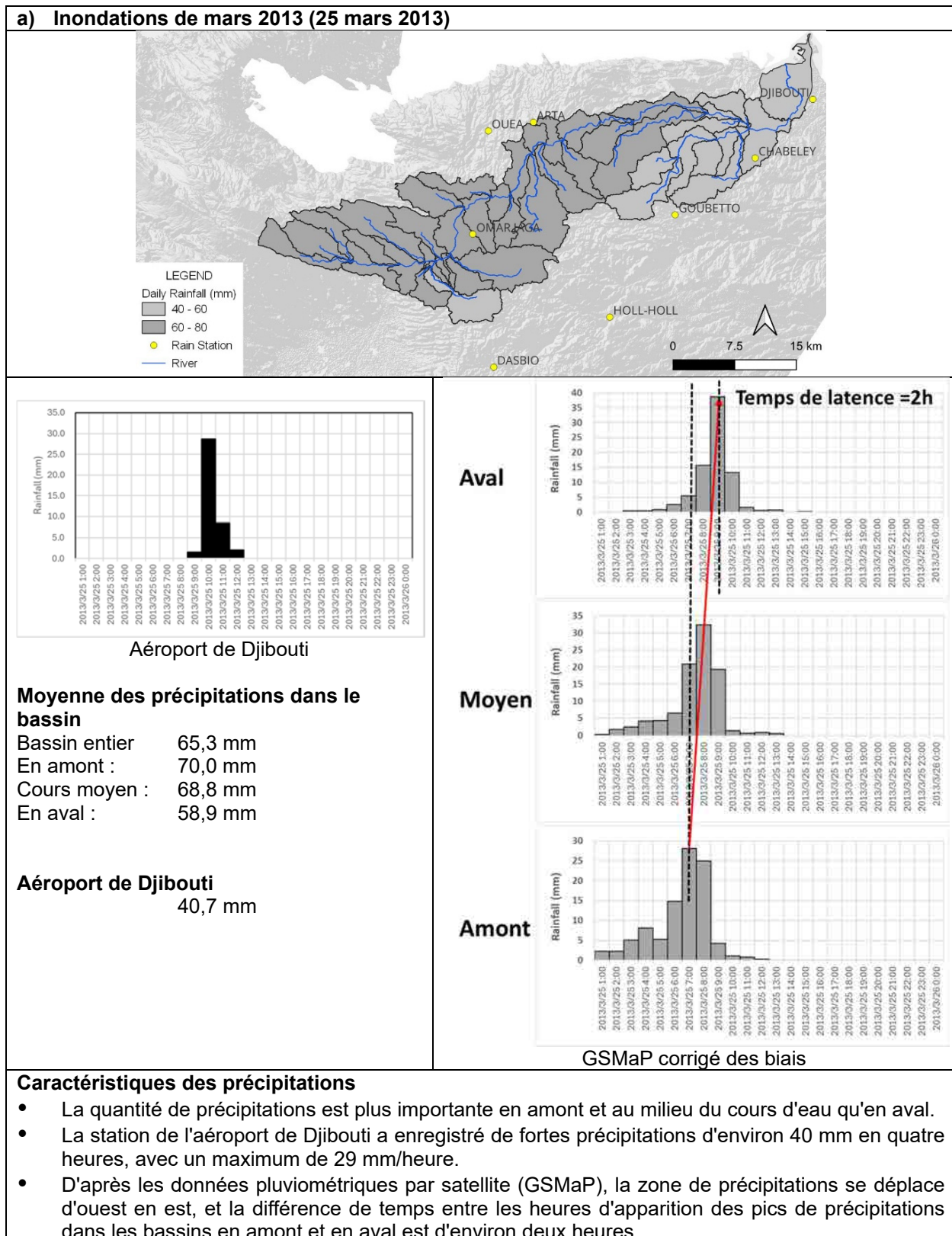
Figure 2.1.1 Division du bassin de l'oued Ambouli (amont, moyen et aval et sous-bassins)

Tableau 2.1.1 Moyenne des précipitations dans le bassin pendant les inondations majeures et les événements récents de ruissellement à grande échelle, sur la base des précipitations observées au sol.

	Année et date	Moyenne des précipitations dans le bassin (mm)					Ampleur de l'inondation (personne affectée)
		Bassin entier	En amont	Cours moyen	En aval	Aéroport de Djibouti	
a)	25 mars 2013	65.3	70.0	68.8	58.9	40.7	15,000
b)	21-24 novembre 2019	93.5 (4 jours au total)	75.0 (4 jours au total)	85.0 (4 jours au total)	112.1 (4 jours au total)	45.4 (4 jours au total)	200,000
c)	21 avril 2020	52.7	79.8	29.3	68.2	72.1	110,000
d)	1er janvier 2023	85.7	99.4	100.7	61.5	29.1	Débordement du déversoir du barrage
e)	19 mars 2023	21.5	0.1	10.9	43.8	39.8	Petite échelle
f)	28 mars 2024	19.6	0.0	5.4	45.4	1.7	Petite échelle
Pour référence (le nombre de stations disponibles est faible ou la pluviométrie mensuelle est utilisée comme substitut)							
g)	25-27 janvier 1977	52.8 (3 jours au total)	53.5 (3 jours au total)	40.3 (3 jours au total)	67.2 (3 jours au total)	23.5 (3 jours au total)	91,000
h)	25-28 février 1878	101.2 (4 jours au total)	97.0 (4 jours au total)	70.3 (4 jours au total)	139.8 (4 jours au total)	129.4 (4 jours au total)	106,000
i)	20 mai 2018 (les précipitations mensuelles sont utilisées)	20.1 (Pluies mensuelles)	16.8 (Pluies mensuelles)	17.9 (Pluies mensuelles)	24.4 (Pluies mensuelles)	102.5 (Pluies journalières)	150,000

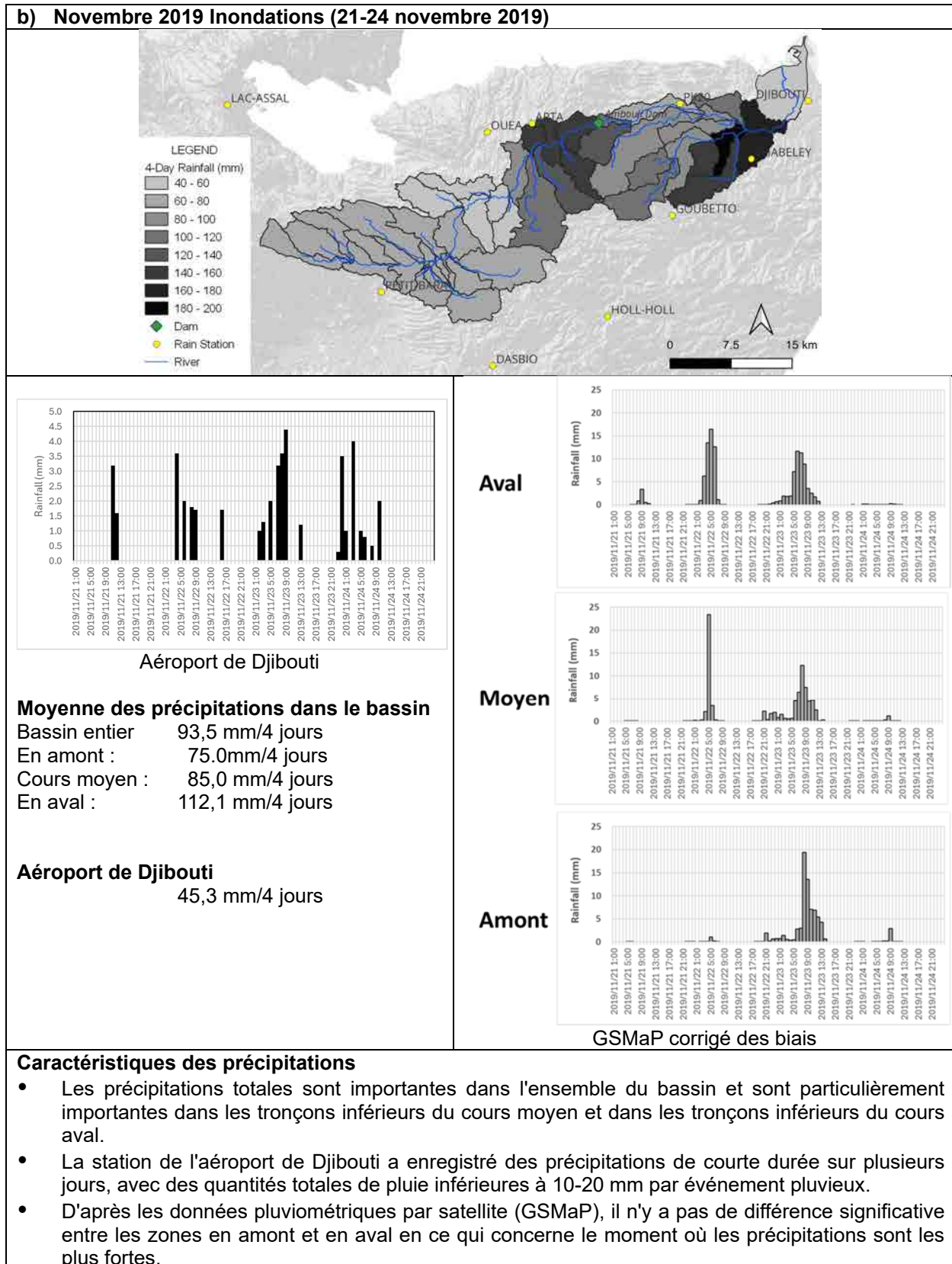
Remarques : Lorsque le nombre de jours de pluie n'est pas indiqué dans ( ), la pluie a duré environ 24 heures ou moins.

Source : Équipe d'étude de la JICA



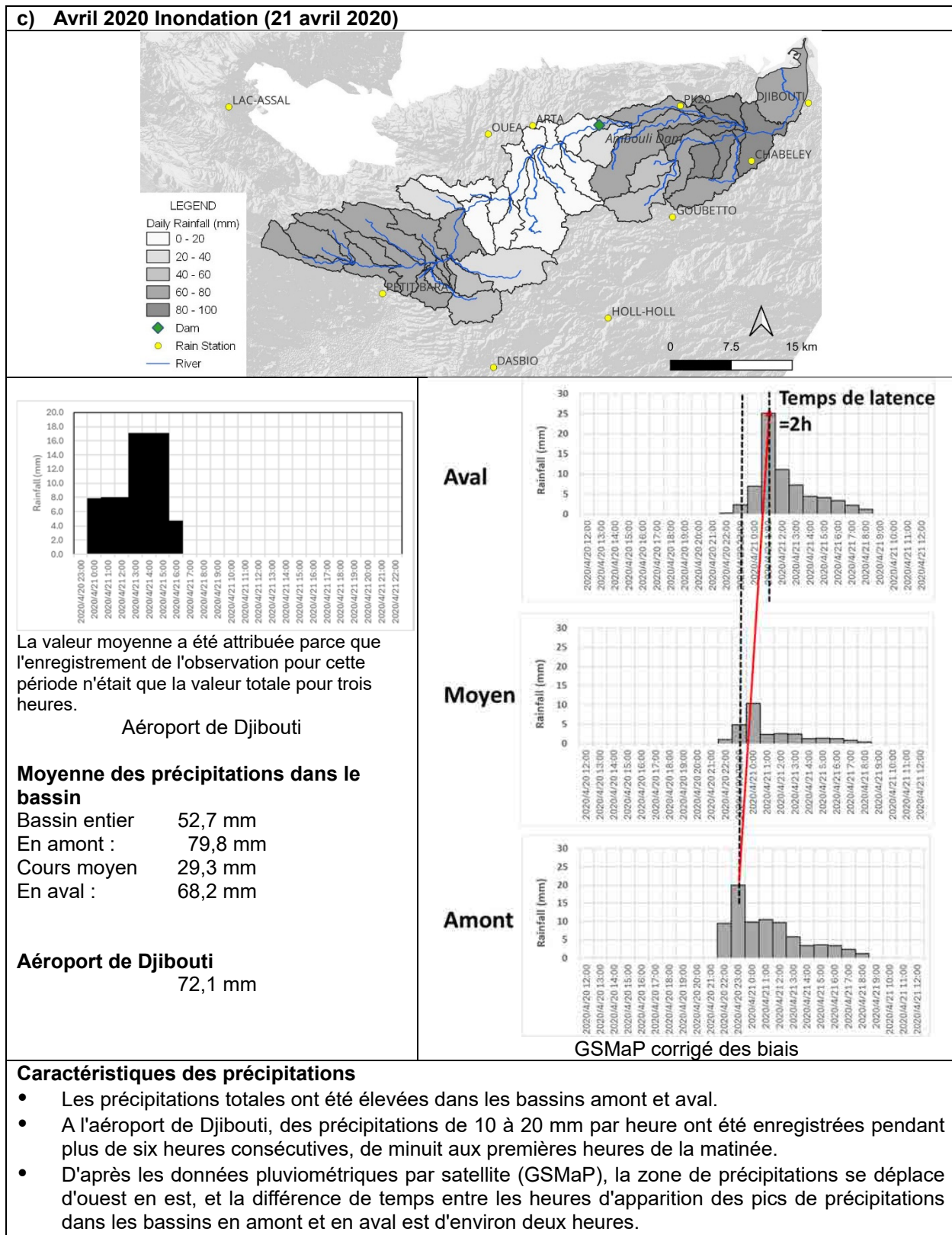
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.1.2** Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de mars 2013



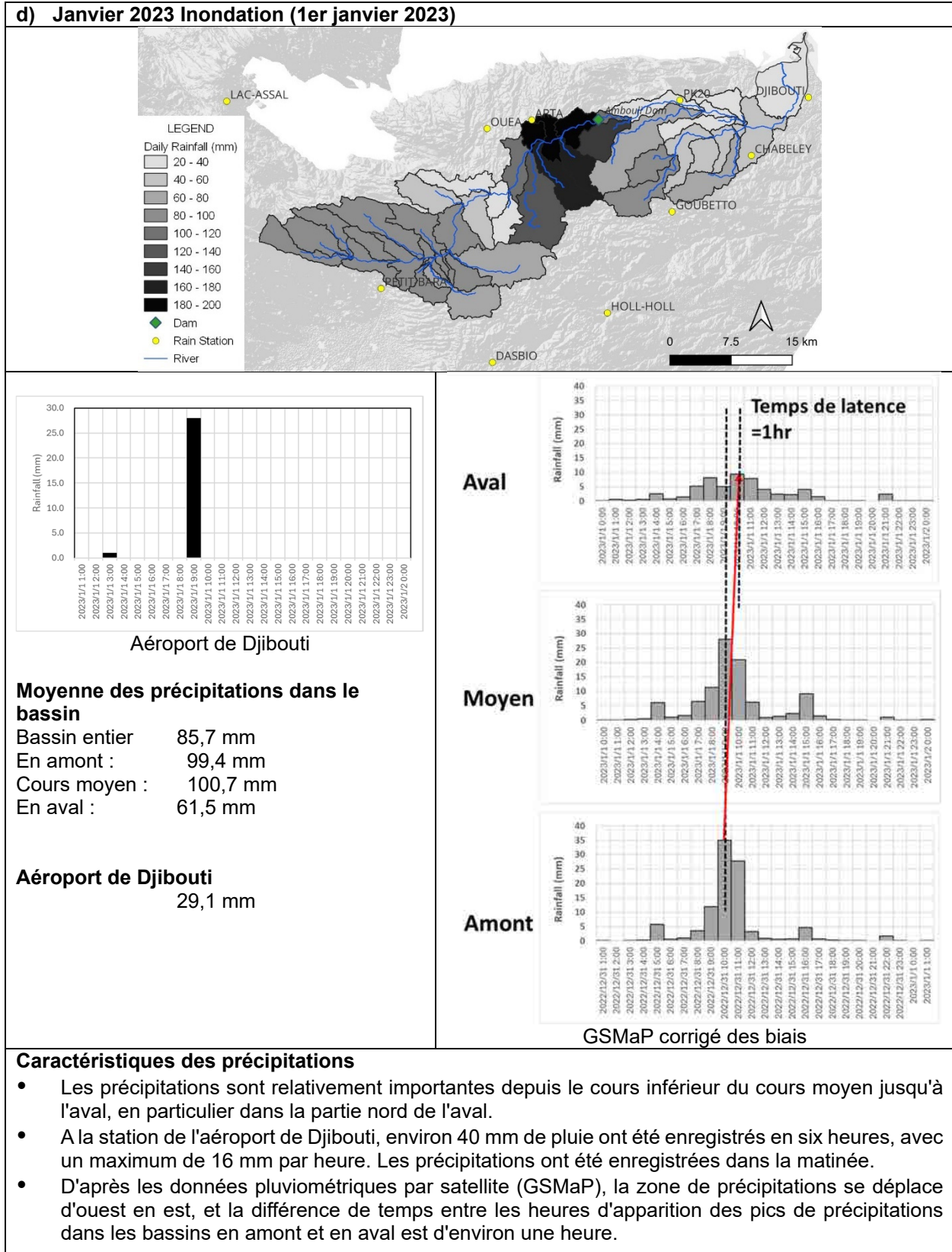
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.1.3** Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de novembre 2019



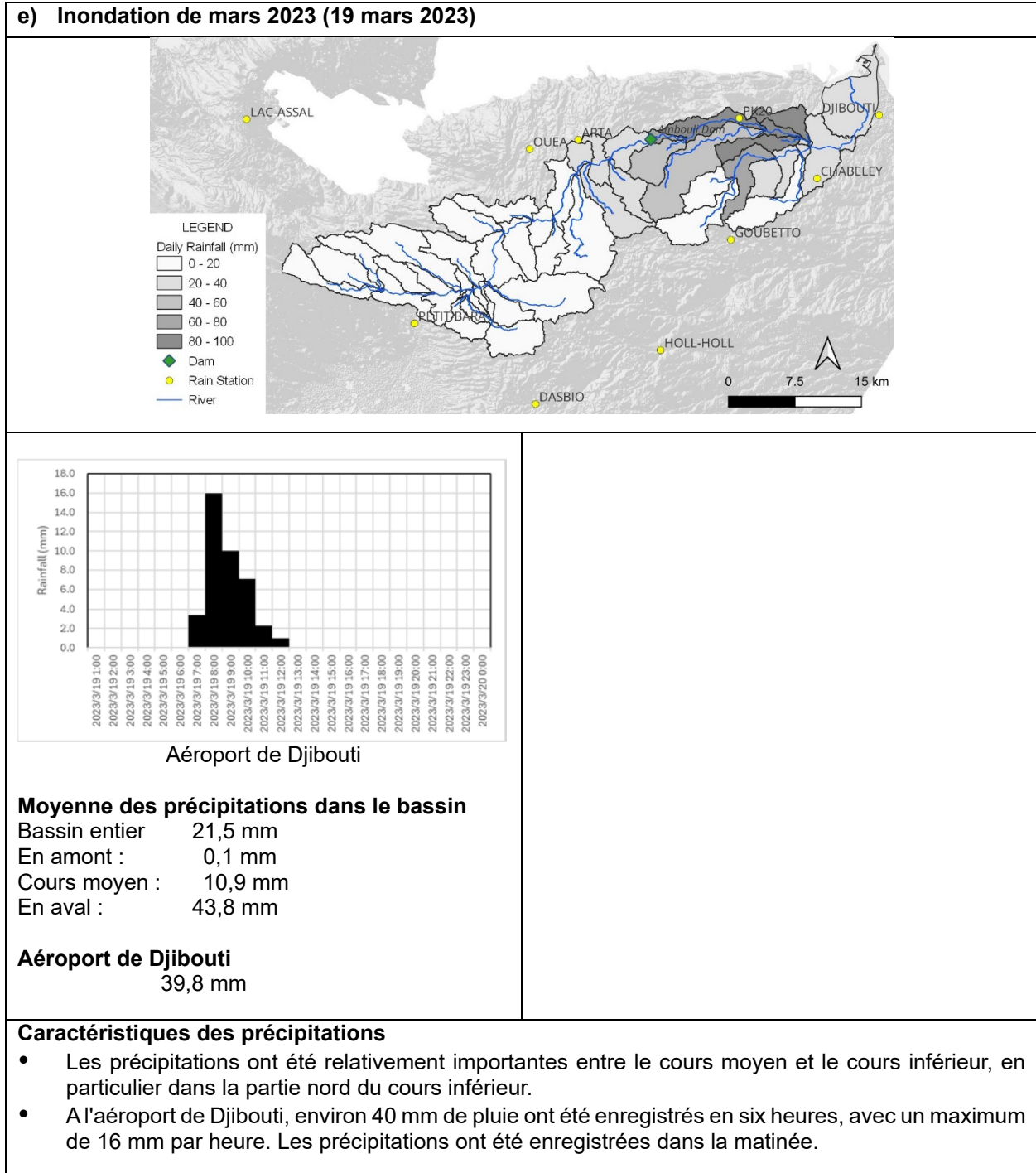
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.1.4 Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation d'avril 2020**



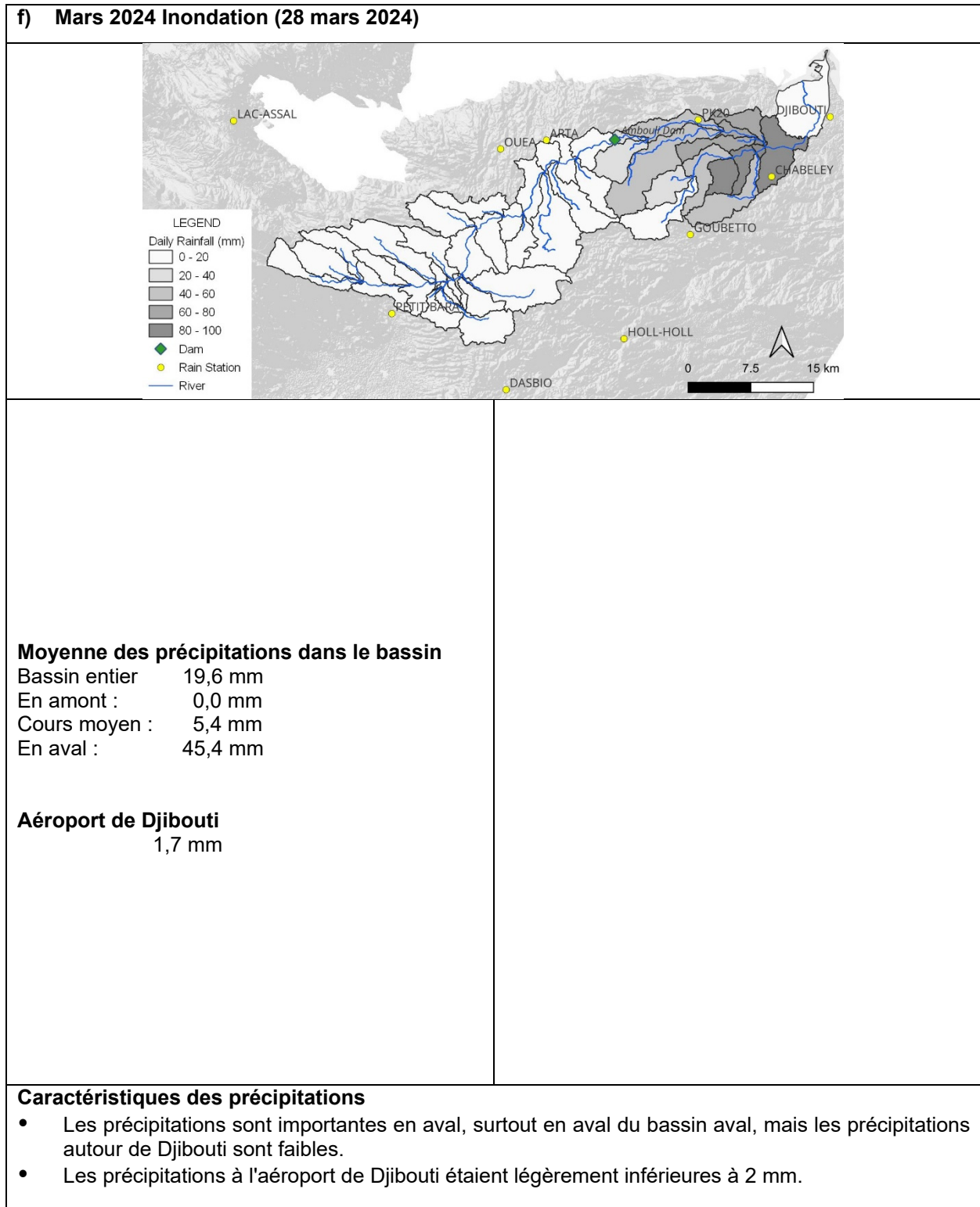
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.1.5 Distribution spatio-temporelle des précipitations pendant l'inondation de janvier 2023**



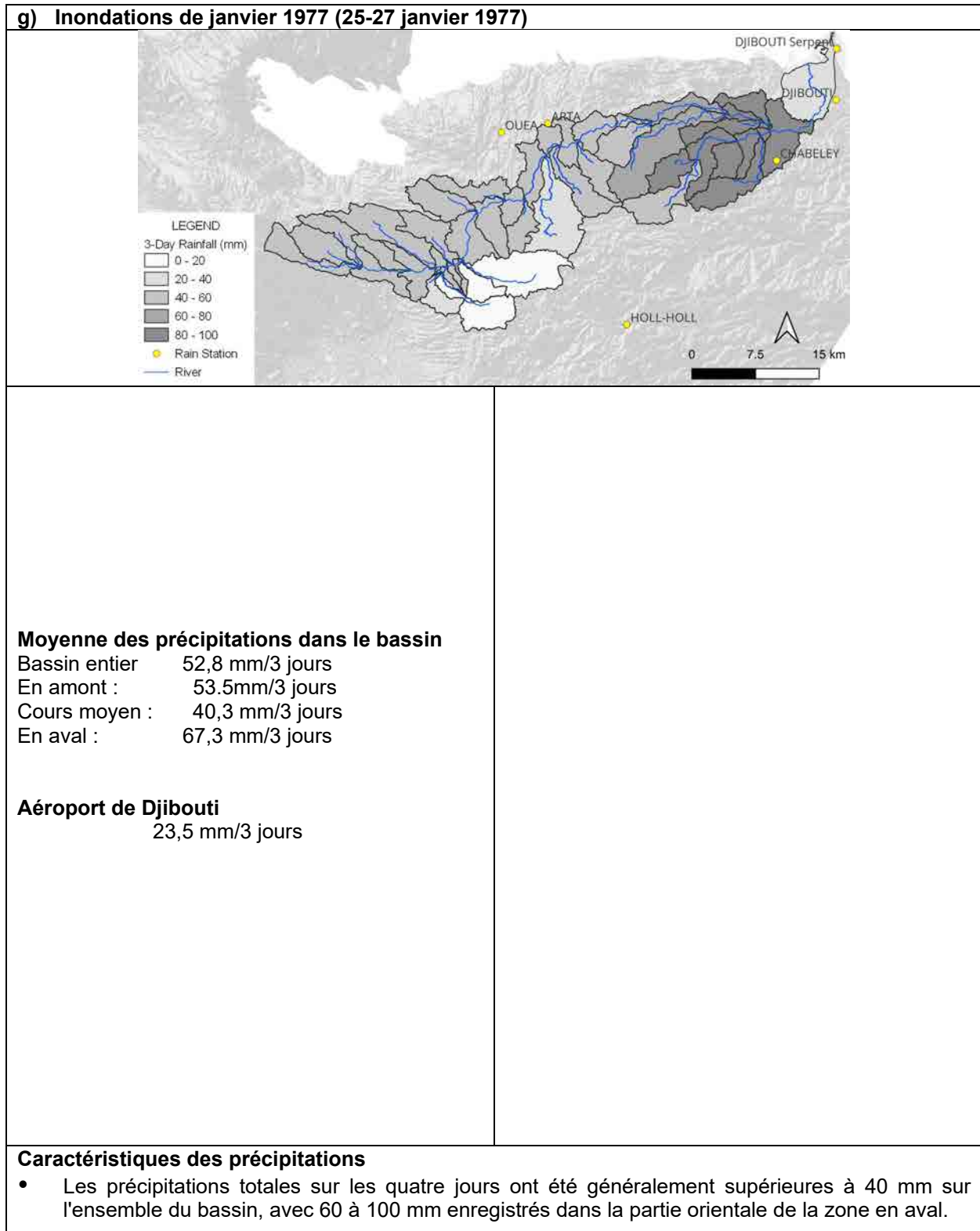
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.1.6 Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de mars 2023**

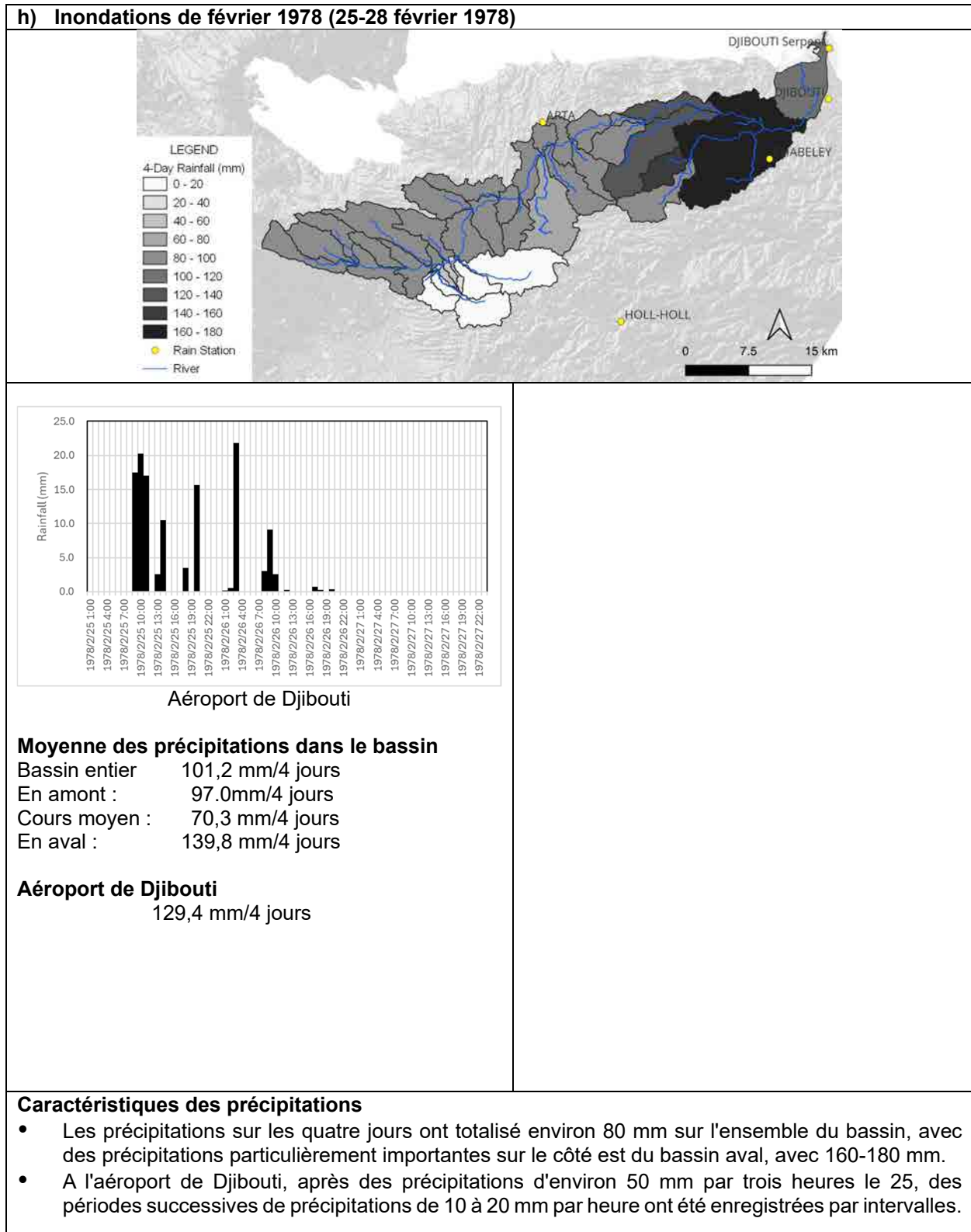


Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.1.7** Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de mars 2024

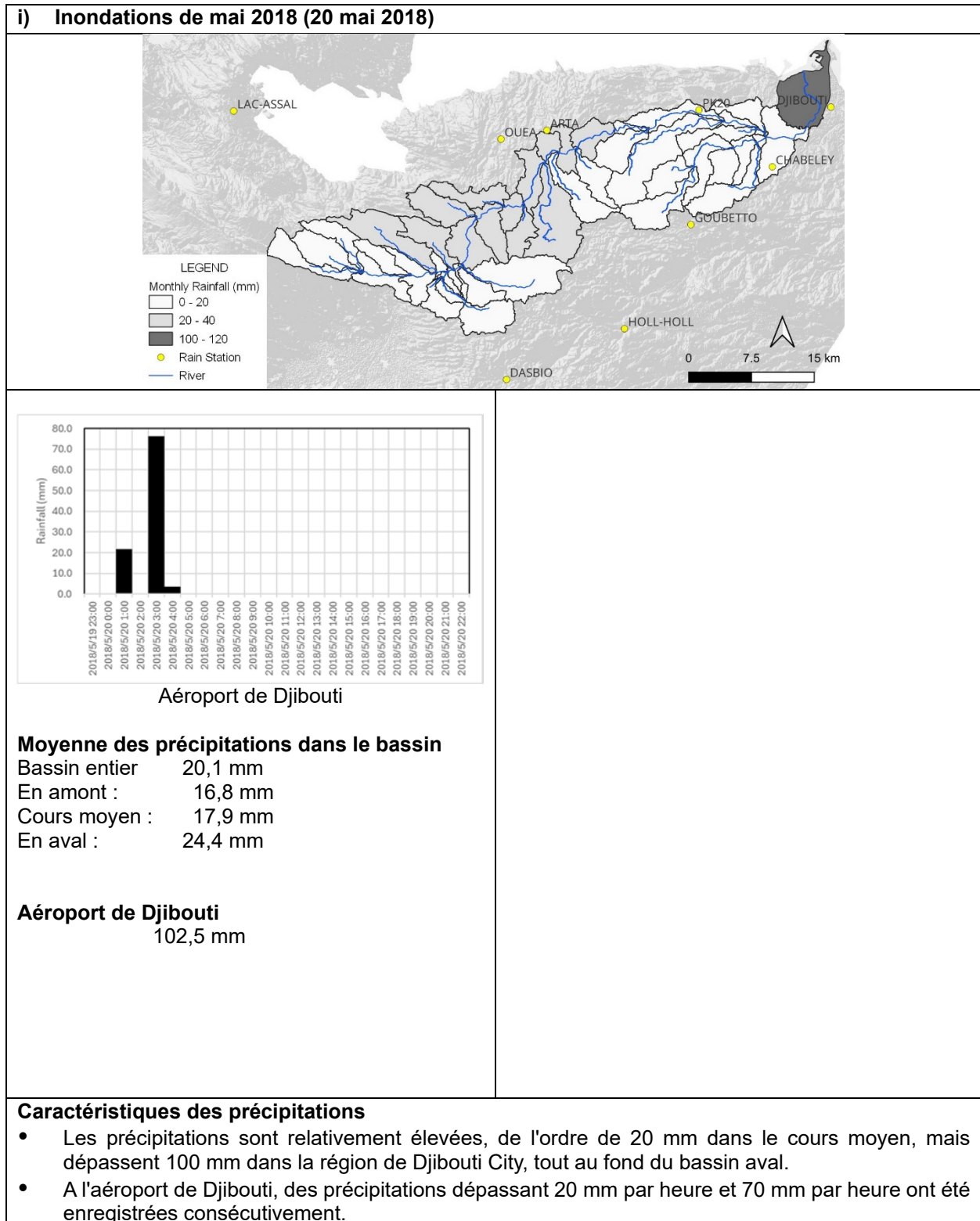


**Figure 2.1.8** Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de janvier 1977



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.1.9** Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de février 1978



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.1.10 Distribution spatio-temporelle des précipitations lors de l'inondation de mai 2018**

## 2.2 Courbe intensité-durée des précipitations e à l'aéroport de Djibouti

**Tableau 2.2.1 Intensité des précipitations par période de retour pour chaque durée de précipitations (sur la base des données d'observation de 2012-2023)**

T	60	120	180	360	720	1440
an	mins	mins	mins	mins	mins	mins
2	22,6	14,1	10,5	6,2	3,3	1,7
3	29,6	18,2	13,6	8,1	4,3	2,2
5	38,3	23,2	17,4	10,3	5,5	2,8
10	50,5	30,1	23,0	13,3	7,0	3,6
20	63,8	37,6	29,5	16,6	8,7	4,4
30	72,2	42,3	33,7	18,6	9,7	5,0
50	83,7	48,7	39,5	21,3	11,0	5,7
100	100,8	58,1	48,6	25,3	12,8	6,7

Unité :mm/h

Source : Équipe d'étude de la JICA

Approximation de la courbe d'intensité relative des précipitations (type Tablot)

$$\frac{I(mm/h)}{R_{24}} = \frac{a}{(t+b)}$$

où I (mmm/h) = intensité des précipitations, R24 = précipitations sur 24 heures (mm), t = durée des précipitations, a, b = paramètres.

**Tableau 2.2.2 Paramètres de la courbe d'intensité relative des précipitations**

T	a	b
an		
2	59,54	46,977
3	58,54	44,029
5	57,88	41,308
10	58,06	39,697
20	58,73	38,875
30	59,32	38,777
50	60,10	38,497
100	61,47	38,690

Source : Équipe d'étude de la JICA

**Tableau 2.2.3 Pluies journalières maximales annuelles probables (sur la base des données d'observation de 1980-2023)**

T	1jour
an	mm
2	39,7
3	53,6
5	72,0
10	100,2
20	134,1
30	157,2
50	190,4
100	244,3

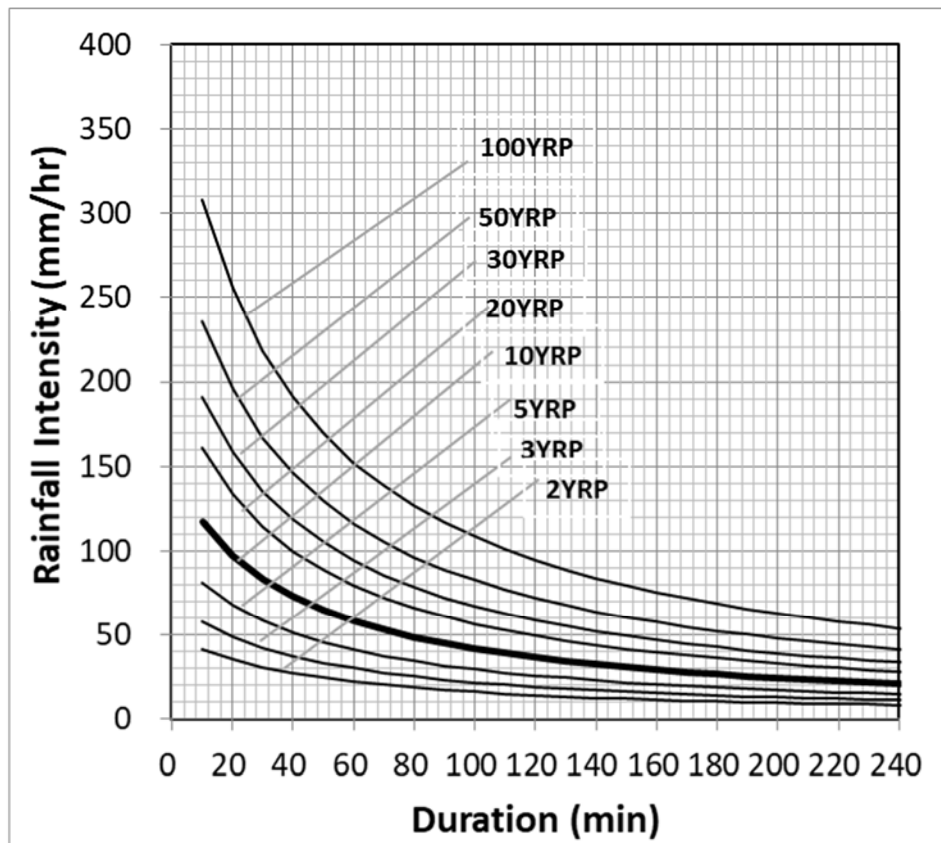
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Tableau 2.2.4 Intensité des précipitations par période de retour pour chaque durée de précipitations estimée à partir d'équations approximatives basées sur les données d'observation de 2012-2023 et les précipitations journalières maximales annuelles probables (basées sur les données d'observation de 1980-2023).**

T	10	20	30	60	120	180	240	360	720	1440
an	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
2	41,5	35,3	30,7	22,1	14,2	10,4	8,2	5,8	3,1	1,6
3	58,1	49,0	42,4	30,2	19,1	14,0	11,0	7,8	4,1	2,1
5	81,2	68,0	58,4	41,1	25,8	18,8	14,8	10,4	5,5	2,8
10	117,1	97,5	83,5	58,4	36,4	26,5	20,8	14,6	7,7	3,9
20	161,1	133,8	114,3	79,7	49,6	36,0	28,2	19,7	10,4	5,3
30	191,2	158,7	135,6	94,4	58,7	42,6	33,5	23,4	12,3	6,3
50	235,9	195,6	167,0	116,2	72,2	52,4	41,1	28,7	15,1	7,7
100	308,4	255,9	218,6	152,2	94,6	68,7	53,9	37,7	19,8	10,2

Unité :mm/h

Source : Équipe d'étude de la JICA



Note: Talbot type was applied.

Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 2.2.1 Courbe intensité-durée des précipitations**

## ANNEXE 3 BARRAGES PROPOSÉS DANS L'ÉTUDE SOUTENUE PAR DSI (TURQUIE)

### 3.1 Liste des barrages proposés dans l'étude financée par le DSI (Turquie)

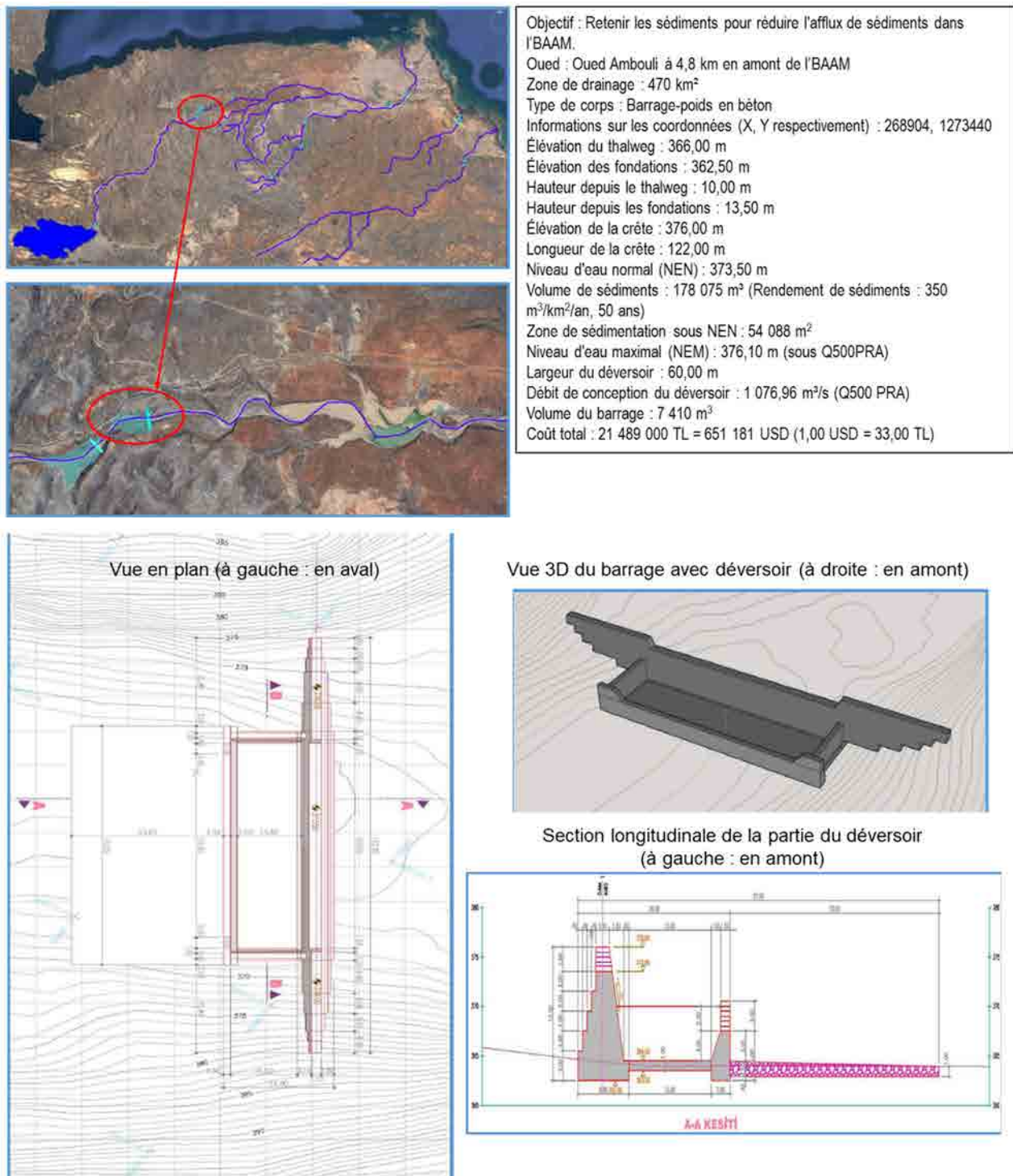
Les sites de barrages proposés dans le rapport d'enquête préliminaire sur les barrages de protection contre les inondations de Djibouti (2024) du DSI et du MAEPE-RH sont répertoriés ci-dessous.

**Tableau 3.1.1 Liste des barrages proposés**

Site du barrage (Axis N° )	Oued	Zone de captage (km <sup>2</sup> )	But	Taper	Hauteur (m)	Stockage brut (MCM)
Axe N°1	Ambouli	470	Stockage de sédiments pour BAAM	Poids du béton (pesanteur)	10.00	0.178 (volume de sédiments)
Axe N° 2	Ambouli	470	Stockage de sédiments pour BAAM	Poids du béton (pesanteur)	10.00	0.347 (volume de sédiments)
Axe N° 3	Ambouli	280	Stockage des inondations	Béton	11.00	40.814 (Conserver l'intégralité du V500)
Axe N° 4	Boulle	27	Stockage des inondations	Béton compacté au rouleau	27.50	3.987 (Conserver l'intégralité du V500)
Axe N° 5	Boulle	47	Stockage des inondations	Béton compacté au rouleau	26.00	6.250 (Conserver l'intégralité du V500)
<b>Source : DSI de Turquie</b>						
<b>Remarques; V500; Période de retour de 500 ans du volume de crue</b>						

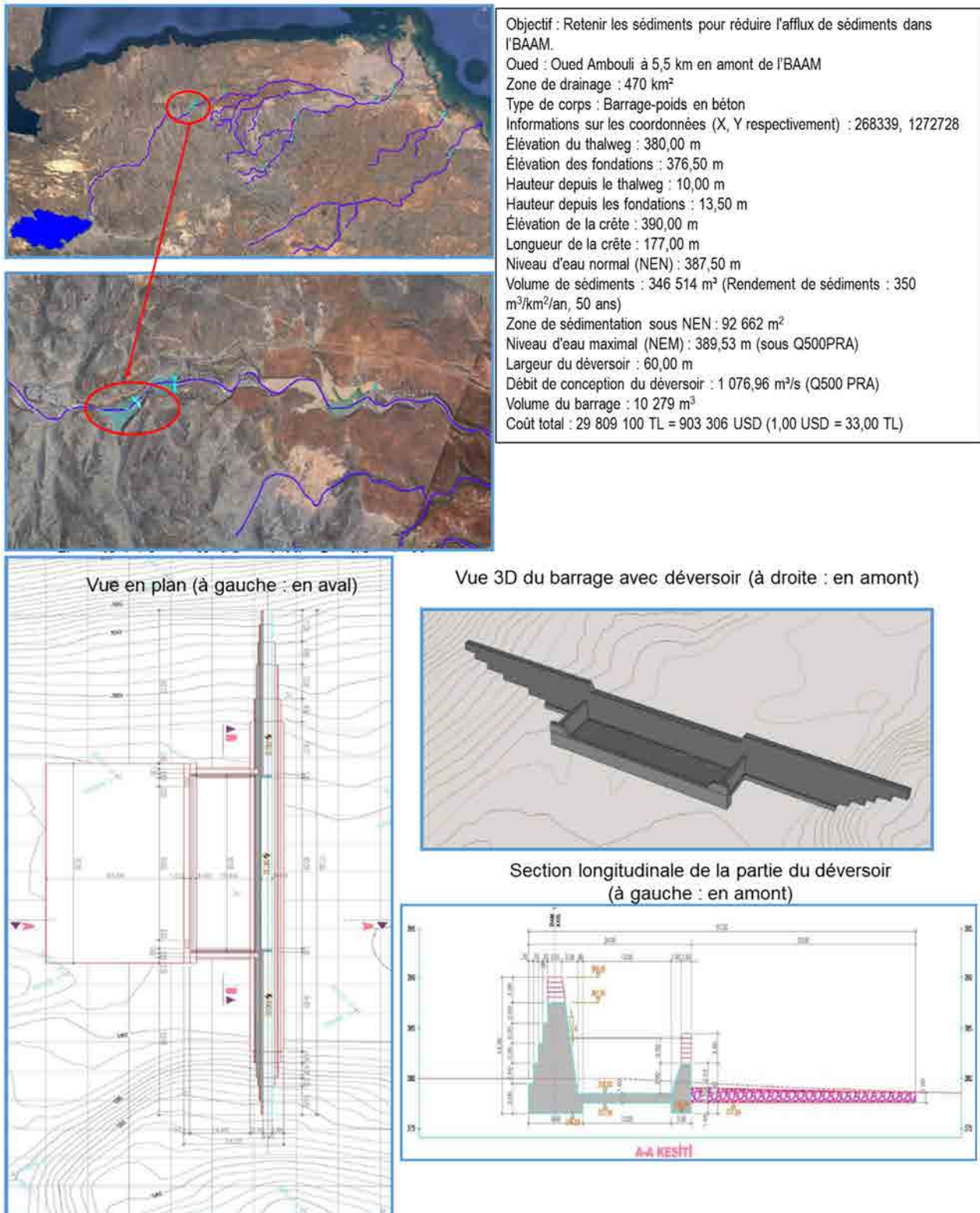
Source: DSI (2024)

### 3.2 Aperçu des barrages proposés dans l'étude financée par le DSI (Turquie)



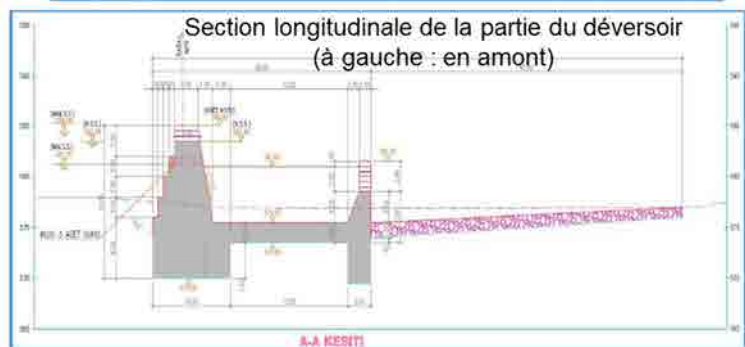
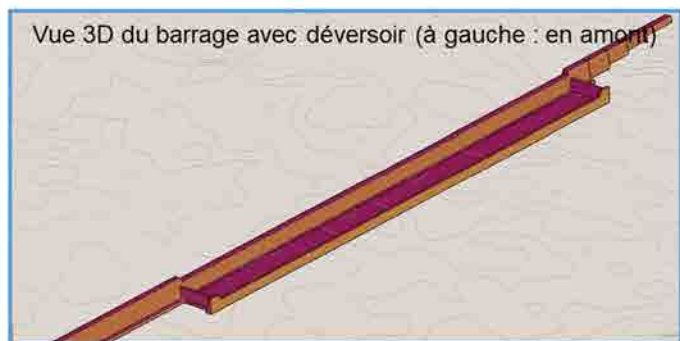
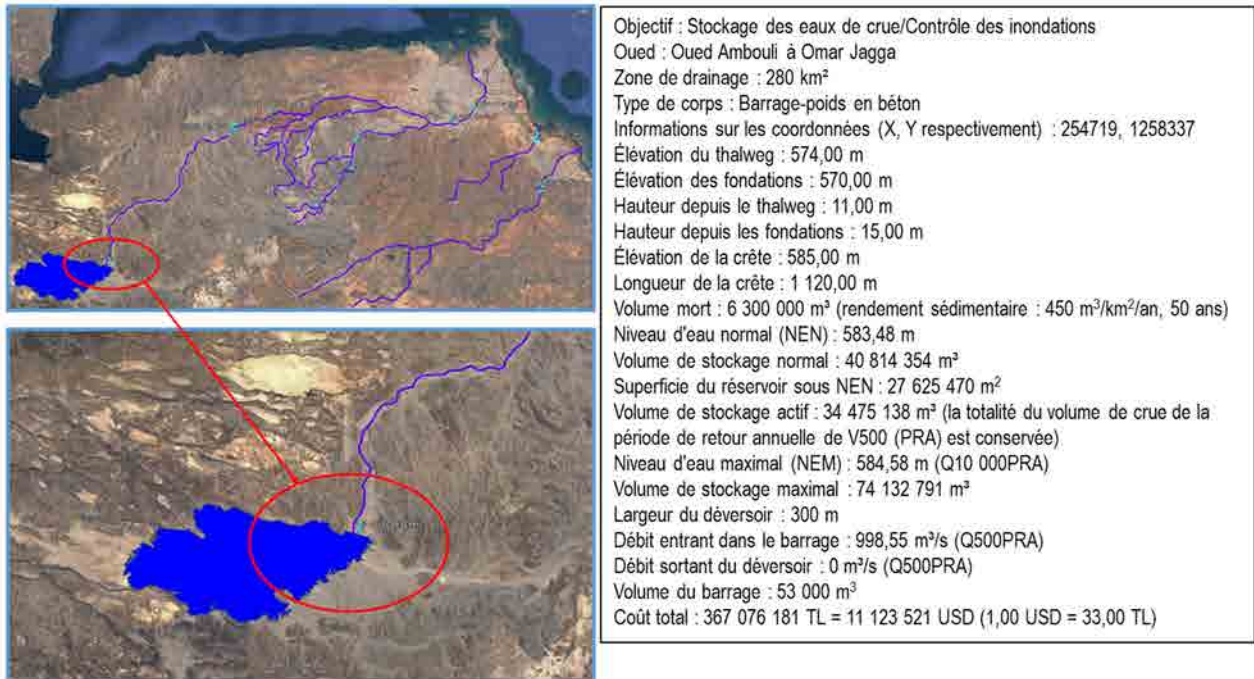
Source: DSI (2024)

Figure 3.2.1 DAM Axe n°1



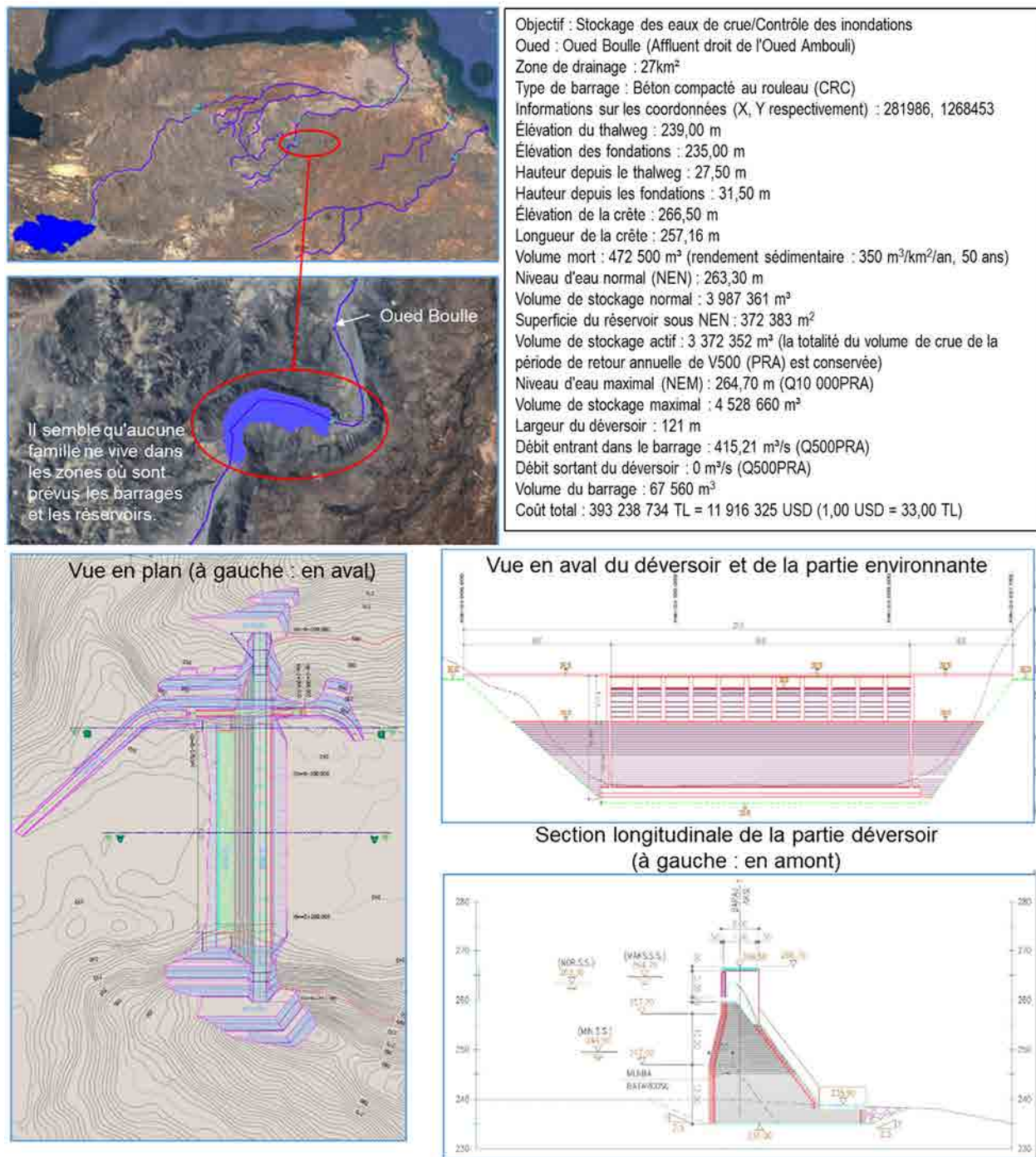
Source: DSI (2024)

Figure 3.2.2 DAM Axe n°2



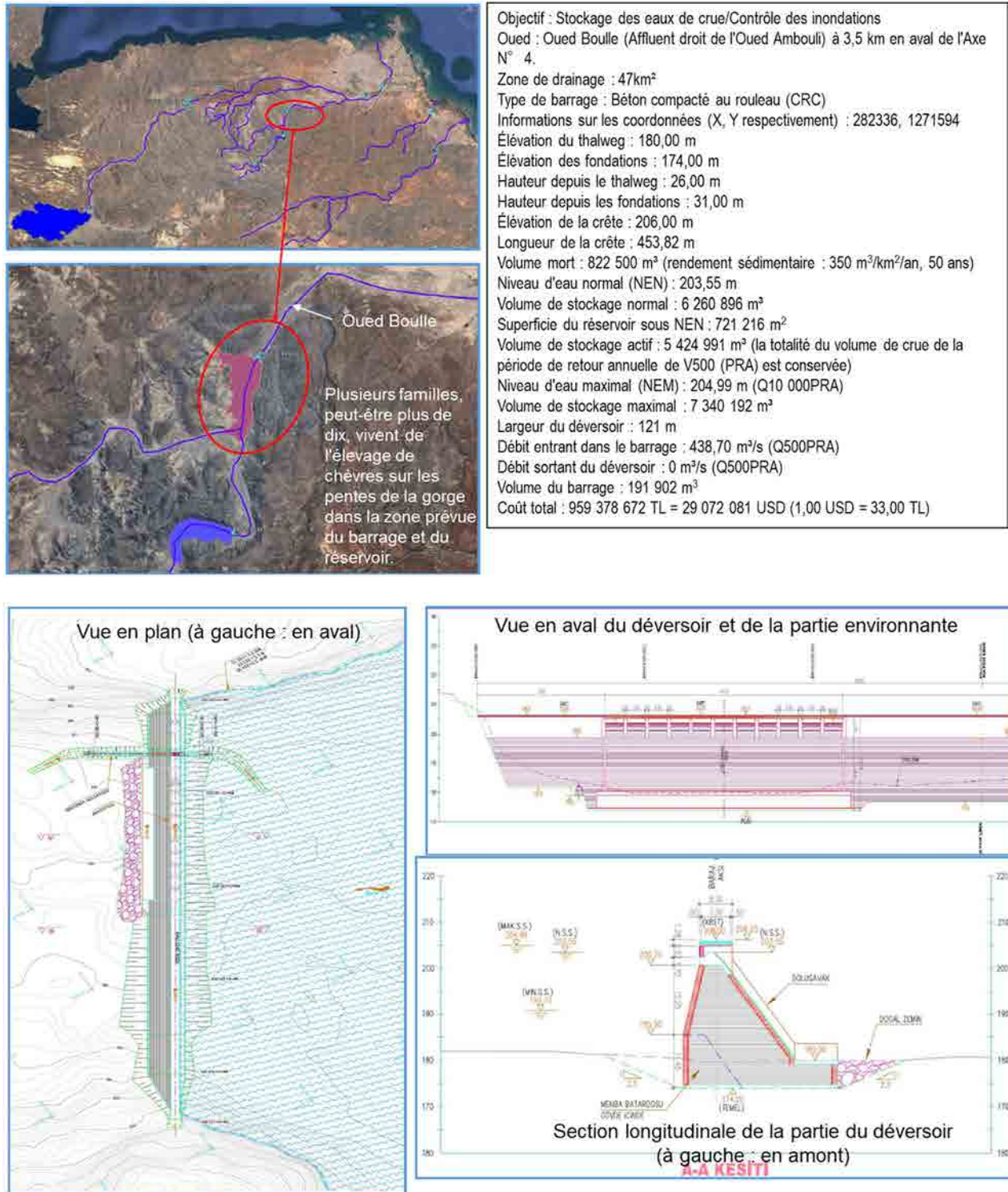
Source: DSI (2024)

Figure 3.2.3 DAM Axe n°3



Source: DSI (2024)

Figure 3.2.4 DAM Axe n°4



Source: DSI (2024)

Figure 3.2.5 DAM Axe n°5

## ANNEXE 4 ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES PRÉCIPITATIONS ET DU RUISSELLEMENT

### 4.1 Informations météorologiques et hydrologiques disponibles pour les inondations récentes

Après l'achèvement du barrage de l'amitié d'Ambouli en 2019, la quantité d'eau entrant dans le barrage peut être estimée en mesurant le niveau d'eau du réservoir du barrage. Si les informations sur les précipitations dans le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli peuvent être utilisées, cela permettra d'élucider la relation entre les précipitations et les phénomènes de ruissellement dans le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli. Les informations météorologiques et hydrologiques disponibles lors des récentes inondations dans le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli sont présentées dans le **tableau 4.1.1**.

**Tableau 4.1.1 Informations météorologiques et hydrologiques disponibles pour les inondations récentes**

Inondations	Informations météorologiques et hydrologiques
Inondations en avril 2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>Malheureusement, il n'y a pratiquement pas d'informations sur les précipitations dans le bassin de l'oued Ambouli.</li> </ul>
Inondations en mars 2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des informations sur les précipitations dans le bassin de l'oued Ambouli sont disponibles.</li> </ul>
Inondations en novembre 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le niveau d'eau dans le barrage de l'amitié d'Ambouli a été contrôlé. Le volume de l'afflux peut donc être estimé.</li> <li>Des informations sur les précipitations dans le bassin de l'oued Ambouli sont disponibles.</li> </ul>
Inondation en avril 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le niveau d'eau dans le barrage de l'amitié d'Ambouli a été contrôlé. Le volume de l'afflux peut donc être estimé.</li> <li>Des informations sur les précipitations dans le bassin de l'oued Ambouli sont disponibles.</li> </ul>
Inondation en janvier 2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le barrage de l'amitié d'Ambouli s'est déversé. Des informations connexes sont disponibles.</li> <li>Des informations sur les précipitations dans le bassin de l'oued Ambouli sont disponibles.</li> </ul>

Source : Équipe d'étude de la JICA

### 4.2 Taux de ruissellement

Le taux de ruissellement du bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli lors des inondations récentes est calculé comme indiqué dans le **tableau 4.2.1**. Lors des crues de novembre 2019 et d'avril 2020, il n'y a pas eu de lâcher de l'évacuateur de crue et la totalité du volume de ruissellement a été stockée dans le réservoir du barrage. Le ratio de ruissellement était d'environ 0,24. En revanche, lors de l'inondation de janvier 2023, le déversoir a été libéré, de sorte qu'il est difficile d'estimer le volume d'entrée du barrage et le ratio de ruissellement à partir des seules données d'observation, mais le ratio de ruissellement est supérieur à 0,24. On peut dire que le taux de ruissellement a tendance à augmenter avec la quantité de précipitations.

**Tableau 4.2.1 Ratio de ruissellement du bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli lors d'inondations récentes**

Inondations	Volume des précipitations (MCM)	Volume des eaux de ruissellement (MCM)	Taux de ruissellement
Inondations en mars 2013	34.1	N/Disponible	N/Disponible
Inondations en novembre 2019	40.3	9.3	0.23
Inondation en avril 2020	21.2	5.1	0.24
Inondation en janvier 2023	49.2	Plus de 11,6	Plus de 0,24

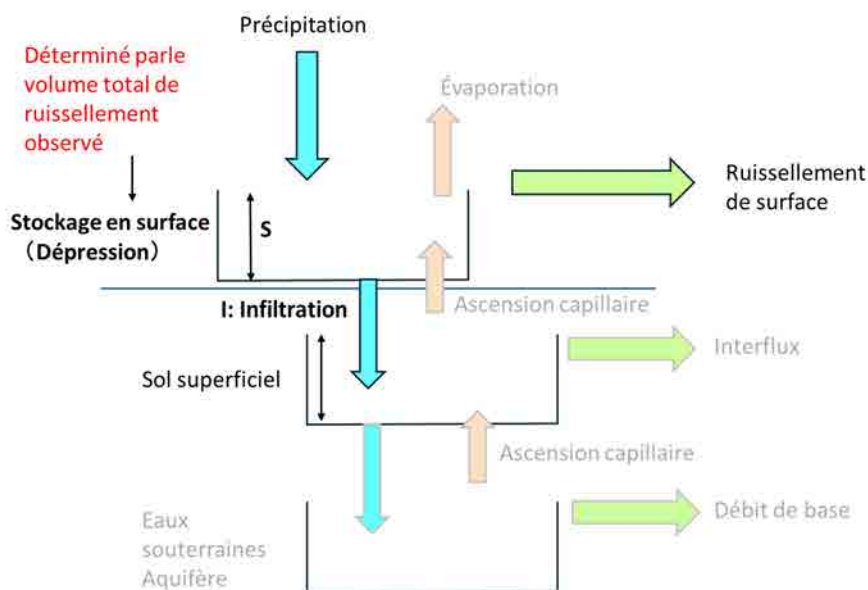
Source : Équipe d'étude de la JICA

### 4.3 Modèle de précipitations et de ruissellement à court terme pour le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli

Dans cette étude, nous avons développé un modèle de ruissellement pluvial à court terme qui peut reproduire le phénomène de ruissellement pluvial lors d'inondations récentes, et nous avons calibré les paramètres du modèle. Pour l'analyse du ruissellement pluvial, nous avons utilisé le modèle HEC-HMS développé par le Centre d'ingénierie hydrologique du Corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis (HEC-USACE). Pour le changement temporel des précipitations, nous avons utilisé les précipitations horaires corrigées du biais de GSMaP basées sur la moyenne des précipitations quotidiennes dans le bassin de l'oued Ambouli divisé en trois régions.

#### 4.3.1 Modèle de perte

Le modèle du nombre de courbes SCS est le modèle de perte le plus simple dans un sous-bassin et a été utilisé dans de nombreux bassins fluviaux à travers le monde. Cependant, le modèle SCS n'est pas un modèle qui peut être utilisé dans les deux cas où plusieurs heures de pluie se produisent continuellement pendant plusieurs jours, comme en novembre 2019, et où plusieurs heures de pluie se produisent en un jour, comme en avril 2020 et janvier 2023. Dans cette étude, après des essais et des erreurs, nous avons décidé d'utiliser une combinaison du " modèle de stockage en dépression " et du " modèle d'infiltration constante " comme un modèle qui peut exprimer le phénomène de perte de pluie dans le sous-bassin du bassin de l'oued Ambouli. De plus, comme il s'agit d'un modèle de ruissellement pluvial à court terme, le comportement hydrologique de la perte pluviométrique n'est pas modélisé (voir **figure 4.3.1**).



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.3.1 Modèle de perte**

Ici, les deux constantes du modèle sont le volume de stockage en dépression et le taux d'infiltration constant. Le volume de stockage en dépression est déterminé de manière à ce que le volume total de ruissellement provenant d'événements d'inondation multiples corresponde étroitement à la valeur observée. Comme la plupart des sols de surface dans le bassin de l'oued Ambouli sont des loams argileux ou des loams argilo-sableux<sup>1</sup>, le taux d'infiltration constant est fixé à une valeur de 1,0 à 1,5 mm/h, ce qui correspond à la conductivité hydraulique saturée du sol.

<sup>1</sup> Hengl T, Heuvelink GBM, Kempen B, Leenaars JGB, Walsh MG, Shepherd KD, et al.(2015) : Mapping Soil Properties of Africa at 250 m Resolution : Random Forests Significantly Improve Current Predictions. PLoS ONE 10(6) : e0125814. doi:10.1371/journal.pone.0125814.

### 4.3.2 Modèle de transformation

Le modèle de l'hydrogramme unitaire de Clark a été adopté pour le modèle de transformation dans le sous-bassin. Le modèle de l'hydrogramme de l'unité de Clark a les deux paramètres suivants :

- Temps de concentration

Dans cette étude, la formule est donnée par l'équation suivante, qui est basée sur la formule empirique de HEC-USACE<sup>2</sup> et inclut une constante empirique.

$$T_{c0} = 0.457 \left( \frac{L \cdot L_c}{\sqrt{\text{Slope}_{10-85}}} \right)^{0.3}$$
$$T_c = \alpha \cdot T_{c0}$$

où  $T_c$  = temps de concentration (heures),  $T_{c0}$  = temps de concentration selon l'équation originale développée pour l'étude de sécurité des barrages en Pennsylvanie (États-Unis) par HEC-USACE,  $\alpha$  = constante empirique.  $L$  = plus long chemin d'écoulement (km),  $L_c$  = chemin d'écoulement central (km) ;  $\text{Slope}_{10-85}$  = pente moyenne du chemin d'écoulement représenté par 10 à 85 pour cent du plus long chemin d'écoulement (m/m).

- Paramètre de stockage

Le paramètre de stockage  $R$  est donné par l'équation suivante.

$$\frac{R}{T_c + R} = \beta$$

où  $R$  = paramètre de stockage (heures),  $T_c$  = temps de concentration (heures),  $\beta$  : constante empirique.

### 4.3.3 Modèle de routine du canal

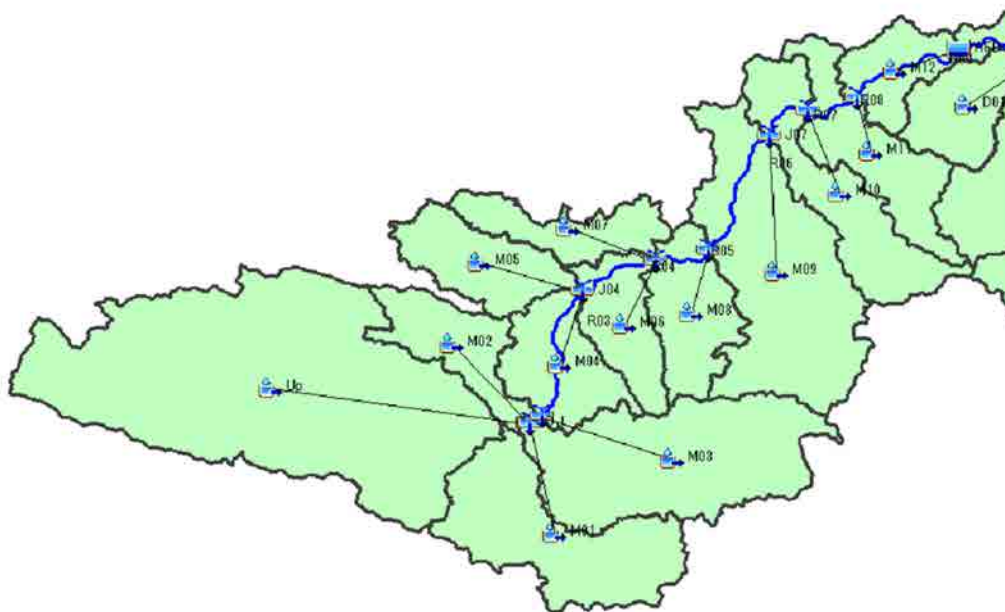
Le modèle de Maskingum est appliqué au modèle de routine du canal. Parmi les constantes du modèle de Maskingum,  $K$  est donné en fonction de la vitesse de propagation de l'onde de crue et de la longueur du canal fluvial, et  $X$  est uniformément fixé à 0,25.

### 4.3.4 Délimitation des sous-bassins versants

Le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli a été divisé en sous-bassins pour l'analyse du ruissellement pluvial. Les sous-bassins divisés et le diagramme du système de sous-bassins sont présentés respectivement dans les **figures 4.3.2** et **4.3.3**. Le **tableau 4.3.1** présente les caractéristiques des sous-bassins et de leurs tronçons.

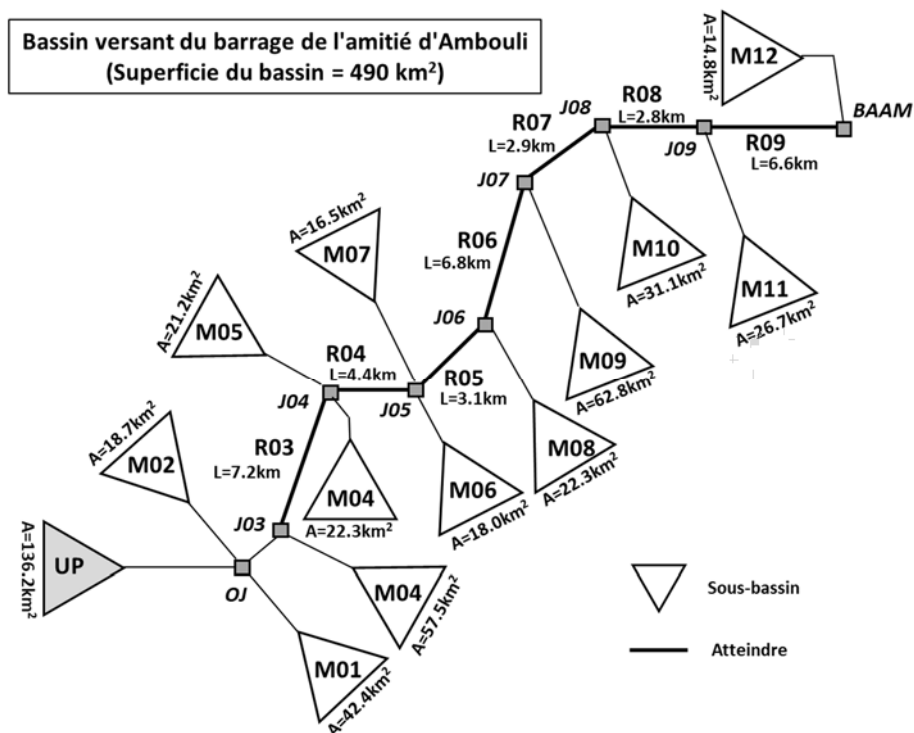
---

<sup>2</sup> HEC-USACE : Hydrologic Modeling with HEC-HMS (2022),  
<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstr/hydrologic-modeling-with-hec-hms-2022-86907777.html>



Source : Équipe d'étude de la JICA

Figure 4.3.2 Sous-bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli



Source : Équipe d'étude de la JICA

Figure 4.3.3 Diagramme de sous-bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli

**Tableau 4.3.1 Caractéristiques des sous-bassins et des tronçons du bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli**

	A(km2)	Longueur du trajet d'écoulement le plus long (km)	Pente du trajet d'écoulement le plus long	Longueur du trajet d'écoulement centrodal(km)	Pente du trajet d'écoulement centrodal	10-85 Longueur du trajet d'écoulement (km)	10-85 Pente du trajet d'écoulement	Pente du bassin	Relief du bassin (m)	Taux de soulagement	Rapport d'allongement	Densité de drainage (km/km2)
M01	42,38	17,14	0,01692	8,54	0,00492	12,85	0,00942	0,2246	331	0,0193	0,4287	0,3376
M02	18,65	12,98	0,00751	6,35	0,00906	9,74	0,00768	0,1011	107	0,0082	0,3754	0,2890
M03	57,50	19,09	0,01194	8,17	0,00734	14,32	0,00901	0,2199	307	0,0161	0,4482	0,2360
M04	22,28	11,83	0,0085	4,25	0,00436	8,87	0,0081	0,1988	206	0,0174	0,4503	0,3209
M05	21,15	13,48	0,00746	6,06	0,0085	10,11	0,00237	0,1066	138	0,0102	0,3851	0,2370
M06	18,00	12,48	0,02227	6,11	0,00851	9,36	0,01282	0,2555	280	0,0224	0,3836	0,2454
M07	16,45	11,91	0,0094	5,25	0,01276	8,94	0,00918	0,1707	197	0,0165	0,3841	0,2082
M08	22,33	9,19	0,03241	3,90	0,01564	6,90	0,0202	0,3273	369	0,0401	0,5800	0,2578
M09	62,82	23,09	0,01414	6,96	0,01071	17,32	0,01264	0,2950	372	0,0161	0,3874	0,3676
M10	31,07	15,39	0,01699	5,62	0,01254	11,54	0,01401	0,3152	348	0,0226	0,4087	0,3828
M11	26,68	13,56	0,02098	3,05	0,01293	10,17	0,0178	0,3247	379	0,0280	0,4298	0,2534
M12	14,82	9,25	0,03373	4,27	0,01171	6,94	0,02148	0,2063	312	0,0337	0,4697	0,4464
Up	136,22	30,64	0,01543	12,94	0,00062	22,98	0,00985	0,1119	475	0,0155	0,4298	0,3286

	L (km)	Pente	L(m)	1/Pente
R03	7,15	0,00433	7152	231
R04	4,42	0,00543	4420	184
R05	3,13	0,00447	3129	224
R06	6,84	0,00907	6837	110
R07	2,93	0,01059	2928	94
R08	2,84	0,01093	2835	91
R09	6,62	0,01209	6618	83
R10	5,51	0,01179	5515	85

Source : Équipe d'étude de la JICA

### 4.3.5 Étalonnage et validation

Dans cette étude, les constantes du modèle ont été calibrées de manière à ce que les phénomènes de ruissellement des inondations de novembre 2019 et d'avril 2020, pour lesquelles les volumes de pluie et de ruissellement sont connus, puissent être reproduits de manière approximative. Les constantes calibrées du modèle ont ensuite été utilisées pour reproduire les conditions de ruissellement pendant la crue de janvier 2023, et il a été confirmé que le niveau d'eau maximal et le moment de la libération du déversoir observés au barrage de l'amitié d'Ambouli peuvent être reproduits de manière approximative.

Par des procédés d'essais et d'erreurs, les constantes du modèle ont été calibrées comme indiqué dans le **tableau 4.3.2**.

**Tableau 4.3.2 Constantes du modèle**

	T0 (h)	$\alpha$	$\beta$	T (h)	R (h)	S (mm)	Infiltration (mm/h)
M01	4,11	0,45	0,65	1,85	3,43	23	1,3
M02	3,56			1,60	2,98		
M03	4,21			1,90	3,52		
M04	3,05			1,37	2,55		
M05	4,24			1,91	3,54		
M06	3,22			1,45	2,69		
M07	3,19			1,44	2,67		
M08	2,40			1,08	2,01		
M09	4,04			1,82	3,38		
M10	3,30			1,49	2,76		
M11	2,56			1,15	2,14		
M12	2,45			1,10	2,05		
Up	5,50			2,48	4,60	28	1,0

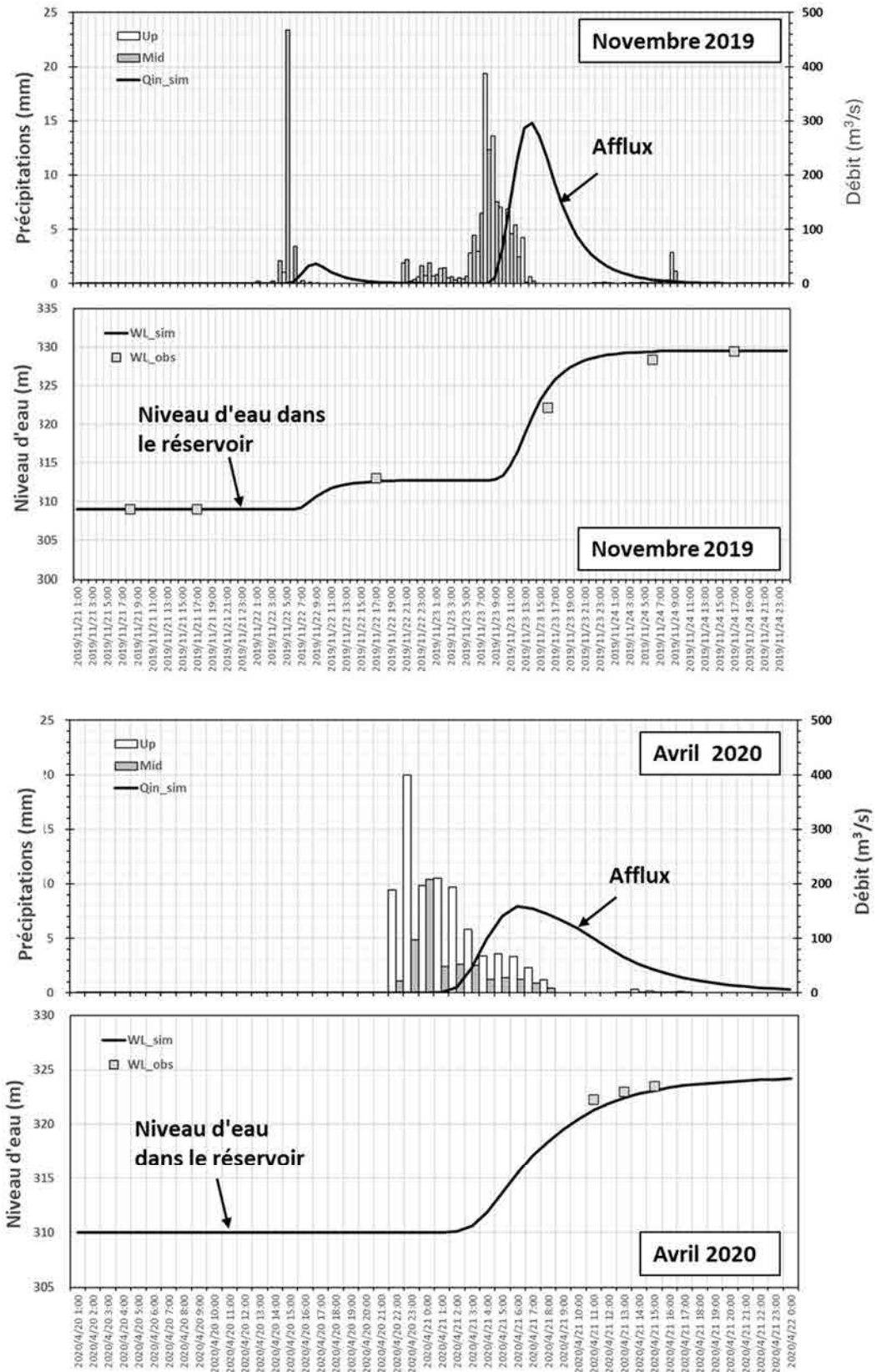
  

	K(h)	X
R03	0,44	0,25
R04	0,27	0,25
R05	0,19	0,25
R06	0,42	0,25
R07	0,18	0,25
R08	0,18	0,25
R09	0,41	0,25
R10	0,34	0,25

Source : Équipe d'étude de la JICA

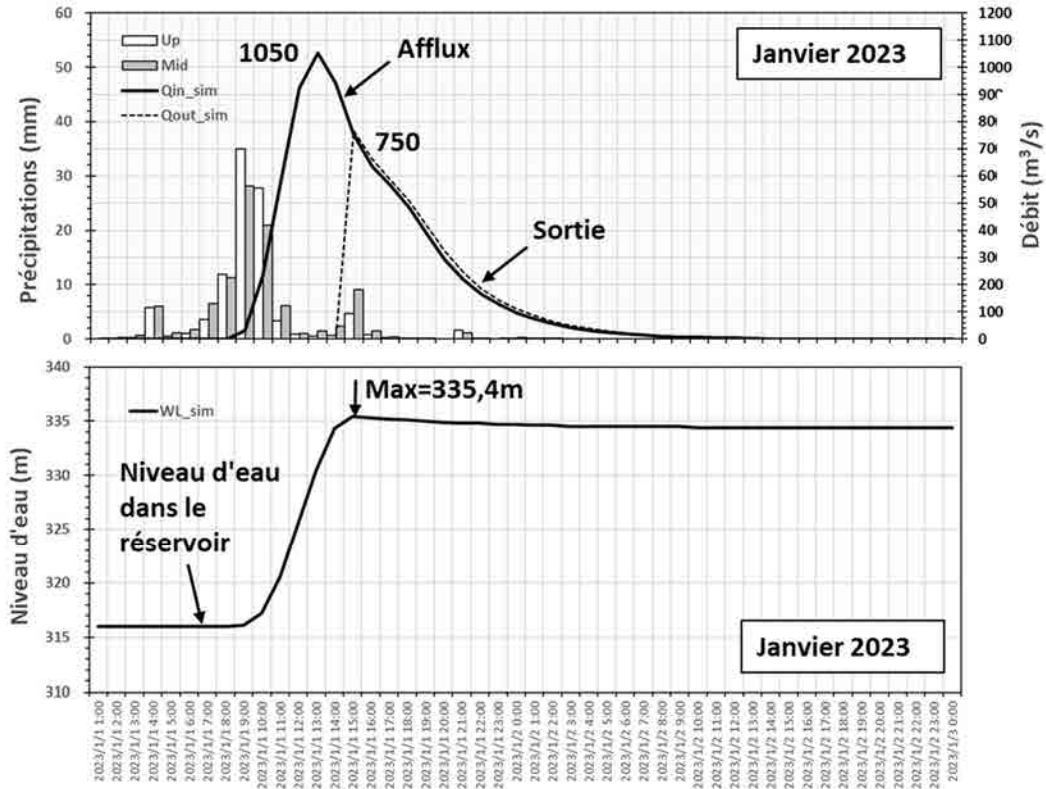
**La figure 4.3.4** montre les résultats de la simulation des débits d'entrée et de sortie du barrage de l'amitié d'Ambouli et le niveau d'eau du barrage pendant les inondations de novembre 2019 et d'avril 2020. Les résultats calculés du niveau d'eau du barrage sont raisonnablement conformes aux valeurs mesurées réelles.

**La figure 4.3.5** montre les résultats de la simulation des débits d'entrée et de sortie du barrage de l'amitié d'Ambouli et le niveau d'eau du barrage pendant l'inondation de janvier 2023. Le niveau d'eau maximum du barrage calculé est presque cohérent avec le niveau d'eau maximum de 335,3 m estimé sur la base des traces d'inondation reconnues sur les photos après l'inondation. En outre, les images vidéo prises pendant l'inondation confirment que le déversoir a été déchargé vers 14h30, et les résultats des calculs montrent également que le déversement du déversoir a commencé vers 14h30, et que le taux de débordement augmente. Par conséquent, il est jugé que les résultats de la simulation peuvent raisonnablement reproduire le volume d'entrée dans le barrage de l'amitié d'Ambouli lors de la crue de janvier 2023.



Source : Équipe d'étude de la JICA

Figure 4.3.4 Résultats de la simulation des inondations de novembre 2019 et d'avril 2020

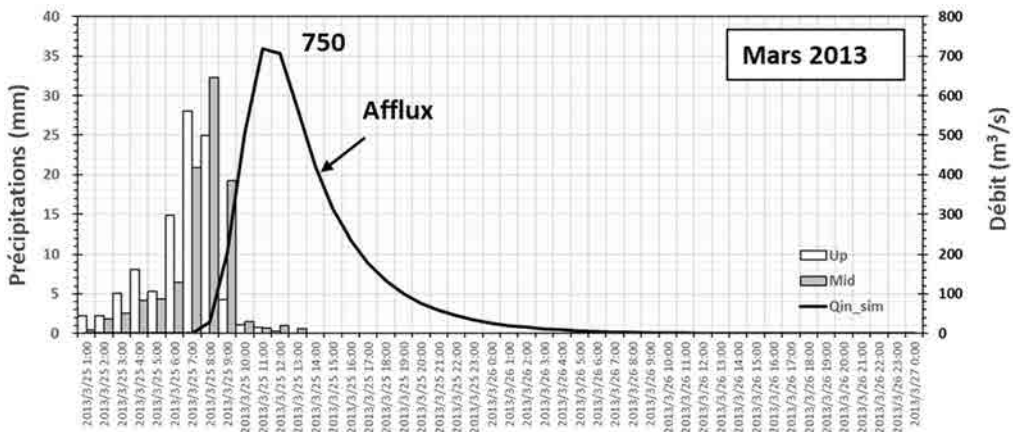


Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.3.5** Résultat de la simulation de l'inondation de janvier 2023

Les résultats de la simulation pour la crue de janvier 2023 montrent que le débit de pointe est de 1 050 m<sup>3</sup>/s et le débit de sortie de pointe est de 750 m<sup>3</sup>/s, et on estime que le site du barrage a un effet de coupure de pointe d'environ 300 m<sup>3</sup>/s. Le débit total calculé est de 28,9 MCM et le coefficient de ruissellement est de 0,57.

Les résultats de la simulation pour l'inondation de mars 2013 sont présentés dans la **Figure 4.3.6**. Le débit de pointe est de 750 m<sup>3</sup>/s, le débit total calculé est de 15,8 MCM et le coefficient de ruissellement est de 0,46.



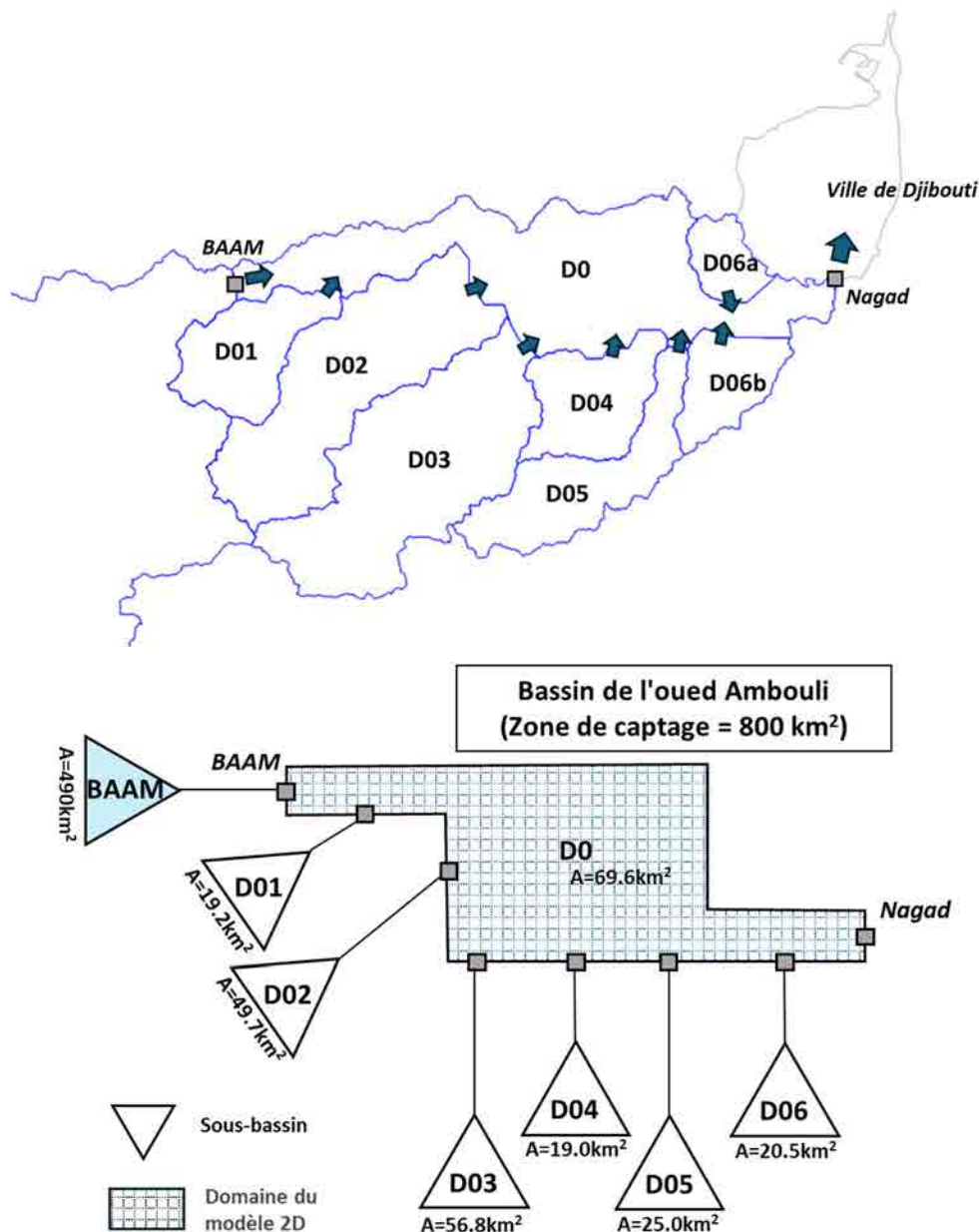
Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.3.6** Résultat de la simulation de l'inondation de mars 2013

#### 4.4 Modèle intégré incluant le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli

Le modèle pluie-débit préparé dans le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli est étendu pour développer un modèle intégré incluant le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli. A l'aide de ce modèle, l'hydrogramme de ruissellement à Nagad, l'extrémité amont du modèle de simulation des inondations pour la zone autour de la ville de Djibouti, est estimé.

Dans le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli, il y a des endroits où le canal de la rivière n'est pas clair et où la rivière coule en tresse pendant les inondations. Afin de modéliser la propagation des ondes de crue à ces endroits, un modèle d'écoulement bidimensionnel de HEC-RAS est introduit. Le ruissellement des affluents est également estimé à l'aide d'un modèle similaire au modèle de ruissellement pluvial préparé dans le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli. Un schéma conceptuel du modèle est présenté dans la **figure 4.4.1**.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.1** Modèle intégré incluant le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli

Le **tableau 4.4.1** présente les caractéristiques du sous-bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli.

**Tableau 4.4.1 Caractéristiques du sous-bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli**

	A(km2)	Longueur du trajet d'écoulement le plus long (km)	Pente du trajet d'écoulement le plus long	Longueur du trajet d'écoulement centroi dal(km)	Pente du trajet d'écoulement centroi dal	10-85 Longueur du trajet d'écoulement (km)	10-85 Pente du trajet d'écoulement	Pente du bassin	Relief du bassin (m)	Taux de soulagement	Rapport d'allongement	Densité de drainage (km/km2)
D0	69,60	25,49	0,01122	10,10	0,00822	19,12	0,00931	0,1186	298	0,0117	0,3237	0,5732
D01	19,22	11,09	0,02867	6,26	0,01469	8,32	0,01598	0,2399	327	0,0295	0,4460	0,1694
D02	49,68	22,85	0,01891	7,57	0,01046	15,89	0,01312	0,2624	553	0,0199	0,2860	0,3972
D03	56,78	22,66	0,02198	10,21	0,01219	16,25	0,01382	0,3296	567	0,0221	0,3444	0,3569
D04	19,01	7,16	0,01905	1,90	0,01043	4,37	0,01554	0,1589	217	0,0195	0,4765	0,1886
D05	25,01	18,70	0,0162	10,02	0,01406	13,90	0,01452	0,1431	382	0,0199	0,2957	0,4135
D06	20,49	12,86	0,01288	4,74	0,00573	9,52	0,01134	0,1079	172	0,0129	0,4504	0,2327

Source : Équipe d'étude de la JICA

En ce qui concerne les constantes du modèle pour le sous-bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli, les mêmes valeurs que celles calibrées pour le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli sont utilisées pour  $\alpha$  et  $\beta$ . Le taux d'infiltration constant est fixé à 1,3 mm/h, le même que la partie inférieure du bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli. En ce qui concerne le volume de stockage de la dépression, sur la base de la zone de dépression extraite par la fonction d'analyse MNT de HEC-HMS, on suppose que le volume de stockage de la dépression est presque proportionnel à la zone de dépression, et 10 mm est fixé sur la base de la valeur du sous-bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli. En outre, dans D0, qui est un domaine de calcul bidimensionnel, le calcul du ruissellement n'est pas effectué, et la pluie est directement appliquée au domaine de calcul. Le **tableau 4.4.2** présente les constantes du modèle pour le sous-bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli.

**Tableau 4.4.2 Constantes du modèle**

	T0 (h)	$\alpha$	$\beta$	T (h)	R (h)	S (mm)	Infiltration (mm/h)
D01	3,03	0,45	0,65	1,37	2,54	10	1,3
D02	4,11			1,85	3,43		
D03	4,45			2,00	3,72		
D04	1,87			0,84	1,56		
D05	4,14			1,86	3,46		
D06	3,07			1,38	2,57		

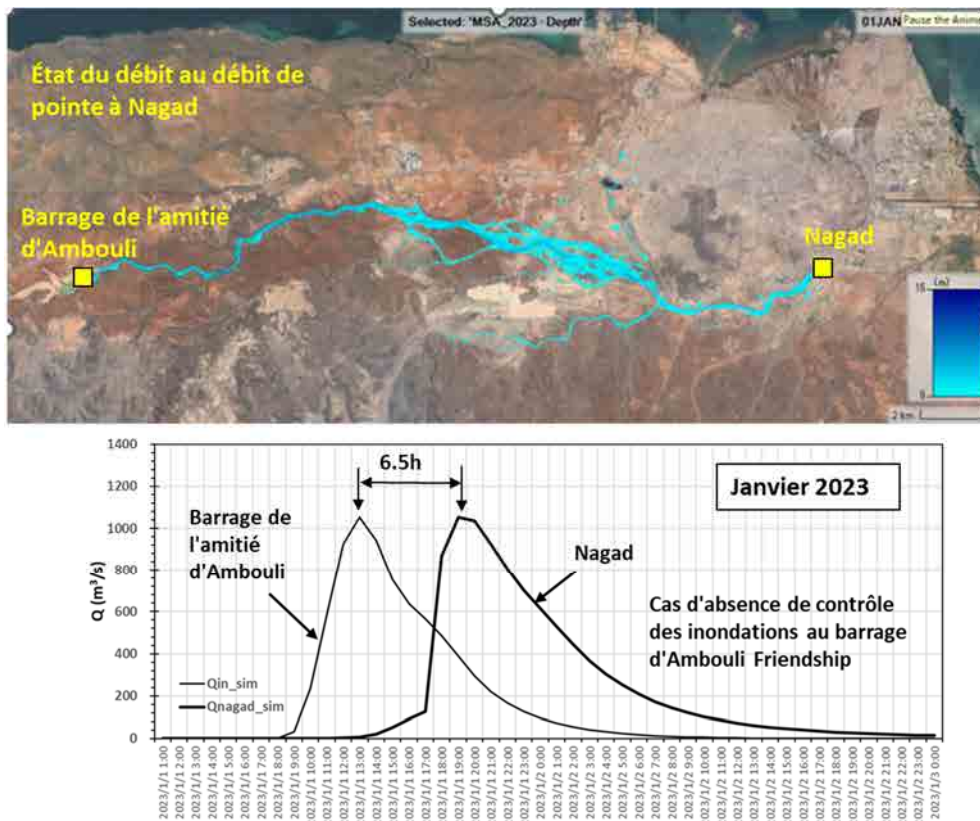
Source : Équipe d'étude de la JICA

La propagation des ondes de crue dans le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli est encore mal connue, mais les observations passées ont montré ce qui suit.

- Selon un ingénieur du MAEPE-RH qui s'occupe de l'oued Ambouli depuis de nombreuses années, le temps de propagation de l'onde de crue dans la section d'environ 40 km allant de We'a en amont du barrage de l'amitié d'Ambouli jusqu'à Djibouti-ville est d'environ 8 heures.
- L'enquête de l'UE<sup>3</sup> menée en 2007 a confirmé, sur la base des observations des ingénieurs du MAEPE-RH, que le délai d'écoulement de la pointe de crue dans la section d'environ 40 km allant de We'a en amont du barrage de l'amitié d'Ambouli à la ville de Djibouti était de 9 heures, et le temps de propagation de la crue dans le modèle de ruissellement pluvial a été basé sur ces résultats d'observation.

<sup>3</sup> EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Ouedu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

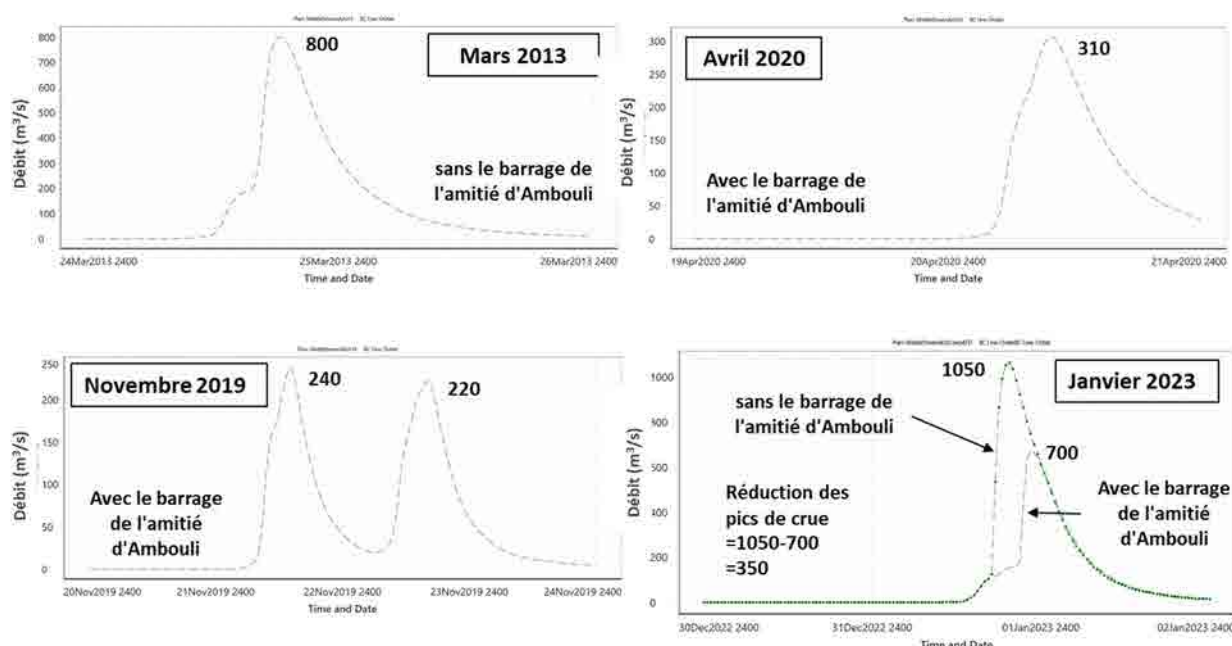
Dans cette étude, ces résultats d'observation sont respectés et le modèle est ajusté pour obtenir un temps de propagation de la crue similaire en ajustant la rugosité du domaine de calcul 2D. Plus précisément, le délai du débit de pointe de la crue dans la section We'a - Barrage de l'amitié d'Ambouli et le délai du débit de pointe de la crue dans la section Nagad - Route de la Palmeraie sont supposés être d'environ 2 heures au total, et la rugosité a été ajustée de sorte que le délai du débit de pointe de la crue dans la section Barrage de l'amitié d'Ambouli - Nagad soit d'environ 6-7 heures. La rugosité est fixée à 0,1, ce qui correspond au coefficient de rugosité de la plaine d'inondation, et en outre, une épaisseur de couche de résistance de forme de 1 m et un paramètre de résistance de forme de 0,4 sont fixés comme la résistance de forme des blocs rocheux présents dans le lit de la rivière. En conséquence, comme le montre la **figure 4.4.2**, le délai du débit de pointe de la crue dans la section du barrage de l'amitié d'Ambouli - Nagad à l'état naturel sans régulation du débit par le barrage pendant la crue de janvier 2023 est d'environ 6,5 heures.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.2 Temps de latence du débit de pointe de l'inondation dans la section entre le barrage de l'amitié d'Ambouli et Nagad**

En utilisant le modèle mis en place comme ci-dessus, les hydrogrammes au point Nagad lors des crues de mars 2013, novembre 2019, avril 2020 et janvier 2023 ont été calculés, comme le montre la **figure 4.4.3**. Le débit de pointe lors de chaque crue était inférieur au débit critique d'environ 1 000 m<sup>3</sup>/s qui provoquerait une inondation par débordement sur la rive droite au centre de la ville de Djibouti.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.4.3 Hydrogramme simulé à Nagad**

## 4.5 Étude sur les débits de crue probables et l'effet du barrage

Le modèle intégrant le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli est utilisé pour étudier le débit de crue probable et l'effet du barrage à Nagad.

### 4.5.1 Sélection du régime des précipitations

Les deux types de régimes pluviométriques suivants sont pris en compte.

- Pluviométrie réelle

Les précipitations journalières moyennes annuelles maximales probables dans le bassin de l'oued Ambouli sont indiquées dans le **tableau 4.5.1**. La pluviométrie ajustée est donnée en étendant la pluviométrie réelle basée sur le ratio avec la pluviométrie journalière moyenne du bassin pendant les inondations représentatives des dernières années. Dans cette étude, les précipitations réelles des inondations de mars 2013, avril 2020 et janvier 2023, qui ont un taux d'extension inférieur à 2 pour la période de retour de 50 ans, sont utilisées.

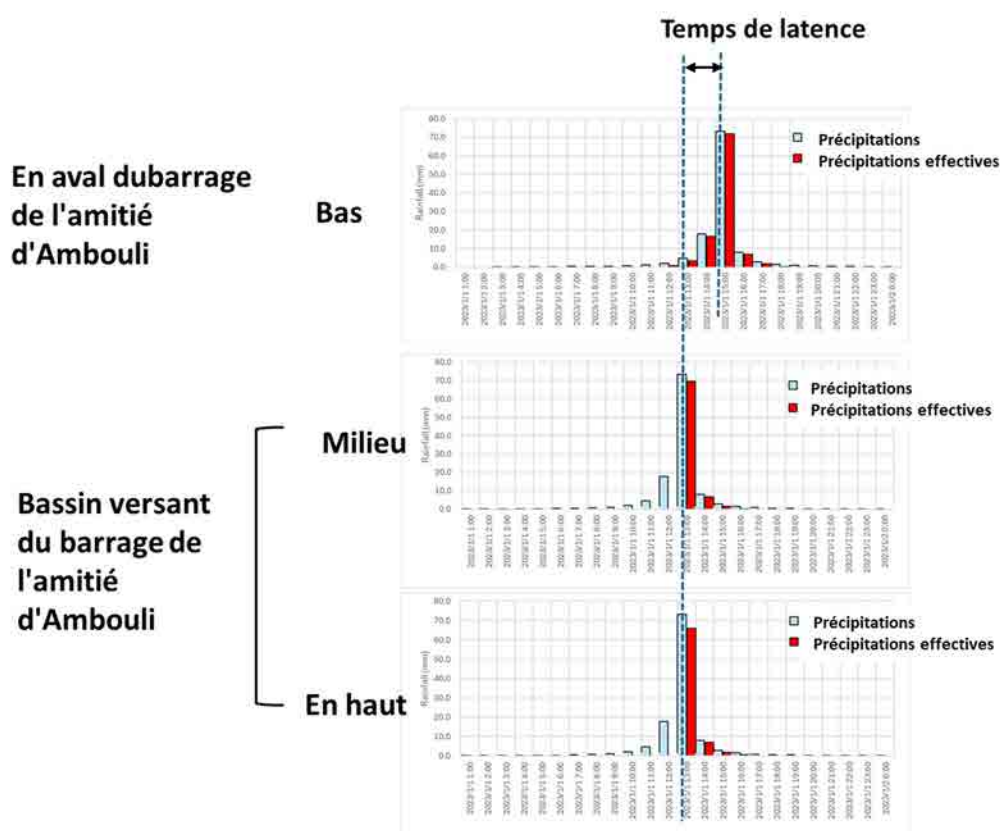
- Modèle hypothétique de précipitations centralisées

En utilisant la courbe de l'intensité des précipitations et de la durée des pluies établie dans cette étude sur la base des mesures des précipitations réelles dans la ville de Djibouti, une hyétographie de la configuration hypothétique des précipitations centralisées est donnée. Étant donné qu'il existe un enregistrement que les pics de précipitations sont décalés de plusieurs heures dans les parties moyennes supérieures (bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli) et les parties inférieures (bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli), un cas où les pics de précipitations sont décalés de 0 à 5 heures dans les parties moyennes supérieures et les parties inférieures est considéré (voir **Figure 4.5.1**).

**Tableau 4.5.1 Pluies journalières moyennes annuelles maximales probables dans le bassin de l'oued Ambouli et taux d'extension**

	Pluviométrie moyenne quotidienne maximale annuelle probable du bassin(mm)	2023/1	2013/3	2020/4	2019/11
		85,6	65,3	52,7	48,8
2	<b>37,3</b>	0,436	0,571	0,708	0,764
3	47,5	0,555	0,727	0,901	0,973
5	58,8	0,687	0,900	1,116	1,205
10	<b>73,0</b>	0,853	1,118	1,385	1,496
20	86,6	1,012	1,326	1,643	1,775
25	90,5	1,057	1,386	1,717	1,855
30	94,4	1,103	1,446	1,791	1,934
50	104,2	1,217	1,596	1,977	2,135
80	113,2	1,322	1,734	2,148	2,320
100	<b>117,4</b>	1,371	1,798	2,228	2,406

Source : Équipe d'étude de la JICA



Source : Équipe d'étude de la JICA

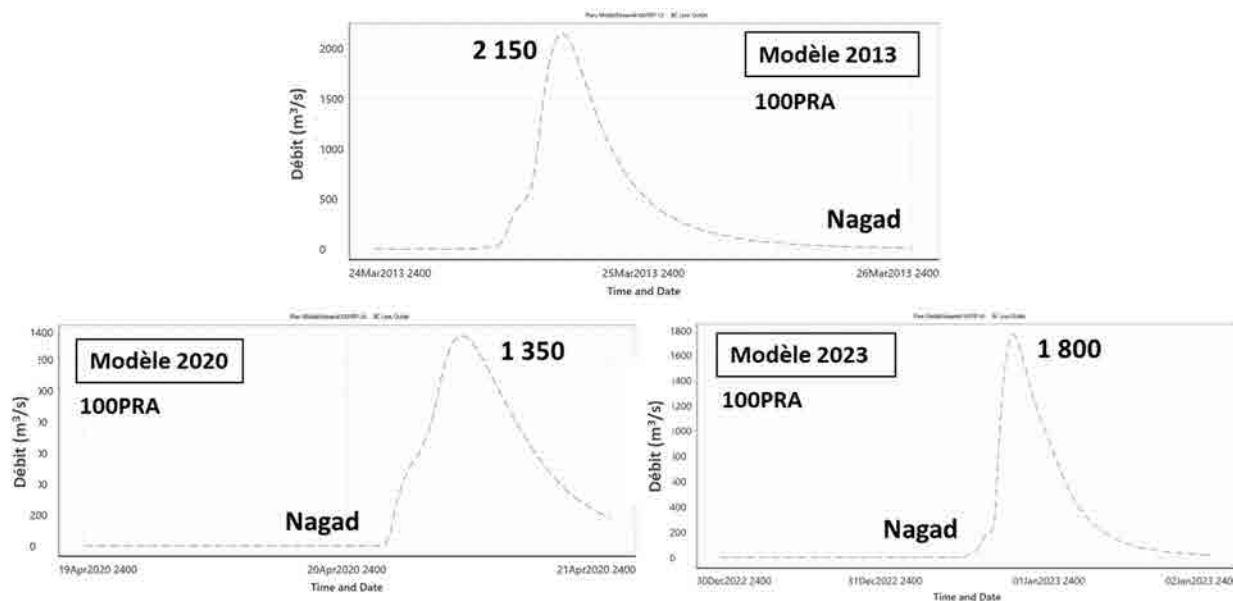
**Figure 4.5.1 Hyétoqramme d'un modèle hypothétique de précipitations centralisées**

Les hydrogrammes à Nagad pour une crue de période de retour de 100 ans (PRA) sous un régime pluviométrique réel et un régime pluviométrique hypothétique centralisé sans contrôle des crues par le barrage de l'amitié d'Ambouli sont montrés dans les figures 1.5.2 et 1.5.3, respectivement. La différence de débit de pointe due à la configuration des pluies est résumée dans le tableau 1.5.2.

**Tableau 4.5.2 Différences dans les débits de pointe des crues en fonction des régimes pluviométriques**

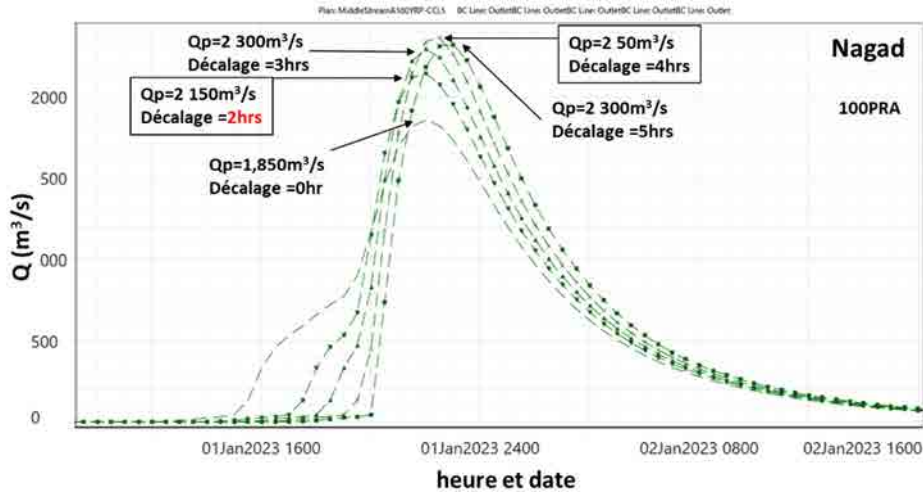
Modèle de précipitations	Débit de crue maximal (100PRA) (m <sup>3</sup> /s)	Remarques
Pluviométrie en mars 2013	2 150	Temps de latence = 2 heures
Pluviométrie d'avril 2020	1 350	Temps de latence = 2 heures
Pluviométrie en janvier 2023	1 800	Temps de latence = 1 heure
Modèle hypothétique de précipitations centralisées (sans décalage)	1 850	
Modèle hypothétique de précipitations centralisées (temps de latence =2 heures)	2 150	
Modèle hypothétique de précipitations centralisées (temps de latence = 3 heures)	2 300	
Modèle hypothétique de précipitations centralisées (temps de latence = 4 heures)	2 350	
Modèle hypothétique de précipitations centralisées (temps de latence = 5 heures)	2 300	

Source : Équipe d'étude de la JICA



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.5.2 Hydrogramme à Nagat pour une crue de 100 ans en utilisant les précipitations réelles.**



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.5.3 Hydrogramme à Nagat pour une crue de 100 ans en utilisant un modèle hypothétique de précipitations centralisées.**

Parmi les régimes pluviométriques réels, le régime pluviométrique de mars 2013, avec 2 150 m<sup>3</sup>/s, est celui qui présente le débit de pointe le plus élevé.

Pour le modèle hypothétique de précipitations centralisées, lorsque la différence de temps entre les précipitations maximales dans les sections supérieure, moyenne et aval est de 4 heures, le débit de pointe est le plus important, avec 2 350 m<sup>3</sup>/s. Sur la base de l'expérience passée, la différence de temps entre les pics de précipitations dans les sections supérieure, intermédiaire et aval a été de deux heures, le débit de pointe étant alors de 2 150 m<sup>3</sup>/s.

Lors de l'examen du débit probable et de l'effet du barrage, les trois modèles de précipitations présentés dans le **tableau 4.5.3** sont adoptés.

**Tableau 4.5.3 Quelques schémas pluviométriques**

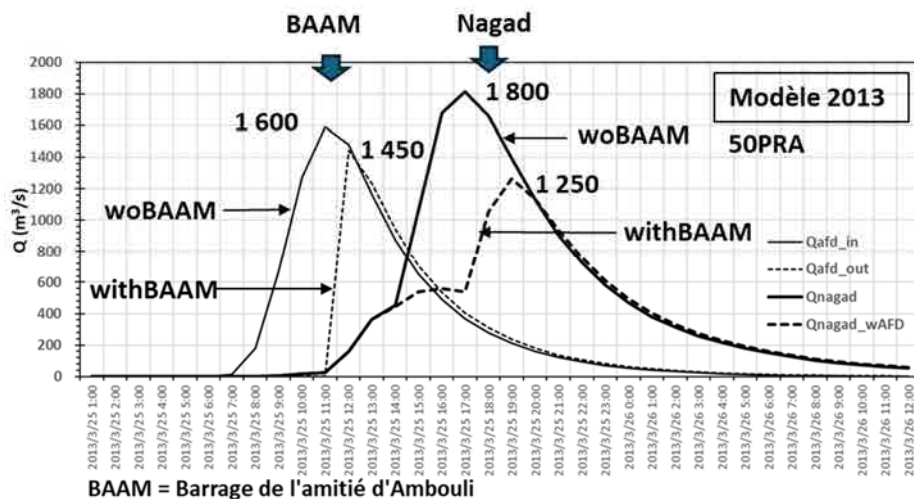
Schéma pluviométrique sélectionné	Raison
1) Pluviométrie de mars 2013	Parmi les schémas pluviométriques actuels, c'est celui qui donne le débit de pointe le plus important.
2) Modèle hypothétique de précipitations centralisées (Temps de latence =2 heures)	Parmi les modèles hypothétiques de précipitations centralisées, lorsque l'on se limite au cas où les valeurs observées sont utilisées pour le décalage temporel entre les pics de précipitations dans les sections supérieure, moyenne et aval, cela donne le débit de pointe le plus important.
3) Modèle hypothétique de précipitations centralisées (Temps de latence =2 heures)	Parmi les modèles hypothétiques de précipitations centralisées, c'est celui qui produit le débit de pointe le plus important. Cependant, le décalage entre les pics de précipitations dans les sections supérieure, moyenne et aval n'a pas été observé dans le passé, il s'agit donc d'un cas hypothétique et particulier.

Source : Équipe d'étude de la JICA

#### 4.5.2 Débit de crue probable et effet du barrage de l'amitié d'Ambouli sur la réduction du débit de pointe

Pour examiner l'effet du barrage de l'amitié d'Ambouli, on suppose que le niveau d'eau du réservoir du barrage avant les précipitations est le niveau d'eau minimum prévu de 316m.

La figure 4.5.4 montre les hydrogrammes simulés au barrage de l'amitié d'Ambouli et à Nagad pour une crue de 50PRA en utilisant les précipitations réelles de mars 2013. La figure montre les deux cas avec et sans le barrage de l'amitié d'Ambouli.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.5.4 Hydrogrammes au barrage de l'amitié d'Ambouli et à Nagad pour une crue de 50PRA en utilisant les précipitations de mars 2013.**

Au barrage de l'amitié d'Ambouli, l'effet du barrage sur la réduction du débit de pointe est d'environ 150 m<sup>3</sup>/s. A Nagad, il est d'environ 550 m<sup>3</sup>/s. On pense que cela est dû au fait que le barrage de l'amitié d'Ambouli a retardé l'apparition du pic de débit sur le site du barrage, ce qui a entraîné un décalage plus important du pic de débit du bassin de l'affluent en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli.

Le tableau 4.5.4 montre les valeurs simulées des débits de crue de 100PRA, 50PRA et 25PRA à Nagad sans et avec le barrage de l'amitié d'Ambouli. Pour référence, le tableau énumère également les débits de crue probables des études BECOM<sup>4</sup> et EU<sup>5</sup> de 2007.

<sup>4</sup> JICA, ADR : Data Collection Survey on Strengthening Logistics in Djibouti City, Djibouti, Rapport final, 2022.

<sup>5</sup> EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Ouedu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

**Tableau 4.5.4 Débit de crue probable**

Modèle de précipitations	Débit de crue maximal (m <sup>3</sup> /s)					
	100PRA	50PRA	25PRA	100PRA avec l'BAAM	50PRA avec l'BAAM	25PRA avec l'BAAM
1) Pluviométrie de mars 2013	2 150	1 800	1 500	1 600	1 250	900
2) Modèle hypothétique de précipitations centralisées (Temps de latence =2 heures)	2 150	1 800	1 450	1 500	1 150	800
3) Modèle hypothétique de précipitations centralisées (Temps de latence =2 heures)	2 350	1 900	1 600	1 800	1 350	950
Étude BECOM	2 080	1 800	1 500	pas disponible	pas disponible	pas disponible
Étude 2007*	1 600	pas disponible	pas disponible	pas disponible	pas disponible	pas disponible

Remarques : PRA=Période de retour d'un an, BAAM= Barrage de l'amitié d'Ambouli

\* : La partie la plus en amont (UP dans cette étude) n'est pas incluse.

Source : Équipe d'étude de la JICA

Le modèle de précipitations centralisées (temps de latence = 4 heures) est un cas particulier, et à l'exclusion de celui-ci, on peut dire ce qui suit.

- Les débits de crue pour 100PRA, 50PRA et 25PRA sans le barrage de l'amitié d'Ambouli sont similaires à ceux estimés par BECOM.
- En raison de l'effet de contrôle des crues du barrage de l'amitié d'Ambouli, même pour le côté sûr, les débits de pointe des crues à Nagat sont réduits à environ 1 250 m<sup>3</sup>/s pour la crue de 50PRA et environ 900 m<sup>3</sup>/s pour la crue de 25PRA.

#### 4.5.3 Effet des barrages prévus sur la réduction du débit de pointe

Les effets des barrages prévus dans le EPF<sup>6</sup> mené par le DSI de Turquie font l'objet d'un examen préliminaire. Les barrages de contrôle des inondations prévus sont tous supposés avoir une capacité de stockage suffisante et stocker la totalité des eaux de ruissellement du bassin versant du barrage. Par conséquent, il est clair que les barrages réduiront les inondations directement en dessous des sites de barrage, mais il n'est pas clair dans quelle mesure ils contribueront à réduire le débit de pointe des inondations à Nagad autour de la ville de Djibouti.

Dans cette étude, l'effet des barrages prévus est examiné en utilisant le modèle intégré incluant le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli en modifiant le modèle comme indiqué dans le **tableau 4.5.5**.

<sup>6</sup> DSI : Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report, 2024.

**Tableau 4.5.5 Modification du modèle**

Barrage prévu	Localisation	Zone de captage (km <sup>2</sup> )	Modification du modèle
Axe 3	Cours principal de l'oued Ambouli Omar Jagga	280	Il est établi que l'ensemble des écoulements provenant de UP, M01, M02 et M03 est nul.
Axe 3R	Cours principal de l'oued Ambouli Omar Jagga	200	Il est proposé de modifier l'emplacement du barrage pour le remplacer par l'ancien site du déversoir, avec un bassin versant de 200 km <sup>2</sup> . Le barrage est supposé servir à l'approvisionnement en eau, mais le volume de surcharge peut réduire le débit de pointe de la crue. Le débit sortant du barrage est calculé sur la base du débit entrant de UP, M01 et M02.
Axe 4	Affluent de l'oued Ambouli Oued Boulle	27	Sur la base du ratio de captage, il est établi que le ruissellement de D03 est réduit à 52% de l'original.
Axe 5	Affluent de l'oued Ambouli Oued Boulle	47	Sur la base du ratio de captage, il est établi que le ruissellement de D03 est réduit à 17% de l'original.

Source : Équipe d'étude de la JICA

Le **tableau 4.5.6** résume la réduction du débit de pointe à Nagad par les barrages prévus pour les crues de 50PRA et 100PRA.

**Tableau 4.5.6 Effet des barrages planifiés sur la réduction du débit de pointe de l'inondation à Nagad**

Modèle de précipitations Pluviométrie en mars 2013	Débit de crue de pointe pour 50PRA (m <sup>3</sup> /s)					
	sans BAAM	avec BAAM	BAAM + Barrage Axe 3	BAAM + Barrage Axe 3R	BAAM + Barrage Axe 4	BAAM + Barrage Axe 5
50PRA	1 800	1 250	550	750	1 220	1 200
100PRA	2 150	1 600	650	1 000	1 580	1 550

Remarques : PRA=Période de retour d'un an, BAAM= Barrage de l'amitié d'Ambouli

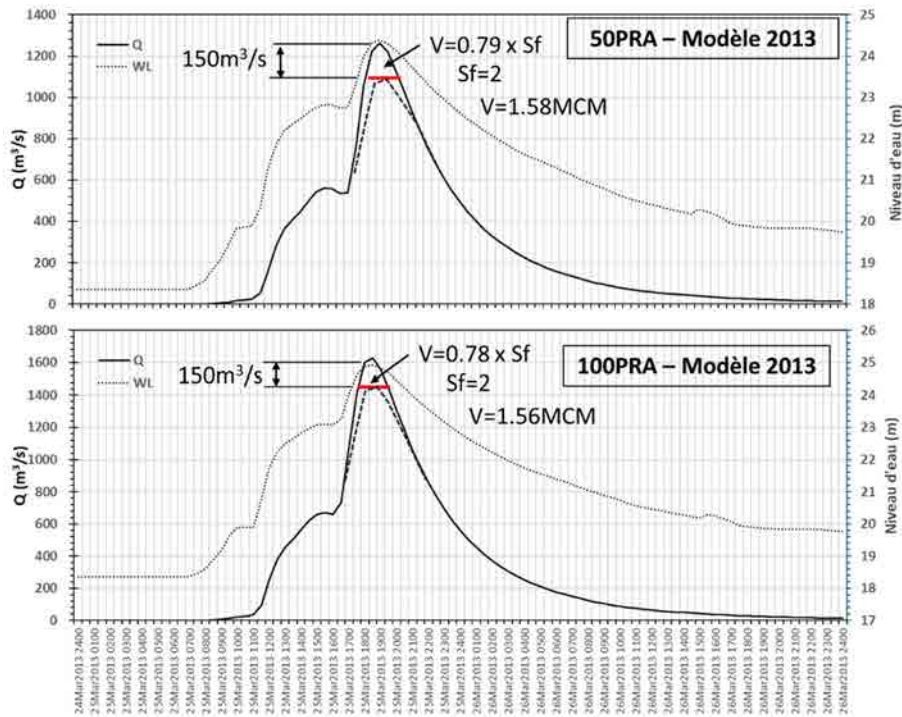
Source : Équipe d'étude de la JICA

L'axe 3 du barrage, ainsi que le barrage de l'amitié d'Ambouli, contribuent à la réduction des débits de pointe dans l'oued Ambouli. D'autre part, les barrages 4 et 5 ont un effet important sur la réduction des débits de pointe dans l'affluent. Cependant, en raison de la différence entre les débits de pointe dans l'affluent et dans l'oued Ambouli, la réduction des débits de pointe dans l'affluent n'a pas d'effet important sur la réduction des débits de pointe globaux.

#### 4.5.4 Bassin de rétention

Sur la base de l'hydrogramme à Nagad pour 50 et 100PRA avec le barrage de l'amitié d'Ambouli, le volume nécessaire du bassin de ralentissement pour réduire le débit de crue de 150m<sup>3</sup>/s est estimé à environ 1,6MCM avec un facteur de sécurité de 2 (voir **Figure 4.5.5**).

Sur le site potentiel du bassin de ralentissement 2, qui devrait être en mesure d'assurer le plus grand volume parmi les sites potentiels identifiés dans cette étude, le volume disponible peut être de 3 millions de m<sup>3</sup> lorsque la profondeur effective est de 4 m. Cette taille est suffisante pour accueillir le volume nécessaire de 1,6 million de m<sup>3</sup>, même si un stockage supplémentaire pour l'utilisation de l'eau est envisagé. Cette taille est suffisante pour accueillir le volume nécessaire de 1,6 million de m<sup>3</sup>, même si un stockage supplémentaire pour l'utilisation de l'eau est envisagé.



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 4.5.5 Estimation approximative du volume nécessaire du bassin de rétention**

#### 4.5.5 Combinaison de barrages planifiés et de bassins de retenue

Le **tableau 1.5.7** montre l'effet de la réduction du débit de crue à Nagat lorsque le barrage proposé et le bassin de ralentissement sont combinés pour des crues de 50 et 100PRA.

Les projections de changement climatique de la BM suggèrent que les précipitations à court terme à Djibouti pour des précipitations de 100PRA dans le climat actuel pourraient devenir des précipitations de 60PRA dans le futur. Si cela se produit effectivement, l'inondation actuelle de 100PRA sera presque de 50PRA, et dans un plan prenant en compte le changement climatique, il sera nécessaire de faire face à un débit plus important afin d'atteindre un niveau de sécurité de 50PRA d'inondation.

Si le débit de crue maximal possible dans le canal en aval de Nagat est de 800 m<sup>3</sup>/s, il peut être traité en construisant uniquement le barrage axe 3R dans le climat actuel pour des crues de 50PRA, par exemple, mais on considère qu'une combinaison du barrage proposé et du bassin de ralentissement sera nécessaire pour traiter des crues de 100PRA dans le climat actuel ou des crues de 50PRA en tenant compte du changement climatique.

**Tableau 4.5.7 Effet de la combinaison des barrages planifiés sur le bassin de rétention sur la réduction du débit de pointe de l'inondation à Nagad**

Modèle de précipitations Pluviométrie en mars 2013	Débit de crue de pointe pour 50PRA (m <sup>3</sup> /s)					
	sans BAAM	avec BAAM	BAAM + BDR	BAAM + Axe 5 du barrage + BDR	BAAM + Axe du barrage 3R + BDR	BAAM + Axe du barrage 3R + Axe 5 du barrage + BDR
50PRA	1 800	1 250	550	750	1 220	1 200
100PRA	2 150	1 600	650	1 000	1 580	1 550

Remarques : PRA=Période de retour d'un an, BAAM= Barrage de l'amitié d'Ambouli, BDR=Bassin de rétention  
Source : Équipe d'étude de la JICA

#### 4.5.6 Remarques finales sur l'analyse préliminaire des précipitations et du ruissellement

Dans cette étude, le processus de ruissellement pluvial a été examiné sur la base de l'estimation du débit du barrage qui est devenu disponible après l'achèvement du barrage de l'amitié d'Ambouli et des informations pluviométriques disponibles. Un modèle de ruissellement pluvial a été construit pour le processus de ruissellement pluvial dans le bassin versant du barrage de l'amitié d'Ambouli. Afin d'estimer l'hydrogramme à Nagad autour de la ville de Djibouti, il est nécessaire de modéliser correctement le phénomène de propagation des crues dans le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli. Dans cette étude, le modèle a été réalisé sur la base de l'expérience et des connaissances passées concernant la vitesse de propagation des crues. En utilisant ce modèle, le débit de crue probable à Nagad a été estimé et l'effet du barrage a également été examiné.

Le débit de pointe de la crue à Nagad peut être important si le moment de l'apparition du pic de débit du cours principal de l'oued Ambouli et des affluents, y compris l'oued Boule, coïncide. Ceci est fortement influencé non seulement par le schéma spatio-temporel des précipitations mais aussi par la vitesse de propagation de la crue dans le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli. Par conséquent, afin d'estimer plus précisément le débit de crue probable à l'avenir, il est nécessaire d'étudier attentivement le phénomène de propagation des crues dans le bassin versant en aval du barrage de l'amitié d'Ambouli.

Outre le renforcement de la prévision et de l'alerte, la surveillance immédiate des inondations par l'installation de jauges de niveau d'eau est recommandée comme l'une des actions prioritaires les plus urgentes pour mieux comprendre le phénomène de propagation de l'onde de crue afin de formuler des études et des plans de qualité et des investissements efficaces de réduction des risques d'inondation dans un avenir proche.

## ANNEXE 5 RÉSULTATS DE SIMULATION D'INONDATION PAR ÉCHELLE D'INONDATION

### 5.1 Résultats de simulation des inondations pour chaque échelle d'inondation après le développement des infrastructures dans un futur proche (construction du pont de la Palmeraie)

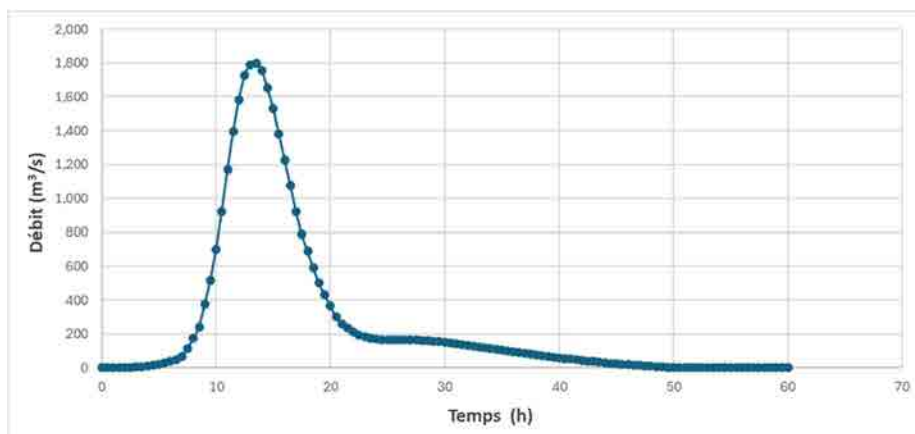
#### (1) Condition de simulation

En supposant la situation après le développement des infrastructures dans un avenir proche (construction du pont de la Palmeraie), les simulations sont effectuées dans les conditions suivantes.

- Les structures existantes (pont italien, chemin de fer) existent
- Le remblai de la rive droite existe
- Le projet de construction du pont de la Palmeraie en cours est terminé
- La situation du delta, y compris le développement de la ZES, reste dans son état actuel

#### (2) Réglage de l'hydrogramme de débit

Français L'hydrogramme de débit comme condition limite en amont a été défini sur la base des résultats d'études antérieures. Autrement dit, la forme de l'hydrogramme (changements temporels du débit) était basée sur les résultats de l'étude de l'UE (2007) (décrite au 3.3.1 (2)), et la valeur du débit de pointe était basée sur les résultats de l'étude BECOM (décrite au 3.3.1 (1)), puis l'hydrogramme a été ajusté (étiré ou raccourci) selon le cas. La simulation de crue a été réalisée essentiellement sur la base du débit de pointe à période de retour de 50PRA de 1 800 m<sup>3</sup>/s de l'étude BECOM, mais les valeurs des débits de pointe ont été modifiées pour certains cas de simulation spécifiques, le cas échéant. L'hydrogramme de débit utilisé dans l'analyse est présenté à la **Figure 5.1.1**.

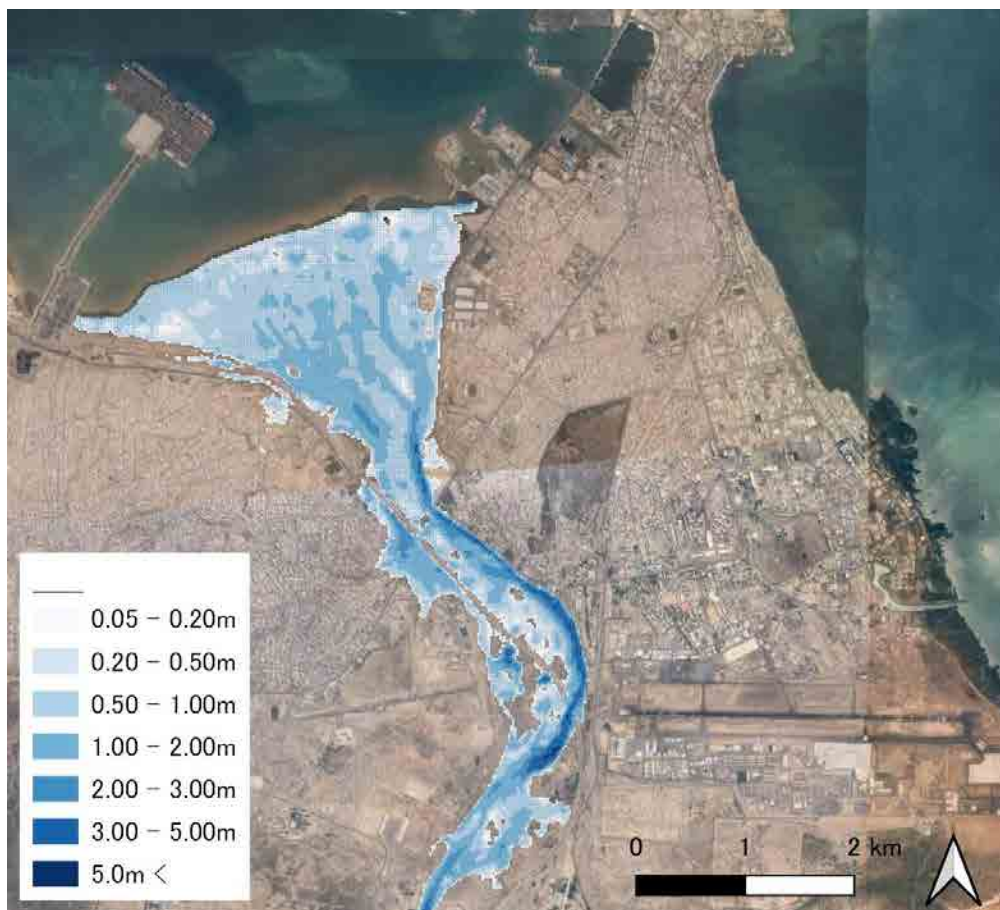


Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 5.1.1 Hydrogramme de débit (pour un débit de pointe de 1 800 m<sup>3</sup>/s)**

#### (3) Résultats de la simulation

Les résultats de la simulation sont présentés sur la page suivante.



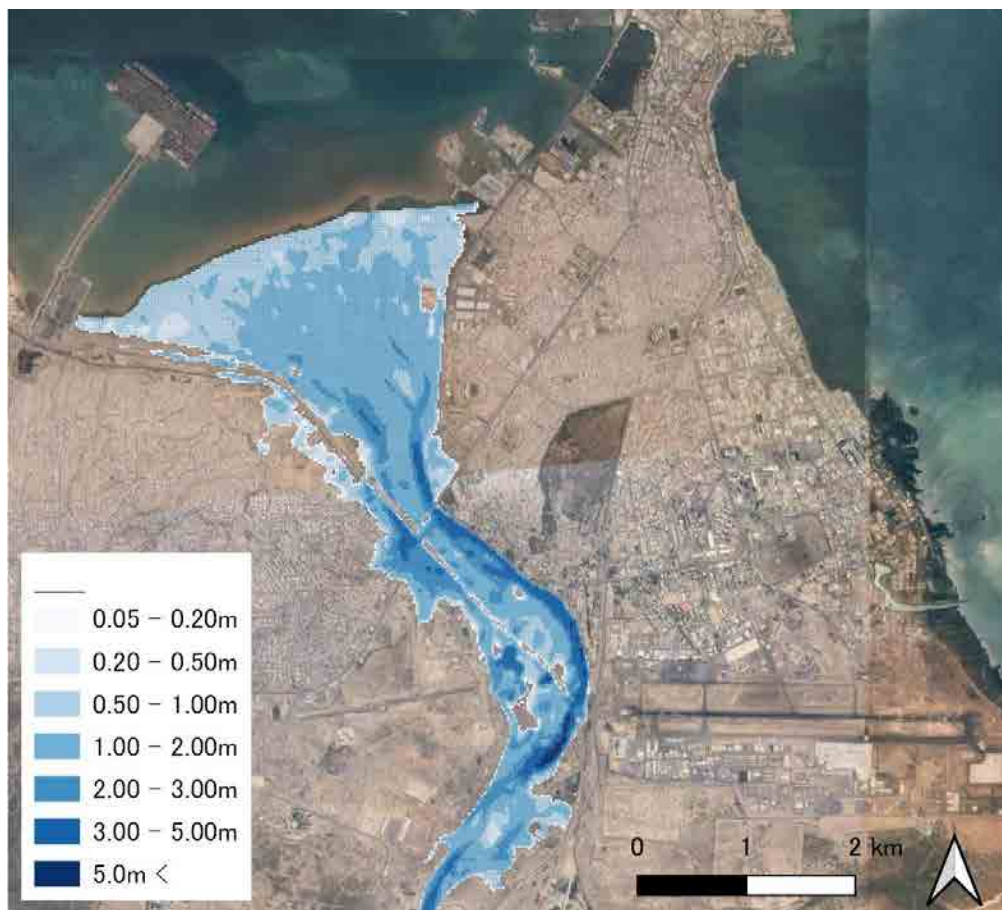
Source : Équipe d'étude de la JICA (Contexte : GoogleMap)

**Figure 5.1.2 Zone d'inondation et profondeur d'inondation (débit de pointe de 430 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 2PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

**Tableau 5.1.1 Zone inondée et nombre de bâtiments touchés par profondeur de crue (débit de pointe de 430 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 2PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

Profondeur (m)	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0,05-0,20	0,31	171
0,20-0,50	1,11	404
0,50-1,00	2,95	448
1,00-2,00	2,04	392
2,00-3,00	0,37	112
3,00-5,00	0,18	5
5,00 <	0,01	0
Totale	6,98	1 532

Source : Équipe d'étude de la JICA



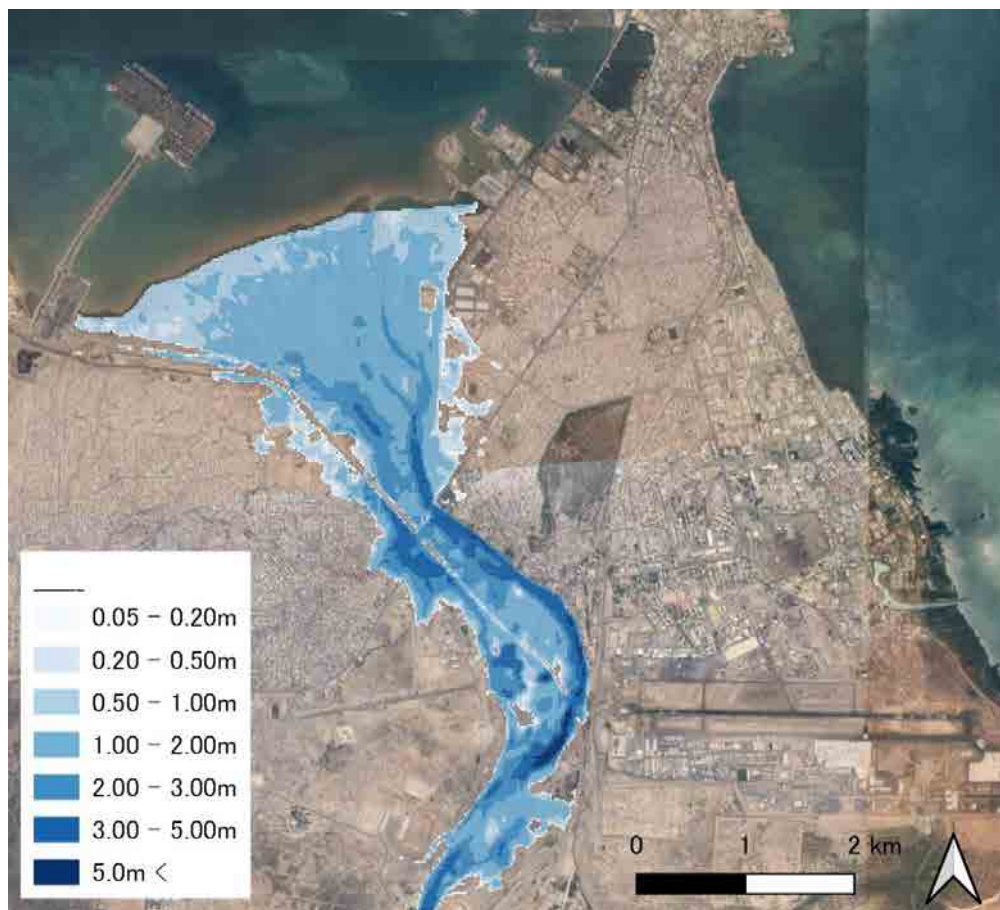
Source : Équipe d'étude de la JICA (Contexte : GoogleMap)

**Figure 5.1.3 Zone d'inondation et profondeur d'inondation (débit de pointe de 870 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 5PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

**Tableau 5.1.2 Zone inondée et nombre de bâtiments touchés par profondeur de crue (débit de pointe de 870 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 5PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

Profondeur (m)	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0,05-0,20	0,16	186
0,20-0,50	0,51	358
0,50-1,00	1,99	554
1,00-2,00	3,76	985
2,00-3,00	0,97	392
3,00-5,00	0,47	130
5,00 <	0,04	0
Totale	7,89	2 605

Source : Équipe d'étude de la JICA



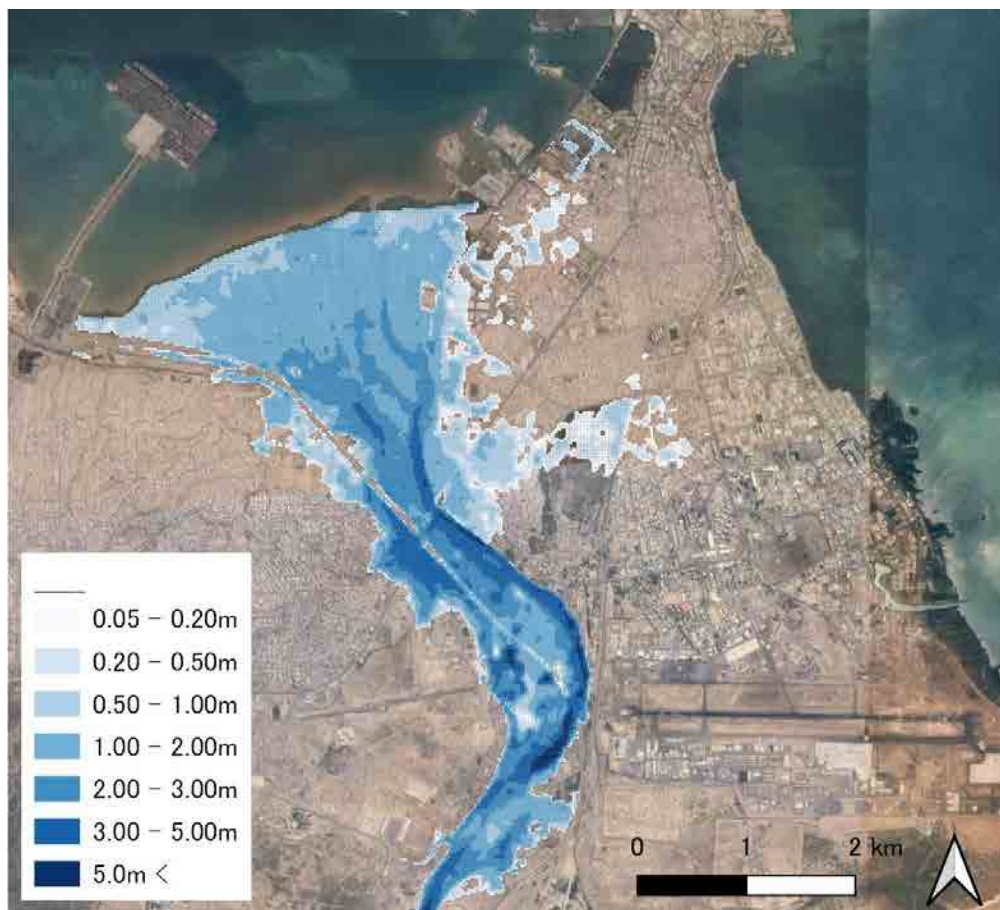
Source : Équipe d'étude de la JICA (Contexte : GoogleMap)

**Figure 5.1.4 Zone d'inondation et profondeur d'inondation (débit de pointe de 1 160 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 10PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

**Tableau 5.1.3 Zone inondée et nombre de bâtiments touchés par profondeur de crue (débit de pointe de 1 160 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 10PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

Profondeur (m)	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0,05-0,20	0,23	277
0,20-0,50	0,51	475
0,50-1,00	1,56	521
1,00-2,00	3,91	1 039
2,00-3,00	1,45	616
3,00-5,00	0,71	250
5,00 <	0,07	1
Totale	8,45	3 179

Source : Équipe d'étude de la JICA



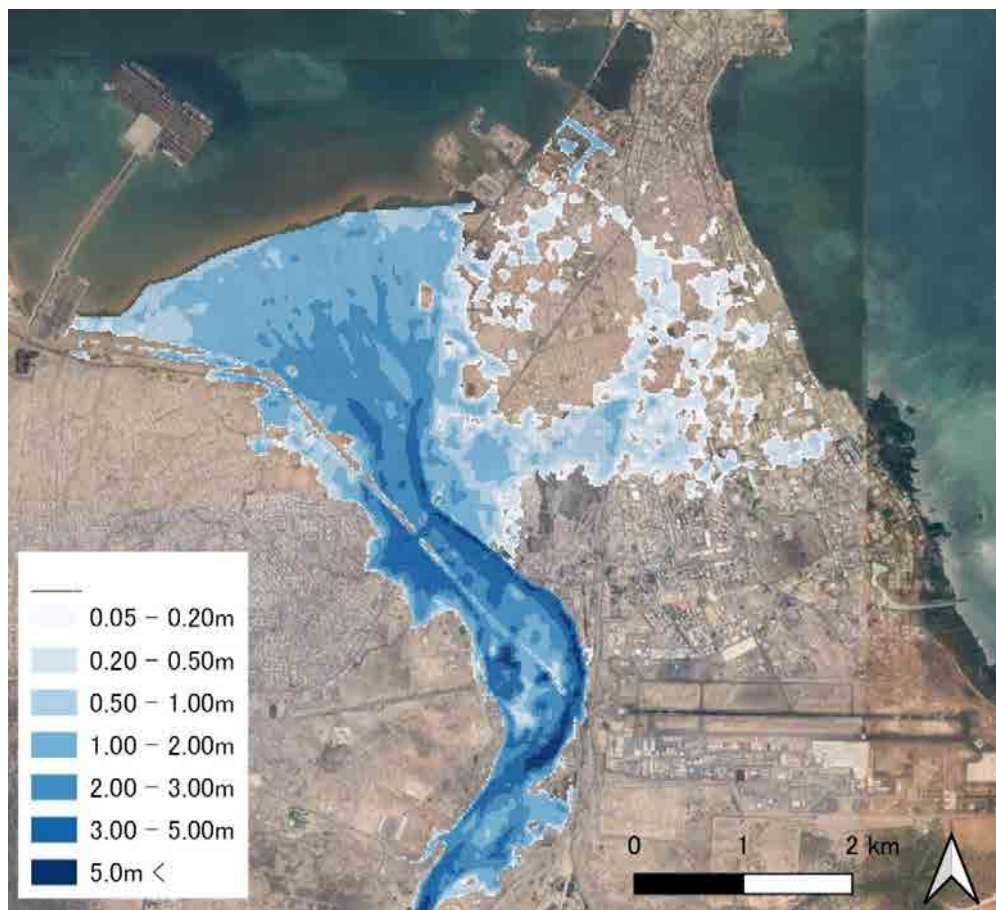
Source : Équipe d'étude de la JICA (Contexte : GoogleMap)

**Figure 5.1.5 Zone d'inondation et profondeur d'inondation (débit de pointe de 1 500 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 20PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

**Tableau 5.1.4 Zone inondée et nombre de bâtiments touchés par profondeur de crue (débit de pointe de 1 500 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 20PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

Profondeur (m)	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0,05-0,20	0,67	1 595
0,20-0,50	1,03	1 946
0,50-1,00	1,75	1 465
1,00-2,00	3,83	1 096
2,00-3,00	1,98	845
3,00-5,00	0,98	425
5,00 <	0,12	4
Totale	10,38	7 376

Source : Équipe d'étude de la JICA



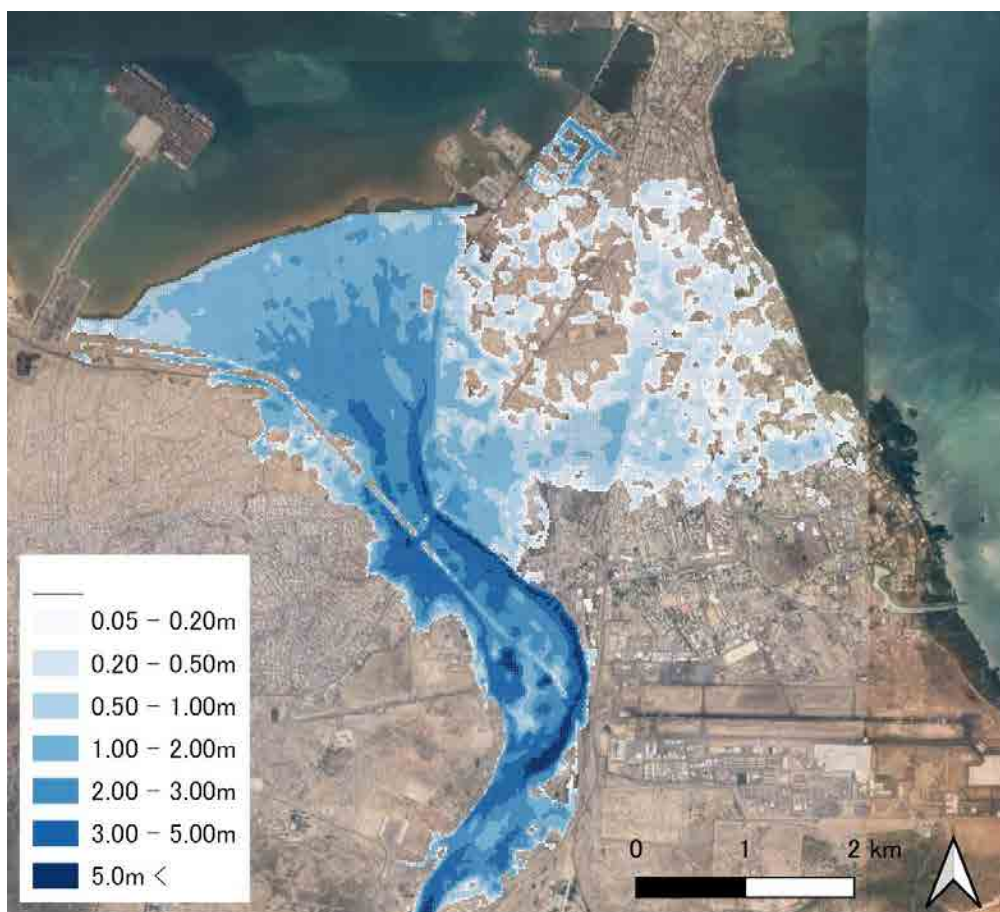
Source : Équipe d'étude de la JICA (Contexte : GoogleMap)

**Figure 5.1.6 Zone d'inondation et profondeur d'inondation (débit de pointe de 1 800 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 50PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

**Tableau 5.1.5 Zone inondée et nombre de bâtiments touchés par profondeur de crue (débit de pointe de 1 800 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 50PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

Profondeur (m)	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0,05-0,20	1,39	3 563
0,20-0,50	1,77	4 336
0,50-1,00	2,00	2 868
1,00-2,00	3,85	1 672
2,00-3,00	2,45	943
3,00-5,00	1,26	572
5,00 <	0,17	7
Totale	12,89	13 961

Source : Équipe d'étude de la JICA



Source : Équipe d'étude de la JICA (Contexte : GoogleMap)

**Figure 5.1.7 Zone d'inondation et profondeur d'inondation (débit de pointe de 2 080 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 100PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

**Tableau 5.1.6 Zone inondée et nombre de bâtiments touchés par profondeur de crue (débit de pointe de 2 080 m<sup>3</sup>/s (équivalent à 100PRA) (après la construction du pont de la Palmeraie, et les effets du barrage de l'amitié d'Ambouli ne sont pas attendus)**

Profondeur (m)	Zone inondée (km <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments touchés
0,05-0,20	1,84	5 038
0,20-0,50	2,56	6 523
0,50-1,00	2,48	4 872
1,00-2,00	3,86	2 201
2,00-3,00	2,80	1 054
3,00-5,00	1,47	692
5,00 <	0,23	12
Totale	15,23	20 392

Source : Équipe d'étude de la JICA



## ANNEXE 6 ÉTUDE DE LA SÉDIMENTATION DANS LE RÉSERVOIR DU BARRAGE DE L'AMITIÉ D'AMBOULI

### 6.1 Données d'enquête sur la sédimentation dans le réservoir du barrage d'Ambouli Friendship



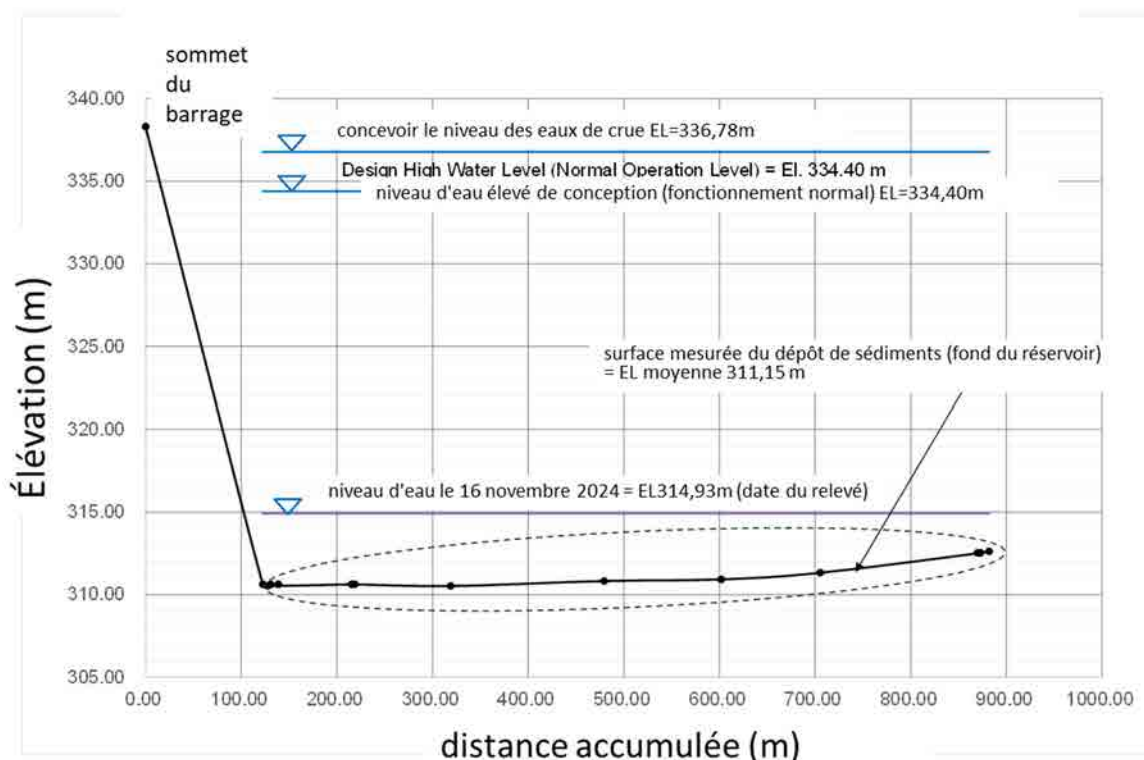
Source : Équipe d'étude de la JICA (Contexte : Google Earth)

Figure 6.1.1 Lieu de l'enquête

Tableau 6.1.1 Données d'enquête

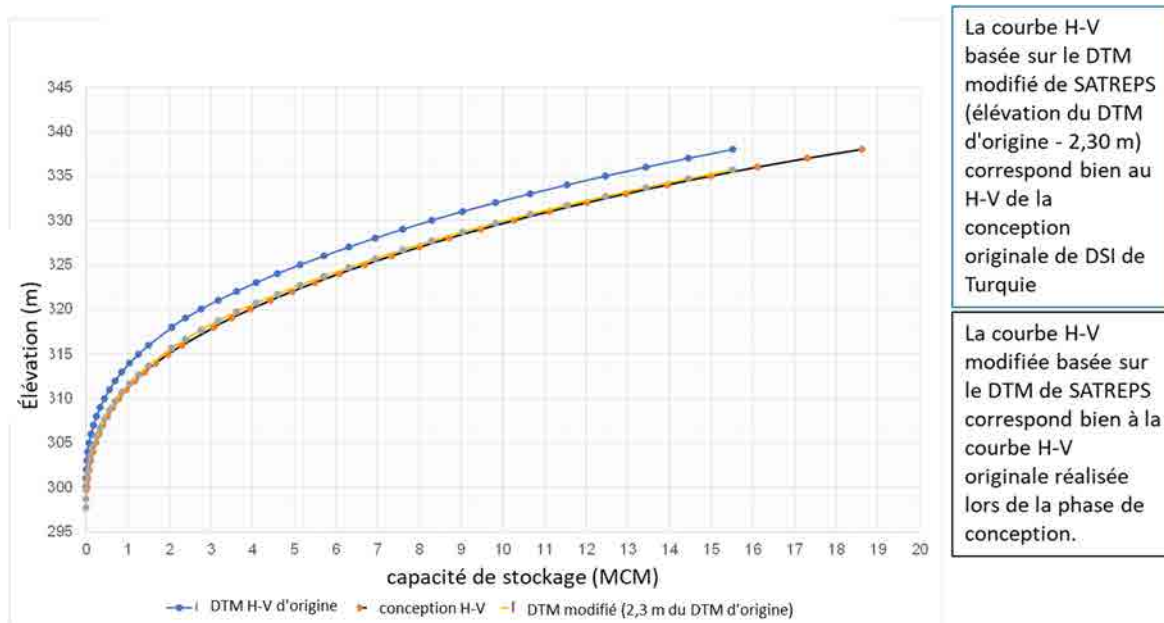
point d'enquête	distance accumulée (m)	position		élévation (m)
		X	Y	
BT1	869.7	272067.5549	1274362.104	312.5305
BT2	881.89	272050.8317	1274371.625	312.6305
BT3	872.89	272074.0022	1274326.755	312.5305
BT4	705.32	272235.6688	1274366.597	311.3305
BT5	601.91	272325.5641	1274417.679	310.9305
BT6	479.46	272413.1116	1274500.091	310.8305
BT7	318.77	272543.8748	1274593.832	310.5305
BT8	218.57	272607.6211	1274669.381	310.6305
BT9	215.34	272609.1049	1274673.679	310.6305
BT10	127.92	272663.6136	1274743.822	310.5305
BT11	138.79	272656.072	1274732.073	310.6305
BT12	130.89	272662.1344	1274736.963	310.6205
BT13	122.44	272668.8595	1274740.894	310.6305
TP8		272802.1016	1274810.493	338.3416
TP7	0	272791.9615	1274743.019	338.3017
TP5		272775.0103	1274615.207	338.0187
TP3		272782.9273	1274675.536	337.8522
TP2		272779.5497	1274682.318	337.6862
WT		272422.5695	1274707.183	314.9305

Source : Équipe d'étude de la JICA



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 6.1.2 Profil longitudinal de l'élévation du fond du réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli**



Source : Équipe d'étude de la JICA

**Figure 6.1.3 Comparaison des courbes niveau d'eau-volume de stockage pour le réservoir du barrage de l'amitié d'Ambouli (Comparaison de la courbe de conception et de la courbe obtenue du Modèle numérique de terrain (MNT))**

## ANNEXE 7 ATELIER DES PARTIES PRENANTES

### **Agenda**

Date et heure : 23 janvier 2025 9h30 – 12h30

Lieu : Salle de conférence du Bureau des grands travaux du MAEPE-RH

Nombre de participants : 26

### AGENDA DE L'ATELIER DE VALIDATION :

Date / Time	Désignation	Responsable
09 :30 – 09 :35	➤ Mot d'ouverture	Facilitateur
09 :35 – 09 :45	➤ <i>Introduction et Participants</i>	Facilitateur
09 :45 – 10 :45	➤ <i>Presentation</i>	Jica TEAM
10 :45 – 11 :00	➤ <i>Groupe photo - Pause-Café</i>	Facilitateur
11 :00 – 12 :15	➤ <i>Discussions / Recommandations</i>	Facilitateur
12 :15 – 12 :30	➤ <i>Mot Fermeture : Directeur Grands Travaux et Représentante de JICA Djibouti</i>	Facilitateur

## **Proces Verbale**

Dans le cadre de l'enquête de collecte de données sur la réduction des risques d'inondation dans la ville de Djibouti, une réunion s'est tenue le jeudi 23 janvier 2025 dans la salle de réunion de la Direction des Grands Travaux du MAEPE-RH. Débutant à 9h50, la réunion a rassemblé les différentes parties prenantes impliquées dans le projet. Les participants comprenaient des représentants de plusieurs ministères, agences nationales et internationales (voir la liste des participants).

La réunion a été modérée par M. Mouktar, Directeur de la Direction des Grands Travaux du MAEPE-RH. Il a expliqué l'objectif de la réunion et a encouragé une discussion active entre les participants.

M. Kitamura, chef de l'équipe d'enquête de la JICA, a présenté les objectifs et les résultats préliminaires de l'étude.

Au cours de la présentation, plusieurs participants ont soulevé des points critiques, notamment sur l'effet de la structure existante de contrôle des inondations et l'impact du développement urbain.

Le représentant de l'UNICEF a demandé quel était l'impact des inondations sur la santé publique, et plus particulièrement sur la propagation des maladies transmises par l'eau. En réponse, M. Kitamura a expliqué que l'étude prenait en compte ces éléments et qu'il était nécessaire d'améliorer la gestion des eaux usées pour minimiser les risques sanitaires.

L'entretien des infrastructures de drainage des eaux pluviales est une question clé. Plusieurs intervenants se sont inquiétés de l'état des canaux et de leur capacité à absorber des inondations de grande ampleur. L'équipe d'enquête de la JICA a suggéré d'améliorer l'entretien régulier des infrastructures et d'incorporer des systèmes de vannes de drainage plus efficaces.

Un représentant du CERD s'est interrogé sur la méthodologie utilisée pour établir les courbes de précipitations (Intensity-Duration-Frequency Curve : IDF Curves) et l'intégration des données historiques. M. Kitamura a souligné que les simulations étaient basées sur les données disponibles, bien que limitées, et a insisté sur la nécessité d'améliorer la collecte et l'archivage des données météorologiques et hydrologiques.

Certains participants se sont inquiétés de l'impact des nouveaux développements de la ville intelligente et de la zone économique spéciale sur les inondations. Ils ont souligné l'importance d'adopter un plan directeur qui tienne compte des risques d'inondation et fournisse des solutions d'adaptation adéquates.

D'autres participants ont remis en question l'efficacité des infrastructures hydrauliques, notamment les digues, les barrages et les canaux de drainage. Il a été observé que malgré l'existence du barrage de l'amitié d'Ambouli, certaines zones restent vulnérables aux inondations. La discussion a porté sur la nécessité de renforcer ces infrastructures et de mieux planifier leur intégration dans le tissu urbain.

La discussion a ensuite porté sur l'efficacité des barrages existants et sur la possibilité de développer de nouvelles structures de rétention pour réduire le risque d'inondation. Un intervenant a suggéré que les barrages existants soient mieux entretenus pour éviter leur envasement et assurer leur bon fonctionnement. Un autre a insisté sur l'importance d'une planification rigoureuse des développements urbains afin d'éviter que des zones non inondables ne deviennent vulnérables en raison d'une urbanisation mal contrôlée.

En conclusion, les participants ont convenu que la gestion des risques d'inondation nécessitait une approche globale et une meilleure coordination entre les différents acteurs impliqués. Un certain nombre de recommandations ont été formulées, notamment la mise en place d'un schéma directeur tenant compte des contraintes hydrauliques, l'amélioration de l'entretien des infrastructures existantes, l'amélioration de la collecte et de l'analyse des données météorologiques et la sensibilisation du public aux risques d'inondation.

Enfin, Mme Uchida, représentante de la JICA Djibouti, a remercié tous les participants pour leur participation active et leur soutien à l'enquête. La réunion s'est terminée à 11h50.

### Référence (1) : Discussions spécifiques au cours de la réunion

- Les zones inondées affectées par le développement de la ZES débordent de la rue Venice, mais cela signifie-t-il que le modèle d'inondation va changer ? (MAEPE-RH)
- Comme cela a été souligné, la mise en valeur de la ZES entraînera une élévation du niveau de l'eau en aval, ce qui provoquera des débordements autour de la rue de Venise. D'un autre côté, le débordement de la digue existante sur la rive droite sera minimisé (équipe d'enquête de la JICA).
- La rue de Venise est importante en termes de logistique et de transport, de sorte que l'impact des inondations sera important (ADR).
- Nous comprenons que la ZES occupera le centre du delta et que le problème des inondations se déplacera vers l'aval. Quelles sont les contre-mesures recommandées (ADR) ?
- Dans le cas de 800m<sup>3</sup>/s, un canal de 200 m de large est nécessaire dans la ZES, et si 1000m<sup>3</sup>/s doivent être déversés, un canal plus large est nécessaire (équipe d'enquête de la JICA).
- Le développement de la ZES dans le delta peut affecter non seulement la situation d'inondation, mais aussi la dynamique sédimentaire autour de la côte et des installations portuaires. En termes d'impact sur les infrastructures, c'est aussi quelque chose dont il faut être conscient (équipe d'enquête de la JICA).
- J'aimerais savoir comment créer la courbe d'intensité des précipitations (CERD).
- Les précipitations maximales annuelles pour chaque durée de précipitations ont été calculées par analyse statistique (Équipe d'enquête de la JICA).
- Une période de données de 10 ans n'est-elle pas trop courte (CERD).
- Cette fois, en collaboration avec l'ANM, nous avons pu organiser les données de 2012 à 2023. Si nous parvenons à organiser davantage les données passées à l'avenir avec la coopération des parties concernées, nous serons en mesure d'effectuer une analyse plus précise. Nous aimerions demander aux parties concernées de coopérer davantage (équipe d'enquête de la JICA).
- Existe-t-il des recommandations sur les mesures à prendre face à la disparition et à l'obstruction des canaux ouverts dans la ville de Djibouti (UNICEF) ?
- On s'attend à ce que les odeurs désagréables provenant des canaux de drainage disparaissent lorsque le réseau d'égouts sera développé à l'avenir, il serait donc bon de faire revivre les canaux ouverts qui sont faciles à entretenir autant que possible (Équipe d'enquête de la JICA).
- Le refoulement de l'oued Ambouli est fréquent et constitue un problème (DNPC)
- Existe-t-il des alternatives aux clapets ? (UNICEF)
- Pour le moment, nous pensons que les clapets sont la meilleure option s'il n'y a pas de problèmes avec les ordures dans la voie d'eau (équipe d'enquête de la JICA).
- Le DNPC dispose de données sur les victimes des inondations, y compris les décès (MAEPE-RH).
- Des barrages supplémentaires en amont sont considérés comme nécessaires à l'avenir (MEDD, DNPC). Omar Jaga et la rivière Bouli sont recommandés (MEDD).

### Référence (2) : Commentaires sur le matériel de présentation

- L'inondation de 2018 a été plus importante (ONEAD).
- Le PM d'assainissement (2018) est un schéma directu et non un Plan directu (ONEAD).
- Les eaux de crue au centre du Héron n'ont nulle part où aller et ne sont pas drainées par l'exutoire 2 (ONEAD).
- Nous aimerions connaître les recommandations sur la structure des ponceaux qui sont faciles à entretenir (ONEAD).
- Des clapets sont nécessaires (ONEAD).
- Il est souhaitable d'introduire des camions suceurs de boues à la place des camions vidangeurs (ONEAD).
- Il est possible d'étendre le site de décharge des eaux usées existant (ONEAD).

Étude de Collecte de Données sur la Réduction des Risques d'Inondation à Djibouti Ville

Date : 23 janvier 2025  
 Horaire : 9h30-12h30  
 Lieu : Salle de réunion Direction des Grands Travaux MAEPE-RH

	Nom	Organisation	Position	Contact	Signature
1	Omar Hassan	ANM	chef département Kaleu Observat		
2	DR TARMAEL ROMAAS	MAEP/RU	CIT		
3	ROUKA DARADOU D	DGT / MAEPE	Dr		
4	Said Kireh	DHR / MAEPE-RH	Dr		
5	ABBIDAOU TEGENE	SEGRCL	Leche		
6	Mahmoud Ahmed	DGT / MAEPE-RH	chef de service		
7	Leki Aboubakar	SEGRCL			
8	Hassan Mohamed Hassan	DHR / MAEPE-RH / POIRE	chef de subdivision Protection des Ressources du Bassin versant		
9	SAHAR IBRAHIM ABDILLAH	ADR	chef de la section climatologie		
10	Mohamed Moussa Ali	ADR	Responsable de la cellule d'inspection coulées		

Étude de Collecte de Données sur la Réduction des Risques d'Inondation à Djibouti Ville

Date : 23 janvier 2025  
 Horaire : 9h30-12h30  
 Lieu : Salle de réunion Direction des Grands Travaux MAEPE-RH

11	CPT Hassan Ibrahimi	Protection civile chef de service Opération	DUPC		
12	LT Hassiba Ali	chef de service Protection	DUPC		
13	Houssein Houssein Abdi	service Prévention	DUPC		
14	Ayumu Uchida	representative	JICA		
15	Jean Jacques Karam	WASHA	UNICEF		
16	Tadanori Kitamura	JICA Study Team	Team Leader		
17	Takashi Furukawa	JICA study Team	River Planning		
18					
19					
20					

Étude de Collecte de Données sur la Réduction des Risques d'Inondation à Djibouti Ville

Date : 23 janvier 2025  
 Horaire : 9h30-12h30  
 Lieu : Salle de réunion Direction des Grands Travaux MAEPE-RH

	Nom	Organisation	Position	Contact	Signature
1	GOLAS ROUSSA	CERD	Chercheur HYDROLOGIE		
2	Faïza Gaouanah	ONEAD	Assistante DETA		
3	Abdoufatah Abdoualman	IEDD	Directeur adjoint		
4	ISHAK ALI	ONEAD	Ingénieur Travaux		
5	Abdoul Elmi	MAEPE-RH Chef de Ser PSC			
6					
7					
8					
9					
10					

Étude de Collecte de Données sur la Réduction des Risques d'Inondation à Djibouti Ville

Date : 23 janvier 2025  
 Horaire : 9h30-12h30  
 Lieu : Salle de réunion Direction des Grands Travaux MAEPE-RH

11	Joris	ANNES	IBRD		
12	Mohamed	Abdillahi	Probleh		
13	HASSAN	ALI	BARKAD		
14	Ali	Abdoualman	IBRD		
15					
16					
17					
18					
19					
20					

