



©enhaut.org pour Ateliers de Cergy

MISSION D'EXPERTISE HYDROLOGIE ET GENIE CIVIL
Pour le compte de la GIZ



Dans le cadre du programme
Adaptation au Changement Climatique des Villes Côtières (ACCVIC)

RAPPORT DE MISSION

AVRIL 2015 - Ind.A

Indice	date	Modifications
0	Janvier 2015	1ère émission
A	Avril 2015	Modifications suite au retour GIZ

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION	3
A. DEROULEMENT DE LA MISSION.....	5
A. Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement (MHA)– Cellule chargée du projet d'assainissement de la Ville de Nouakchott	5
B. Office National de Météorologie (ONM) – dans les bureaux de la GIZ	6
C. Ministère de l'Habitat de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire – dans les locaux du Ministère.....	7
D. Société MAGMA – dans les bureaux de MAGMA	8
B. CONSTATS A PARTIR DESQUELS SE BASENT LES PROPOSITIONS PRESENTEES.....	9
A. LISTE DES DOCUMENTS CONSULTES	9
B. LE SOUS-SOL DE NOUAKCHOTT	10
C. LES APPORTS EN EAU	10
D. LA CONSOMMATION EN EAU POTABLE	11
E. LE BILAN HYDROLOGIQUE.....	11
F. LES MESURES D'URGENCE CONSTATEES	13
G. LA PLUIE DE REFERENCE.....	13
C. METHODOLOGIE ADOPTEE ET ORIENTATIONS DES PROPOSITIONS AU VU DES CONTRAINTES DE SITES, DE MISE EN ŒUVRE ET DE COUTS.....	17
A. DRAINAGE.....	18
B. STOCKAGE	20
C. QUEL EXUTOIRE ?	23
D. LA MUTUALISATION DES OUVRAGES – LE TRAITEMENT DES EAUX USEES	26
E. LE TRAITEMENT DES EAUX STAGNANTES	29
F. DIAGRAMME D'AIDE A LA CONCEPTION	31
2. PROPOSITIONS TECHNIQUES.....	35
A. CARTE DES SITES PRIORITAIRES.....	35
B. PROJETS PILOTES.....	35
i. VIEUX SEBKHA // ESPACES PUBLICS (3EME BLOC)	36
ii. VIEUX SEBKHA // CENTRE DE SANTE ET SES ABORDS	43
iii. VIEUX SEBKHA // ECOLE 12	49
iv. EL MINA // ECOLE 10.....	55
v. EL MINA // CENTRE DE SANTE EL MINA - SWESSRA	63
vi. EL MINA // ESPACES PUBLICS	69
vii. EL MINA // ESPACES PUBLICS // COMPLEMENT SUR LATRINES PROTOTYPES ET ESPACES VERTS ASSOCIES.....	77
viii. TEVRAGH ZEINA // ESPACES PUBLICS // TRAITEMENT DES PLANS D'EAU + AMELIORATION DES TECHNIQUES DE POMPAGE	85
ix. TEVRAGH ZEINA // ESPACES PUBLICS // STOCKAGE DES EAUX PLUVIALES SOUS ACCOTEMENTS DISPONIBLES (NON MINERALISES)	91
3. CONCLUSIONS : ORIENTATIONS DES APS A PROPOSER.....	95
4. ANNEXES	97

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION

Mission expert international en hydrologie et génie civil pour proposer / inventorier/ chiffrer un éventail d'actions « no-regret » envisageables, sur la base d'une lecture critique des propositions issues des « Ateliers de Cergy » de Nouakchott (phase 2a2)

Contexte :

L'expertise internationale en hydrologie et génie civil intervient aussi bien dans le cadre du contexte général évoqué dans ce document que dans le prolongement l'atelier de maîtrise d'œuvre urbaine « Ateliers de Cergy » conduit par la CUN en avril-mai 2014 sous le titre « Nouakchott, l'avenir pour défi, adaptation et mutation d'une ville vulnérable » et appuyé par le projet ACCVC. Ces ateliers avaient pour but de d'orienter la conception d'un plan de développement concerté et durable de la ville de Nouakchott, intégrant les risques liés au changement climatique au processus de planification de la ville. Les missions préalables à l'atelier menées en octobre 2013 et mars 2014, et sa tenue en mai 2014 ont constitué des moments de mise en commun de réflexions et attentes sur l'avenir de la capitale mauritanienne et notamment sur la vulnérabilité des populations et des biens face aux risques d'incursions marines ainsi qu'aux inondations de la ville durant la saison des pluies. Sur la question des inondations, les 21 experts ayant participé aux Ateliers étaient quasi unanimes sur le fait que, à court terme, il est impératif de concevoir un système de gestion des eaux adapté à la topographie générale très plate de la ville, avec de multiples points bas plus ou moins imperméables. Le fait que cette gestion doive s'effectuer à l'échelle locale a également fait l'unanimité. Il a de ce fait été préconisé la mise en place de réseaux indépendants dans différents quartiers avec une liaison à des ouvrages de stockage intermédiaires ou à des bassins servant d'exutoire final dans les points les plus bas et/ou les plus étanches.

Objectif de la prestation

L'objectif de la mission est de proposer / inventorier/ chiffrer un éventail d'actions « no-regret » envisageables, sur la base d'une lecture critique des propositions issues des « Ateliers de Cergy » de Nouakchott et visant la prévention contre les inondations. Ces actions seront présentées sous formes de projet pilotes à réaliser à l'échelle d'un quartier ou d'une zone. Ils devront contribuer à stopper, par un aménagement adapté aux impacts du changement climatique, toute aggravation de la vulnérabilité des biens et des personnes, tout en réduisant celle de ceux actuellement exposés, par une sécurisation des zones résidentielles les plus touchées et la mise en œuvre d'ouvrages de protection contre les inondations.

Dans la mesure du possible, ces projets pilotes s'appuieront sur une étude de la perméabilité des sols et la profondeur de la nappe afin d'identifier les zones les plus imperméables pouvant servir de bassins d'expansion et de rétention des eaux. Les propositions exploreront également les possibilités de mise en place des systèmes de vidange à l'échelle locale.

Les propositions devront s'orienter vers le développement d'ouvrages peu coûteux adaptés aux usages locaux, en limitant les canalisations aux ouvrages collectifs majeurs. Ces pilotes constitueront en quelque sorte un moyen de palier, à court terme, à l'absence actuelle d'un système de gestion des eaux.

Nature des prestations

L'expertise internationale en hydrologie et génie civil aura pour tâche de concevoir et de proposer (en collaboration avec une expertise locale dans le même domaine), 7 à 10 avant-projets sommaires (APS) pilotes innovants à réaliser en priorité dans les communes littorales.

Il s'agit

1. D'identifier les zones d'interventions prioritaires et de procéder à des essais in situ : carottage, pose de piézomètres, analyse bactériologique de plans d'eau.
2. De proposer, d'inventorier (selon des critères à définir par l'expert) et de chiffrer un éventail de projets pilotes, sur la base d'une lecture critique des propositions issues des « Ateliers de Cergy » de Nouakchott et visant la prévention contre les inondations. Ces propositions seront présentées sous forme d'avant-projet sommaire (APS). Elles comprendront les informations suivantes :
 - ✓ Plan de principe (niveau APS).
 - ✓ Chiffrage niveau APS budgets objectifs entre (50 et 250 keuros).
 - ✓ Notice technique descriptive niveau APS (inventaire des contraintes techniques spécifique à chaque projet, description des éléments nécessaires au dimensionnement).
 - ✓ Analyse critique des rapports d'essais in situ.

Sur les 7 à 10 propositions au moins 4 d'entre elles proposeront la conception de :

- ✓ Système simplifié mais durable d'évacuation des eaux durant la saison des pluies vers des sites de pompage situés à proximité.
- ✓ Système d'évacuation des eaux des fosses septiques prenant en compte le fait qu'en cas d'inondation, les eaux usées se mélangent aux eaux de pluies et de la nappe.
- ✓ Aménagements urbains spécifiques permettant le maintien de la circulation des hommes et des biens ainsi que de leurs activités à l'intérieur du quartier.
- ✓ Sécurisation des services publics (écoles, centres de santé, etc.).

En dehors de ces quatre propositions visant des propositions techniques ciblées le prestataire proposera d'autres concepts de projets novateurs destinés à la prévention des inondations.

Produits attendus

- ✓ Rapport d'identification des zones d'interventions prioritaires et analyse critique des rapports d'essais in situ résultats (carottage, pose de piézomètres, analyse bactériologique de plans d'eau, etc.).
- ✓ Sept à dix APS comprenant plan de principe (niveau APS), chiffrage (budgets objectifs entre 50 et 250 keuros) et notice technique descriptive.

A. DEROULEMENT DE LA MISSION

Cette partie décrit : les dates des entretiens, les personnes interviewées, et constitue la synthèse des discussions (éventuellement par thème), documents consultés et synthèse des docs consultés

A. **Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement (MHA)– Cellule chargée du projet d'assainissement de la Ville de Nouakchott**

Entretien du 17 décembre 2014, avec Sidi Ould Mohamed Lemine, conseiller technique du ministre, coordinateur de la cellule du projet de réseau d'assainissement de la ville de Nouakchott (CPAN).

La CPAN du MHA est active au sein du Comité de Pilotage ACCVC où sont également présents la GIZ et le MEDD (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable).

M. Sidi Ould Mohamed Lemine précise que l'objectif du MHA consiste à réaliser un réseau d'assainissement, sur l'ensemble du territoire de Nouakchott. Le début de ce programme date de 2001, sans réelles avancées jusqu'à 2013, où les inondations ont permis de relancer les velléités d'un développement rapide d'un réseau à l'échelle de la Ville.

Le plan directeur d'Assainissement de la Ville de Nouakchott est aujourd'hui en phase d'actualisation, compte tenu des nombreuses études passées. Les nouvelles études dureront entre 8 mois et 1 an.

Une phase de développement du réseau est plus urgente et concerne les quartiers bas et le centre-ville : centre-ville / Tevragh Zeina / Sebkha / Ksar.

Les travaux de cette première tranche débuteront au 1er trimestre 2015 pour une durée de 18 mois. L'entreprise de travaux sera une entreprise chinoise.

Au titre des études d'exécution, l'entreprise chinoise a réalisé de nombreux sondages de sols. La GIZ demande au Ministère de les obtenir. Le Ministère indique que ces essais ne sont pas à disposition du MHA.

Objectifs des travaux : Création d'un réseau séparatif.

Le réseau EP démarrera avant le réseau EU.

Consistance des travaux :

Le MHA se heurte, comme tout prestataire en hydraulique sur le territoire Nouakchottois, au problème de la topographie très peu marquée de la Ville : Le terrain est globalement plat, constitué de légers points hauts et légers points bas.

Le réseau comprendra 35 km de caniveau à radier perforé (sur lit de pose drainant en grave naturelle – provenance : Nouadhibou -, de manière à drainer également les eaux souterraines. Ces caniveaux auront pour exutoire des bassins de stockage servant également de stations de pompage : le pompage sera effectué par des camions citerne, pour une évacuation vers la mer, la conduite de refoulement existante provenant de SOCOGIM PS étant trop éloignée pour envisager de s'y raccorder. La topographie nécessite également de multiplier les points de collecte.

L'ONAS assurera l'exploitation des ouvrages de stockage ainsi que leur entretien.

Le temps de réponse du réseau est de 24h. La vidange des bassins par camions doit donc être faite quasiment en temps réel.

Schéma à intégrer sur regard avec pente de canalisation

La GIZ annonce au MHA que la mise en œuvre de projets pilotes ACCVC pourrait intervenir en mars/avril 2015 et souhaite s'assurer qu'il n'y a pas d'incompatibilité entre la mise en œuvre des projets pilotes et le projet de développement du réseau d'assainissement.

Le MHA précise que les projets pilotes pourront être facilement intégrés au projet de réseau sur la base d'une limite de prestations que pourraient constituer les bassins intermédiaires de stockage.

Le MHA insiste sur le respect des normes du réseau à créer pour pouvoir assurer son intégration au projet global d'assainissement.

Quelques mots sur le projet Affout Es Saheli

Le MHA précise que l'approvisionnement en eau potable depuis le fleuve Sénégal représente en moyenne 80.000m³ par an. Avec un pic à 105.000m³ en 2009.

Des études ont révélé que seulement 50% de ce volume était réellement consommé au robinet des utilisateurs, ce qui laisse supposer que les 50% restants se retrouvent dans le sous-sol – directement par fuite du réseau –. Cet état de fait est confirmé par l'apparition en pleine ville de Nouakchott d'une végétation similaire à celle des rives du Fleuve Sénégal, végétaux se développant dans des eaux douces et non saumâtres.

A noter que le volume consommé par les ménages se retrouve *in fine* également dans le sous-sol compte tenu de l'absence de réseau d'eaux usées. Le réseau d'Adduction d'Eau Potable de Nouakchott est actuellement en, cours de réhabilitation (soit 1.200km de réseau) afin de stopper les fuites sur le réseau.

Conclusion :

les projets pilotes ACCVC doivent être compatibles avec le projet de développement du réseau d'assainissement. Les projets pilotes ne doivent pas prendre place dans le secteur en travaux, au risque de faire « double emploi ».

Le MHA communique à l'issue de la réunion le plan sectoriel de la première tranche de travaux (2015-2016) – voir annexe I -

B. Office National de Météorologie (ONM) – dans les bureaux de la GIZ

Entretien du 17 décembre 2014, avec M. Sidi Ould Mohamed Lemine, Directeur de l'Exploitation et des Prévisions Météorologiques - Office National de Météorologie

L'ONM et la GIZ ont passé des accords dans le cadre du programme ACCVC, de manière à ce que la GIZ puisse disposer de données factuelles sur l'évolution du climat.

L'objectif de cette rencontre, dans le cadre de la présente mission, est de définir la pluie de dimensionnement à appliquer aux APS pilotes, tout en tenant compte des conséquences du changement climatique.

La station de référence de la Ville de Nouakchott se situe dans l'enceinte de l'Aéroport – Commune de Ksar. Cette station de référence enregistre de nombreux paramètres : pression atmosphérique, température, vent, évaporation, ...etc.). 9 postes de pluviométrie (uniquement) sont par ailleurs situés dans chacune des 9 *Moughataas* (ou communes) afin d'appréhender les différences de distributions spatiales des événements pluvieux sur le territoire Nouakchottois. Ces stations sont donc relativement proches l'une de l'autre. Elles enregistrent néanmoins des variations importantes. La norme impose une interdistance de 150km entre 2 stations météorologiques.

Quelques données sur la pluviométrie :

Entre 1971 et 2000 (30 ans), la valeur normale annuelle est de 75mm annuels

Entre 1991 et 2010 (20 ans), la valeur normale annuelle est de 95mm annuels (+20mm par rapport à la période précédente)

En 2013 : 193mm annuels ont été relevés.

En 2014 : 96mm ont été relevés

Effets du changement climatique sur la pluviométrie.

Les épisodes pluvieux deviennent de plus en plus rares, les périodes de sécheresse plus intenses. Dans le même temps, les intensités de pluie (mm/ jour) sont de plus en plus fortes, donc une augmentation de la fréquence des valeurs extrêmes (sécheresse comme inondation).

Les documents de pluviométrie obtenus (voir tableau de synthèse) ne mentionnent pas les relevés journaliers entre le 01/01/2011 et décembre 2014. Or ce sont les données de l'année 2013 qui s'avèrent être les plus intéressantes en termes de pluie de dimensionnement, d'intensité de l'épisode pluvieux.

L'ONM indique ne pas avoir dressé de statistique tirée des données récoltées périodiquement.

C. Ministère de l'Habitat de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire – dans les locaux du Ministère

Entretien du 19 décembre 2014, avec

- M. Sidi Abdoullah Sidi Mohamed Leeziz – Direction des Etudes de la Programmation et de la Coopération – directeur.
- M. le directeur technique de l'Habitat

Le directeur de la cellule de programmation précise le rôle de cette cellule : il s'agit de garantir une transversalité de la gestion des différentes directions (Habitat, Urbanisme, Aménagement du Territoire). Elle a pour objectif d'assurer une plus grande efficacité et de diffuser l'information entre des directions, de coordonner leurs actions respectives.

LA GIZ interroge le Ministère de l'Habitat sur les besoins de pérennités de l'espace public, lorsqu'il s'agit de prévoir d'ouvrages de lutte contre les inondations. Le Maître de l'ouvrage dit avoir l'assurance que l'ouvrage ne sera pas démolì à cause de constructions « sauvages » au-dessus de l'ouvrage précité.

M. le directeur de la programmation précise qu'une **direction du Contrôle Urbain** a été créée : il s'agit d'une police de l'Urbanisme qui a pour mission le contrôle du respect des limites foncières privées. En cas d'occupation illégale de l'espace public, la police de l'Urbanisme verbalise et demande la démolition des bâtiments construits hors du domaine privé. Il nous est également précisé que cette police correspond également à une évolution des mentalités des populations, des propriétaires de terrains, qui deviennent de plus en plus réticents aux nouvelles constructions sur des espaces réputés publics.

Quelques mots sur les typologies d'habitat

L'étalement spatial de la Ville de Nouakchott s'explique en partie par le mode de vie des populations qui la composent :

Les populations Maures (plus nomades) ont l'habitude des grands espaces des maisons individuelles, dotées de grands terrains extérieurs.

Les populations négro-mauritaniennes quant à elle plus sédentaires, favorisent le caractère collectif des habitations.

Progressivement les mentalités évoluent et les populations maures commencent à habiter des logements collectifs.

Quelques mots sur le SDAU

Le Schéma Directeur d'Aménagement Urbain de la ville de Nouakchott sera vraisemblablement initié courant 2015. A noter que la CUN s'engage également dans cette démarche.

D. Société MAGMA – dans les bureaux de MAGMA

Entretien avec M. Fadel EL MOUSTAPHA – directeur commercial

L'entretien obtenu auprès de la société MAGMA visait à l'obtention de devis pour la réalisation de sondages (carottages et pose/suivi de piézomètre) de manière à obtenir plus d'informations sur le sous-sol et les hauteurs de la nappe et des poches d'eau souterraines. Il convient en effet de différencier strictement :

- Les poches d'eau suspendues, piégées dans le sous-sol affleurant, par la présence de couches imperméables (il peut s'agir de couche d'argile imperméable, de couches devenues imperméables par la précipitation du sel – phénomène évaporitique en solution saturée en sel -)
- La nappe phréatique profonde, située sous ces couches imperméables, et située à une profondeur de l'ordre d'une dizaine de mètres, voire plus selon les informations recueillies.

L'enveloppe prévisionnelle de la mission ne permet pas la réalisation d'un nombre de sondages suffisants pour être représentatifs de la situation du sous-sol, de la hauteur de nappe, ...etc. en fonction des quartiers.

Nous avons obtenu des données qui permettent de dresser une coupe lithologique réaliste :

- Données documentaires
- Consultation de rapports géotechniques

Il est à noter que le MHA a commandé des sondages et piézomètres dans le cadre des travaux d'assainissement EP (1ère phase de travaux). Par ailleurs, les entreprises chinoises ont réalisé de nombreux sondages géotechniques. Il conviendrait de dresser une Convention entre MHA et partenaires pour la diffusion maîtrisée de ces sondages aux prestataires nécessitant ces données.

En conclusion, nous proposons d'utiliser l'enveloppe prévisionnelle prévue pour la réalisation d'un (1) sondage, de manière à vérifier la perméabilité du sol à grande profondeur (sous les couches imperméables superficielles), dans le cadre de la proposition technique décrite au point 1.C.C – puits perdu. Cette technique nécessite en effet une analyse préalable de la profondeur à laquelle la perméabilité du sol est suffisante pour infiltrer les eaux pluviales.

B. CONSTATS A PARTIR DESQUELS SE BASENT LES PROPOSITIONS PRESENTEES

A. LISTE DES DOCUMENTS CONSULTES

2014	Document de contexte – Nouakchott l'avenir pour défi	ATELIERS DE CERGY
2014	Cahier de session – Nouakchott l'avenir pour défi	ATELIERS DE CERGY
2009	Plans topographiques – Coopération japonaise	ATELIERS DE CERGY
17/12/14	COUVERTURE RX EVACUATION EAUX PLUVIALES	MHA
17/12/14	RELEVES PLUVIOMETRIQUES Evaporation.xlsx : Evaporation Station Nouakchott 1960-2013 – données mensuelles ONM-TemperaturePluies1945-2010-NKC_Auswertung.xlsx : Températures min et max + pluviométrie du 01/01/1945 au 31/12/2010 – données journalières pluies&temp NKC.xls : mêmes données que fichier ONM-TemperaturePluies1945-2010-NKC_Auswertung.xlsx Temperatures Maxi et Mini Station Nouakchott.xlsx : Températures mini et maxi entre 1960 et 2013 – données mensuelles	ONM
Avril 2014	Carte EL MINA avec zones potentiellement inondables (cartographie Ateliers de Cergy)	OSPUN/CUN
Avril 2014	Carte TEVRAGH ZEINA avec zones potentiellement inondables (cartographie Ateliers de Cergy)	OSPUN/CUN
Avril 2014	Carte SEBKHA avec zones potentiellement inondables (cartographie Ateliers de Cergy)	OSPUN/CUN
2007	Risques d'inondations dans la ville de Nouakchott (Mauritanie) Flood risks in the city of Nouakchott (Mauritania) Mohamed Ahmed OULD SIDI CHEIKH , Pierre OZER & André OZER	
2013	Assainissement de la Ville de Nouakchott par techniques de drainage – Niveaux de la nappe souterraine de Nouakchott. RAPPORT GEOTECHNIQUE	MAGMA
2005	RAPPORT SUR LES RISQUES D'INONDATION DE LA ZONE LITTORALE DE NOUAKCHOTT	Groupe d'experts
Nov 2014	Prévention contre les inondations et le changement climatique au niveau de la Moughataa de Sebkha (quartier du vieux Sebkha) – projet ACCVC	CIC SOTEC
Nov 2014	Réalisation des actions contre es inondations au niveau d'un quartier de Sebkha Formulation de 5 APS de prévention contre les inondations à SEBKHA (quartier Vieux Sebkha) – projet ACCVC	BMEC

B. LE SOUS-SOL DE NOUAKCHOTT

Le sous-sol de Nouakchott est une superposition de couches sableuses de différentes natures (*) :

- Sable fin peu coquillé beige
- Sable coquillé cimenté (falun) altéré
- Sable fin jaunâtre coquillé par endroit
- Sable fin à moyen très peu coquillé grisâtre
- Sable fin à moyen grisâtre
- Sable fin peu coquillé beige
- Sable coquillé cimenté (falun) légèrement altéré

En certains endroits, notamment au niveau du quartier SOCOGIM PS, une **couche d'argile très superficielle (entre 0.4m et 0.70m)** est rencontrée. Cette couche d'argile est vraisemblablement à l'origine du maintien en haut sur l'ensemble du quartier.

(*) sur la base d'une consultation de rapports géotechniques établis par MAGMA.

Le falun, roche sédimentaire de formation organo-détritique déposé en mer peu profonde, composée de très nombreux débris coquilliers bien cimentés par une matrice sableuse et argilo-sableuse, peut s'avérer très imperméable, en fonction de l'état de la roche (altéré ou non). Par ailleurs, le sol salin est à l'origine de phénomène évaporitique (cristallisation du sel en solution saturée). Ces formations engendrent à leur tour de fortes diminutions de la perméabilité dans les sols en place.

Les évaporites

Il s'agit de milieux à proximité de la mer, étant situés entre les niveaux de marée basse et les niveaux inondés lors de tempêtes fortes. Les sebkhas, plaines côtières partiellement inondées, sont des lieux privilégiés de formation. Elles subissent des inondations ponctuelles permettant le renouvellement des ions, ainsi que l'apport d'eaux de pluie, de rosée. Les dépôts se font à l'intérieur du sable et de la boue, dans des marais peu profonds ou desséchés. Les minéraux formés sont mêlés à d'autres éléments terrigènes détritiques du continent, ainsi qu'à des sables.

C. LES APPORTS EN EAU

Le sol support de la Ville, tel que décrit précédemment reçoit divers apports en eaux, de différentes natures. Ceux sont ces apports, plus importants en période d'hivernage qui engendrent les phénomènes d'inondation : **les apports en eau potable, les eaux usées, les pluies d'hivernage.**

- **Les apports en eau potable :**
 - o depuis la mise en service du projet Aftout Es Saheli, en 2009, l'ancien réseau d'Eau Potable de la Ville reçoit en moyenne 80.000m³ d'eau par an. Le mauvais état du réseau existant (en cours de remplacement) engendre des fuites de ce volume à hauteur de 50% (source : MHA)
 - o le réseau provenant de la source d'Idini, exploitée jusqu'à la mise en service du projet Aftout Es Saheli, n'a pas subi de neutralisation : Idini continue donc d'alimenter le sol Nouakchottois. Les volumes engendrés ne sont pas connus.
 - **Les eaux usées :** l'absence de réseau d'assainissement des eaux usées, implique que l'eau potable consommée par les ménages (50% des 80.000m³ moyens annuels) se déverse in fine également dans le sol de la Ville.
- ➔ Au final, ce sont donc 80.000m³ par an (soit la totalité de l'apport du fleuve Sénégal) qui se déverse dans le sol support de la Ville.

- **Les pluies d'hivernage** : l'absence de réseau d'assainissement des eaux pluviales implique que l'ensemble des précipitations sont directement gérées par le sol support.

➔ **L'ensemble de ces apports, sur un support imperméable, contribuent à la « mise en charge » du sol superficiel, sans exutoire possible.**

D. LA CONSOMMATION EN EAU POTABLE

La consommation en eau potable des ménages de Nouakchott a considérablement augmenté à partir de la mise en service du projet Aftout Es Saheli , pour les ménages branchés directement au réseau, comme pour les ménages non branchés (alimentés depuis les points d'eau).

▼ projection des consommations spécifiques (L/hab/j) – consommations actuelles et projections future (source : Etude STUDI 2001 : PROJET D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE NOUAKCHOTT pour le MHA et la SONELEC)

	2000	2010	2015	2025
1. Ménages non branchés	15	25	30	35
2. Ménages branchés :				
➤ Haut Standing	108	130	140	180
➤ Moyen Standing	42	53	56	70
➤ Bas Standing	21	32	34	35
➤ Précaire	20	25	30	35
➤ Moyenne pondérée	48	60	65	80

Au fil du temps, les besoins en eau potable vont augmenter. L'approvisionnement depuis le fleuve Sénégal permet d'ailleurs cette évolution de la consommation.

S'il convient d'intégrer aux prévisions futures que le réseau AEP sera rénové et que les fuites en seront diminuées, il n'en demeure pas moins que sans réseau d'assainissement des eaux usées, ce volume d'approvisionnement se retrouvera, là encore, dans le sol support.

A titre de comparaison, en France :

- la consommation en eau potable en France est en moyenne de 150L/hab/j.
- les réseaux d'eau potable français, bien que gérés par des concessionnaires subissent des pertes dues aux fuites de 20% en moyenne du volume mis en distribution.

E. LE BILAN HYDROLOGIQUE

Le bilan hydrologique, à l'échelle d'un bassin versant s'écrit de la manière suivante :

$$P = Q + ET + D$$

• P : précipitations (pluie)

• ET : évapotranspiration

• Q : eau de ruissellement

• D : eau drainée (en profondeur)

en période hivernale : 95mm valeur normale annuelle sur la période 1991-2010)

par le biais des plans d'eau et des plantes

considéré comme nul : la topographie ne permet pas d'écoulement en surface (source, bief,...etc.)

considéré comme nul du fait de l'imperméabilité du sous-sol

Dans le cas de la Ville de Nouakchott, à cette équation doivent être ajoutés les apports définis précédemment :

$$P + \text{AEP} + \text{U} = Q + \text{ET} + \text{D}$$

AEP : Adduction d'eau potable (fuite)

U : eaux usées (rejets des ménages)

Les conséquences du changement climatique vont provoquer l'augmentation du paramètre P, sur une courte période donnée,

Les paramètres AEP + U vont augmenter avec les consommations des ménages

Méthode pour équilibrer le bilan

- **Le paramètre AEP** n'est maîtrisable que par les pouvoirs publics (par le développement d'un réseau AEP qui diminuera les apports au sol)
- **Le paramètre EU** est également maîtrisable surtout par les pouvoirs publics (par le développement d'un réseau EU qui diminuera les rejets directs au sol)
Néanmoins, un traitement des eaux usées à leur source (à l'échelle d'un quartier) permet de rejeter ces eaux traitées vers les ouvrages initialement prévus pour les eaux pluviales et de mutualiser ainsi l'ouvrage. L'avantage réside dans le fait que l'ouvrage normalement créé pour les épisodes pluvieux sera également utilisé en période sèche, ce qui permettra de le faire fonctionner tout au long de l'année. De plus, le traitement des eaux usées permet de diminuer les risques sanitaires pendant l'hivernage (infections, dysenteries...etc)
- **Le paramètre Q** est celui qui est à l'origine des inondations (mise en charge de ce qui devrait s'écouler par trop plein, par ruissellement)

Les seuls paramètres sur lesquels nous pouvons agir, à l'échelle locale, sont :

ET : l'évapotranspiration, par le développement et la multiplication des zones plantées

D : le drainage du sol vers un point de collecte

EU : par le biais d'une épuration des eaux usées, et donc une assimilation à un apport d'eau « propre » supplémentaire

Sachant que la partie gauche de l'équation ($P + \text{AEP} + \text{U}$) augmentera au fil du temps, la partie de droite devra augmenter en conséquence pour réduire le paramètre Q (les eaux stagnantes qui devraient s'écouler gravitairement) à 0 :

$$\rightarrow P + \text{AEP} + \text{U} = \text{ET} + \text{D} \quad (\text{sans ruissèlement ni eaux stagnantes} - Q=0 -)$$

Les propositions qui suivent ont donc pour objectifs d'agir sur les paramètres **ET, D et EU**.

F. LES MESURES D'URGENCE CONSTATEES



Comme nous l'avons constaté au long de la mission de terrain, des mesures d'urgence sont prises par les habitants dans les quartiers impactés par les inondations. L'on recense de nombreux **remblais en tout venant sur les espaces publics**, permettant aux riverais de maintenir l'accès à leur maison, avec un impact sur les seuils de porte.

Cette méthode se révèle rapidement contre-productive pour une lutte pérenne contre les inondations.

Les habitants ne peuvent remblayer sans fin et le problème, s'il est résolu provisoirement pour un habitant, se déplace au niveau du voisinage.

Nous préconisons de **proscrire** l'utilisation de tout venant, sable fin...etc. pour la réalisation des remblais. Un apport de matériau drainant (caillou de béton concassé, coquillage, grave naturelle) permettrait de donner au remblai une « transparence » hydraulique, ayant pour vocation le stockage.

➔ **Plutôt que de chasser l'eau, il faut accepter de vivre avec, en particulier « au-dessus »**

Un massif drainant aura par ailleurs l'intérêt de ramener les eaux alentours vers ce massif : l'eau cherche toujours le chemin le plus simple. Il nous appartient de l'amener aux endroits où elle aura le moins d'impact, y compris sur les habitations.

G. LA PLUIE DE REFERENCE

La pluie de référence constitue l'une des **données de base du dimensionnement de tout ouvrage hydraulique**, ayant pour objectif le stockage des eaux pluviales. Elle a donc un impact direct sur l'économie du projet.

La pluie de projet peut correspondre à la pluie décennale, vicennale, cinquantennale centennale...etc. le choix étant établi par le Maître de l'ouvrage en fonction du budget d'investissement et de la probabilité d'occurrence des événements pluvieux, des conséquences d'une inondation sur les biens et les personnes.

➔ La pluie de projet doit donc être un compromis entre budget « raisonnable » - c'est le Maître de l'ouvrage qui le fixe – et les probabilités d'occurrence des événements pluvieux ayant des conséquences financières et humaines (réparation de routes, activité économique ralentie, développement de maladies, ...etc.

L'objectif du programme ACCVC est de protéger les biens et populations contre les effets du changement climatique. Par conséquent, comme indiqué ci-dessus au point a. « déroulement de la mission », ceux sont les données de l'année 2013 qui s'avèrent être les plus intéressantes en termes de pluie de référence pour le dimensionnement des ouvrages de récupération des eaux de pluie à réaliser.

Sur la base des données récoltées auprès de l'ONM, nous nous proposons de définir la pluie de dimensionnement comme suit :

Détermination de la hauteur de pluie de référence (pour le dimensionnement des ouvrages)

Etude réalisée à partir des relevés journaliers des chutes de pluie sur Nouakchott entre 2001 et 2010 (soit une période de 10 ans).

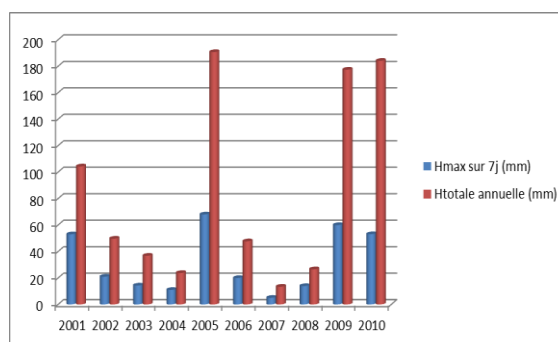
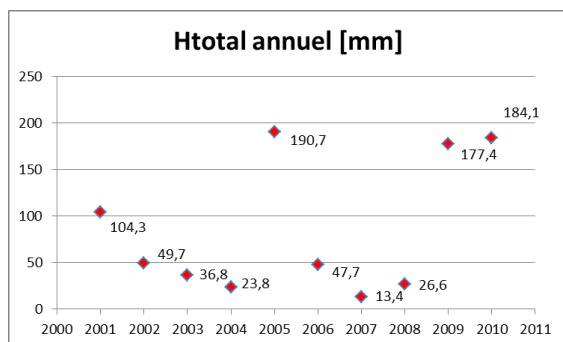
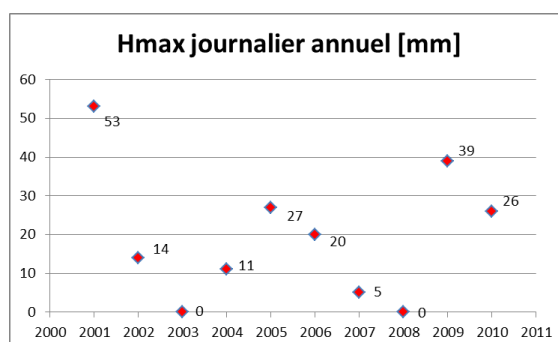
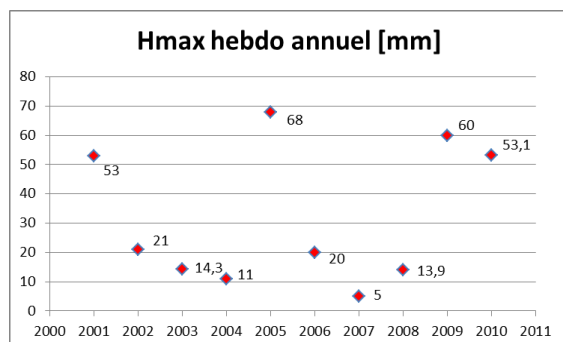
Année	Hmax journalière annuelle [mm]	Hmax hebdomadaire annuelle [mm]	Htotal annuelle [mm]	Nbre de jours de pluie annuel
2001	53.0	53.0	104.3	4
2002	14.0	21.0	49.7	7
2003	14.3	14.3	36.8	5
2004	11.0	11.0	23.8	6
2005	27.0	68.0	19.7	14
2006	20.0	20.0	47.7	4
2007	5.0	5.0	13.4	4
2008	13.9	13.9	26.6	4
2009	39.0	60.0	177.4	11
2010	26.0	53.1	184.1	19

Hmax journalière annuelle = plus haute pluie de l'année **sur un jour**

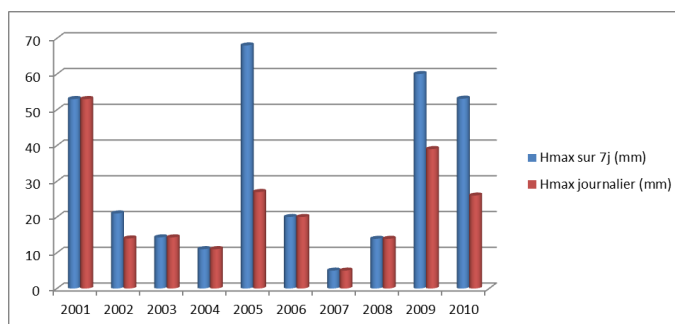
Hmax hebdo annuelle = plus haute chute de pluie **sur une période de 7 jours**

Htotal annuel = hauteur totale de pluie **pendant l'année considérée**

Nombre de jours de pluie annuel = Nombre de jours où il a plu sur l'année considérée



Le graphique ci-dessus ▲ permet de définir un ratio moyen entre la hauteur de pluie annuelle et la hauteur de pluie maximale tombée en 7 jours.



Ce dernier graphique montre que la hauteur de pluie sur 7 jours consécutifs correspond souvent (6 années sur 10) entre 2001 et 2010) à la hauteur d'eau sur 1 jour. Autrement dit, lorsqu'il pleut une journée, les jours précédents et suivants sont en général secs.

Les données de 2013 (forte inondation) nous sont inconnues à l'heure actuelle, mais nous pouvons modéliser une approximation, connaissant la hauteur de pluie annuelle, laquelle nous été transmise par l'ONM (193mm en 2013).

Méthode : En calculant:

- le ratio entre la Hmax hebdo annuel et la Hmax annuel
- le ratio entre la Hmax journalier annuelle et la Hmax annuelle

sur une période où toutes les valeurs sont connues, **nous pouvons approximer les Hmax hebdo annuel et Hmax annuel pour 2013.**

Année	Hmax journalier annuel/Hmax annuel	Hmax hebdo annuel/Hmax annuel
2001	0.508	0.508
2002	0.282	0.423
2003	0.389	0.389
2004	0.462	0.462
2005	0.142	0.357
2006	0.419	0.419
2007	0.373	0.373
2008	0.523	0.523
2009	0.220	0.338
2010	0.141	0.288
Moyenne	0.346	0.408

La hauteur totale de pluie en 2013 étant de 193 mm, on en déduit :

- ➔ Hmax journalière 2013 = 66.78 mm ➔ **67 mm (ratio de 0.35)**
- ➔ Hmax hebdo 2013 = 78.74 mm ➔ **79 mm (ratio de 0.41)**

Nous proposons donc de dimensionner les ouvrages de stockage des eaux pluviales pour une pluie de référence de 67mm, correspondant à :

- **une hauteur maximale journalière de référence (basée sur l'année 2013)**
- **85% de la hauteur de pluie hebdomadaire maximale (basée sur l'année 2013)**

- ➔ Les ouvrages de stockage devront donc être vidangés (*) entre 2 épisodes pluvieux, la vidange devant intervenir au maximum 6 jours après un épisode pluvieux.

(*) Les techniques de vidange envisageables pour les ouvrages sont détaillées au point 2. Propositions techniques.

Nous vérifierons, par la suite, par le biais des estimations de travaux des propositions chiffrées (2. Propositions techniques), que cette pluie de référence est en cohérence avec les objectifs budgétaires de la GIZ. Rappelons simplement que les projets pilotes doivent être chiffrés entre 50.000€ et 250.000€.

▼ Extrait de **Risques d'inondations dans la ville de Nouakchott (Mauritanie)**

Mohamed Ahmed OULD SIDI CHEIKH , Pierre OZER & André OZER

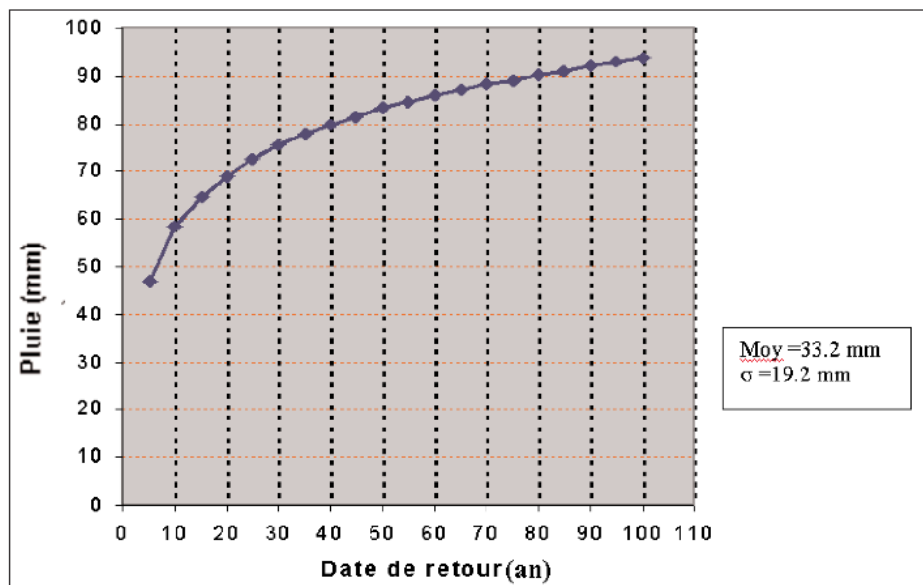


Figure 11 : Fréquence de retour des pluies journalières

Tableau 3 : Pluies journalières maximales (mm) en fonction de différentes périodes de retour			
6 ans Anormal	10 ans Très anormal	30 ans Exceptionnel	100 ans Très exceptionnel
47 mm	58 mm	75 mm	93 mm

Le graphique ci-dessus représente les périodes de retour de pluies, en fonction de leur intensité. Le graphique montre que la pluie d'intensité 67mm journalière correspond à une période de retour de 20 ans, c'est-à-dire que cette pluie de 67mm de hauteur en 24h s'est produite statistiquement à la fréquence d'une fois tous les 20 ans, elle a donc a 1 chance sur 20 d'intervenir dans une période de 20 ans. (Chaque année, probabilité 1/20 de survenir).

NOTA : A titre de comparaison, les périodes de retour usuellement prises en compte en Europe sont de 10 ans pour les réseaux de collecte, 20 ans au minimum pour les ouvrages de rétention. Compte tenu des incidences budgétaires, il est extrêmement rare de dimensionner les ouvrages pour des périodes de retour de 50 ans, voire 100 ans. Pour ces deux dernières valeurs l'on vérifiera néanmoins que l'espace public est en mesure de contenir le volume engendré par l'événement pluvieux, tout en limitant les dégâts aux biens et personnes.

C. METHODOLOGIE ADOPTEE ET ORIENTATIONS DES PROPOSITIONS AU VU DES CONTRAINTES DE SITES, DE MISE EN ŒUVRE ET DE COUTS

La méthodologie adoptée pour la mise en œuvre des propositions techniques consiste à :

1. **Identifier (graphiquement) les zones prioritaires d'intervention**
il s'agit des zones impactées par les inondations durant les hivernages
2. **Classer les zones d'intervention selon leur typologie urbaine (par le biais d'un diagnostic) sur la base des caractéristiques suivantes :**

a) Densité du bâti dans la zone concernée :

la lutte contre les inondations nécessite des volumes de stockage et donc des emprises au sol. Plus le bâti est dense, plus la technique doit être intégrée à une composante de l'aménagement (routes, accotements)

b) Largeur totale de l'emprise publique :

cette largeur définira les emprises d'accotement disponible pour la mise en place d'ouvrage de stockage

c) Maîtrise du foncier :

le foncier utilisé par les techniques de stockage nécessite une pérennité dans le temps, de manière à ce que le foncier ne soit pas construit a posteriori. Au titre des solutions techniques, il conviendra de prévoir également des aménagements urbains qui permettront de conserver la mémoire physique des limites de l'ouvrage (bancs publics, bacs à fleur, jeux d'enfants, bac de ramassage des ordures...etc.)

d) La topographie du site :

Le stockage des eaux pluviales en période d'hivernage impose la vidange des ouvrages après épisode(s) pluvieux. Usuellement, un ouvrage de stockage se rejette gravitairement vers le réseau d'assainissement enterré le plus proche. En ce qui concerne Nouakchott :

- La topographie peu marquée ne permet pas de prévoir d'ouvrage de surverse, ou d'écoulement gravitaire, mais impose souvent le recours à des postes de relevage et/ou de refoulement, comme c'est actuellement le cas pour les eaux pompées du quartier SOCOGIM PS.
- L'absence de réseau structurant empêche le raccordement à un réseau existant
- Le projet de développement du réseau d'assainissement EP (1ère phase de réalisation prévue entre 2015 et 2016) permet d'envisager un raccordement (à court terme) vers le réseau d'assainissement en projet. La

e) Le niveau de la « nappe » ou des poches d'eau superficielles

Ce niveau, variable en fonction des quartiers, définira la hauteur maximale des ouvrages à implanter. En particulier s'il s'agit d'ouvrages en béton, l'on prendra soin de ne pas implanter l'ouvrage dans une nappe, qui imposerait un ancrage de l'ouvrage pour résister à la poussée d'Archimède sous l'ouvrage.

Pour information, ci-dessous les données issues de la Conférence sur l'assainissement des quartiers périphériques de la Ville de Nouakchott (Hôtel TFEILA – 28/04/2014) – MHA – Etude des technologies d'assainissement autonome dans les villes de Nouakchott et Rosso.

Zone	Profondeur nappe	Type de sol	Quartiers
Zone 1	P<1.20m	Sable argileux	Dar Naïm, Sebkha, El Mina...
		Sable fin ou moyen	Bagdad, Cité Plage...
Zone 2	1.20<P<2m	Sable moyen	Ilot K, E Nord, route NDB, Teyarett...
Zone 3	P>2m	Sable fin et moyen	Arafat, Ksar, Toujounine, Pk...

Il convient de préciser que ces données ne sont pas relatives aux profondeurs de la nappe phréatique mais bien de poches d'eau suspendues dans les parties superficielles du sol.

Par abus de langage, ces poches sont souvent appelées « nappes ».

f) La présence de réseaux souterrains

La construction d'ouvrage nécessite de réaliser des terrassements (déblais) dans le sol en place. Pour des raisons de sécurité il convient d'effectuer avant travaux (pendant la période de préparation du chantier) des sondages manuels permettant de vérifier l'absence de réseau ou de déterminer avec précision son implantation.

Par ordre de dangerosité vis-à-vis de la sécurité des ouvriers, il conviendra de piquer :

- Le réseau **moyenne tension** (alimentant les postes de transformation électrique)
- Le réseau **basse tension** (alimentant les usagers à l'échelle locale)
- Le réseau **d'éclairage public** (alimentant les candélabres dans les quartiers non équipés de mâts photovoltaïques)
- Le réseau **d'adduction d'Eau Potable** : ce réseau n'est pas dangereux. Il faut néanmoins éviter les casses sur le réseau, pouvant être à l'origine d'inondation localisée, nécessité d'intervention rapide, coût relatif à la remise en état du réseau
- Le réseau de **télécommunications** : ce réseau n'est pas dangereux. Il faut néanmoins éviter les casses sur le réseau, engendrant une interruption des communications et de la connexion internet pour les riverains



A noter que la Ville de Nouakchott n'est pas pourvue de réseau de gaz.

g) La mise en œuvre et le coût des travaux

L'analyse du contexte de Nouakchott amène à la prise en compte des moyens, aussi bien techniques (capacité des entreprises locales à réaliser des travaux de haute technicité) que financières (les projets doivent pouvoir être financés par les pouvoirs publics, notamment via le fonds de participation engagé par la CUN). Aussi, les coûts des avant-projets doivent être compris entre 50.000€ et 250.000€.

3. Identifier les techniques à employer en fonction du contexte précédemment défini

Compte tenu des constats effectués précédemment sur le contexte de projet, les propositions techniques envisagées et détaillées dans le présent rapport visent avant tout à redonner au sol support sujet aux inondations **une perméabilité suffisante** pour assurer le ressuyage des eaux de surface, en particulier aux points bas.

A. DRAINAGE

Le principe proposé vise à recourir, pour tous ouvrages et infrastructures à créer ou refaire en secteur inondable (selon un zonage réglementaire de type PPRI), **la mise en place d'un matériau drainant** :



Le recours à la grave de béton concassé à forte granulométrie constitue une première solution, découlant du constat de grande disponibilité des débris de béton, provenant des démolitions des bâtiments abandonnés ou voués à la démolition en zone inondable. Pour disposer de propriétés drainantes, le caillou de béton doit être dépourvu de sa portion fine : **le recours à la gamme 0/31.5 est à proscrire. La granulométrie 20/40 voire 40/80 est indispensable pour assurer le rôle de drainage.**

Les + : la grave de béton concassé, en plus de disposer de propriétés drainantes est un matériau ayant des capacités portantes permettant les circulations lourdes. Sa mise en œuvre ne nécessite pas de compactage. On parle ici de plurifonctionnalité des ouvrages (les infrastructures stockent également l'eau), avec les avantages économiques en découlant. Le recours aux coûteuses interventions d'urgence en est par ailleurs réduit.



Nous constatons également que les coquillages sont très utilisés dans les constructions à Nouakchott, en remplacement des granulats, jugés trop onéreux (béton et enrobés bitumineux souvent réalisés avec du coquillage). Le **recours au coquillage** (de grande dimension également) doit être envisagé pour les **secteurs non circulés par les véhicules**. Le prix de ce matériau est relativement proche de celui du béton concassé (environ 4.500 UM/m³). Il est en revanche plus disponible que le béton concassé.



Le recours au matériau de carrière sera à éviter, dans la mesure où les carrières de grès se trouvent relativement éloignées de Nouakchott (grès d'Atar). Le grès disponible est en général utilisé pour les parements de maison. Son coût est bien plus élevé que les matériaux décrits précédemment. (Entre 18.000 et 25.000 UM/m³ selon la granulométrie)

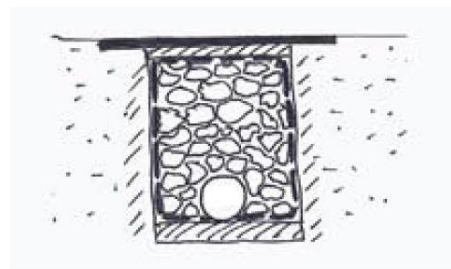
Propriété d'un matériau drainant :

Un matériau est dit drainant lorsqu'il favorise l'écoulement de l'eau et/ou en assure le stockage. Cette propriété drainante est directement liée aux vides créés entre les granulats. Le recours à des matériaux pulvérulents (sable, mais également béton concassé à 0/31.5) est donc à proscrire.

→ **Voir annexe II : Essai de drainage / stockage dans une couche de béton concassé.**

Par le biais du matériau drainant, la technique à employer est donc la tranchée drainante : le matériau est mis en place à l'intérieur d'un feutre géotextile permettant de retenir les fines à l'extérieur du massif tout en faisant circuler l'eau.

NOTA : l'écoulement au sein du massif peut être amélioré par la mise en place de drains routiers à l'intérieur de celui-ci.



En termes de drainage, on peut également évoquer **les caniveaux de section rectangulaire en béton**, et recouverts, soit de **plaque pleine** en béton. (◀ci-contre), dans ce cas l'eau est amenée vers le caniveau par des bouches à grille.

Le fond sera percé et posé sur couche de grave drainante.

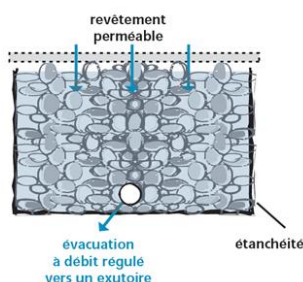
soit **recouverts d'éléments percés**, de manière à recueillir directement les eaux de pluie. Le risque d'ensablement constitue le principal problème de cette technique. Il peut être envisageable de fermer l'ouvrage en période sèche (de novembre à juillet) et de découvrir le caniveau en période hivernale. La participation de la population est un enjeu du bon fonctionnement du système.



B. STOCKAGE

Le matériau drainant doit assurer un rôle de **concentrateur des volumes d'eaux** recueillis vers un point convenu. L'eau doit être stockée, soit en profondeur lorsque la trame urbaine est dense, soit en surface lorsque les emprises foncières le permettent.

En termes de « bassins » de stockage, nous pouvons évoquer plusieurs solutions :



Le massif drainant : La grave de béton concassé, comme vu précédemment possède des capacités de stockage. L'indice de vide dans un massif constitué de ce matériau atteint 30 à 40%, vide pouvant donc être utilisé pour le stockage des eaux pluviales. Il convient de protéger le massif par un feutre géotextile, de manière à ce que les fines ne polluent pas (et n'obstruent à plus long terme) le massif de stockage. Cette technique présente l'intérêt d'assurer une circulation de véhicules au-dessus de l'ouvrage, compte tenu de la portance du matériau constituant l'ouvrage.



Bassin en béton enterré : pour limiter son coût il ne sera dimensionné que pour les circulations piétonnes. Il sera de faible profondeur de manière à ne pas le poser dans une poche d'eau rencontrée dans les fouilles. Il sera posé sur lit de grave concassée drainante (entourée de géotextile), percé dans le fond, afin qu'il récupère également les écoulements en profondeur.

Pour éviter le recours à des produits d'importation, (éléments cadres préfabriqués, à l'image de la photo ci-contre), nous préconisons la réalisation :

- De bassin coulé en place, avec parois verticales intermédiaires, permettant de limiter la portée des dalles et le ferrailage trop important. (Inconvénient :: temps de séchage du béton à prendre en compte → augmentation de la durée du chantier)
- D'éléments préfabriqués localement et mis en œuvre sur le chantier après séchage en « usine »

Le bassin en béton doit être étanché par le biais d'une couche de bitume extérieure

Le + : indice de vide de 100%



Bassin enterré en Polypropylène PP, commercialisé – à titre d'exemple – par la société Frankische. Il s'agit de « casiers » - Chambres et demi chambres de rétention / infiltration - en Polypropylène (matériaux inerte aux agressions) et possédant de bonnes capacités portantes. Il s'agit d'un produit d'importation.

Le + : indice de vide de 100% et inertie au sel

Le - : coût important – produit d'importation

De la même manière que pour les bassins en béton, ils sont posés à faible profondeur de manière à éviter la pose en milieu humide. Les éléments fixés entre eux sont entourés de géotextile.



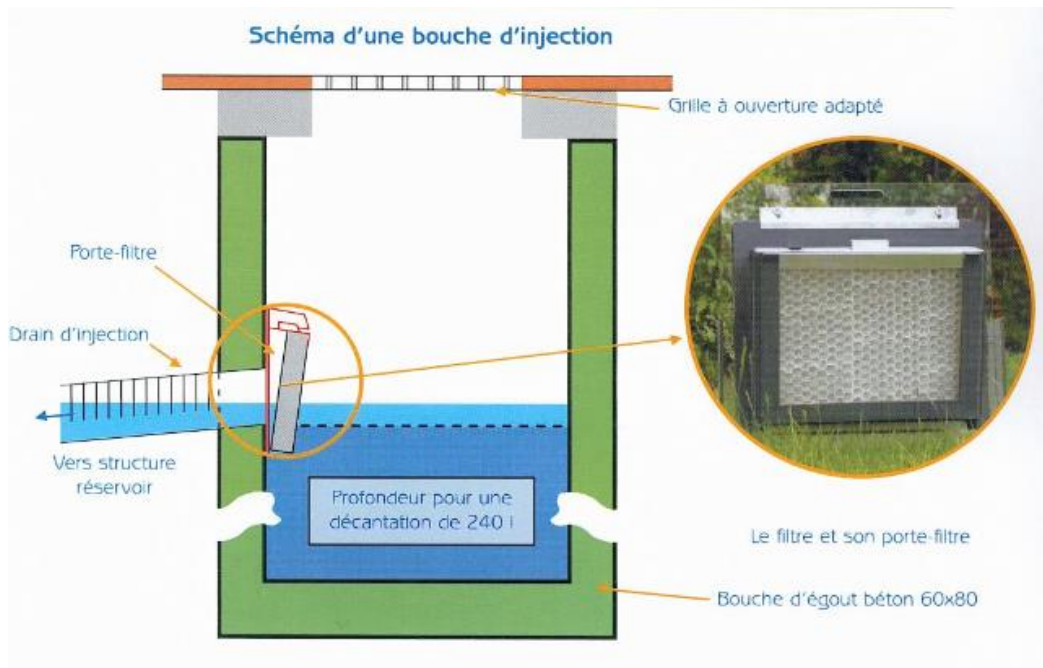
La protection du stockage vis-à-vis des éléments polluants

L'enjeu de la pérennité de l'ouvrage de stockage réside dans son maintien en état, à l'absence de colmatage sur le long terme. Les points d'injection des eaux pluviales vers les massifs drainants et/ou de stockage doivent donc être réfléchis de manière à :

- Eviter l'introduction de sable et de fines en général dans le massif
- Eviter l'introduction de déchets divers (papiers, bouteilles, .. ;etc.) à l'intérieur de l'ouvrage.

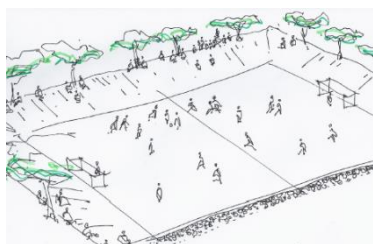
Afin de protéger les ouvrages, nous préconisons la pose de bouches à grille équipées :

- De décantation profonde, permettant de faire décanter les éléments les plus grossiers
- La pose de cloison siphonide, qui permettra de freiner le flux de solides et les retiendra dans la décantation
- La mise en œuvre de filtre de type ADOPTA, permettant un filtrage avant injection des eaux vers le massif. Il s'agit d'un produit d'importation. ▼



Des mesures de fermeture des ouvrages de collecte en période sèche peuvent être envisagées pour allonger la vie de l'ouvrage. Les associations de quartier peuvent être responsabilisées sur cette méthodologie. Au démarrage de la période hivernale, les tampons fermés seraient remplacés par des grilles d'avalement.

Le stockage à ciel ouvert



Ces différentes techniques de bassin de stockage peuvent être couplées avec des **dépressions du sol (terrains en creux)**, de manière à pouvoir gérer les événements pluvieux plus importants : dans ce cas; le bassin enterré se remplit au maximum et le volume excédentaire prend place dans la dépression, où les usages de la vie courante ne sont pas impactés.



▲ Teyragh Zeina / réserve naturelle de sel

Lorsque les emprises foncières le permettent, le stockage peut également avoir lieu uniquement par des **bassins à ciel ouvert**. Le bassin peut donc revêtir un caractère d'agrément en plus du caractère fonctionnel de stockage. L'intérieur du bassin peut être planté. Des bosquets peuvent être plantés aux abords.

Et l'utilisation de l'acier pour le stockage ?

Une variante consisterait à utiliser, en remplacement du béton et du polypropylène, des bassins en acier (sous forme de tube). Compte tenu du caractère salin du sous-sol, le recours aux matériaux métalliques ne nous paraît pas judicieux.



C. QUEL EXUTOIRE ?

Le volume d'eau stocké dans les interstices devant être vidangé entre 2 épisodes pluvieux, un exutoire est donc nécessaire. Compte tenu de la topographie de la ville et de son nivellement peu marqué, de l'absence de réseau structurant d'assainissement des eaux pluviales, plusieurs solutions de vidange des ouvrages sont envisageables :



Vidange par camion-pompe : A l'image de ce qui se fait actuellement pour les fosses d'eaux usées des maisons, mais également du principe adopté par le MHA pour la réalisation de son réseau structurant, l'eau stockée par les bassins et massifs drainants est retirée par pompage et amenée vers le littoral, ou vers un site de lagunage approprié. Cette technique présente surtout des inconvénients mais constitue aujourd'hui la technique la plus répandue sur le territoire d Nouakchott : intensification du trafic routier vers les sites de vidange, nécessité de réaction rapide entre 2 épisodes pluvieux, coût d'exploitation important...etc.



Le puits perdu : il a pour unique fonction d'évacuer les eaux pluviales. Il est constitué par un trou vertical creusé dans le sol, souvent consolidé par des couronnes en béton perforées, à l'altimétrie où la perméabilité du sous-sol permet la vidange par infiltration. Les perforations ne doivent en aucun cas avoir lieu dans la partie supérieure du puits, pour éviter de drainer la nappe vers le puits perdu : l'objectif est bien d'y infiltrer les eaux pluviales.



Pour des natures de sol imperméable, tel que nous rencontrons à Nouakchott (argile, sol humifère) les dimensions du puits perdu sont les suivantes :

Trou de 5 à 25m de profondeur, selon la profondeur de la couche rencontrée après investigation pour l'infiltration des eaux, et dans tous les cas, en-dessous des couches imperméables à l'origine de la mise en charge du sol superficiel.

Diamètre 1.50m

Couche de gravier de 50cm environ.

Méthodologie :

Une fois l'emplacement choisi et le trou réalisé, il suffit de réaliser le puits perdu en respectant les étapes de construction suivantes :

- Placer une couche de gravier calibre 40/60.
- Recouvrir la couche de graviers d'une plaque de béton perforé.
- Placer des anneaux de béton sur la hauteur du trou : les anneaux peuvent être cimentés entre eux au mortier.
- Remplir le puits ainsi formé de grosses pierres.
- Recouvrir les pierres de :
 - tissu géotextile recouvert de terre ;
 - ou d'une plaque de béton.
- Y faire aboutir les tuyaux d'évacuation d'eau pluviale

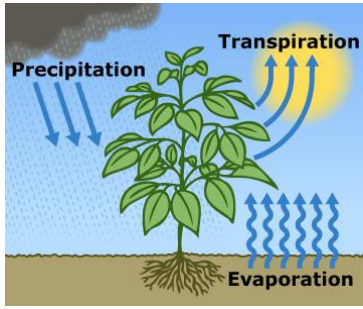
Au préalable, un sondage géotechnique doit permettre l'identification de la profondeur adéquate permettant l'infiltration et la profondeur de la nappe.

Par rapport à la nappe souterraine, le puits perdu doit avoir une couche non saturée d'au moins 2 m entre le fond du puits et le niveau de la nappe.



Le refoulement : A l'image des mesures prises sur le quartier de SOCOGIM PS, les méthodes de refoulement vers la mer peuvent être considérées. **Les inconvénients** de la méthode résident :

- **dans sa complexité de mise en oeuvre et d'investissement** (long linéaire, ouvrage de pompage),
- **dans son caractère peu évolutif** : les raccordements ultérieurs sur réseau de refoulement sont extrêmement compliqués et doivent tenir compte de la capacité initiale du réseau (diamètre et puissance de pompage)



L'évapotranspiration

L'évapotranspiration (ET) est la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes. Elle se définit par les transferts vers l'atmosphère de l'eau du sol, de l'eau interceptée par la **canopée et des étendues d'eau**.

Comme nous l'avons vu précédemment, en l'absence d'infiltration, de pompage, de ruissellement, donc de vidange, l'un des leviers pour équilibrer le bilan hydrologique consiste à agir sur le facteur d'évapotranspiration et donc la trame végétale et les bassins à ciel ouvert. Nous avons bien noté que l'ensemble des trames vertes existantes (jardins maraichers) sont voués à disparaître, sur décision politique, compte tenu d'un contexte de pression foncière. **Il est néanmoins vraisemblable que la Ville de Nouakchott ne puisse trouver son salut vis-à-vis des inondations que par le renforcement de l'évapotranspiration, en l'absence de toute autre infrastructure d'assainissement.**

L'augmentation du paramètre d'évapotranspiration implique un développement important de la trame verte (plantations de végétaux) sur le territoire urbain.

Certaines essences d'arbres sont plus consommatrices en eau et sont résistantes au sel. L'on peut notamment citer :

Le nim (ou neem, ou margousier) réputé comme antipaludéen et insecticide naturel



Ces informations ont été obtenues par des riverains, non spécialistes des espèces végétales. Il semble en effet que les bénéfices de la végétation vis-à-vis des inondations soit un fait communément admis par la population.

Par ailleurs, selon les informations obtenues auprès de Dr. Ahmedou Ould Soulé, Professeur à l'École Normale Supérieure de Nouakchott, l'importance de la transpiration chez le nim est confirmée.

Dans ce contexte, l'utilisation du nim *Azadirachta indica* et *Eucalyptus camaldulensis* est recommandée. Cependant, cette dernière n'est pas appropriée au refroidissement et à la protection solaire.

Pistes à explorer :

le manguier *Mangifera indica* qui est une plante fruitière chez laquelle la transpiration est importante.



Les dattiers *Phoenix dactylifera*



d'autres espèces indigènes telles que



◀ *Sclerocarya birrea*

Combretum glutinosum ▶



Lanea humilis. ▶



L'alimentation de la **ceinture verte de Nouakchott**, par le biais des eaux pluviales est donc également une piste à explorer, mais pose le problème de son acheminement (Nécessité de camion-pompe ou de réseau de refoulement de très grand linéaire...)

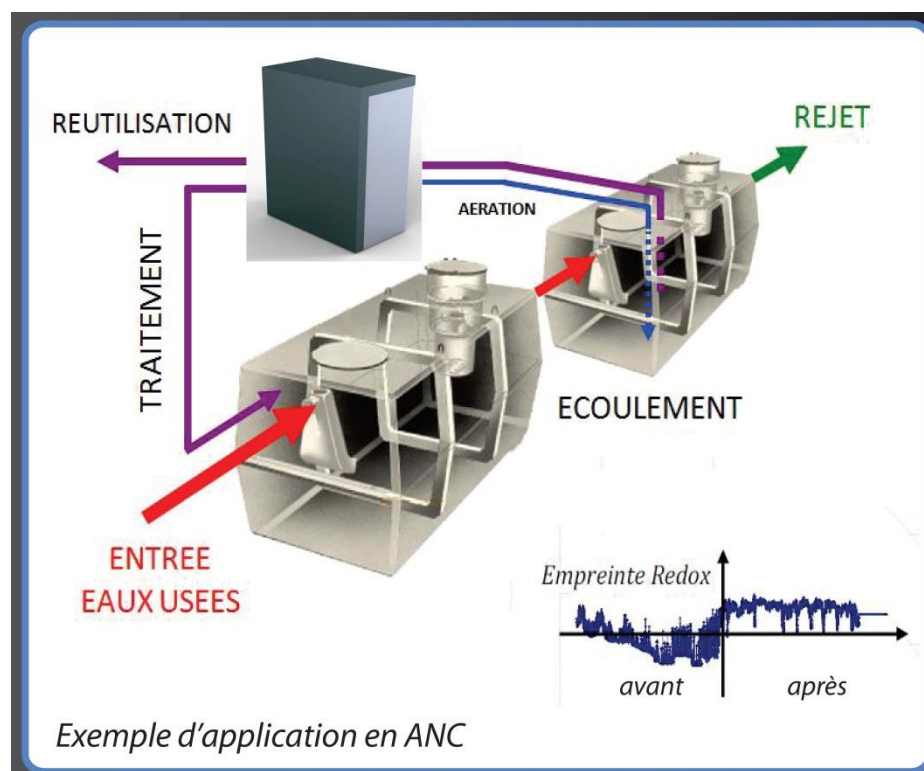
D. LA MUTUALISATION DES OUVRAGES – LE TRAITEMENT DES EAUX USEES

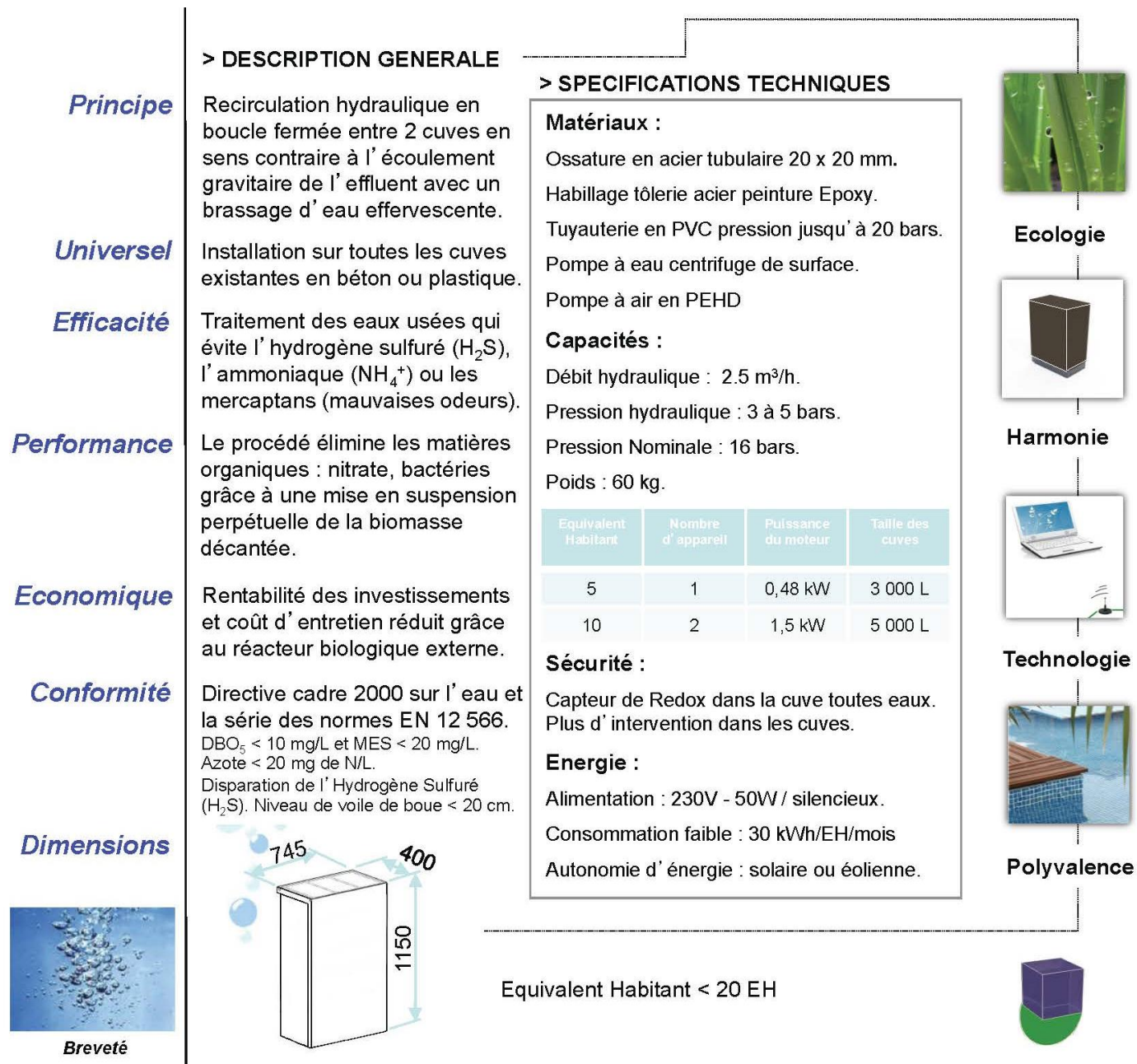
Comme précisé au paragraphe **1.B.E. – bilan hydrologique**, il nous paraît fondamental, dans le cadre de la lutte contre les inondations, de mutualiser les ouvrages de manière à ce qu'ils puissent traiter les eaux pluviales d'une part, mais également les eaux usées épurées d'autre part.

Plusieurs solutions permettent d'envisager l'épuration des eaux usées :

- **Les stations de traitement (stations d'épuration, ou STEP)**, consommatrices en espace et nécessitant des techniques approfondies et maîtrisées.
- **Le lagunage** : technique naturelle d'épuration des eaux fondée sur la déseutrophisation. Le principe est de recréer des bassins « tampons » durant lesquels les eaux usées vont transiter, avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Les phénomènes d'auto-épuration des eaux se font ainsi dans ces bassins, de grande surface, plutôt que dans le milieu naturel (lac, rivière) qui est ainsi préservé des conséquences néfastes de ce phénomène d'auto-épuration. Cette technique demande également beaucoup d'espace, ainsi qu'un écoulement gravitaire.
- **La fosse septique couplée au système GreenBoost :**
Le système Greenboost, matériel développé en France, sous brevet, permet d'équiper les maisons en Assainissement Non Collectif (ANC), en général en complément d'une installation existante manquant d'efficacité de traitement, afin de garantir un rejet conforme aux normes EN 12 566.

Le principe de fonctionnement est le suivant :





Eléments de dimensionnement :

Le système est conçu pour 20eqH, basé sur une consommation moyenne journalière de 150L/personne.

- ➔ Volume d'eau pour 20 habitants : $20 \times 150 = 3000\text{L}$
- ➔ Temps de séjour, $3000 \times 5j = 15.000\text{L}$, soit $0,75\text{m}^3$, et pour un coefficient de sécurité de surcharge, nous arrondissons à 1m^3 par habitant.
- ➔ Il faut donc un volume de traitement de $20\,000\text{L}$.

La solution envisagée est de disposer de deux cuves de $10\,000\text{L}$ chacune + boucle de recirculation du réacteur Greenboost à $2\text{m}^3/\text{h}$ + une aération permanente dans la cuve 2 + un écoulement gravitaire entre la cuve 1 et 2.

La charge polluante en entrée doit être évaluée : En Mauritanie, compte tenu de l'absence d'eau courante, elle sera bien plus élevée qu'en Europe. La charge est en effet non diluée contrairement à la France ou l'Europe où l'on peut considérer qu'elle l'est à hauteur d'environ 1%.

Par conséquent le volume entrant sera très certainement bien inférieur à 150L par personne et par jour mais chargé à quasiment 100% ! Des informations complémentaires seront nécessaires à ce niveau

pour estimer plus précisément la charge entrante dans ce contexte spécifique. En fonction de cela, la taille des cuves peut évoluer ainsi que le débit du système.

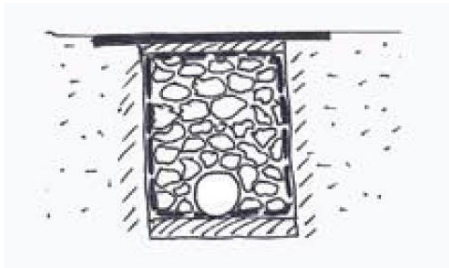
Afin de diminuer largement la charge en entrée, nous proposons ici d'adjoindre au système la mise en place d'une fosse septique en amont. Cette fosse peut récupérer les eaux usées de plusieurs maisons, en particulier lorsqu'il s'agit de placettes.

Par ailleurs le système sera alimenté par panneaux solaires (pour 1 m³/h de débit de recirculation : 4 m² de panneaux solaires). Ils devront être positionnés sur les toitures alentour, et accessibles, pour renforcer leur maintien en état et assurer leur entretien (nettoyage).

Paramètres à tester :

Dans le cadre d'un dimensionnement plus poussé du système Greenboost, les paramètres suivants seront à tester :

- > Température eau (°C)
- > Taux d'oxygène (mg/L)
- > Taux de saturation d'oxygène (%)
- > Potentiel d'Oxydo Réduction (ORP en mV)
- > pH
- > Conductivité (S.m-1)
- > MES Matière En Suspension (mg/L)
- > DBO5 Demande Biologique en Oxygène à 5 jours (mg/L)
- > DCO Demande Chimique en Oxygène (mg/L)
- > Nitrates (mg/L)
- > Nitrites (mg/L)
- > Azote Kjeldahl (mg/L)
- > Azote ammoniacal (mg/L)



Compte tenu de la présence de poches d'eau superficielles, le réseau d'eaux usées doit être conçu avec un remblai de tranchée drainant (grave de béton concassé), de manière à satisfaire aux règles de dimensionnement d'un réseau d'assainissement posé en nappe, et assurer par ce biais le rôle de drainage.

E. LE TRAITEMENT DES EAUX STAGNANTES

La topographie « naturelle » (ou remodelée) de Nouakchott, présente d'importantes zones de dépression, naturellement remplies en eau (apparition des eaux des poches superficielles) ou alimentée par déversement d'eaux d'origine peu maîtrisée.



Ces points d'eau peuvent avoir des fonctions cumulées :

- stockage pour les eaux pluviales en période d'hivernage, par l'optimisation des capacités de stockage → terrassements
- bassin d'agrément et de loisirs, par le traitement de l'eau en place avant renvoi vers le milieu naturel (pompage vers la mer), la plantation d'arbres aux abords et la création de lieux de détente.

Les eaux retenues sont d'origines variées, aussi bien pluviales qu'usées. Il paraît donc nécessaire d'en effectuer le traitement, de manière à réduire les risques encourus au niveau sanitaire pour la population.

Il existe là encore une solution innovante, le système Aquareen, basé sur la recirculation de l'eau et son traitement par microbulles (système breveté), qui permettent de faire diminuer les marqueurs de la pollution au fil du temps : il s'agit d'une plateforme flottante photovoltaïque pour le traitement autonome des plans d'eau.








Avantage : permet de centraliser le traitement au niveau de l'étendue d'eau plutôt que de traiter les eaux avant rejet vers le plan d'eau, ce qui paraît presque impossible compte tenu des rejets non maîtrisés.

Entretien : Nettoyage régulier des panneaux solaires (avec l'eau de la retenue d'eau pour en retirer les poussières)

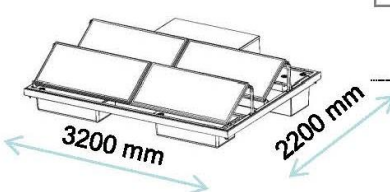
L'expérience menée en France montre que les oiseaux ne s'y posent que très peu.


La plateforme pèse 450kg, ce qui la rend peu vulnérable au vol. Elle peut par ailleurs être ancrée en milieu de bassin, de manière à limiter son accessibilité.


<p>Principe</p> <p>Universel</p> <p>Efficacité</p> <p>Performance</p> <p>Economique</p> <p>Conformité</p> <p>Dimensions</p>	<p>> DESCRIPTION GENERALE</p> <p>Circulation hydraulique en boucle ouverte avec un brassage d'eau effervescente.</p> <p>Installation sur tous les plans d'eau à partir de 50 cm de profondeur.</p> <p>Traitement des eaux polluées en améliorant les paramètres physico-chimiques de l'eau tel que le Ph, l'O₂ et le Redox.</p> <p>Le procédé assure une destruction des polluants (nitrate) et un abattement de la matière organique (DBO₅).</p> <p>Rentabilité des investissements et coût d'entretien réduit.</p> <p>Application de la Directive Cadre EAU 2000 pour la bonne qualité des eau en 2015.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O₂ > à 12 mg/L - Redox > à 200 mV 	<p>> SPECIFICATIONS TECHNIQUES</p> <p>Matériaux :</p> <p>Structure en Inox 316L.</p> <p>Tuyauterie en PVC pression jusqu'à 20 bars.</p> <p>Pompe immergée ou de surface.</p> <p>Capacités :</p> <p>Débit hydraulique : 1 à 2 m³/h.</p> <p>Pression hydraulique : 3 à 5 bars.</p> <p>Poids : 450 kg.</p> <p>Fonctionnement de 3 à 15 heures/jour.</p> <p>Batteries pour étendre l'autonomie.</p> <p>Utilisation :</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Volume traité (M³)</th> <th>Nombre d'appareil</th> <th>Puissance du moteur</th> <th>Surface solaire (M²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 000</td> <td>1</td> <td>0,25 kW</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sécurité :</p> <p>Protection des batteries pour éviter les décharges profondes.</p> <p>Energie :</p> <p>Alimentation : 24V CC – 4 x 140 Wc à 12V.</p> <p>Batteries : 4 x 100 Ah – 12V CC</p> <p>Fonctionnement au fil du soleil possible.</p>	Volume traité (M ³)	Nombre d'appareil	Puissance du moteur	Surface solaire (M ²)	10 000	1	0,25 kW	4	<div style="text-align: center;">  <p>Ecologie</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Harmonie</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Technologie</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Polyvalence</p> </div>
Volume traité (M ³)	Nombre d'appareil	Puissance du moteur	Surface solaire (M ²)								
10 000	1	0,25 kW	4								



Breveté







F. DIAGRAMME D'AIDE A LA CONCEPTION

Les techniques décrites précédemment doivent être mises en oeuvre en tenant compte de contraintes suivantes :

- Prise en compte ou non de la circulation automobile
- Foncier disponible et usage associé de l'espace public
- Difficultés d'accès
- L'aspect économique et les possibilités de variantes « locales »
- Présence de nappes d'eaux superficielles
- Présence de réseaux existants

Les diagrammes suivants se proposent d'orienter la conception de ce type d'ouvrage en fonction des caractéristiques du site de mise en oeuvre

Choix à réaliser : quelle forme de stockage ?

Circulation lourde ?

Difficulté d'accès ?

Présence de nappe?

Choix de la technique

Compatible avec la présence de réseaux ?

Les variantes économiques possibles ?

NATURE DU STOCKAGE ?

OUI

NON

Puisque circulé

OUI

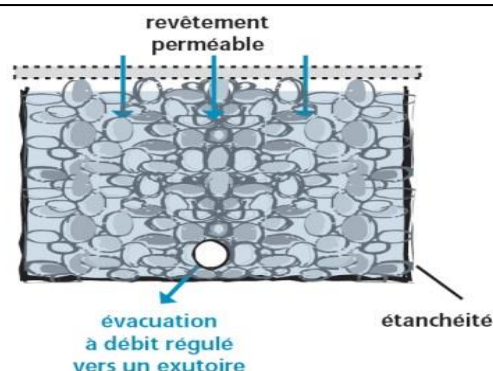
NON

Sous 1m de remblai

Ouvrage affleurant

Sous 1m de remblai

massif drainant en caillou de béton concassé



Technique Compatible avec la présence de réseaux (les réseaux peuvent traverser le massif – hors réseaux électriques -

Remplacement du caillou de béton par du coquillage mais perte de la circulabilité (prix similaire mais plus grande disponibilité)

NON

OUI (Ecoles, centres de santé)

NON

(espaces publics ouverts – foncier disponible)

OUI

NON

Mêmes ouvrages mais plus profonds donc plus rentable /m²

OUI

NON

Mêmes ouvrages mais plus profonds donc plus rentable /m²

Bassin à structure alvéolaire



Technique non compatible avec la présence de réseaux

Utilisation de casiers plastiques (de type casiers à bouteille (à développer sur site)

Bassin en béton



Technique non compatible avec la présence de réseaux

Sans objet

Bassin à ciel ouvert (ou terrain inondable)



Technique compatible avec la présence de réseaux sous réserve de profondeur suffisante – décaissement du terrain)

Technique la plus optimale en termes d'efficacité investissement / volumes gérés

2. PROPOSITIONS TECHNIQUES

A. CARTE DES SITES PRIORITAIRES

L'identification des sites prioritaires d'intervention consiste en une analyse des vues aériennes durant les hivernages. Les secteurs inondés reflètent en effet à la fois :

- la topographie du site (les eaux se dirigent naturellement vers les points bas)
- mais également les secteurs sujets à des défauts d'infiltration. (certains secteurs en point bas ne subissent pas d'inondation du fait d'une meilleure infiltration)

Nous proposons ici de croiser cette analyse (sur la base des images aériennes Google Earth sur différents hivernages 2011/2012/2013/2014) avec les éléments obtenus lors des Ateliers de Cergy. Les observations consistent en particulier à détecter les secteurs où les stagnations d'eau sont persistantes, sur plusieurs jours, semaines, voire mois, c'est-à-dire les secteurs où le défaut d'infiltration est plus important, l'objectif des projets pilotes consistant entre autre à rétablir un drainage nécessaire à la baisse rapide du niveau d'eau.

Les résultats sont donnés en annexe 3 –cartes des sites prioritaires d'intervention (SEPHIA sur fond cartographique Google Earth 2014)

- El mina
- Sebkha
- Tevragh Zeina

Ces cartes, au-delà d'analyser les secteurs inondables, se proposent de **hiérarchiser les secteurs en fonction de la densité urbaine (forte densité bâtie, densité bâtie intermédiaire, densité bâtie faible).**

Aussi, des zones non bâties et sujettes à inondations, sont considérées dans cette analyse comme moins prioritaires que celles subissant les mêmes inondations, mais en secteur urbanisé dense.

B. PROJETS PILOTES

Dans les pages suivantes sont présentés l'ensemble des projets pilotes proposés dans le cadre de cette mission. Chaque projet pilote se propose de combiner en fonction des sites, les solutions précédemment décrites.

En voici la liste :

APS 1 : VIEUX SEBKHA // ESPACES PUBLICS (3EME BLOC)

APS 2 : VIEUX SEBKHA // CENTRE DE SANTE ET SES ABORDS

APS 3 : VIEUX SEBKHA // ECOLE 12

APS 4 : EL MINA // ECOLE 10

APS 5 : EL MINA // CENTRE DE SANTE EL MINA - SWESSRA

APS 6 : EL MINA // ESPACES PUBLICS

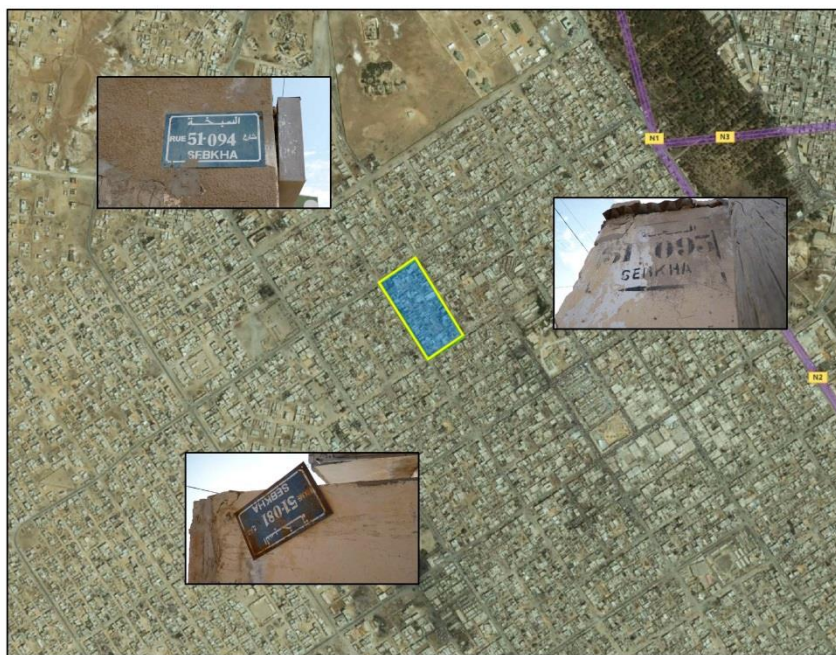
APS 7 : EL MINA // ESPACES PUBLICS // COMPLEMENT SUR LATRINES PROTOTYPES ET ESPACES VERTS

APS 8 : TEVRAGH ZEINA // ESPACES PUBLICS // TRAITEMENT DES PLANS D'EAU ET STOCKAGE

APS 9 : TEVRAGH ZEINA // ESPACES PUBLICS // STOCKAGE DES EAUX PLUVIALES SOUS ACCOTEMENTS DISPONIBLES

i. VIEUX SEBKHA // ESPACES PUBLICS (3EME BLOC)

PLAN DE SITUATION - VIEUX SEBKHA - ESPACES PUBLICS "3EME BLOC"



Contraintes du site

- **Présence de réseau d'Adduction d'Eau Potable et de réseau d'électricité (réseau électrique aérien MAIS quelques câbles également souterrains)**
→ Sondages manuels préalables à réaliser (reconnaissance des réseaux en présence avant terrassements)



- **Occupation très importante du domaine public (charrettes, lavage véhicules, tôliers,...etc.)**
→ Importance de la concertation préalable avec les habitants et riverains (trouver des alternatives acceptables de déplacement des activités – en particulier durant les travaux -
→ Appel à la police du contrôle urbain



Projet

▪ DRAINAGE DES RUES

En base :

- Les ruelles sont profilées en « V »

En option :



**Présence de réseau souterrain →
Action sur le drainage en sous-sol des
rues à confirmer par sondages
préalables**



DRAINAGE :

- PAR CANIVEAU BETON PERFORE
(Ruelles intérieures à l'ilot – moindre circulation)
- PAR TRANCHEE DRAINANTE (ruelle périphérique de l'ilot – plus forte circulation)

▪ LIEUX DE STOCKAGE SUR PLACETTE NON CIRCULEE

Bassin en béton avec aménagement urbain (de type aire de jeux pour enfants, bancs publics)

AVEC BOUCHES A GRILLE D'INJECTION EQUIPEES DE FILTRE ADOPTA

La circulation des véhicules se fera autour de cet aménagement.

Le partie supérieure du bassin affleure en surface, de manière à :

- Connaître parfaitement son emprise
- Eviter de poser le bassin dans les poches d'eau superficielles

▪ LIEUX DE STOCKAGE SOUS VOIRIE CIRCULEE

PAR MASSIF DRAINANT AVEC GEOTEXTILE AVEC BOUCHES A GRILLE D'INJECTION EQUIPEES DE FILTRE ADOPTA en périphérie du bassin.

Le massif drainant constitue également le corps de chaussée (constitution)

NOTA :

- TOUS LES ELEMENTS EN BETON DOIVENT ETRE PERFORES DANS LE FOND ET POSES SUR LIT DE POSE DRAINANT (DRAINAGE DE LA NAPPE)
- COMPTE TENU DE LA TOPOGRAPHIE « PLATE » : LE STOCKAGE N'EST PAS EFFECTUE UNIQUEMENT AU NIVEAU DU BASSIN SOUS PLACETTE MAIS EGALEMENT DANS LES DISPOSITIFS DE DRAINAGE DES RUELLES (FONCTIONNEMENT EN CHARGE DU « RESEAU »)

ENTRETIEN :

- FERMETURE DES BOUCHES A GRILLE EN PERIODE SECHE (RETIRER LA GRILLE ET REMPLACER PAR TAMPON PLEIN (BETON OU ACIER)
- EN JUILLET, AVANT CHAQUE HIVERNAGE : RETIRER LE TAMPON PLEIN, RETIRER LE FILTRE, LE LAVER A L'EAU SOUS PRESSION, REMETTRE LE FILTRE EN PLACE, REPOSER LA GRILLE

Dimensionnement

Volume à stocker :

Hypothèse : 90% des eaux de pluie à stocker (coefficient de ruissellement de 0.9)

Surface d'étude :

41 860 m²

Volume pour pluie max journalière, y compris ruissellement : $0.9 * 68 \text{ mm} * 41\,860 \text{ m}^2 =$

2 562 m³

Stockage (y compris au sein des éléments drainants – fonctionnement en charge du système) :

Caniveau béton 60x60 : $135 \text{ ml} * 0.6 * 0.6$

50 m³

Bassin béton n°1 :

510 m³

Bassin béton n°2 :

800 m³

Tranchée drainante : $126 * 0.6 * 0.6 * 0.35 =$

16 m³

Massif drainant n°1 : $1050 * 0.8 * 0.35 =$

294 m³

Massif drainant n°2 : $2550 * 0.8 * 0.35 =$

715 m³

Stockage total :

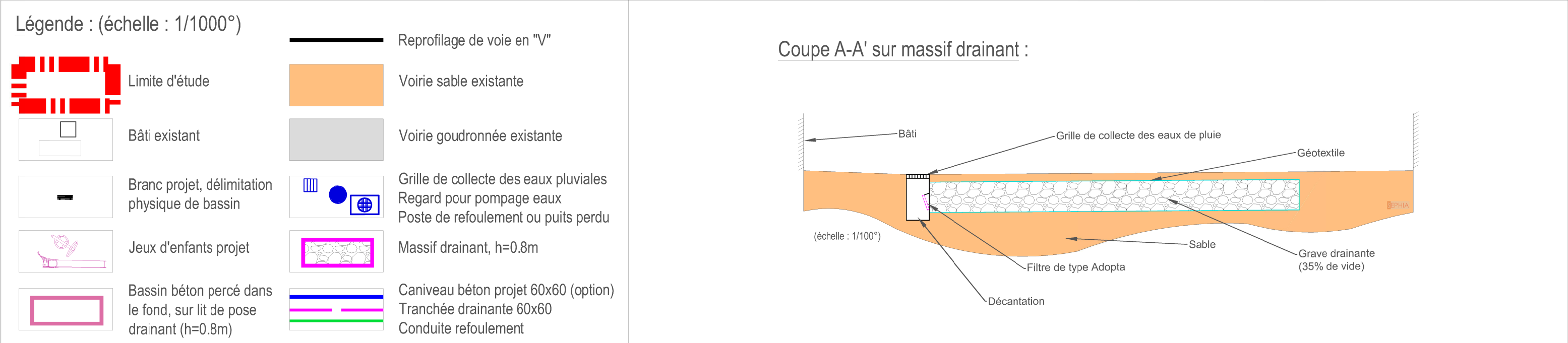
2 385 m³

Soit une différence de -177m³ par rapport aux objectifs de stockage

Le stockage du volume total de 2 562 m³ est assuré en rajoutant au projet de base, l'option 1 « mise en œuvre de caniveau béton 60x60 sur l'ensemble des voies - en renforcement du reprofilage en « V » -)

Estimation des travaux

N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
BASE						
1	Reprofilage des voies intérieures en sable du bloc (forme de V)	m²	4 950,00	400	1 980 000	5 351,35
2	Mise en œuvre de tranchée drainante en bord de voie circulée	ml	126,00	12 000	1 512 000	4 086,49
3	Mise en œuvre de caniveau béton 60x60	ml	135,00	20 000	2 700 000	7 297,30
4	Mise en œuvre de bassins béton armé affleurant, hauteur 1m, par éléments préfabriqués acheminés sur site, y compris les terrassements :					
	- bassin 1 de 510m³ (indice de vide=1 / volume stocké de 510m³)	m³	510,00	23 000	11 730 000	31 702,70
	- bassin 2 de 800m³ (indice de vide=1 / volume stocké de 800m³)	m³	800,00	23 000	18 400 000	49 729,73
5	Mise en œuvre de massifs drainants, hauteur 80cm, entouré de géotextile, sous 40cm de sable :					
	- massif 1 de 840m³ (indice de vide=0,35 / volume stocké de 294m³)	m³	840,00	15 000	12 600 000	34 054,05
	- massif 2 de 2040m³ (indice de vide=0,35 / volume stocké de 715m³)	m³	2 040,00	15 000	30 600 000	82 702,70
6	Mise en œuvre de grilles de collecte des eaux pluviales, y compris filtre de type ADOPTA	u	15,00	300 000	4 500 000	12 162,16
7	Mise en œuvre de regard d'assainissement pour pompage des eaux stockées	u	8,00	300 000	2 400 000	6 486,49
8	Evacuation des terrassements en déblais vers le cordon dunaire	m³	3 000,00	1 000	3 000 000	8 108,11
9	Mise en œuvre de bancs et jeux d'enfants	F	1,00	3 000 000	3 000 000	8 108,11
TOTAL BASE H.T.					92 422 000	249 789,19
	surface traitée	m²	40 000	ratio (UM et €/m²)	2 311	6
OPTION 1 - MISE EN ŒUVRE DE CANIVEAUX BETON						
O1	Mise en œuvre de caniveau béton 60x60 sur l'ensemble des voies (en renforcement)	ml	640,00	20 000	12 800 000	34 594,59
TOTAL OPTION 1 H.T.					12 800 000	34 594,59
OPTION 2 - REFOULEMENT JUSQU'AU RESEAU PROJET MHA						
O2	Mise en œuvre de poste de refoulement	u	1,00	1 850 000	1 850 000	5 000,00
O2	Mise en œuvre de conduite de refoulement en PEHD DE110	ml	900,00	35 000	31 500 000	85 135,14
TOTAL OPTION 2 H.T.					33 350 000	90 135,14
OPTION 3 - REALISATION DE PUIITS PERDU POUR EXUTOIRE						
O3	Création de puits perdu (forage, éléments béton percés, graviers en fond de puits, etc.)	F	1,00	18 500 000	18 500 000	50 000,00
TOTAL OPTION 3 H.T.					18 500 000	50 000,00



ii. VIEUX SEBKHA // CENTRE DE SANTE ET SES ABORDS

PLAN DE SITUATION - VIEUX SEBKHA - CENTRE DE SANTE



Contraintes du site



- **Site occupé (centre de santé)**
 - ➔ Importance de la concertation préalable avec les usagers et personnels de santé
 - ➔ Adapter les horaires du chantier à l'activité du centre
 - ➔ Pas de mise en place possible de bassin à ciel ouvert
 - ➔ Accès à la direction de la Protection Sanitaire à rétablir
- **Accessibilité peu aisée**
 - ➔ Adapter le matériel de chantier (petite pelle mécanique)

Projet

- **REPROFILAGE DU SITE**
 - Pour la récupération des eaux pluviales en surface : nivellement de la parcelle vers les points bas subissant des inondations

- **TRAITEMENT DES ACCES**

- Retrait des sacs de sable posés en urgence
- Déblais des matériaux en place
- Remblai en matériau graveleux (cailloux de béton ou coquillage)
- Cheminement sur dalle béton



- **STOCKAGE**

- Remblai drainant et stockant aux abords des bâtiments (recours au coquillage pour des raisons économiques, compatible avec le caractère non circulé)
- Bassin béton affleurant et aménagé en surface sur l'esplanade de la direction de la protection sanitaire

■ TRAITEMENT DES EAUX USEES PROVENANT DU CENTRE DE SANTE

- Réutilisation des fosses septiques existantes
- Réutilisation des cuves existantes
- Raccordement vers ces fosses septiques FONCTIONNELLES et ETANCHES de TOUTES les évacuations d'eaux usées
- MISE EN PLACE APRES FOSSE SEPTIQUE DU SYSTEME GREENBOOST et REJET VERS MASSIF DRAINANT



▲ Fosse septique existante



▲ Cuves existantes ▼



◀ rejet des eaux usées à ciel ouvert



■ EXUTOIRE (des eaux pluviales et des eaux usées traitées)

- Plantations d'arbres consommateurs d'eau (nims par exemple)
- pompage vers zone maraîchère (plantes médicinales / pharmacopée traditionnelle) à l'intérieur du Centre –en bacs béton pour éviter le problème du sel -

Dimensionnement**Volume à stocker :**Surface d'étude : 15.800m²Volume pour pluie max journalière, y compris ruissellement : 68 mm * 15.800 m² = **1.075 m³****Stockage:**

¼ du volume de pluie à stocker dans les massifs drainants en coquillage **270m³**
 Massif drainant de hauteur 0.70m → 770m³ (indice de vide=0,35 / volume stocké de 270m³)

¾ du volume de pluie à stocker dans un bassin en béton **810m³**

Bassin en béton de hauteur 0.65m- Bassin béton 1 - 320m³ (indice de vide=1 / volume stocké de 320m³)- Bassin béton 2 - 490m³ (indice de vide=1 / volume stocké de 490m³)

Stockage total : **1.080 m³**

Estimation des travaux

N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
BASE						
1	Terrassements et évacuation au cordon dunaire	m ²	1 475,00	3 500	5 162 500	13 952,70
2	Dalles béton surélevées pour cheminement piéton sur remblais tout venant	m ²	70,00	15 000	1 050 000	2 837,84
3	Massif drainant hauteur 70cm en coquillage entouré de géotextile, volume de l'ouvrage 770 m ³ , y compris toutes sujétions - massif de 770m ³ (indice de vide=0,35 / volume stocké de 270m ³)	m ³	770,00	12 000	9 240 000	24 972,97
4	Massif de plantations, composé de parties en coquillage (épaisseur 0,70m) assurant le drainage entre les fosses. - massif de 140m ³ assurant le drainage entre plantations	m ³	140,00	12 000	1 680 000	4 540,54
5	Regard Eaux Usées	u	3,00	300 000	900 000	2 432,43
6	Canalisation Eaux Usées, y compris percement des ouvrages existants pour raccordement	ml	140,00	3 500	490 000	1 324,32
7	Réfection des fosses et cuves existantes (étanchéité, etc.)	F	1,00	1 700 000	1 700 000	4 594,59
8	Système de traitement des eaux usées : 2 cuves + GreenBoost - frais de transport inclus -, y compris écoulement des eaux traitées jusqu'à zone plantée à proximité	F	1,00	5 000 000	5 000 000	13 513,51
9	Station de pompage en sortie de traitement des eaux usées	F	1,00	1 850 000	1 850 000	5 000,00
10	Mise en œuvre de bassins béton armé affleurant, hauteur 0,65m, par éléments préfabriqués acheminés sur site : - Bassin béton 1 - 320m ³ (indice de vide=1 / volume stocké de 320m ³) - Bassin béton 2 - 490m ³ (indice de vide=1 / volume stocké de 490m ³)	m ³	320,00	23 000	7 360 000	19 891,89
		m ³	490,00	23 000	11 270 000	30 459,46
11	Mise en œuvre de grilles de collecte des eaux pluviales, y compris filtre de type ADOPTA	u	8,00	300 000	2 400 000	6 486,49
12	Mise en œuvre de regard d'assainissement pour pompage des eaux stockées	u	1,00	300 000	300 000	810,81
13	Mise en œuvre de tranchée drainante en bord de voie circulée	ml	30,00	12 000	360 000	972,97
14	Bancs béton en délimitation physique du bassin béton	u	14,00	250 000	3 500 000	9 459,46
15	Plantation d'arbres	u	36,00	125 000	4 500 000	12 162,16
TOTAL BASE H.T.					56 762 500	153 412,16
	surface traitée	m ²	15 000	ratio (UM et € /m ²)	3 784	10

Echelle : 1/500°

Orientation :

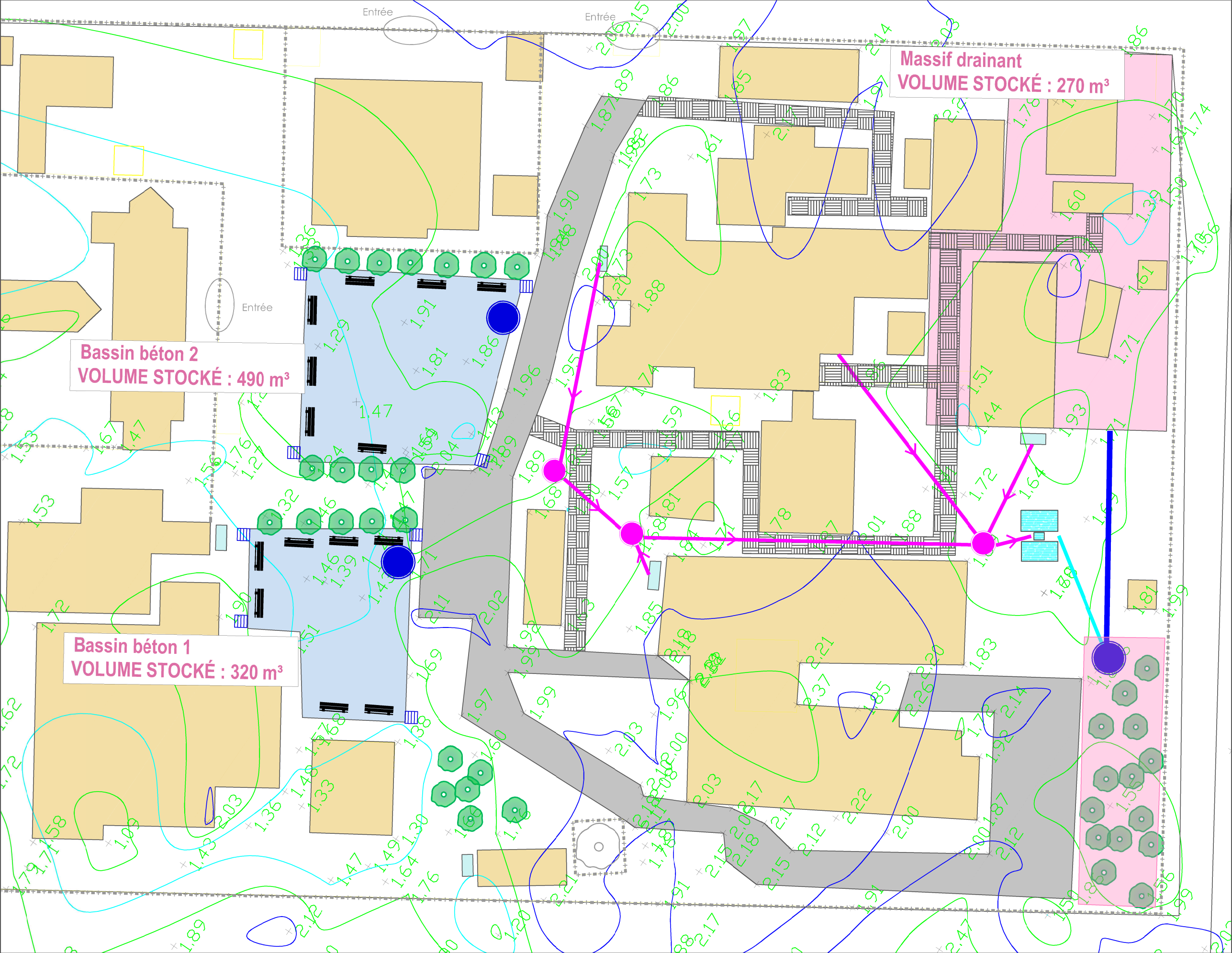
Légende :

Existant :

- Bâti d'après levé topo
- Fosse existante
- Voie goudronnée existante
- Point topo existant
- Lignes niveau existant
- Mur/Muret existant
- Arbre existant

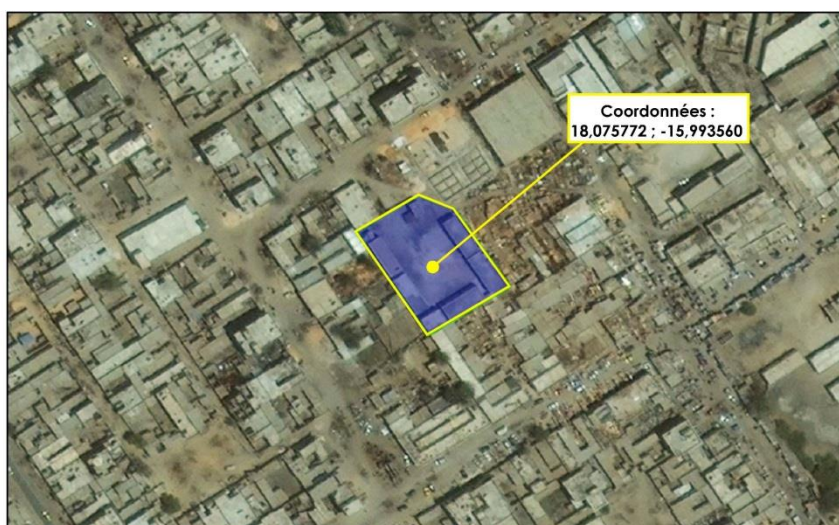
Projet :

- Arbre projet sur support drainant
- Cheminement sur dalle béton surélevée
- Massif drainant coquillage (prof. 70cm)
- Bassin béton affleurant (prof. 65 cm)
- Banc projet
- Traitement des EU (GreenBoost)
- Réseau EU
- Regard EU
- Eau traitée - Rejet dans zone plantée
- Grille de collecte des eaux pluviales
- Tranchée drainante 60x60
- Regard pour pompage eaux



iii. VIEUX SEBKHA // ECOLE 12

PLAN DE SITUATION - VIEUX SEBKHA - ECOLE 12



Contraintes du site

Site occupé (école en service)

- Importance de la concertation préalable avec le personnel enseignant et la direction
- Adapter les horaires du chantier aux périodes de classe
- Pas de mise en place possible de bassin à ciel ouvert

Accessibilité peu aisée

- Adapter le matériel de chantier (petite pelle mécanique)
- Adapter les méthodes de construction : privilégier pour le bassin un matériau léger et facile à mettre en œuvre → bassin alvéolaire



Projet

GESTION DES EAUX PLUVIALES VERS UN BASSIN ENTERRE EN MILIEU DE COUR

Bassin en béton, affleurant, et servant de sol de cour, praticable en toute saison, et installation de bancs

PLANTATIONS D'ARBRES EN MILIEU DE COUR, AUX ABORDS DU BASSIN

GESTION DES ACCES PAR DALLE BETON PERIPHERIQUE + ACCES AUX LATRINES depuis l'entrée de l'Ecole

REHABILITATION DES LATRINES EN LATRINES AVEC FOSSES SEPTIQUES ET SYSTEME GREENBOOST

REJET VERS MASSIF PLANTE EN MILIEU DE COUR APRES DISPOSITIF D'EPURATION (EDUCATION DES ENFANTS SUR LES BENEFICES DE L'ASSAINISSEMENT)



SECURISATION DE L'ACCES A L'ECOLE DEPUIS L'ESPACE PUBLIC (chiffré en option)

Réalisation d'une chaussée légèrement surélevée, dont la constitution est drainante. Afin d'améliorer l'efficacité du massif drainant, les abords de la chaussée sont équipés de grilles d'injection, équipés de filtre.



La réalisation de cette option n'a d'intérêt que si l'APS N°1 est réalisé, et que les chaussées réalisées soient raccordées entre elles, pour assurer l'accessibilité à l'Ecole depuis le quartier.

Dimensionnement

Ecole : Volume à stocker :

Hypothèse : 100% des eaux de pluie à stocker.

Surface école (jusqu'aux murs d'enceinte) = 2130 m²

Vj = 145 m³ (volume sur hauteur max journalière)

Vh = 171 m³ (volume sur hauteur max hebdomadaire)

Choix du bassin :

Les difficultés d'accès à l'école amènent à penser qu'une solution de stockage en structure alvéolaire serait plus adaptée au site. Pour des raisons d'économie, nous opterons ici pour un bassin en béton, affleurant, hauteur 0.80m. Les caissons en béton seront préfabriqués et acheminés sur site, pour faciliter la mise en œuvre et réduire les délais.

Sj = 185 m² (surface requise pour stocker Vj)


Sh = 215 m² (surface requise pour stocker Vh)


→ L'emprise disponible nous permet de stocker la pluie maximale hebdomadaire de **171 m³**


Estimation des travaux

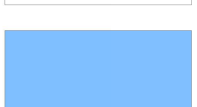
N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
BASE						
1	Démolition sanitaires existants	F	1,00	1 500 000	1 500 000	4 054,05
2	Construction de bassin béton affleurant profondeur 0,80m, par éléments préfabriqués acheminés sur site stockage réalisé : 171m ³ (indice de vide=1 / volume stocké de 171m ³)	m ³	171,00	23 000	3 933 000	10 629,73
3	Construction sanitaires (12 unités) surélevés, y compris fosse septique et système GreenBoost et écoulement des eaux "propres" vers arbres projet	F	1,00	11 400 000	11 400 000	30 810,81
4	Grilles de collecte des eaux pluviales, y compris décantation et filtre de type ADOPTA	u	4,00	300 000	1 200 000	3 243,24
5	Arbres à planter	u	10,00	125 000	1 250 000	3 378,38
6	Bancs béton en délimitation physique du bassin	u	4,00	250 000	1 000 000	2 702,70
7	Forfait pour jeux d'enfants + peintures jeux sur dalles béton (type marelle, labyrinthe, escargot...)	F	1,00	1 950 000	1 950 000	5 270,27
9	Déblais et évacuation des terrassements en déblais vers le cordon dunaire	m ³	210,00	3 500	735 000	1 986,49
TOTAL BASE H.T.					22 968 000	62 075,68
	surface traitée	m ²	2 200	ratio (UM et €/m ²)	10 440	28
OPTION - MAINTIEN DE L'ACCESSIBILITE A L'ECOLE EN PERIODE D'INONDATION						
10	Massif drainant hauteur 80cm sur voie d'accès à l'école en graviers béton entourés de géotextile, sous 20 cm de sable - niveau fini : +40 par rapport au TN	m ³	640,00	18 000	11 520 000	31 135,14
11	Grilles de collecte des eaux pluviales, y compris décantation et filtre de type ADOPTA	u	4,00	300 000	1 200 000	3 243,24
12	Déblais et évacuation des terrassements en déblais vers le cordon dunaire	m ³	320,00	3 500	1 120 000	3 027,03
TOTAL OPTION H.T.					13 840 000	37 405,41


Légende : (échelle : 1/500°)

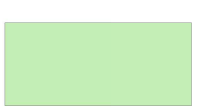
- 


Limite d'étude
- 

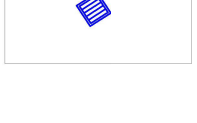
Bâti existant
- 

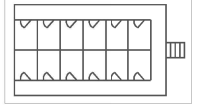
Mur existant
- 


Parcelle Ecole 12
2130 m²
- 

Arbre projet
- 

Bassin béton affleurant
- 

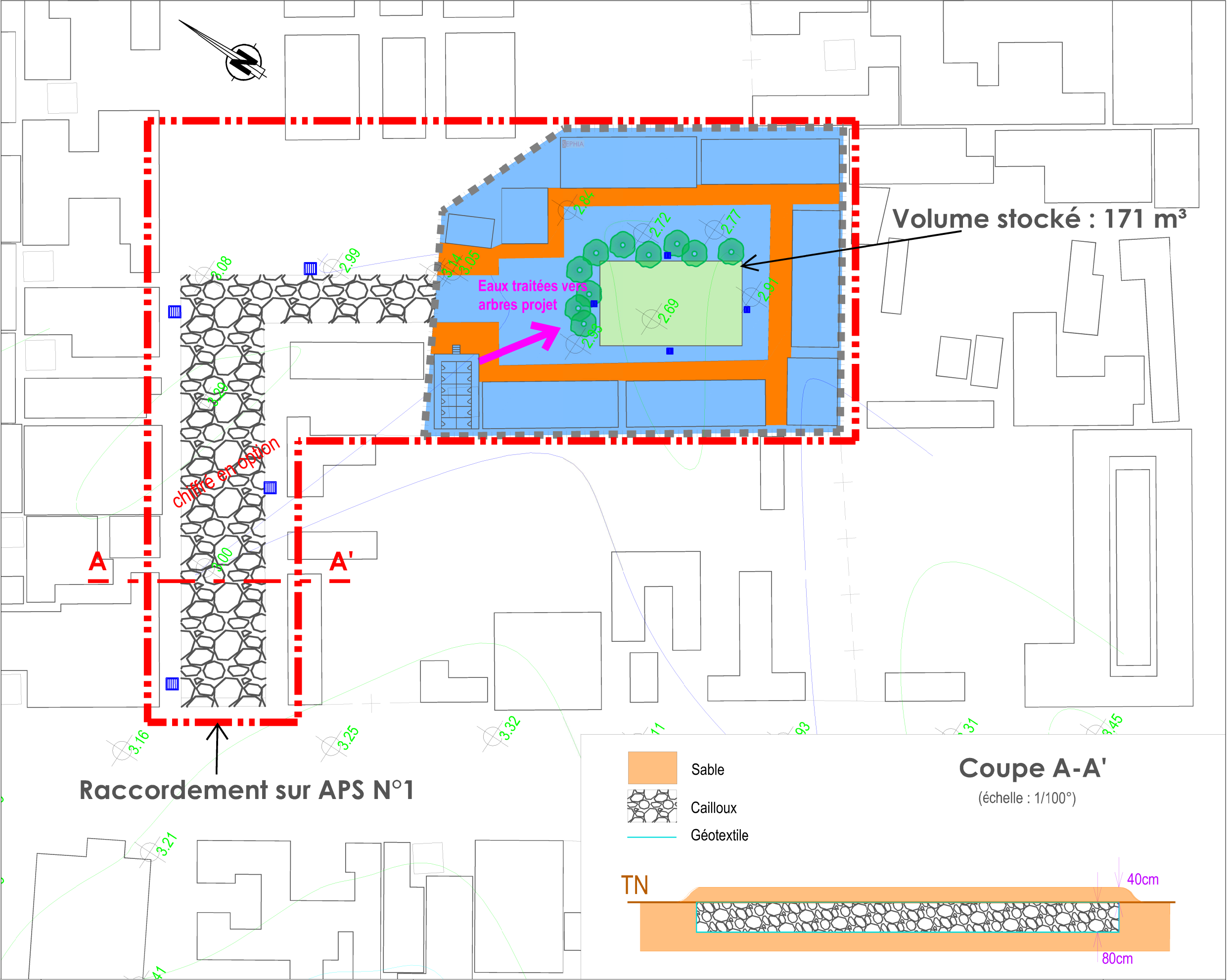
Grille de collecte des eaux
pluviales et filtre de type
Adopta
- 

WC projet :
- démolition WC existants
- 12 WC séparés surélevés
- fosse septique
- système Greenboost
- rejet eaux "propres" vers
arbres projetés
- 

Dalle béton surélevée par
rapport au TN (20cm) pour
maintenir l'accès aux bâtis
(sur remblais tout venant)
- 

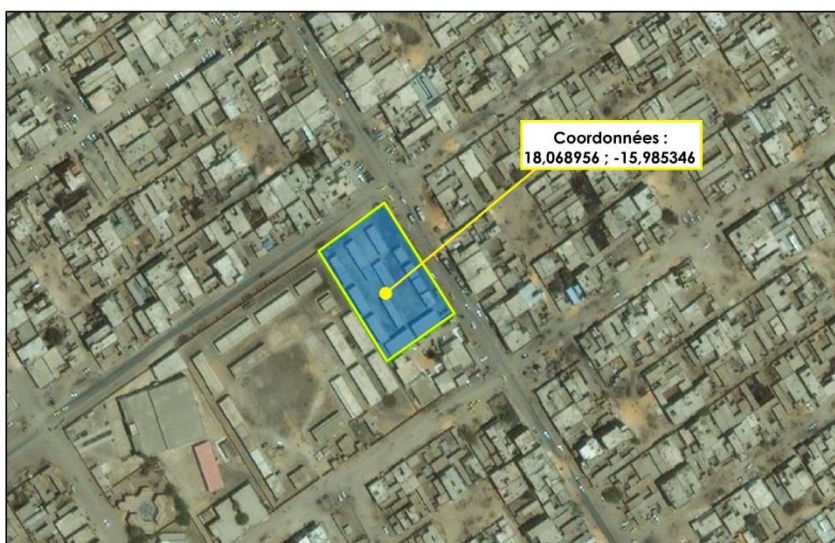
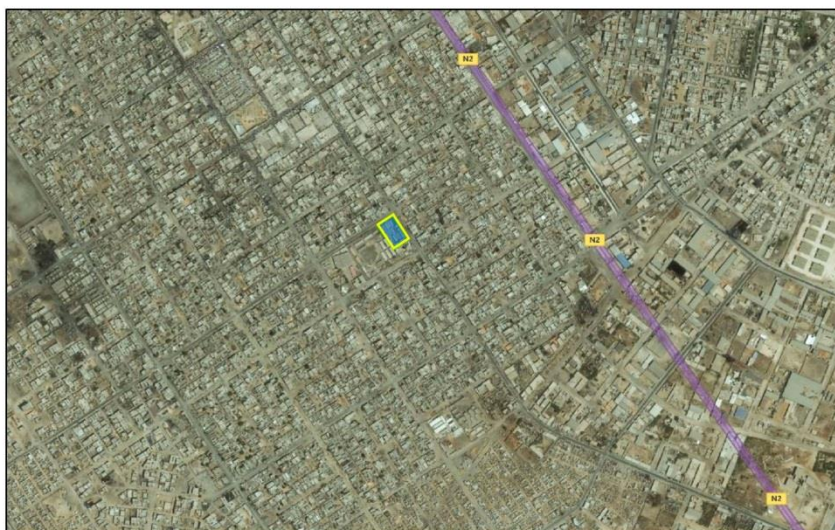
Voirie sable surélevée de
40 cm p/r au TN :
- 40 cm sable
- géotextile
- 20 cm gravier
- (TN)
- 60 cm gravier
- géotextile
- arase de terrassement

chiffre en option



iv. EL MINA // ECOLE 10

PLAN DE SITUATION - EL MINA - ECOLE 10



Contraintes du site

▪ Site très impacté par les dernières inondations / sol très peu praticable (glissant, de type vaseux)

- ➔ Le sol en place (impraticable) doit être déblayé et évacué.
- ➔ Sur les secteurs de la parcelle non soumis à travaux (voir plan) un traitement à la chaux et au ciment est préconisé, de manière à assécher les matériaux en place et rétablir la praticabilité.

▪ Projet de réhabilitation en cours

Le projet prévoit :

Démolition des ouvrages existants et évacuation des gravas ;

Remblayage général du site d'une hauteur de 1 m ;

Construction des bâtiments comme indiqués par les plans ;

Les travaux d'électricité nécessaires ;

Les travaux de fluides : adduction d'eau, plomberie sanitaire, cuve d'eau avec surpresseur y compris les équipements de surpression ;

Les travaux nécessaires pour l'évacuation des eaux usées et eaux vannes (puits perdus, fosses septiques, regards de visite) ;

Construction de mur de clôture.

Remarques :

- Privilégier la réutilisation sur place des gravats (grosse granulométrie) plutôt que leur évacuation.
- si le remblaiement est effectivement réalisé : privilégier la mise en œuvre d'un remblai drainant, en caillou de béton concassé.
- L'évacuation des eaux usées vers un puits perdu mériterait les mesures complémentaires suivantes : épuration des eaux avant évacuation, à compléter par une zone de plantation.

▪ Accessibilité peu aisée (si le mur de clôture est maintenu)

- ➔ Adapter le matériel de chantier (petite pelle mécanique)
- ➔ Adapter les travaux en fonction des zones accessibles par les engins
- ➔ Adapter les méthodes de construction : privilégier pour le bassin un matériau léger et facile à mettre en œuvre ➔ bassin alvéolaire

Projet

▪ GESTION DES EAUX PLUVIALES VERS UN BASSIN ENTERRE EN MILIEU DE COUR

Bassin en PEHD (bassin de type alvéolaire) inerté au sel, recouvert de dalles en béton en milieu de cour



▪ PLANTATIONS D'ARBRES EN FOND DE PARCELLE, AU POINT BAS ACTUELLEMENT EN EAU



▪ GESTION DES ACCES PAR DALLE BETON PERIPHERIQUE SURELEVEE DE 20cm PAR RAPPORT AU TERRAIN NATUREL, DEPUIS L'ENTREE DE L'ECOLE

▪ REHABILITATION DE LA FOSSE DES LATRINES ET TRAITEMENT PAR FOSSE SEPTIQUE + SYSTEME GREENBOOST

REJET VERS MASSIF PLANTE EN FOND DE PARCELLE (EDUCATION DES ENFANTS SUR LES BENEFICES DE L'ASSAINISSEMENT)



▪ RENDRE L'ECOLE HYDROLOGIQUEMENT INDEPENDANTE – NE PAS RECUPERER LES EAUX PLUVIALES DES ESPACES PUBLICS ALENTOURS

ACCES A L'ECOLE : REALISER UN REMBLAI EN MATERIAU **NON-DRAINANT**

▪ MISE EN PLACE D'UN REGARD D'INJECTION DES EAUX RECUEILLIES VERS UN MASSIF PLANTE D'ARBRES, CONSOMMATEURS D'EAU. CE REGARD PEUT EGALEMENT AVOIR UNE FONCTION DE REGARD DE VIDANGE (PAR POMPAGE)



Dimensionnement

Volume à stocker :

Hypothèse : 100% des eaux de pluie à stocker.

Surface école (jusqu'aux murs d'enceinte) = 4.360 m²

Dont surface bâtiment : 1.480m²

Surface espaces extérieurs : 2.880m²

Vj = 300 m³ (volume sur hauteur max journalière)

Vh = 350 m³ (volume sur hauteur max hebdomadaire)

Choix du bassin :

Les difficultés d'accès à l'école amènent à penser qu'une solution de stockage en structure alvéolaire serait plus adaptée au site : Bassin type Fränkische (bassin alvéolaire) hauteur 70 cm sous dalles béton épaisseur 10cm de côté 1m.

Sh = 500 m² (surface requise pour stocker Vh)

→ L'emprise disponible nous permet de stocker la pluie maximale hebdomadaire de **350m³**



Le bassin à structure alvéolaire, présente **l'avantage d'une installation simplifiée du fait de son poids réduit, en particulier par rapport au béton.**

En revanche, il s'agit d'un produit manufacturé d'importation, dont le coût d'investissement est particulièrement élevé, et directement liée aux performances du produit, tant vis-à-vis de actions mécaniques qu'en termes de résistance aux agressions de l'environnement (sel).

Les sites où nous préconisons ce type de bassin étant difficiles d'accès, les circulations automobiles y sont rares, voire inexistantes : la performance mécanique n'y est donc pas particulièrement requise.



Une variante locale et artisanale à ce type d'installation de « caisson en plastique » consisterait en un recyclage de casiers à bouteilles, dont les coûts d'investissement seraient largement réduits.

Une participation citoyenne pourrait s'associer à la collecte, les élèves seraient partie prenante du projet. Un chantier test pourrait en premier lieu être engagé à moindre coût. Des tests de résistance mécanique devraient être préalablement menés.

Estimation des travaux

N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
BASE						
1	Traitement sol en place via un mélange chaux / ciment sur 20 cm	m²	2 950,00	4 500	13 275 000	35 878,38
2	Mise en œuvre de fosse septique + système GreenBoost + 2 cuves + rejet des eaux traitées dans zone plantée	F	1,00	5 500 000	5 500 000	14 864,86
3	Bassin structure alvéolaire 350 m³ (type Fränkische), entouré de géotextile - (indice de vide=1 / volume stocké de 350m³)	m³	350,00	100 000	35 000 000	94 594,59
4	Regard Eaux pluviales	u	3,00	300 000	900 000	2 432,43
5	Déblais et évacuation des terrassements en déblais vers le cordon dunaire	m³	370,00	3 500	1 295 000	3 500,00
6	Dalles béton 1m x 1m x 0,1m pour cheminement piéton	m²	530,00	10 000	5 300 000	14 324,32
7	WC : réhabilitation fosse (vide sanitaire)	F	1,00	2 750 000	2 750 000	7 432,43
8	Grilles de collecte des eaux pluviales, y compris décantation et filtre de type ADOPTA	u	6,00	300 000	1 800 000	4 864,86
9	Arbres à planter	u	21,00	125 000	2 625 000	7 094,59
10	Mélange coquillage+coquillage concassé	m³	150,00	6 000	900 000	2 432,43
11	Dalles béton surélevées pour cheminement piéton sur remblais tout venant	m²	60,00	80 000	4 800 000	12 972,97
TOTAL BASE H.T.					74 145 000	200 391,89
	surface traitée	m²	4 400	ratio (UM et €/m²)	16 851	46

Estimation des travaux – Variante économique

N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
VARIANTE ECONOMIQUE AU BASSIN A STRUCTURE ALVEOLAIRE						
1	Traitement sol en place via un mélange chaux / ciment sur 20 cm	m²	2 950,00	4 500	13 275 000	35 878,38
2	Mise en œuvre de fosse septique + système GreenBoost - frais de transport inclus - + 2 cuves + rejet des eaux traitées dans zone plantée	F	1,00	5 500 000	5 500 000	14 864,86
3	<i>Une variante locale et artisanale à ce type d'installation de « caisson en plastique » consisterait en un recyclage de casiers à bouteilles, dont les coûts d'investissement seraient largement réduits.</i> <i>Une participation citoyenne pourrait s'associer à la collecte, les élèves seraient partie prenante du projet.</i> <i>Un chantier test pourrait en premier lieu être engagé à moindre coût :</i> Bassin structure plastique 350 m³, entouré de géotextile - (indice de vide=1 / volume stocké de 350m³)	m³	350,00	4 000	1 400 000	3 783,78
4	Regard Eaux pluviales	u	3,00	300 000	900 000	2 432,43
5	Déblais et évacuation des terrassements en déblais vers le cordon dunaire	m³	370,00	3 500	1 295 000	3 500,00
6	Dalles béton 1m x 1m x 0,1m pour cheminement piéton	m²	530,00	10 000	5 300 000	14 324,32
7	WC : réhabilitation fosse (vide sanitaire)	F	1,00	2 750 000	2 750 000	7 432,43
8	Grilles de collecte des eaux pluviales, y compris décantation et filtre de type ADOPTA	u	6,00	300 000	1 800 000	4 864,86
9	Arbres à planter	u	21,00	125 000	2 625 000	7 094,59
10	Mélange coquillage+coquillage concassé	m³	150,00	6 000	900 000	2 432,43
11	Dalles béton surélevées pour cheminement piéton sur remblais tout venant	m³	60,00	80 000	4 800 000	12 972,97
TOTAL VARIANTE H.T.					40 545 000	109 581,08
	surface traitée	m²	4 400	ratio (UM et € /m²)	9 215	25
OPTION 1 - REALISATION DE PUIITS PERDU POUR EXUTOIRE						
OPT	Création de puits perdu (forage, éléments béton percés, graviers en fond de puits, etc.)	F	1,00	18 500 000	18 500 000	50 000,00
TOTAL OPTION 1 H.T.					18 500 000	50 000,00

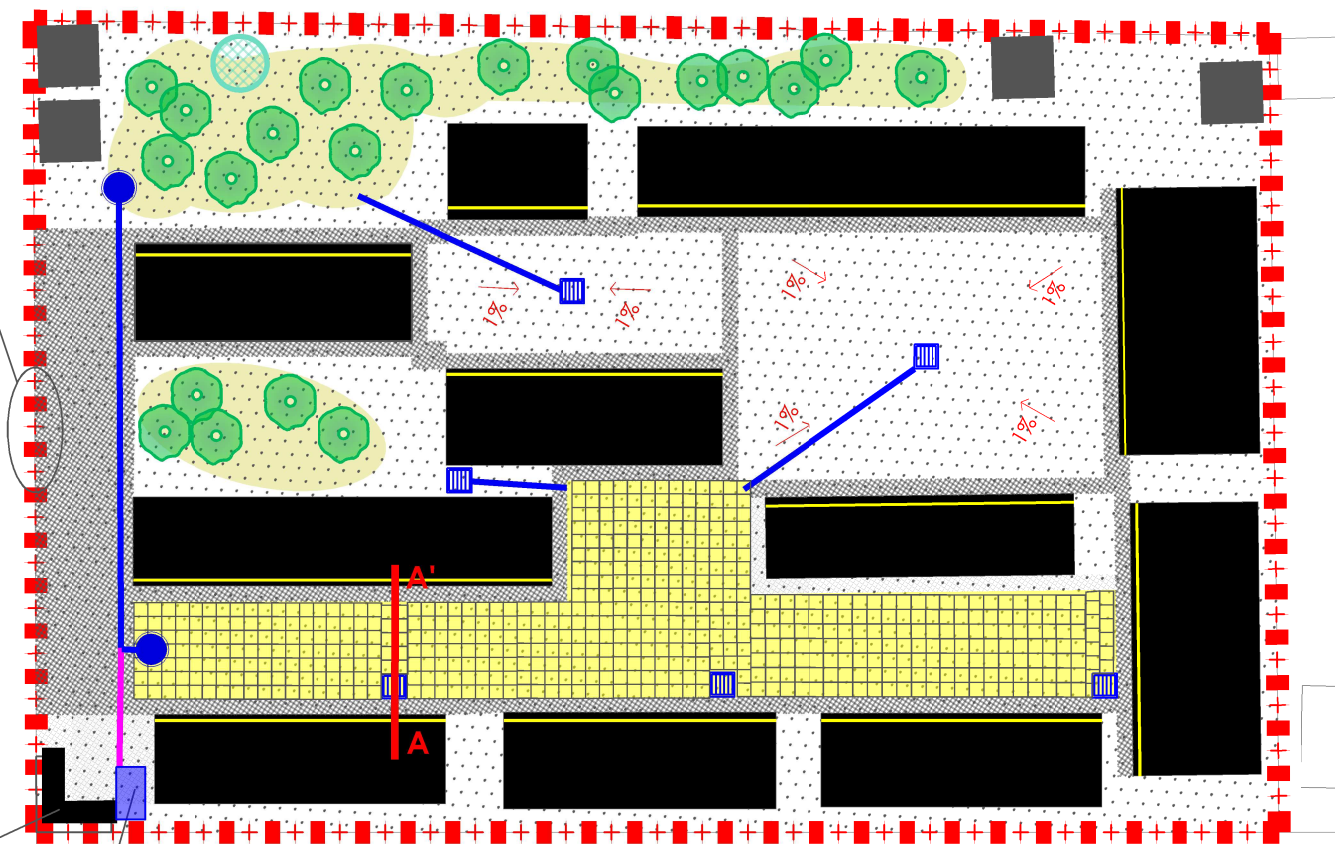
VOIE GOUDRONNÉE

Entrée :
Surélévation (remblai tout venant
non drainant) du seuil de l'entrée

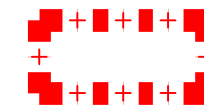
VOIE GOUDRONNÉE

Réhabilitation fosse
(vide sanitaire)

Mise en oeuvre de :
- fosse septique
- système GreenBoost



LEGENDE : (échelle : 1/500°)



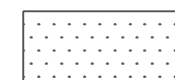
Limite d'intervention



Arbre projet



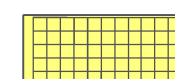
Bâti existant
En jaune : façade avec porte d'accès



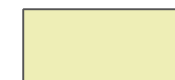
Traitement humidité du sol existant via un
mélange de chaux + ciment



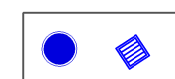
Dalle béton surélevée par rapport au TN (20cm) pour
maintenir l'accès aux bâtis (sur remblais tout venant)



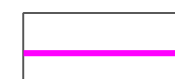
Bassin alvéolaire (Prof. : 0,70m) sous dalle béton (ép.
10cm) - S=530 m², Volume stocké = 350 m³



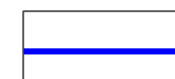
Mélange coquillage + coquillage concassé



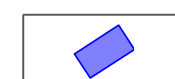
Regard de visite/pompage
Grille de collecte des eaux pluviales



Canalisation Ø160 : rejet des eaux traitées des latrines
vers les espaces plantés



Canalisation EP Ø300



Fosse septique + système GreenBoost

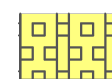


Puits perdu

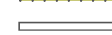
COUPE A-A'

Coupe sur Bassin structure alvéolaire

variante locale et économique à
développer : voir descriptif ci-avant



Bassin-structure alvéolaire



Dalle béton



Géotextile



Filtre type ADOPTA



Grille collecte des eaux de pluie
et injection dans bassin

(échelle : 1/100°)

Maîtrise d'oeuvre : **SEPHIA**

28, avenue des Arts - 94100 Saint-Maur-des-Fossés

Mail. sephia@sephia.fr - Web. www.sephia.fr

Tel. +33 1 48 85 09 00

giz

Maîtrise d'ouvrage : **GIZ**

Coopération allemande au développement

Bureau de la GIZ à Nouakchott - ILOT V - BP 5217

Programme - Adaptation au Changement Climatique des Villes Côtières (ACCVC)

Mission - Expertise Hydrologique & Génie Civil

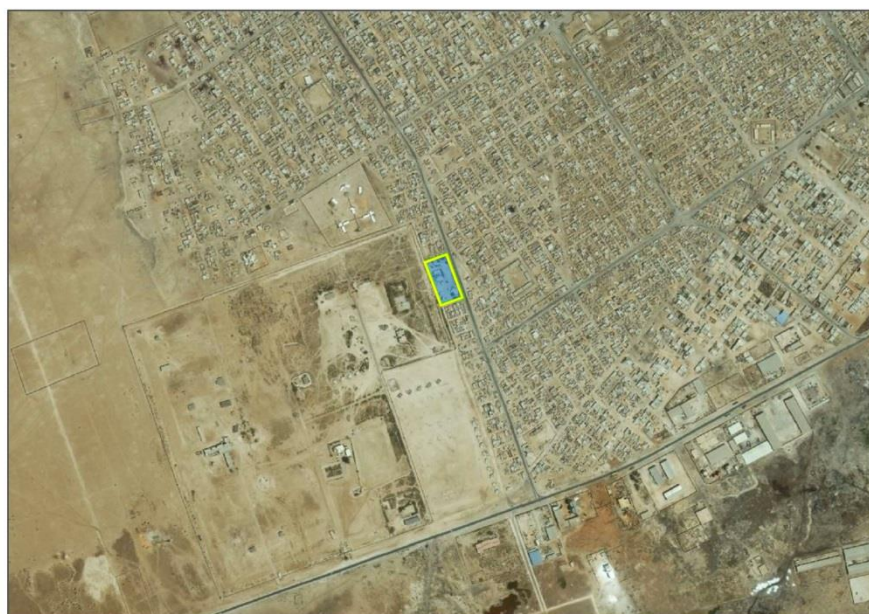
APS N°4 - El Mina - Ecole 10

avril 2015

Ind. A

v. EL MINA // CENTRE DE SANTE EL MINA - SWESSRA

PLAN DE SITUATION - EL MINA - CENTRE DE SANTE EL MINA (SWESSRA)



Contraintes du site



■ Site occupé (centre de santé)

- ➔ Importance de la concertation préalable avec les usagers et personnels de santé avant les travaux
- ➔ Adapter les horaires du chantier à l'activité du centre
- ➔ Pas de mise en place possible de bassin à ciel ouvert

■ Gestion des eaux pluviales

Ce centre de santé n'est pas impacté par les inondations. Les analyses des images Google Earth durant les derniers hivernages le démontrent.

La raison réside simplement dans le nivellement de la parcelle et son rapport à l'espace public alentour : les eaux pluviales se dirigent naturellement vers l'entrée de la parcelle, située en point bas. Les eaux ne stagnent donc pas dans la parcelle.

En revanche, l'on constate que les boîtes de branchement des eaux usées, en sortie de bâtiment, sont en charge.



L'évacuation des eaux usées se fait vraisemblablement dans le sol, dont la perméabilité est faible. Cet APS se propose d'agir sur la perméabilité du sol et d'agir sur le défaut de traitement avant infiltration, et relatif au caractère sanitaire du Centre.



Projet

▪ **TRAITEMENT DES EAUX USEES PROVENANT DE CHAQUE BATIMENT ET DEPENDANCE DU CENTRE DE SANTE**

- Reprise de chaque boîte de branchement en sortie de bâtiment
- Raccordement vers une fosse septique générale à l'ensemble du Centre
- MISE EN PLACE DU SYSTEME GREENBOOST
- REJET VERS MASSIF DRAINANT PLANTE D'ARBRES
- Utilisation possible de l'eau traitée pour l'arrosage de plantes médicinales planté »s en bacs béton, à l'intérieur du Centre

Estimation des travaux

N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
BASE						
1	Plantation d'arbres	u	11,00	125 000	1 375 000	3 716,22
2	Abattage d'arbres	u	4,00	30 000	120 000	324,32
3	Mise en œuvre de réseau Ø200 pour Eaux Usées y compris percement des regards existants pour raccordement	ml	160,00	3 500	560 000	1 513,51
4	Mise en œuvre de regards EU	u	5,00	300 000	1 500 000	4 054,05
5	Traitement des eaux usées : - Mise en œuvre de fosse septique - 2 cuves + GreenBoost - frais de transport inclus - - 2 pompes - rejet dans zone plantée - bouche d'arrosage	F	1,00	9 500 000	9 500 000	25 675,68
6	Mise en œuvre de bacs en béton pour plantes médicinales y compris remplissage en terre	F	2,00	500 000	1 000 000	2 702,70
7	Forfait pour mise en œuvre de plantes médicinales	F	1,00	500 000	500 000	1 351,35
TOTAL BASE H.T.					14 555 000	39 337,84
	surface traitée	m²	7 100	ratio (UM et € /m²)	2 050	6

Echelle : 1/500

Orientation :



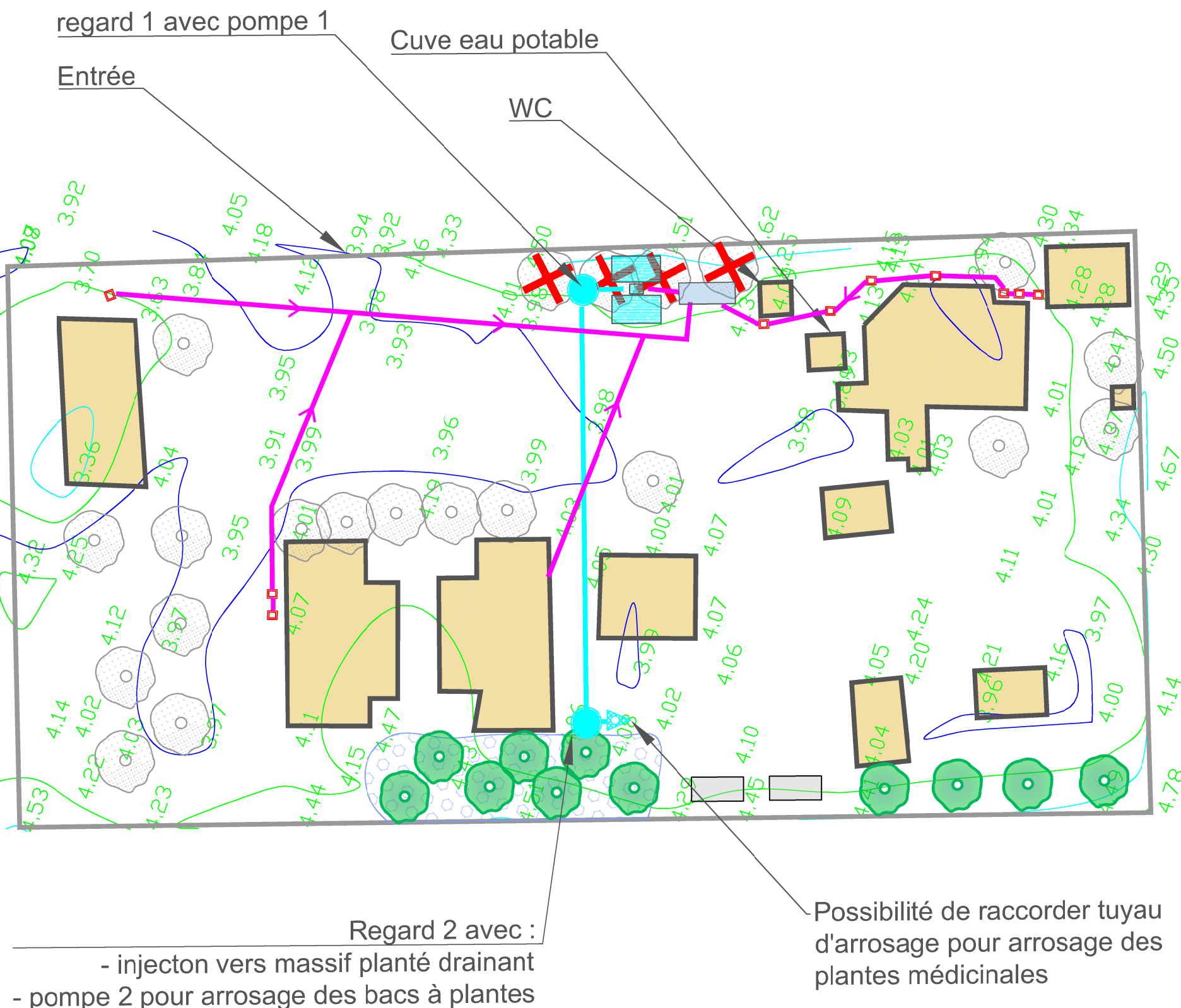
Légende :

EXISTANT

- Bâti d'après levé Topo
- Point topo existant
- Lignes niveau existant
- Regard EU existant
- Arbre existant conservé

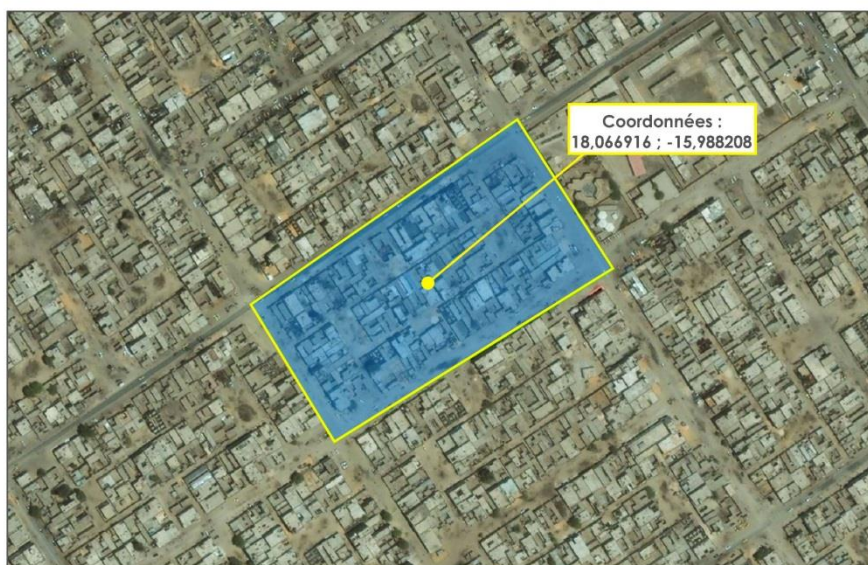
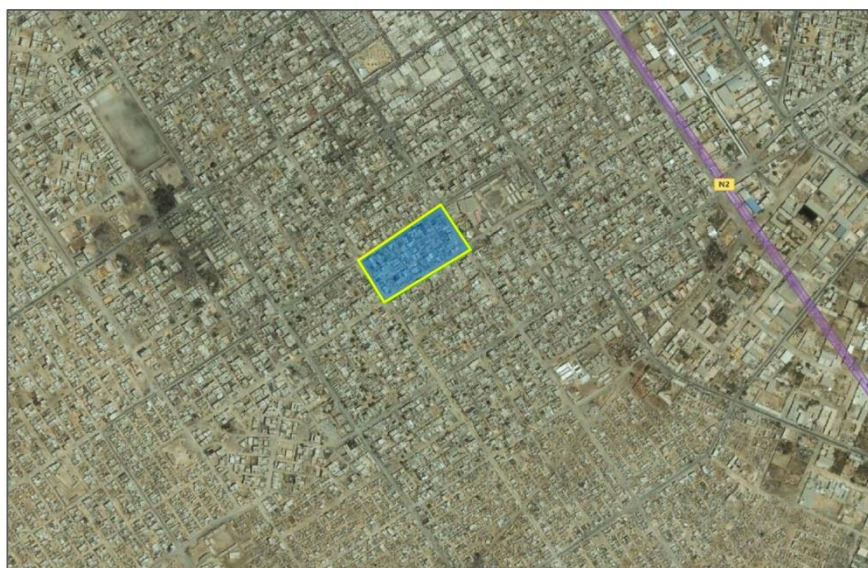
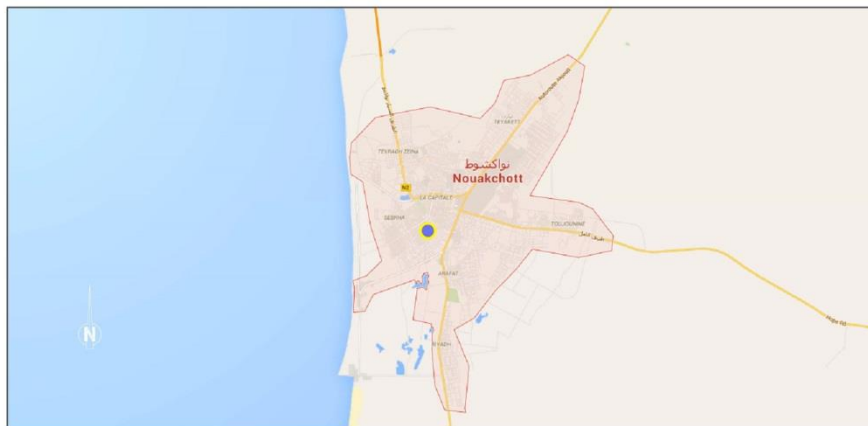
PROJET

- Mélange sable-coquillage
- Bacs béton avec plantes médicinales
- Fosse septique projetée
- Traitement des EU (2 cuves + GreenBoost)
- Réseau EU Ø160
- Pompe
- Canalisations transportant eau traitée jusqu'à zone plantée
- Arbre existant à abattre
- Arbre projeté
- Bouche arrosage



vi. EL MINA // ESPACES PUBLICS

PLAN DE SITUATION - EL MINA - ESPACES PUBLICS



Contraintes du site

- **Présence de réseau d'Adduction d'Eau Potable et de réseau d'électricité (réseau électrique aérien MAIS quelques câbles également souterrains)**
- ➔ Sondages manuels préalables à réaliser (reconnaissance des réseaux en présence avant terrassements)



- **Peu d'occupation intempestive du domaine public**
- ➔ Mise en place du chantier facilitée
- ➔ Axer la communication avant travaux sur les espaces occupés par les véhicules (camionnettes, voitures et motos)



- **Topographie**
- BLOC BIEN DELIMITE TOPOGRAPHIQUEMENT (GOUDRON EN PERIPHERIE DEFINISSANT LES LIMITES DU BASSIN VERSANT)



Projet

- **DRAINAGE DES RUES**
- Présence de réseau souterrain → Pas d'action sur le drainage en sous-sol des rues
- Les ruelles sont seulement profilées en « V »



- **LIEUX DE STOCKAGE SUR PLACETTE EN POINT BAS**
Bassin en béton avec aménagement urbain
(avec bancs publics et quelques arbres)



Terrain de football drainant en légère dépression (la forme « en creux » du terrain laisse la place à l'eau et permet de stocker, l'excédent de pluie reste à l'air libre, en fonction de l'intensité de la pluie, l'impact de l'inondation est limité aux points spécifiques et convenus du quartier)



- **PLANTATIONS SUR PLACETTE EN POINT HAUT**



- **LIEUX DE STOCKAGE SOUS VOIRIE CIRCULEE**

**PAR MASSIF DRAINANT
AVEC GEOTEXTILE AVEC
BOUCHES A GRILLE
D'INJECTION EQUIPEES DE
FILTRE ADOPTA**



- **LIEUX DE STOCKAGE AUX ABORDS DES BATIMENTS ET OUVRAGES NON CIRCULES
PAR MASSIF DRAINANT
EN COQUILLAGE AVEC
GEOTEXTILE**



Dimensionnement

Volume à stocker :

Surface d'étude : 41 960 m²

Hypothèse : 90% des eaux de pluie à stocker (coefficient de ruissellement de 0.9)

Volume pour pluie max journalière, y compris ruissellement : $0.9 * 68 \text{ mm} * 41\,960 \text{ m}^2 = 2\,570 \text{ m}^3$

Stockage (y compris au sein des éléments drainants – fonctionnement en charge du système) :

Terrain de football :

- Massif drainant : $500 * 0.4 * 0.35$ **70 m³**
- Dépression du terrain (espace en creux) : $600\text{m}^2 * 0.3\text{m} =$ **180m³**

Bassin béton : **570 m³**

Chaussée drainante : $6000 * 0.7 * 0.35$ **1.475 m³**

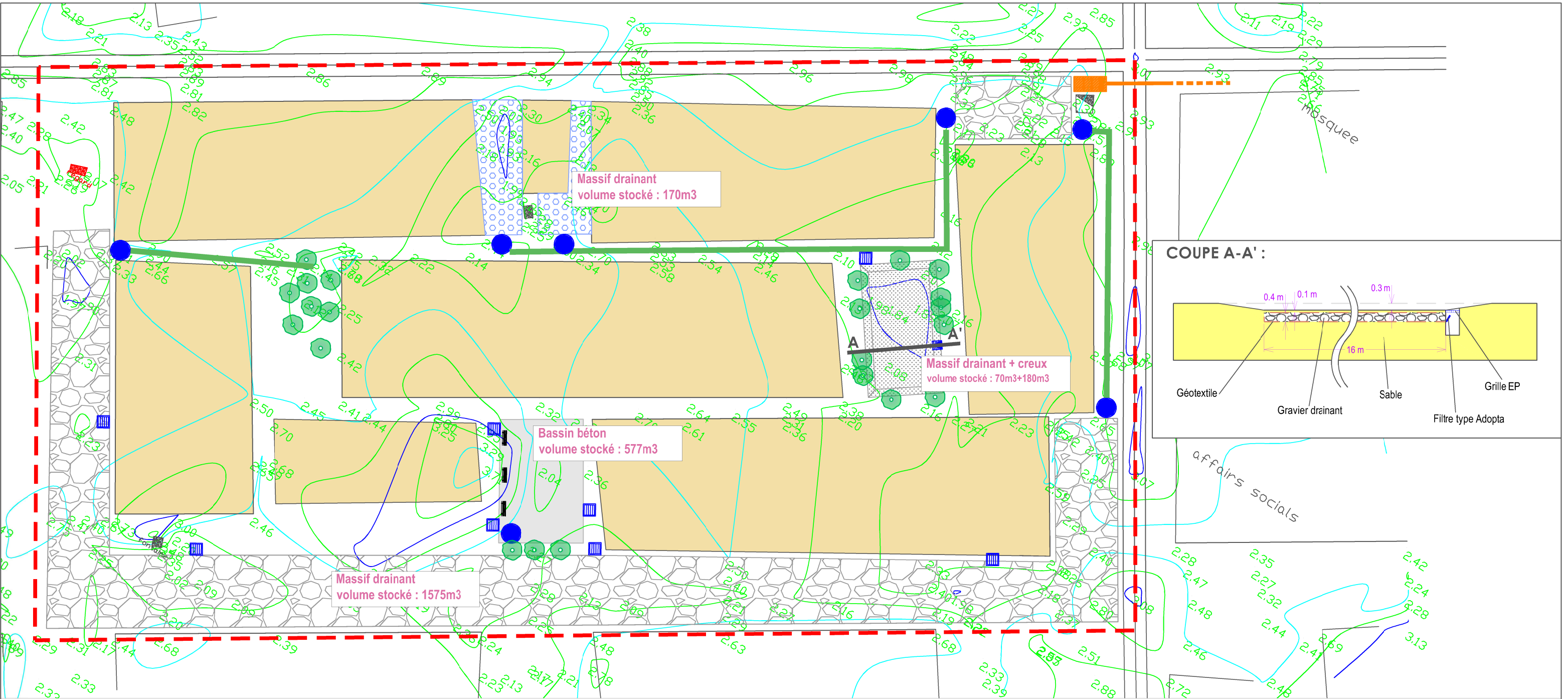
Massif drainant (autour de la mosquée) $700 * 0.7 * 0.35$ **170 m³**

Parking drainant : $430 * 0.7 * 0.35$ **105 m³**

Stockage total : **2 570 m³**

Estimation des travaux

N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
BASE						
1	Reprofilage des voies intérieures en sable du bloc (forme de V)	m²	2 000,00	400	800 000	2 162,16
2	Grilles de collecte des eaux pluviales, y compris décantation et filtre de type ADOPTA	u	9,00	300 000	2 700 000	7 297,30
3	Mise en œuvre de regard d'assainissement pour pompage des eaux stockées et contrôle de la hauteur d'eau	u	6,00	300 000	1 800 000	4 864,86
4	Plantation d'arbres	u	23,00	125 000	2 875 000	7 770,27
5	Bancs béton en délimitation physique du bassin béton affleurant	u	3,00	250 000	750 000	2 027,03
6	Construction de bassin béton affleurant profondeur 0,80m, par éléments préfabriqués acheminés sur site stockage réalisé : 570m³ - (indice de vide=1 / volume stocké de 577m³)	m³	570,00	23 000	13 110 000	35 432,43
7	Massif drainant hauteur 60cm voirie, sous 40 cm de sable volume de l'ouvrage : 4500m³ - (indice de vide=0,35 / volume stocké de 1575m³)	m³	4 500,00	15 000	67 500 000	182 432,43
8	Déblais et évacuation au cordon dunaire	m³	5 500,00	3 500	19 250 000	52 027,03
9	Terrain de foot drainant : massif drainant hauteur 40 cm recouvert d'un géotextile sous 10 cm de sable volume de l'ouvrage : 200m³ - (indice de vide=0,35 / volume stocké de 70m³)	m³	200,00	12 000	2 400 000	6 486,49
10	Massif drainant en cœquillage, hauteur 70cm recouvert d'un géotextile, sous 40 cm de sable volume de l'ouvrage : 490m³ - (indice de vide=0,35 / volume stocké de 170m³)	m³	490,00	12 000	5 880 000	15 891,89
11	Mise en œuvre de tranchée drainante	ml	300,00	12 000	3 600 000	9 729,73
TOTAL BASE H.T.					120 665 000	326 121,62
	surface traitée	m²	43 600	ratio (UM et €/m²)	2 768	7
OPTION - REFOULEMENT JUSQU'AU RESEAU PROJET MHA						
A	Poste de refoulement	F	1,00	1 850 000	1 850 000	5 000,00
B	Mise en œuvre de conduite de refoulement en PEHD DE110	ml	200,00	35 000	7 000 000	18 918,92
TOTAL OPTION H.T.					8 850 000	23 918,92



Orientation :



Echelle : 1/1000°

Légende :

	Limite d'intervention		Arbre projet		Terrain de foot (contrebas 30cm) + 10cm sable + massif drainant 40cm
	Bâti existant		Regard en jonction de massifs + Contrôle hauteur d'eau		Bassin béton affleurant profondeur 80 cm
	Lignes de niveau existant		Grille de collecte eaux de pluie y compris filtre de type Adopta		Banc béton projet
	Niveau existant		Tranchée drainante (largeur 70 x hauteur 70)		Pompe refoulement
	Regard existant Vanne eau potable		Massif drainant coquillage hauteur 70cm sous 10cm de sable		Réseau refoulement vers réseau du "projet Chinois"
	Fontaine existante Point de collecte eau potable		Massif drainant gravier hauteur 60cm sous 20cm de sable		Ouvrage maçonné dans dénivelé sur grille de récup. eaux de pluie

vii. EL MINA // ESPACES PUBLICS // COMPLEMENT SUR LATRINES PROTOTYPES ET ESPACES VERTS ASSOCIES

Contexte

La CUN mène depuis 2011, en collaboration avec le service des eaux de la Ville de Lausanne, un Programme Communautaire pour l'Accès à l'Eau (PCEA). Ce programme concerne, entre autres activités, l'assainissement individuel dans les quartiers périphériques de Nouakchott et propose des solutions simples et adaptées qui permettent d'améliorer l'hygiène et les conditions sanitaires dans ces quartiers. Le principal objectif des mesures prises est d'éviter la transmission de maladies liées à la matière fécale.

Plusieurs prototypes, construits dans 2 quartiers de Nouakchott (Nezaha et Tarhil) permettent d'avoir un retour sur le fonctionnement des technologies et leur acceptation par les utilisateurs. Après une année d'utilisation, les retours sont globalement positifs, tant sur le plan fonctionnel que culturel, selon les initiateurs du projet.

D'autres latrines ont été créées sur la Commune d'El Mina, à proximité du Centre de Santé « Swessra » :

Latrines à chambre de déshydratation avec séparation des produits





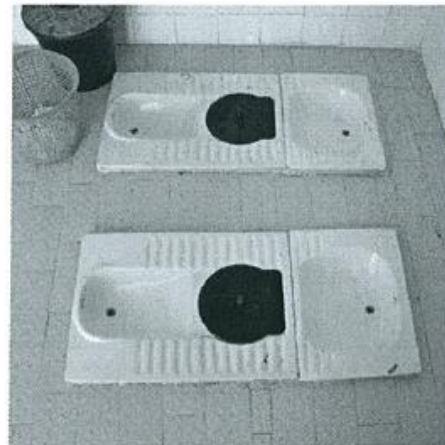
Principe de la séparation directe des produits avec un siège à triple séparation.



Siège artisanal à triple séparations (Nouakchott).



Déversement des liquides dans le puits d'infiltration. Seules les fèces sont collectées dans la chambre.



Sièges à triple séparation préfabriqués, installés au Maroc (un par chambre de déshydratation). Le trou de défécation est fermé par un couvercle en plastique.

Le projet d'aménagement de **latrines publiques** à plus grande échelle (notamment à Sebkhah et El Mina) est encore en attente de financement, pour un développement plus généralisé.

Les eaux usées sont directement infiltrées dans le sol. La charge polluante de ces rejets est néanmoins très réduite du fait de la séparation des produits (les excréments sont stockés dans une cuve de déshydratation, pour être ensuite récupérés après séchage – et pouvant servir d'engrais –

Les latrines sont surélevées, de manière à ce que les fosses ne se remplissent pas lors des inondations. Cette disposition facilite également la récupération des effluents en gravitaire.

Le site où sont installées les latrines prototypes, dans le quartier d'El Mina, est un site relativement dense en termes de bâti. Ce secteur ne subit pas d'inondation en période d'hivernage. Le présent projet doit donc être décontextualisé et appliqué à des zones plus menacées par les inondations.

Vue aérienne Google Earth du quartier où sont installées les latrines prototypes – 24 octobre 2013 ▼



- ➔ Nous proposons ici de compléter les prototypes mis en place, de manière à maximiser l'épuration des eaux usées, responsables de désordres sanitaires, en particulier lors des inondations.

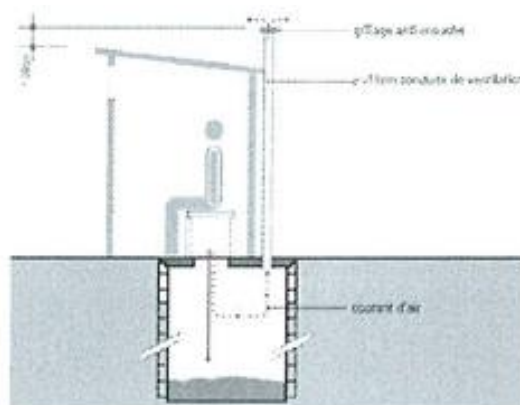
Projet

Le projet consiste à ne pas infiltrer directement dans le sol les eaux usées provenant des latrines.

- ➔ Raccordement des évacuations sur un système Greenboost, avec cuves enterrées à faible profondeur
- ➔ Récupération des eaux usées après traitement vers un maraîchage

Variante : pour les latrines à fosse unique étanche

Produits entrant	Urine, fèces, eau de nettoyage anal
Produits sortant	Boues de vidange



«Extrait du guide de solutions techniques et pratiques d'entretien », édité par la CUN, Eau Service, Eawag, Solidarité eau suisse.

Il s'agit d'une amélioration de la latrine traditionnelle par l'imperméabilisation de la fosse et l'ajout d'un système de ventilation performant. L'étanchéité permet d'éviter que la fosse se remplisse avec l'eau de la nappe ou que les liquides de la fosse s'infiltrerent dans le sol.

La fosse doit être vidangée par camion-citerne, ce qui induit des coûts élevés de maintenance. (en moyenne 10.000 UM par vidange)

- ➔ Dans le cas où les **effluents recueillis n'ont pas été séparés dans les latrines**, le système Greenboost est également envisageable. Cependant un complément de traitement sera nécessaire compte tenu de la charge polluante des rejets (quasiment 100% en l'absence d'eau courante).

Il s'agira d'un complément de traitement par phyto-remédiation, ou lagunage.

Ce ne sera qu'après lagunage que l'eau traitée sera réutilisable – car conformes aux normes de l'OMS en termes d'objectifs sanitaires -, pour le maraîchage par exemple.

Elle peut dans tous les cas être rejetée dans le sous-sol.

Dimensionnement

Pour le dimensionnement d'une fosse septique la règle est organisée autour de 2 paramètres pour les pays européens ne manquant pas d'eau :

> Volume d'eau rejeté (eaux vannes et grises) : 150 L d'eau par jour et par personne.

> Le temps séjour des matières organiques : 5 jours.

Donc pour 20 EH :

Volume d'eau : $20 \times 150 = 3000$ L

Temps de séjour : $3000 \times 5 \text{ j.} = 15000$ L

Soit 0,75 m3 par habitant et pour un coefficient de sécurité de surcharge, nous arrondissons à 1 m3 par habitant.

SOLUTION INNOVANTE ENVISAGEE :

Il faut donc un volume de traitement de 20 000 L.

La solution est de disposer de deux cuves de 10 000L chacune + boucle de recirculation du réacteur Greenboost à 2m3/h + une aération permanente dans la cuve 2 + un écoulement gravitaire entre la cuve 1 et 2.

En complément nous préconisons également un réservoir de traitement par une zone d'épandage étanche de 50 m2 d'une profondeur 1m avec des plantes résistantes pour une action de phytoépuration complémentaire : En effet la charge en entrée est différente car l'eau courante n'existant pas, cette charge est donc non diluée contrairement à la France ou l'Europe où l'on peut considérer qu'elle l'est à hauteur d'environ 1%.

Par conséquent le volume entrant sera très certainement bien inférieur à 150L par personne et par jour mais chargé à quasiment 100% !

Des informations complémentaires seront nécessaires à ce niveau pour estimer plus précisément la charge entrante dans ce contexte spécifique. En fonction de cela, la taille des cuves peut évoluer ainsi que le débit du système.

Deux solutions possibles :

- L'idée est de pouvoir recréer cette dilution par une "initialisation" des cuves remplies avec de l'eau au préalable (ou effectuer cette dilution par d'autres moyens : récupération eau de pluie par stockage, etc.). L'expérimentation à mener serait alors de voir les fréquences de réamorçage de cette eau (ou pas).
- Les latrines peuvent également être couplées à des douches publiques, permettant ainsi de traiter également les effluents moins pollués, et de diluer la charge polluante afin de la traiter avec le Greenboost.

Le système Greenboost serait alimenté par panneaux solaires, à disposer sur le toit des latrines.

L'intérêt de ce projet pilote réside dans la mise en évidence de l'importance :

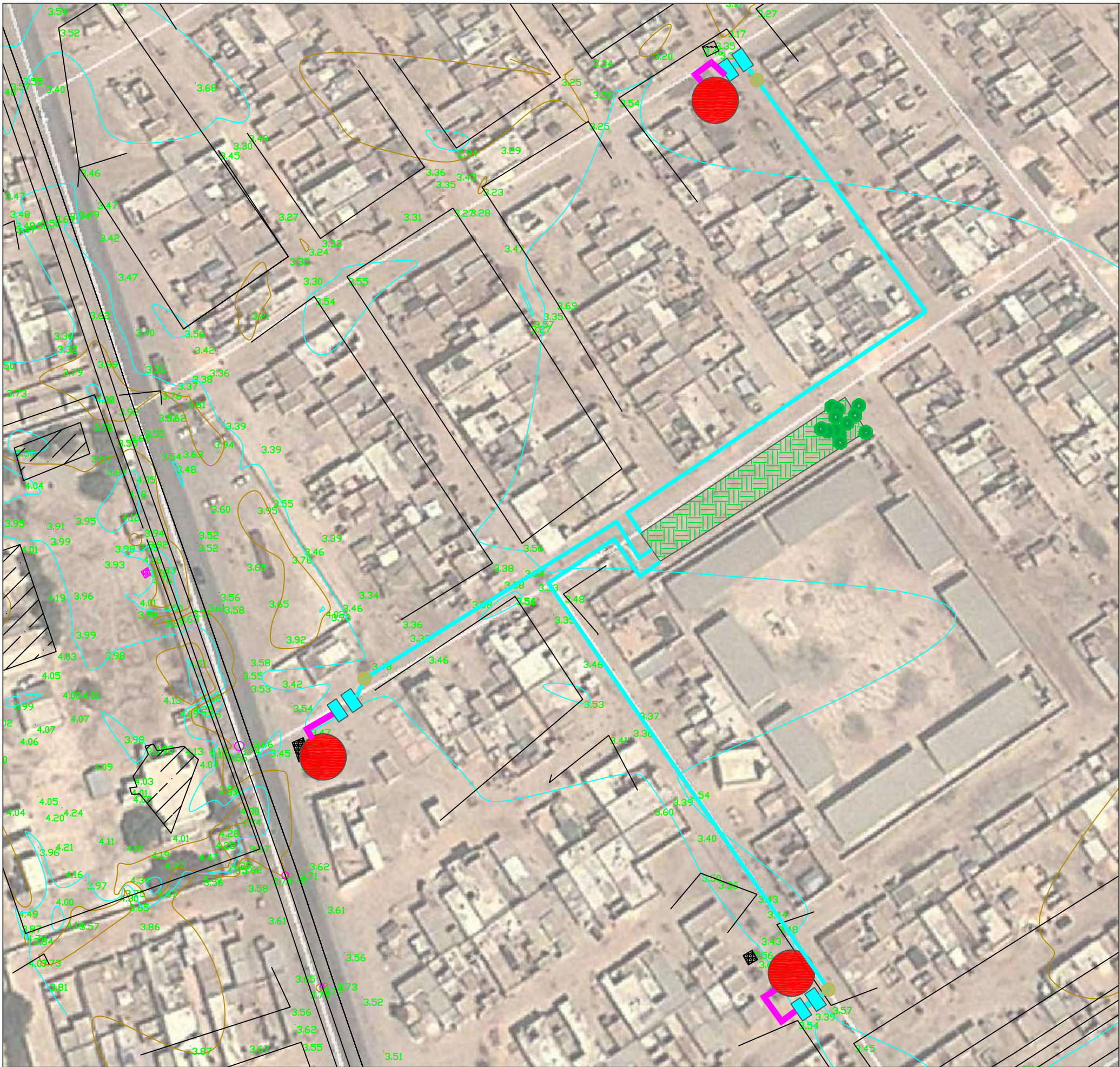
- **du traitement conjoint des eaux usées et des eaux pluviales ;**
- **d'une plus grande maîtrise du foncier disponible, qui dépasse les sujets de l'ingénierie technique.**

Les eaux usées traitées sont ici réutilisées dans le cadre d'un jardin maraîcher de quartier, dont les plantes participeront également à la consommation des eaux souterraines. Un foncier disponible plus important permettrait d'y associer une espace vert en creux, au point bas de recueil des eaux pluviales, et planté d'arbres.

Les techniques alternatives d'épuration des eaux usées par filtres plantés (ou lagunage) consommatrice de surfaces importantes ne sont pas développées dans le présent rapport, le foncier actuellement disponible devant être en priorité affecté au stockage des eaux pluviales.

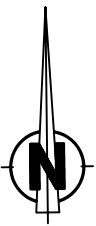
Estimation des travaux

N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
BASE						
1	Mise en œuvre de réseau Ø200 pour Eaux Usées y compris percement des regards existants pour raccordement	ml	60,00	3 500	210 000	567,57
2	Mise en œuvre de regards EU	u	6,00	30 000	180 000	486,49
3	Traitement des eaux usées : - Mise en œuvre de fosse septique - 2 cuves + GreenBoost - frais de transport inclus - - 1 pompe - rejet dans zone plantée - bouche d'arrosage	F	3,00	9 500 000	28 500 000	77 027,03
4	Conduite de refoulement - PEHD 40mm	ml	420,00	20 000	8 400 000	22 702,70
5	Installation de surface maraîchère - de 550m²	F	1,00	1 000 000	1 000 000	2 702,70
6	Plantation d'arbres	u	12,00	125 000	1 500 000	4 054,05
TOTAL BASE H.T.					39 790 000,00	107 540,54
OPTION - CONSTRUCTION D'INSTALLATION SANITAIRE COMPLETE - EXUTOIRE COMMUN AVEC LES LATRINES EXISTANTES						
1	Installation sanitaire publique complète (latrine + douche), surélevée, avec rejet commun aux latrines existantes	F	3,00	474 000,00	1 422 000	3 843,24
TOTAL OPTION H.T.					1 422 000	3 843,24
TOTAL BASE + OPTION H.T.					41 212 000	111 383,78



Echelle : 1/1000°

Orientation :



Légende :

Existant :

- Bâti d'après levé topo
- Latrines prototypes existantes
- Point topo existant
- Lignes niveau existant

Projet :

- Arbre projet
- Pompe
- Jardins Maraîchers de quartier
- Traitement des EU (GreenBoost pour 20 Eq.habitants)
- Réseau EU
- Canalisation transportant eau traitée jusqu'à zone plantée

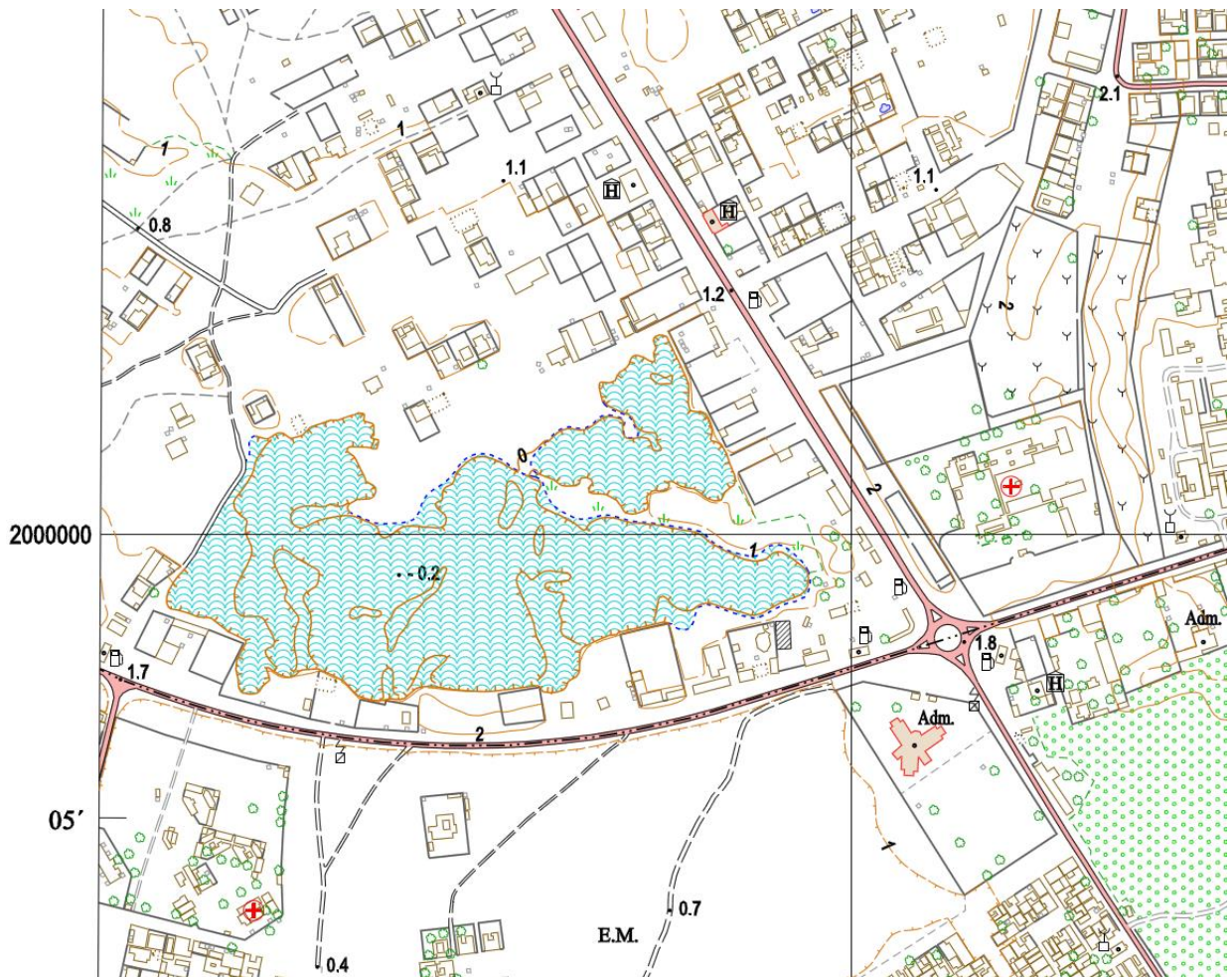
viii. TEVRAGH ZEINA // ESPACES PUBLICS // TRAITEMENT DES PLANS D'EAU + AMELIORATION DES TECHNIQUES DE POMPAGE

Contexte

Le secteur étudié concerne la «réserve naturelle de sel iodé» (Sebkha), site d'extraction et d'exploitation du sel, jusqu'à son interdiction par les pouvoirs publics.

Ce site est situé à un niveau altimétrique d'environ -0.2m. C'est un point en contre bas par rapport à son environnement immédiat, situé entre +0.80m et +2.00m.

Source : plan topographique de la coopération japonaise, voir extrait ci-dessous ▼



NOTA



◀ Le levé topographique réalisé par BMEC concerne quant à lui le site de l'Ambassade du Sénégal, site qui a fait l'objet d'un projet d'aménagement de bassin écologique (voir Nature à Tevragh Zeina par le collectif « En haut »). Ce site accueille par ailleurs actuellement la construction de l'Ambassade du Sénégal. Il ne nous semble pas judicieux de proposer un projet sur ce secteur.



le site d'étude le 19/02/2013 ▲ (Google Earth)



le site d'étude 30/10/2014 ▲ (Google Earth)

Ce secteur a subi de récentes modifications. Un pompage est actuellement en cours de manière à assécher la mare. Des routes en remblai ont été réalisées, vraisemblablement pour délimiter des sous-secteurs et procéder progressivement à leur assèchement, à des fins de construction de logements. Nous pouvons donc imaginer que dans un futur proche le site sera remblayé progressivement...

C'est donc un secteur révélateur de 2 points extrêmement importants, à résoudre par les pouvoirs publics. :

1. **la problématique du manque total de maîtrise du foncier** dont disposent les pouvoirs publics et du refus, à tout niveau, de laisser à l'eau les espaces nécessaires à son stockage. Chaque mètre carré doit être valorisé aux yeux de l'Etat et des propriétaires.
2. **Le pompage perpétuel** : il semble qu'au fil du temps, malgré le pompage, le niveau d'eau reste stable – de la même manière qu'à SOCOGIM PS -, rendant complètement inefficaces les opérations de pompage et la consommation de gasoil, elle-même responsable de l'émission de gaz à effet de serre, eux-mêmes responsables – au moins en partie – du changement climatique, qui menace Nouakchott... loin d'être un cercle vertueux, c'est un cercle vicieux qui est mis en œuvre.



◀ pompage et crépine du bassin
Sud – Est

Tuyau d'évacuation en direction du
littoral ▶



Vue depuis la route en remblai ▼



◀ **pompage et crépine du bassin Sud – Est**

Bassin Ouest ▶

Il semble de visu que l'eau n'a pas la même qualité de part et d'autre de cette voie. Des oiseaux sont présents sur le bassin Ouest mais absents du bassin Est.

Ce constat est vraisemblablement lié au rejet des eaux usées sur la partie Est du bassin.



Le discours que nous tenons ici ne vise aucunement à interdire les constructions au droit de ces parcelles, mais à prendre les dispositions qui s'imposent pour construire sur ces secteurs.
C'est l'objet du présent APS.

Projet

Amélioration de la qualité de l'eau et de l'environnement immédiat par :

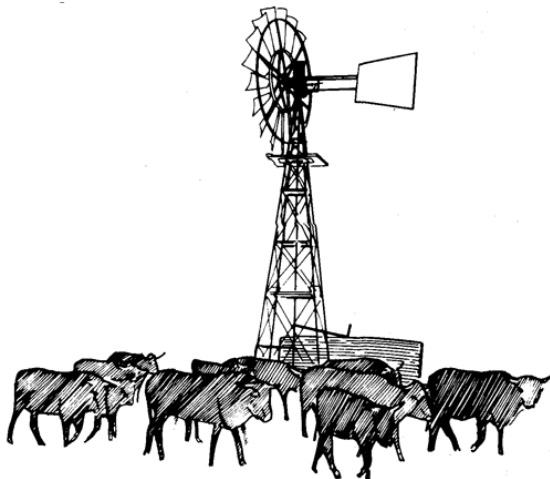
- ➔ TRAITEMENT DU PLAN D'EAU PAR PLATEFORME INNOVANTE DE TYPE AQUAGREEN
- ➔ PLANTATIONS D'ARBRES

Prescriptions pour les constructions, à l'image d'un règlement de PLU :

- ➔ PROSCRIRE LES REMBLAIS DE TOUT VENANT DANS CES SECTEURS
- ➔ PRIVILEGIER LA CONSTRUCTION SUR PILOTIS

Maîtrise du niveau d'eau par :

- ➔ AUGMENTATION DE LA CAPACITE DE STOCKAGE PAR DEBLAIS
- ➔ PLANTATIONS D'ARBRES D'ALIGNEMENT et de BOSQUETS AYANT UNE FORTE DEMANDE EN EAU ET UNE RESISTANCE AU SEL (NIMS)
- ➔ UTILISATION DE POMPAGE NON CONSOMMATEUR DE CARBURANT : Pompe éolienne agricole en acier dite "moulin américain"



« L'énergie éolienne est utilisée pour le pompage de l'eau depuis plusieurs siècles. En réalité, c'est la principale technique appliquée pour l'assèchement des zones étendues des Pays-Bas depuis le XIII^{ème} siècle. Les petites pompes éoliennes, généralement en bois, ont été utilisées pour l'assèchement des marécages (en Hollande) et au pompage de l'eau de mer pour l'extraction du sel (France, Espagne et Portugal). Elles sont également utilisées à grande échelle en Europe et elles le sont encore dans certaines régions comme au Cap Vert.

La principale pompe éolienne utilisée jusqu'à présent est la pompe éolienne agricole dite américaine. Elle comporte normalement un rotor en acier à plusieurs pales, semblable à un ventilateur, et elle entraîne généralement une pompe à mouvement alternatif normalement au moyen d'une boîte de démultiplication, directement monté sur une pompe à piston installée dans le forage se trouvant juste au dessous. » (Source : fao.org)

- ➔ Ce secteur possède toutes les qualités d'un site pilote pour un écoquartier et plus largement pour un urbanisme durable, d'adéquation entre logement et eaux pluviales.



Dimensionnement

Le dimensionnement de la plateforme de traitement des eaux (type Aquagreen) est effectué sur la base des analyses d'eau, en situation initiale.

Il permet de paramétrer les débits de recirculation, et la taille des panneaux solaires.

Les paramètres suivants sont à tester :

- > Température eau (°C)
- > Taux d'oxygène (mg/L)
- > Taux de saturation d'oxygène (%)
- > Potentiel d'Oxydo Réduction (ORP en mV)
- > pH
- > Conductivité (S.m-1)
- > MES Matière En Suspension (mg/L)
- > DBO5 Demande Biologique en Oxygène à 5 jours (mg/L)
- > DCO Demande Chimique en Oxygène (mg/L)
- > Nitrates (mg/L)
- > Nitrites (mg/L)
- > Azote Kjeldahl (mg/L)
- > Azote ammoniacal (mg/L)

Les paramètres font l'objet d'un suivi au cours du temps, afin d'évaluer l'efficacité de la plateforme et l'évolution des indices de qualité de l'eau.

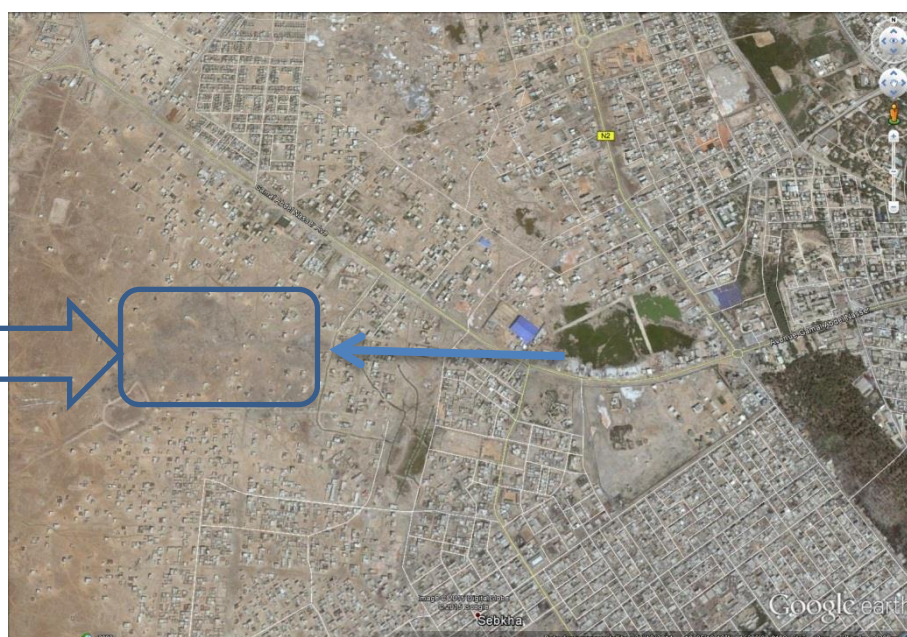
Plusieurs analyses d'eau (3 prélèvements) seront menées sur ce plan d'eau dans le cadre de la présente mission.

Le dimensionnement de la pompe éolienne et de son réservoir de mise en charge est basé sur :

- L'équivalence avec les capacités de pompage actuellement en place (mesure du débit de sortie)
- La nécessité de vidange en période d'hivernage
- La perte de charge dans le réseau en aval jusqu'à l'acheminement à la zone de vidange

Le terrain envisagé pour effectuer la vidange et le stockage, jusqu'à évaporation et infiltration est le suivant. Il se situe à environ 3km du secteur d'étude :

Secteur situé à +0.8m (à excaver) et contenir par merlon, recevant l'eau de la mare de Tevragh Zeina



Estimation des travaux

N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
BASE						
1	Déblais en point bas non constructible pour rejet des eaux pompées et réalisation de merlons	m³	5 000,00	1 500	7 500 000	20 270,27
2	Pompe éolienne américaine pour une puissance équivalente à la pompe à gasoil	F	1,00	6 000 000	6 000 000	16 216,22
3	Mise en œuvre d'une cuve de stockage en surélévation - fond à +2,00m, de 50m³ - point de passage de l'eau pompée	F	1,00	5 000 000	5 000 000	13 513,51
4	Canalisation diamètre 300mm pour rejet vers un point bas non constructible, terrains non attribués	ml	3 000,00	20 000	60 000 000	162 162,16
5	Canalisation diamètre 300mm de communication entre bassins	ml	20,00	6 000	120 000	324,32
6	Système innovant de traitement des plans d'eau - de type Aquagreen, à fonctionnement photovoltaïque, y compris transports - amenée par conteneurs - et équipe de pose et formation - suivi de l'état biologique du plan d'eau	F	1,00	15 000 000	15 000 000	40 540,54
7	Plantation d'arbres	u	100,00	25 000	2 500 000	6 756,76
TOTAL BASE H.T.					96 120 000,00	259 783,78
Le calcul du ratio d'investissement au mètre carré est ici difficilement appréciable : la mare draine en effet les eaux pluviales et usées d'un bassin versant dont nous ne connaissons pas les limites précises. Il s'agit en revanche d'une installation centralisée permettant de gérer à la fois les eaux pluviales, en assurant leur transit - et les eaux usées - en assurant leur épuration - sur l'ensemble du bassin versant de cette mare.						
NOTA : LES DISPOSITIONS DE CONSTRUCTION SUR PILOTIS NE FONT PAS PARTIE DU PRESENT CHIFFRAGE. ELLES SONT A PRENDRE PAR LES PROPRIETAIRES DES TERRAINS ATTRIBUES.						

Echelle : 1/1000°

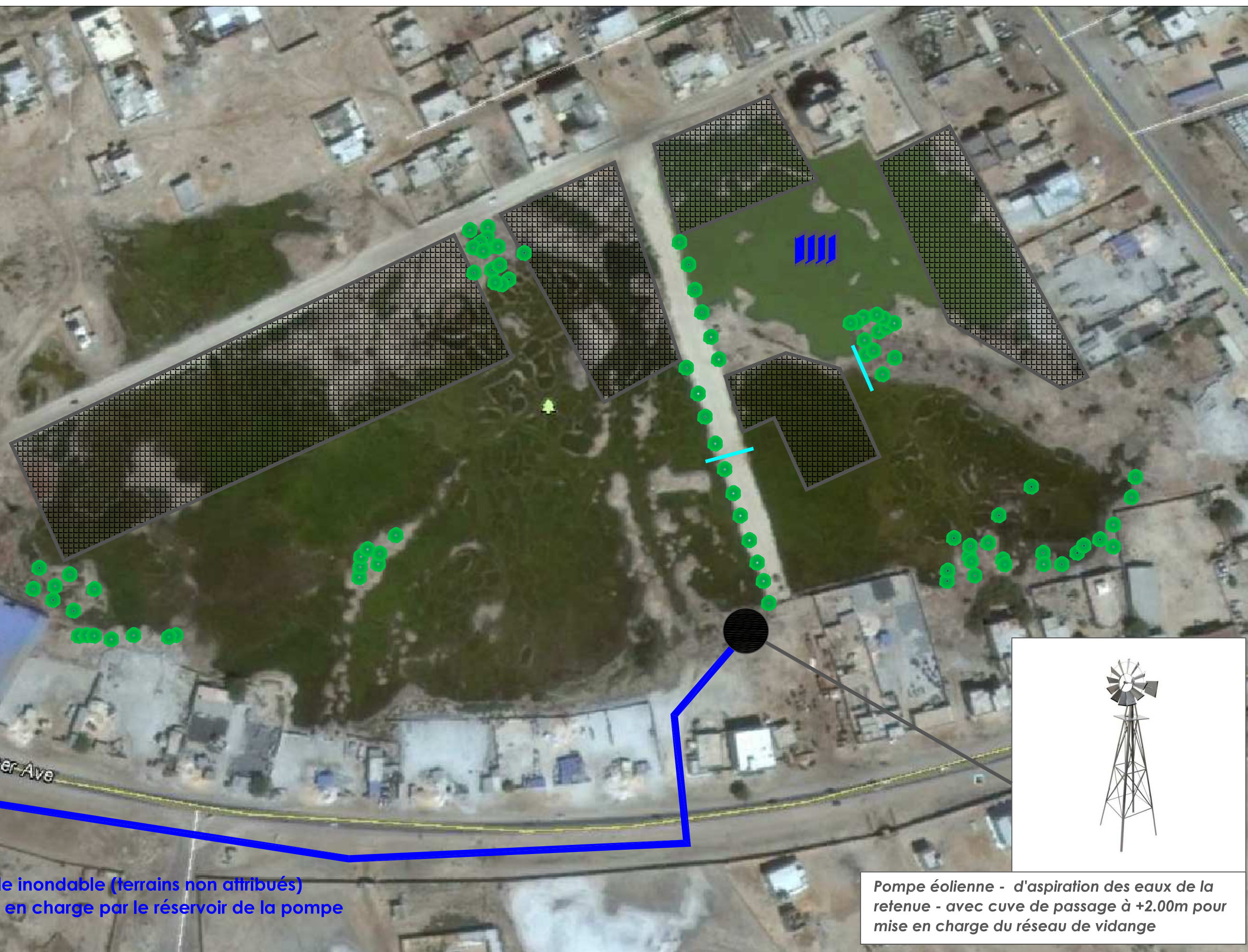
Orientation :



Légende :

Projet :

-  Arbre projet
-  Plateforme de traitement de l'eau (photovoltaïque)
-  Secteur de construction sur pilotis
-  Canalisations transportant eau jusqu'à zone de dépression non constructible Ø300 béton armé
-  Canalisations de communication entre bassins Ø300 béton armé



Vers zone non constructible inondable (terrains non attribués)
écoulement gravitaire mis en charge par le réservoir de la pompe
éolienne à +2.00m

Pompe éolienne - d'aspiration des eaux de la
retenue - avec cuve de passage à +2.00m pour
mise en charge du réseau de vidange

ix. TEVRAGH ZEINA // ESPACES PUBLICS // STOCKAGE DES EAUX PLUVIALES SOUS ACCOTEMENTS DISPONIBLES (NON MINERALISES)

Contexte

Le secteur d'étude est concerné par le projet structurant d'assainissement du MHA. Il s'agit donc ici de proposer un type de projet décontextualisé.

En effet le gabarit (largeur d'emprise publique) du secteur étudié se retrouve fréquemment dans les rues de Teveragh Zeina. La carte des zones d'intervention prioritaire (annexe 3.3 – Teveragh Zeina) indique des implantations possibles pour ce type de projet :



- Réseau d'éclairage public souvent inexistant compte tenu de l'équipement de l'espace public par candélabre à panneaux solaires.
- Réseau d'adduction d'eau potable
- Réseaux électriques
- Réseaux Télécom
- ➔ Sondages manuels à réaliser avant travaux pour reconnaissance réseaux

Projet**Drainage des rues :**

- DRAINAGE PAR CANIVEAU EN BETON PERFORE DANS LE FOND, POSE SUR LIT DE CAILLOUX ENTOURES DE GEOTEXTILE
- INJECTION AVEC BOUCHES A GRILLE D'INJECTION EQUIPEES DE FILTRE ADOPTA

Stockage des eaux sous accotements :

- PAR MASSIF DRAINANT AVEC GEOTEXTILE en liaison directe avec le caniveau béton

ENTRETIEN :

- FERMETURE DES BOUCHES A GRILLE EN PERIODE SECHE (RETIRER LA GRILLE ET REMPLACER PAR TAMPON PLEIN (BETON OU ACIER)
- EN JUILLET, AVANT CHAQUE HIVERNAGE : RETIRER LE TAMPON PLEIN, RETIRER LE FILTRE, LE LAVER A L'EAU SOUS PRESSION, REMETTRE LE FILTRE EN PLACE, REPOSER LA GRILLE

Dimensionnement

L'objectif à atteindre est le suivant : chaque mètre linéaire de voirie doit pouvoir disposer des capacités de stockage de la pluie de projet tombant sur ce même mètre linéaire de voirie :

Pour une emprise publique totale de :

6m d'accotement + 6m de chaussée + 8m d'accotement = **20ml d'emprise**

Volume à stocker :

Hypothèse : 90% des eaux de pluie à stocker (coefficient de ruissellement de 0.9)

Surface d'étude : 20 m²

Volume pour pluie max journalière, y compris ruissellement : $0.9 * 68 \text{ mm} * 20 \text{ m}^2 =$ **1.22m³/ml**

Stockage (y compris au sein des éléments drainants – fonctionnement en charge du système) :

Caniveau béton 60x60 : $1\text{m} * 0.6 * 0.6 =$ **0.36 m³/ml**

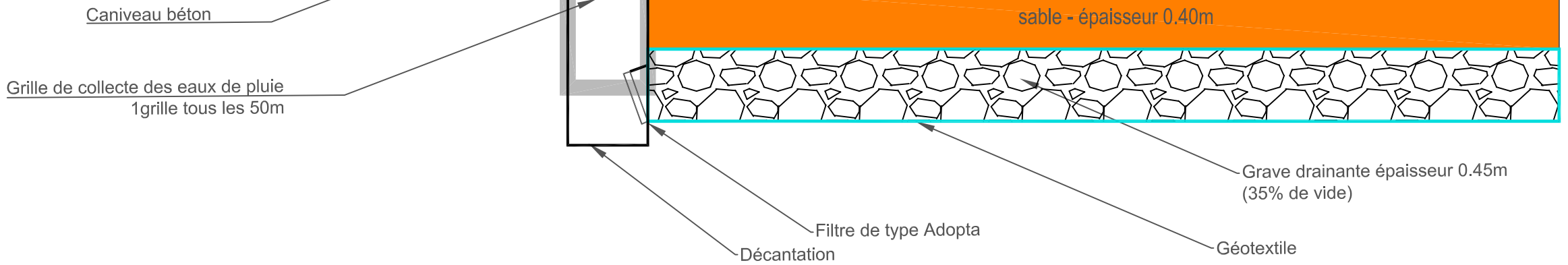
Massif drainant hauteur 0.45m : $1 * 6 * 0.45 * 0.35 =$ **0.95 m³/ml**

Stockage total : **1.31 m³/ml**

Estimation des travaux

N°	DESIGNATION	U	QUANT.	P.U. H.T. (UM)	TOTAL H.T. (UM)	TOTAL H.T. (€)
BASE						
	POUR 500ML DE VOIRIE DE LARGEUR D'EMPRISE 20m					
1	Mise en œuvre de caniveau béton 60x60	ml	500,00	20 000	10 000 000	27 027,03
2	Mise en œuvre de massifs drainants, hauteur 45cm, largeur totale 6m - éventuellement sous 2 accotements -, sous 40cm de sable, y compris terrassements : - massif de capacité 1,35m³/ml - volume total de 3,95m³/ml (indice de vide=0,35)	m³	2 025,00	15 000	30 375 000	82 094,59
3	Mise en œuvre de grilles de collecte des eaux pluviales, y compris filtre de type ADOPTA	u	10,00	300 000	3 000 000	8 108,11
4	Mise en œuvre de regard d'assainissement pour pompage des eaux stockées	u	5,00	30 000	150 000	405,41
5	Evacuation des terrassements en déblais vers le cordon dunaire	m³	1 350,00	1 000	1 350 000	3 648,65
TOTAL BASE H.T.					44 875 000,00	121 283,78
	surface traitée	m²	10 000	ratio (UM et € /m²)	4 488	12

NOTA : la technique employée (association entre un massif drainant et un caniveau béton) ne vient pas en complément d'un réseau d'assainissement d'eaux pluviales par collecteurs (tuyau) : il le remplace intégralement.



3. CONCLUSIONS : ORIENTATIONS DES APS A PROPOSER

Les orientations quant aux APS à réaliser en priorité doivent tenir compte en premier lieu de la question foncière. Le programme ACCVC doit pouvoir s'assurer que les emprises de projet sont des emprises libres et non attribuées. Sur ce point la Direction du contrôle urbain peut apporter son expertise sur le sujet.

Coûts d'investissement

Nous rappelons que le coût d'investissement des différents projets proposés est directement lié :

- **A la pluie de dimensionnement, décrite au paragraphe G du présent rapport**
- **A la surface de chacun des projets, donnée sur chacune des estimations de travaux**
- ➔ De l'analyse des ratios d'investissement (UM/m² et €/m²) calculés pour chaque APS, il résulte que les projets les plus rentables sont ceux qui nécessitent le foncier disponible et non circulé le plus important, il s'agit en particulier des projets intégrant :
 - o **Les bassins béton (dont 1 m3 construit permet de stocker 1m3 d'eau)**
 - o **Les étendues d'eau à ciel ouvert (mare, mais également terrain de football drainant)**

Lorsque le foncier disponible se fait rare et que les ouvrages doivent permettre également d'être le socle d'activités urbaines et de circulation automobile, la plurifonctionnalité de l'ouvrage engendre une augmentation du coût d'investissement. (Massifs drainants)

Les **objectifs de stockage**, pour chacun des APS, correspondent, comme nous l'avons vu, à une pluie de retour 20 ans. Il convient de préciser que le coût d'investissement diminuerait en considérant par exemple une période de retour de 10 ans. L'investissement n'en serait pas moins inutile et permettrait de réduire les fréquences d'inondation, de réduire leur durée ainsi que les hauteurs d'eau.

Variantes économiques

Les produits d'importation, à caractère innovant, décrits dans ce rapport, présentent l'inconvénient du coût, d'investissement mais aussi de transports. Même si le transfert de certaines technologies exposées (comme le Green Boost ou l'Aqua green) n'est pas possible pour raison de brevet, certaines techniques peuvent faire l'objet de variantes locales. A titre d'exemple :

- L'empilement sur 2 étages de casiers plastiques (de type casier à bouteille) peut assurer les mêmes fonctions (à moindre résistance) que les structures alvéolaires en PEHD
- Les flotteurs de l'Aqua green peuvent être remplacés par des bidons plastiques de récupération, sous réserve de respecter les mêmes volumes que pour la version commercialisée.
- La pompe éolienne « américaine » peut être réalisée localement, le fonctionnement étant purement mécanique.

Evaluation de l'efficacité des projets

Quel que soit le type d'APS à mettre en œuvre, l'évaluation de son efficacité est un point primordial.

La mise en œuvre sur le terrain d'un projet pilote, dimensionné pour une pluie de projet décrite au présent rapport, devra s'accompagner impérativement d'un suivi sur plusieurs paramètres :

- **Intensité de l'épisode pluvieux en présence** : un pluviomètre devra être posé sur le lieu de projet, de manière à évaluer l'intensité de pluie rencontrée (inférieure ou supérieure à la pluie de dimensionnement). Sur ce point, un partenariat avec l'ONM doit être envisagé, de manière à ce que le suivi météorologique soit suivi par des professionnels.
- **Suivi du remplissage des ouvrages** : les projets de stockage proposés dans le présent rapport intègrent systématiquement des regards visitables, en connexion directe avec les ouvrages de stockage. Ces regards visitables se mettront en charge dans la même mesure que les ouvrages non visitables : un relevé de la hauteur d'eau de remplissage doit être effectué régulièrement durant l'hivernage. Les valeurs seront mises en relation avec les intensités de pluie mesurées précédemment.

Etudes complémentaires

Le présent rapport ne constitue aucunement un cahier des charges suffisant pour la réalisation de projet pilote en phase travaux.

En fonction des APS sélectionnés par le programme ACCVC, ceux-ci devront faire l'objet d'études plus approfondies et plus détaillées, de plans et coupes précis, d'un cahier des charges détaillé. Ces premières orientations permettent de définir une enveloppe budgétaire, un ensemble de techniques innovantes et de décrire succinctement les solutions proposées.

Par ailleurs, les dimensionnements des ouvrages devront être confirmés par :

- Des sondages manuels préalables
 - o De reconnaissance des réseaux enterrés bien sûr
 - o Mais également de reconnaissance des poches d'eau et de leur altimétrie
- Un sondage géotechnique à grande profondeur pour confirmer la faisabilité du puits perdu, exutoire potentiel pour les eaux après traitement (1)
- Des analyses de la qualité des eaux devant être récupérées par les ouvrages et traitées par les techniques décrites au présent rapport (2)

(1) un sondage géotechnique sera commandé, dans le cadre de la présente mission, pour la vérification de la perméabilité à grande profondeur.

(2) Des analyses d'eau seront réalisées, dans le cadre de la présente mission. Le cahier des charges indiquera les implantations des prélèvements à effectuer.

Qualification des entreprises et contrôle des travaux

Les propositions techniques du présent rapport nécessitent des mises en œuvre spécifiques, et un contrôle impératif lors de la réalisation des travaux. La qualité de la mise en œuvre, et le strict respect du cahier des charges par les entreprises garantiront l'efficacité des systèmes proposés.

A titre d'exemple, la mise en œuvre d'un géotextile anti contaminant doit faire l'objet d'une attention particulière, pour que le système reste viable et que le massif ne se colmate pas à brève échéance.

Les techniques proposées nécessitent donc à la fois une maîtrise technique par l'entrepreneur mais également par le maître d'œuvre de contrôle des travaux.

Topographie et implantation altimétrique des ouvrages

Les travaux topographiques, en particulier d'implantation des ouvrages, sont un point extrêmement important du fonctionnement des ouvrages. Les topographes d'entreprises doivent être formés à la topographie de grande précision. Compte tenu de la topographie peu marquée et des nécessités de créer des écoulements gravitaires, une erreur d'implantation peut avoir des effets négatifs sur le projet mis en œuvre et sur son efficacité.

Mesures d'urgence

Au-delà des propositions de projets pilotes, il nous semble important d'apporter une critique vis-à-vis les mesures d'urgence constatées sur l'ensemble de la Ville, qui constituent des habitudes de fonctionnement mais qui vont à l'encontre des objectifs recherchés contre les inondations.

En priorité, il semble impératif de proscrire l'utilisation de sable fin en matériau de remblai, cette technique ne constituant qu'un report du problème sur les avoisinants, et donc des travaux sans fin...

L'utilisation de matériau drainant en remblai (devant les maisons en particulier) doit être rendue obligatoire.

4. ANNEXES

Annexe 1 : périmètre du projet d'assainissement – 1ère phase (MHA)

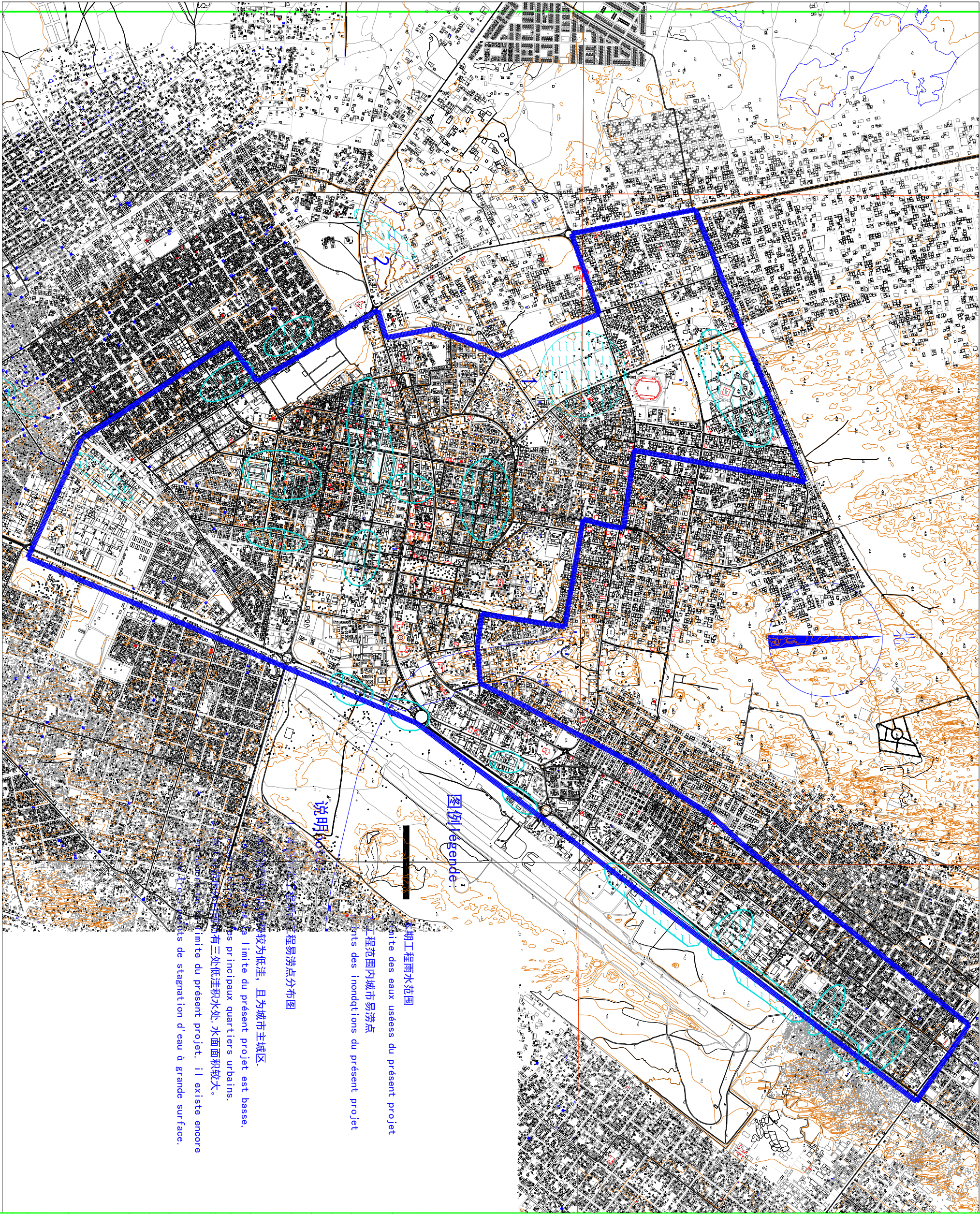
Annexe 2 : Essais de drainage / stockage dans une couche de cailloux de béton (SEPHIA)

Annexe 3 :

Cartes des sites prioritaires d'intervention (SEPHIA sur fond cartographique Google Earth 2014)

- El mina
- Sebkha
- Tevragh Zeina

profession	signature	date



désignation	雨水工程易涝点分布图
N0	02
légende	1 : 2000
version	V0
date	2014. 03
conception	
vérification	
approbation	
validation	
responsable de profession	
phase de conception	programme
no. de profession	
designation	
no. de projet	
nom du projet	travaux de l'assainissement de la ville de Nouakchott Mauritanie
institut des études de la construction urbaine	
No. de qualification	A111000795
les droits de possession de ce plan est à notre institut, toute utilisation hors du présent projet est interdite	

ESSAI DE DRAINAGE / STOCKAGE

DANS UNE COUCHE DE CAILLOUX DE BETON



COMPARAISON ENTRE :

CAILLOUX DE BÉTON DE DÉMOLITION

HOTEL MARHABA – COMMUNE DE KSAR – NKTT

SABLE DE SURFACE DES ESPACES PUBLICS

PROXIMITE C.U.N. - COMMUNE DE KSAR – NKTT



COMPOSITION DES ECHANTILLONS



- SABLE EN SURFACE
- GEOTEXTILE « MAISON »
- CAILLOUX DE BETON
- FOND ETANCHE

- SABLE EN SURFACE
- SABLE EN PROFONDEUR
- FOND ETANCHE

SIMULATION D'UNE PLUIE

(MEME QUANTITE D'EAU VERSEE SUR CHAQUE ECHANTILLON)



Quantité
introduite

Pas d'eau en surface

Quelque millimètres d'eau en surface



ET EN PROFONDEUR ?

LES VIDES ENTRE LES CAILLOUX SE
SONT REMPLIS D'EAU
Jusqu'à environ moitié de la hauteur

LE SABLE EST RAPIDEMENT SATURE EN
EAU L'EAU NE PEUT PLUS PENETRER
> Débordement



DISPOSITIONS COMPLEMENTAIRES



- **PRÉVOIR UN EXUTOIRE** (ÉVACUATION) POUR VIDANGER L'EAU STOCKÉE ENTRE 2 ÉPISODES PLUVIEUX
 - POINT BAS : **BASSIN OU PUIT DE RÉCUPÉRATION DES EAUX PLUVIALES**
À ASSOCIER À UN JARDIN DE MARAICHAGE, LIEU DE RÉUNION ENTRE **TRAME VERTE ET BLEUE**
 - EN CAS DE NÉCESSITÉ, REJET ÉVENTUEL DES **EXCÉDENTS VERS LA NAPPE PHRÉATIQUE** (BISEAU SALE)
VIA UN FORAGE À TRAVERS LES COUCHES IMPERMÉABLES.
- **MISE EN PLACE D'UN FEUTRE GEOTEXTILE** À L'INTERFACE ENTRE SABLE ET CAILLOUX DE BETON
- **AMÉLIORATION** DE LA VIDANGE PAR MISE EN PLACE DE **DRAINS ROUTIERS** AU SEIN DES MASSIFS DRAINANTS
- **FACILITER L'INJECTION** DES EAUX PLUVIALES DE SURFACE VERS LE MASSIF PAR DES **BOUCHES À GRILLE** À DECANTATION PROFONDE (RISQUE D'ENSABLEMENT)
- **ASSURER UN CONTRÔLE DES INSTALLATIONS AVANT HIVERNAGE** (UTILISATION DES CAMIONS ASPIRATEURS UTILISÉS POUR LES VIDANGES DE FOSSE SEPTIQUES – MATÉRIEL DISPONIBLE)
- LE SABLE PROVENANT DES **DEBLAIS ALIMENTERA LE CORDON DUNAIRE**, DANS LE CADRE DE SON RENFORCEMENT

UTILISATIONS POSSIBLES ? A QUELS ENDROITS ?

- TOPOGRAPHIE DE NOUAKCHOTT COMPOSEE DE NOMBREUX POINTS HAUTS / POINTS BAS
 - À DES NIVEAUX TRÈS LOCAUX
 - À L'ECHELLE D'UN QUARTIER / D'UNE COMMUNE
- AUX ENDROITS REPERTORIES COMME INONDABLES (VOIR CARTE OSPUN)
- CORPS DE CHAUSSÉES NEUVES OU RESTRUCTURÉES (Y COMPRIS VOIRIES LOURDES)
- TERRAIN DE SPORT, DE LOISIRS, TERRAINS DE JEUX D'ENFANTS
- REMBLAIS DE MAISONS
- TRANCHÉES DE RÉSEAUX EAUX USÉES
- DANS LE TISSU EXISTANT : SOUS TROTTOIR EN TENANT COMPTE DE LA PRÉSENCE DES RÉSEAUX

LE COUT ? L'INVESTISSEMENT ?

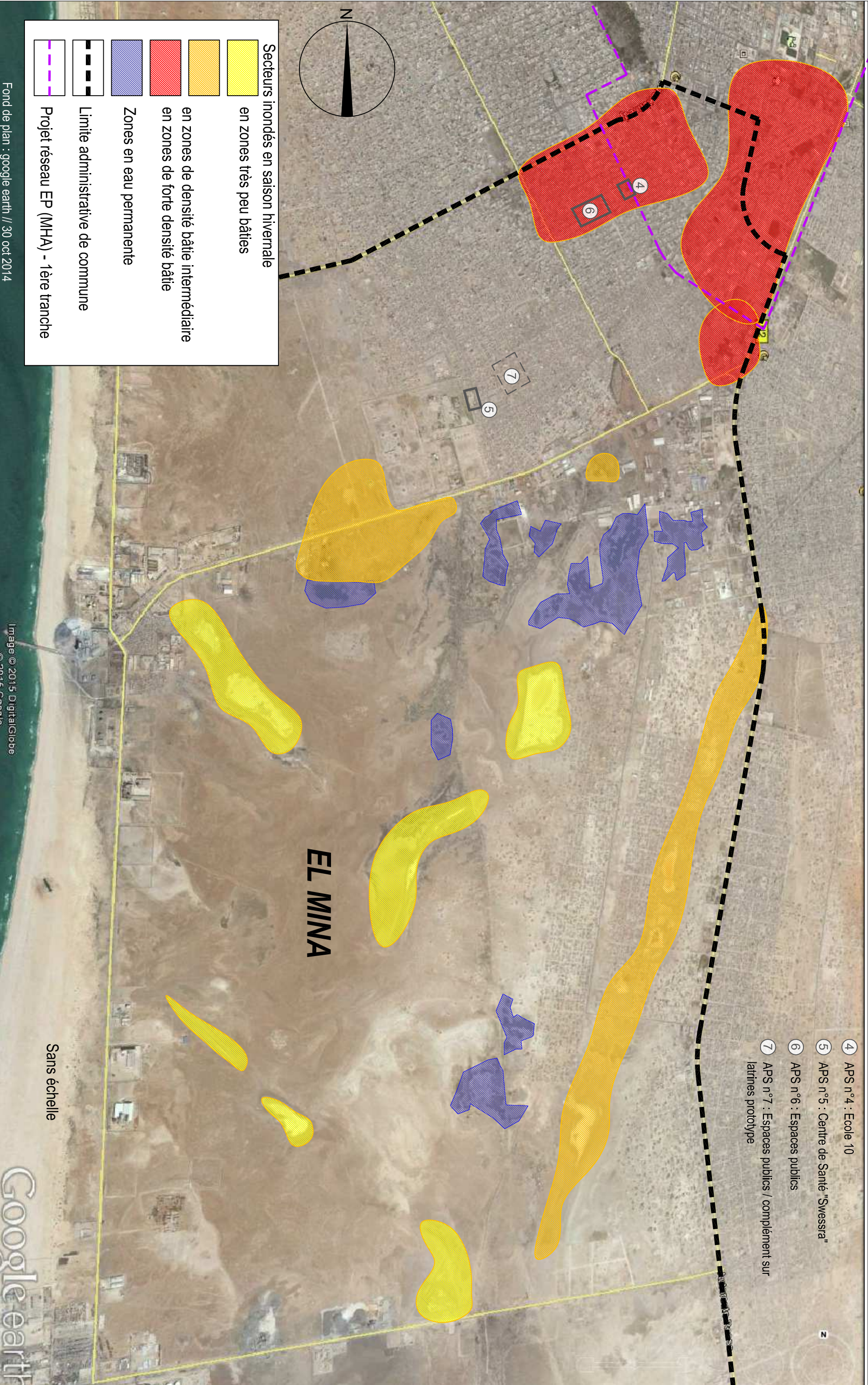


- ➔ **A COMPARER** AVEC LES SOMMES INVESTIES POUR LA GESTION DES INONDATIONS DANS L'URGENCE
- ➔ **PLURIFONCTIONNALITÉ DES OUVRAGES :**
LE MATÉRIAU DE BETON SERT A LA FOIS :
 - DE FONDATION D'OUVRAGE (NECESSAIRE DANS TOUS LES CAS)
 - DE GESTION DES EAUX PLUVIALES (EN LIEU ET PLACE D'UN RÉSEAU COUTEUX ET PROFOND)
- ➔ **DÉVELOPPEMENT D'UNE INDUSTRIE DE CRIBLAGE CONCASSAGE** (SUR LE PORT DE L'AMITIE ?)
ACTIVITE ECONOMIQUE / CRÉATION D'EMPLOIS



SEPHIA S.A.S.
28, AVENUE DES ARTS
94100 SAINT-MAUR-DES-FOSSES
FRANCE
TÉL : +33.(0)1.48.85.09.00
SEPHIA@SEPHIA.FR
WWW.SEPHIA.FR

DECEMBRE 2014



Fond de plan : google earth // 30 oct 2014



Maîtrise d'oeuvre : SEPHIA
28, avenue des Arts - 94100 Saint-Maur-des-Fossés
Mail: sephia@sephia.fr - Web: www.sephia.fr
Tel. +33 1 48 86 09 00



Maîtrise d'ouvrage : GIZ
Coopération allemande au développement
Bureau de la GIZ à Nouakchott - ILOT V - BP 5217

Programme - Adaptation au Changement Climatique des Villes Côtières (ACCVC)
Mission - Expertise Hydrologique & Génie Civil
Identification des zones d'actions prioritaires - Commune de El Mina

14/01/2015

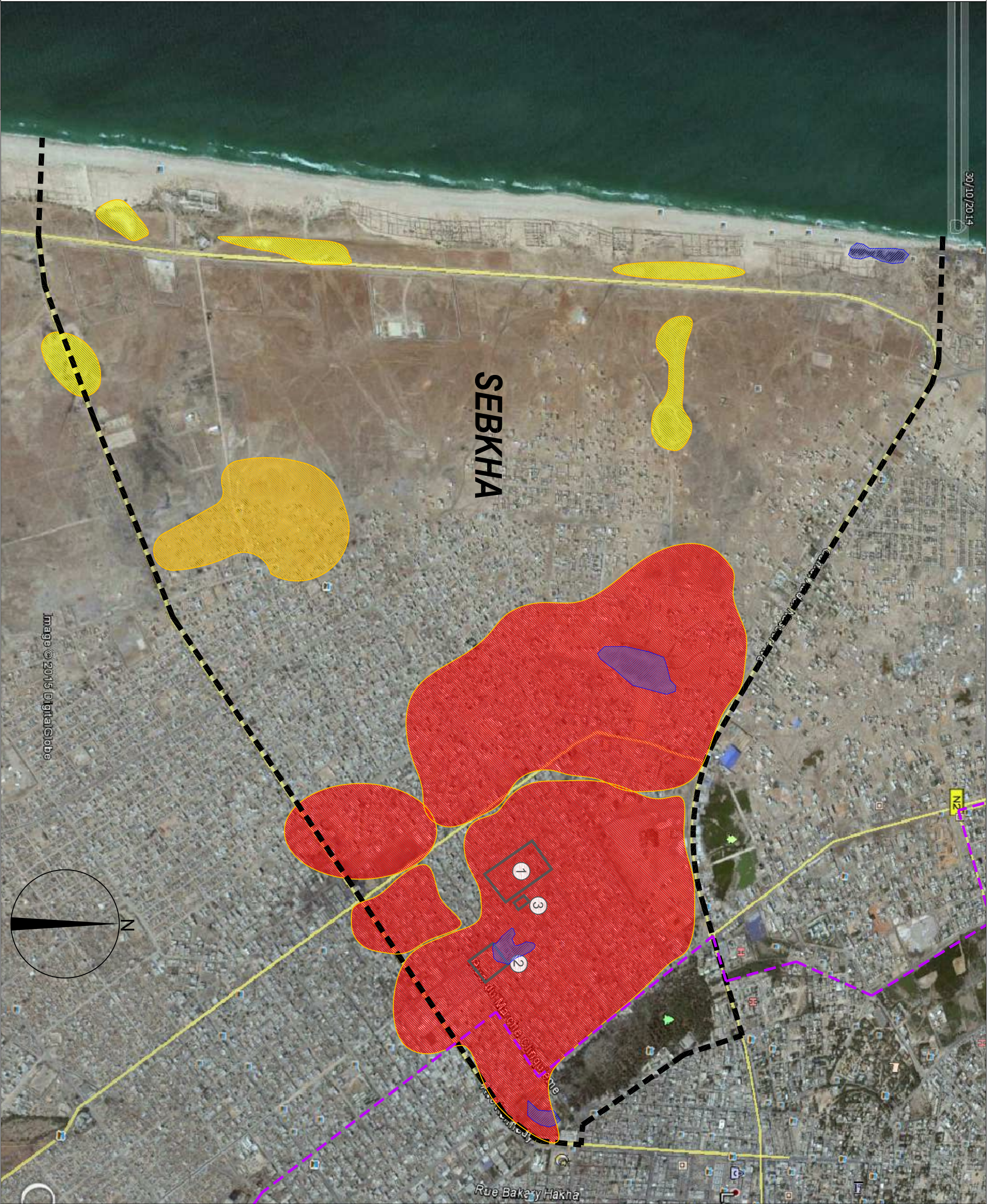
Ind. 0

Secteurs inondés en saison hivernale

- en zones très peu bâties
- en zones de densité bâtie intermédiaire
- en zones de forte densité bâtie
- Zones en eau permanente
- Limite administrative de commune
- Projet réseau EP (MHA) - 1ère tranche

- ① APS n°1 : Espaces publics "3ème bloc"
- ② APS n°2 : Centre de Santé Sebkhna et ses abords
- ③ APS n°3 : Ecole 12

Fond de plan : google earth // 30 oct 2014
Analyse des secteurs inondés - via Google Earth - :
hivernages 2011/2012/2013/2014



SEPHIA

INGÉNIERIE

Maitrise d'oeuvre : SEPHIA

28, avenue des Arts - 94100 Saint-Maur-des-Fossés

Mail: sephia@sephia.fr - Web: www.sephia.fr

Tel: +33 1 48 86 09 00



Maitrise d'ouvrage : GIZ

Coopération allemande au développement

Bureau de la GIZ à Nouakchott - ILOT V - BP 5217

Programme - Adaptation au Changement Climatique des Villes Côtières (ACCVC)

Mission - Expertise Hydrologique & Génie Civil

Identification des zones d'actions prioritaires - Commune de Sebkhna

14/01/2015

Ind. 0

