

# Programme de Mitigation des Inondations de Thiaroye



Dossier Hydraulique, Janvier 2010

Urbanistes Sans Frontières International

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
<b>2. CONTEXTE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. BASSINS DE RETENTION .....</b>	<b>5</b>
3.1. OBJECTIFS .....	5
3.2. DRAINAGE.....	5
3.3. STOCKAGE.....	6
3.4. POMPAGE .....	6
3.5. INFILTRATION.....	7
3.6. CONCLUSION.....	7
<b>4. SIMULATION .....</b>	<b>8</b>
4.1. THESE.....	8
4.2. METHODE.....	8
4.3. SCENARI.....	18
4.4. RESULTATS .....	23
<b>5. VARIATIONS SAISONNIERES .....</b>	<b>26</b>
5.1. PROBLEME.....	26
5.2. SOLUTIONS.....	27
<b>6. QUALITE DE L'EAU .....</b>	<b>28</b>
6.1. PROBLEME.....	28
6.2. SOLUTIONS.....	30
<b>7. CONCLUSION .....</b>	<b>31</b>
<b>8. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>32</b>
<b>9. CONTACTS .....</b>	<b>33</b>
<b>10. CITATIONS.....</b>	<b>34</b>
<b>11. ANNEXES .....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUCTION

Le Dossier Diagnostic publié en octobre 2009 a suscité l'intérêt de différents ministères à Dakar, de représentants de la Banque Mondiale et de UN-Habitat envers les stratégies proposées. Suite à ce premier rapport, un approfondissement de la problématique hydraulique a été jugé nécessaire. Le présent document développe le volet réhabilitation des forages<sup>1</sup> et la composante hydraulique de la restructuration<sup>2</sup>. Il montre l'interaction entre nappe phréatique et bassins de rétention, entre le plan Jaxaay et le projet SONES-PDMAS et identifie les problèmes à résoudre pour une gestion intégrée des inondations dans cette optique.

Ce rapport constitue une première approche des questions qui pourront être développées ultérieurement sur les aspects 'qualité d'eau', 'assainissement', 'bassins hydrauliques' et 'planification urbaine'.

## 2. CONTEXTE

Cette étude se base sur l'interaction de deux projets clé : le projet 'Mobilisation de Ressources en Eau Alternatives pour l'Irrigation dans la Région de Dakar' du PDMAS<sup>3</sup> et de la SONES<sup>4</sup> ainsi que le projet Plan Jaxaay sous tutelle du Ministère de l'Urbanisme.

Le projet SONES-PDMAS se base sur les études d'avant-projet sommaire (APS) réalisées en 2004 dans le cadre du 'Projet Eau à Long Terme'<sup>5</sup>. Ces études démontrent la faisabilité économique d'une irrigation maraîchère valorisant les eaux de Thiaroye; en effet, les maraîchers subissent aujourd'hui une pénurie d'eau et sont contraint d'acheter de l'eau potable pour l'irrigation alors que les populations de Thiaroye subissent un excès d'eau et ne peuvent disposer d'eau potable sous peine d'augmenter les inondations urbaines.

Les études d'avant-projet détaillé (APD) réalisées en 2008<sup>6</sup> montrent la faisabilité technique et les coûts du dispositif hydraulique permettant d'acheminer 16'000 m<sup>3</sup>/jour de Thiaroye à Sangalkam.

---

<sup>1</sup> Dossier 'Diagnostic', chapitre 5.1

<sup>2</sup> Dossier 'Diagnostic', chapitre 5.2

<sup>3</sup> Programme de Développement des Marchés Agricoles du Sénégal

<sup>4</sup> Société Nationale des Eaux du Sénégal

<sup>5</sup> World Bank, Long Term Water Project Sector, Project Appraisal Document, 2003

<sup>6</sup> Cabinet Merlin – Senagrosol, Avant Projet Détaillé, Mobilisation de ressources en eau alternatives pour l'irrigation dans la Région de Dakar, 2008

Les appels d'offres liés au tronçon Beer Thilane – Sangalkam ont commencés en août 2009. Cependant, comme le souligne le dossier 'Diagnostic', aucune réalisation n'est prévue à court terme sur le tronçon Thiaroye-Beer Thilane. Ceci découle principalement d'un manque de compréhension du projet en tant que synergie urbaine-agricole.

Le projet Plan Jaxaay, initié par l'état du Sénégal face à la situation d'urgence, a creusé entre 2005 et 2009 trois bassins 'de stockage et d'infiltration' (Bagdad, Niety Mbars, Gounass) situés à l'intérieur du périmètre de restructuration<sup>7</sup>. Les interventions portent sur un périmètre total de 22 hectares<sup>8</sup>. Sur les 2097 maisons officiellement recensées inondées dans les communes de Djiddah Thiaroye Kao et Médina Gounass, Plan Jaxaay aurait attribué un total de 3058 logements pour le relogement des familles anciennement résidentes des zones de Bagdad, Niety Mbar et Médina Gounass<sup>9</sup>. Les travaux de deux bassins supplémentaires est prévu courant 2010.

L'interaction entre les deux projets se situe principalement sur les ouvrages de 'bassins de rétention'. En effet, à cause de la nappe affleurante, les bassins réalisés par le Plan Jaxaay sont saturés à la saison sèche et débordent à la saison des pluies<sup>10</sup>. Ces bassins ne pourront, de ce fait, avoir une fonction de régulation des eaux pluviales que dans la mesure où le niveau de la nappe sera réduit. C'est sur ce point que la deuxième phase du projet SONES-PDMAS apporte une réponse pertinente.

Le dimensionnement des bassins de rétention-infiltration n'a pas jusqu'ici fait l'objet d'études; leur tracé a été déterminé en fonction des zones inondées à évacuer. Le présent rapport se base sur l'interaction potentielle de ces deux projets pour redéfinir le rôle des bassins en tenant compte de l'influence de la nappe phréatique.

---

<sup>7</sup> Figure 6. Ensemble du périmètre d'intervention, comportant six bassins versants. En rouge, les zones sinistrées déterminées à partir des relevés satellitaires de mars 2009. En violet, les bassins creusés par le plan Jaxaay entre 2005 et 2009 et mesurés d'après les mêmes relevés.

<sup>8</sup> Plan Jaxaay, Réalisation et Perspectives, 2009

<sup>9</sup> On notera que selon les chiffres officiels (Plan Jaxaay, Réalisation et Perspectives, 2009), plus de maisons ont été attribuées que de familles inondées.

<sup>10</sup> Dossier Diagnostic, Figure 4, p.24

## 3. BASSINS DE RÉTENTION

### 3.1. Objectifs

Nous examinerons dans ce chapitre le rôle d'un système de gestion des eaux pluviales utilisant des bassins de rétentions. Ceci sera comparé à la situation actuelle afin d'évaluer les dispositifs mis en œuvre par le Plan Jaxaay et déterminer les améliorations nécessaires.

L'objectif théorique d'une infrastructure de bassins de rétentions est une meilleure gestion des eaux pluviales dans les quartiers visant à réduire les dégâts causés par les fortes pluies saisonnières. Cette gestion peut se décomposer sommairement en trois phases : *un drainage* qui vise à collecter les eaux de pluies d'un bassin versant, *un stockage* qui permet d'écarter les volumes ruisselés, puis finalement *une extraction* nécessaire afin de vider les bassins. Cette extraction peut être réalisée soit par pompage des bassins soit par infiltration de la nappe.

### 3.2. Drainage

Actuellement, La collecte des eaux pluviales est assurée par un drainage gravitaire spontané résultant du relief interdunaire des anciennes Niayes. En effet, les rues secondaires en sable sont pour la plupart construites perpendiculairement aux courbes de niveau et assurent un écoulement en surface des points les plus hauts vers les bassins creusés. Ce drainage rencontre les problèmes suivants :

- Les écoulements sont incomplets et rencontrent localement des pentes négatives ou des maisons obstruant l'écoulement spontané.
- L'entretien du réseau est laissé au soin des habitants qui s'organisent bénévolement pour creuser des rigoles dans les points les plus problématiques.
- Les dégâts causés par le ruissellement ne sont pas mitigés dans les quartiers du fait de l'incomplétude du réseau de drainage.
- Les eaux drainées dans les quartiers ne peuvent dans certains cas pas s'écouler dans les bassins du fait des protections de béton réalisées pour sécuriser le périmètre<sup>11</sup>.

Un plan de drainage et une optimisation de l'écoulement dans les bassins devraient de ce fait être étudiés au cours de la phase de planification urbaine.

---

<sup>11</sup> Dossier Diagnostic, Figure 4, p.24

### 3.3. Stockage

Les bassins actuels, localisés dans la Figure 6, sont creusés dans les points les plus bas des quartiers et permettent de nettoyer les zones sinistrées ayant été fortement remblayées avec des déchets ménagers et du sable. Ils sont creusés sur une profondeur moyenne de 2.7 m. La nappe phréatique est affleurante au niveau du sol. Les hauteurs d'eau mesurées depuis le bord des bassins varient entre -0,3 m (saison sèche) et +0.3m (hiver)<sup>12</sup>.

Les bassins présentent les problèmes suivants sur le plan hydraulique :

- La capacité de stockage des bassins est déterminée par la hauteur de la nappe phréatique.
- En saison des pluies, la nappe phréatique est haute et la contenance des bassins est négligeable.
- Du fait du volume de stockage insuffisant des bassins, la zone de contention s'étend en inondant les habitations à proximité.

La capacité de stockage des bassins ne peut donc être évaluée qu'en relation directe avec le niveau de la nappe. Ceci est l'objet du chapitre 4.

### 3.4. Pompage

Plusieurs dispositifs de pompes sont mis en œuvre actuellement dans la zone de restructuration. On mentionnera notamment la station de pompage de la Route des Niayes située au point le plus bas du quartier et récoltant également les eaux de la station de Niety Mbars. Ces deux stations réduisent les inondations sur les voiries principales et refoulent les eaux vers la Grande Niaye.

Ces installations de pompage présentent les problèmes suivants :

- Le lien entre les stations de pompage et les bassins n'est assuré que par des installations artisanales d'une capacité insuffisante.
- L'eau doit être évacuée hors du périmètre de la nappe de Thiaroye<sup>13</sup>. Dans le cas contraire, on effectue un pompage en circuit fermé.
- Pour une évacuation en mer, l'eau doit être remontée de 18 m en direction du Nord ou de 5 m en direction du Sud.
- Les réseaux de drainage installés en direction du Sud sont largement saturés et présentent une forte vulnérabilité technique.
- Les installations de pompage ont un coût de fonctionnement et d'entretien élevé difficile à assumer par les municipalités. Leur fonctionnement dépend d'un approvisionnement fluctuant en diesel.
- Les installations de pompage sont largement sous dimensionnées et ne fonctionnent qu'en période d'hiver.
- Les eaux de pluies ne sont aucunement valorisées en cas de rejet à la mer.

---

<sup>12</sup> Urbanistes sans Frontières, Mesures 2009

<sup>13</sup> Dossier Diagnostic, Figure 1. Délimitation de la zone de Thiaroye, p.21

### 3.5. Infiltration

La configuration géologique présente la possibilité d'infiltrer les eaux de ruissellement directement dans la nappe. Ceci permet, au lieu de pomper les bassins individuellement, de pomper la nappe dans son ensemble. Les forages de Thiaroye présentent des débits potentiels importants et leur fonctionnement est rentabilisé par la revente de l'eau dans le cas du projet SONES-PDMAS pour l'irrigation agricole.

Cependant, les problèmes suivants sont à relever :

- Les eaux pluviales participent à la recharge de la nappe et de ce fait au risque d'inondation. Le risque de remontée de la nappe est évalué comme prépondérant<sup>14</sup>.
- Les eaux de drainage de surface augmentent la pollution de la nappe<sup>15</sup> du fait de l'insalubrité des quartiers traversés.
- Le débit des forages de Thiaroye est limité par la pollution de la nappe.
- L'actuel sous-régime<sup>16</sup> des forages de Thiaroye ne compense pas la recharge de la nappe et inonde les quartiers.

Le rôle d'infiltration des bassins se limite donc aujourd'hui à réduire les surfaces imperméables des constructions informelles anciennement situées sur leur tracé. On ne parlera donc pas de bassins d'infiltration mais de zone d'infiltration. Cette zone d'infiltration s'étend, en saison des pluies, aux habitations voisines.

### 3.6. Conclusion

On conclura que si aucun système de pompage ou d'infiltration performant n'est mis en œuvre, les bassins actuels ont une fonction hydraulique négligeable et leur bilan global au vu des impacts sanitaires et sociaux<sup>17</sup> est négatif. Au contraire, des bassins de rétention-infiltration couplés à un système de drainage performant et à un pompage intensif de la nappe apporteraient une réponse pertinente aux risques hydrauliques dans les quartiers. Nous chercherons dans la suite de ce rapport à montrer comment mettre en place de tels dispositifs.

---

<sup>14</sup> Dossier 'Diagnostic' chapitre 4.6

<sup>15</sup> Une analyse de la qualité des eaux de ruissellement serait nécessaire pour déterminer l'interaction entre l'absence de traitement des déchets ménagers et la pollution des eaux pluviales.

<sup>16</sup> Cabinet Merlin – Senagrosol, Avant Projet Détaillé, Mobilisation de ressources en eau alternatives pour l'irrigation dans la Région de Dakar, 2008, Volet étude d'impact.

<sup>17</sup> Dossier 'Diagnostic' chapitre 4.

## 4. SIMULATION

### 4.1. Thèse

Nous procéderons à un pré-dimensionnement des bassins nécessaires dans le périmètre de restructuration et chercherons à vérifier les thèses suivantes :

1. Etant donné un pompage de 16'000m<sup>3</sup>/jour de la nappe de Thiaroye, il est possible d'utiliser un dispositif de rétention-infiltration pour gérer les eaux de ruissellement. Utiliser un tel dispositif permettrait de valoriser les bassins déjà creusés et de construire une synergie entre les projets Plan Jaxaay et SONES-PDMAS.

2. Les bassins de rétention-infiltration pourront avoir une superficie inférieure à celle des zones actuellement inondées. Définir la superficie des bassins en fonction des capacités de stockage nécessaires et indépendamment de la limite des zones sinistrées permettrait une valorisation de certaines surfaces actuellement inondées.

Nous examinerons ainsi plus particulièrement le rapport entre la dimension des bassins déjà creusés et ceux évalués d'après le modèle urbaDTK.

### 4.2. Méthode

#### 4.2.1. Précipitations

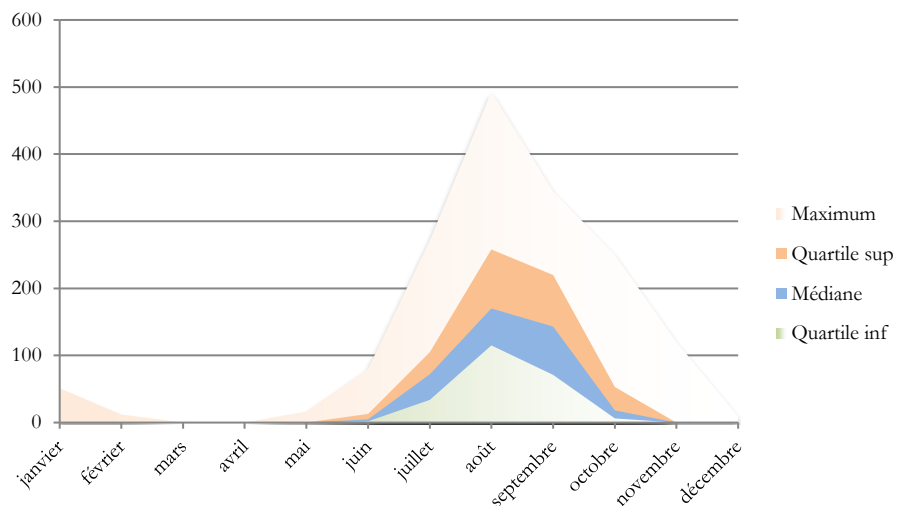


Figure 1. Caractérisation de la pluviométrie annuelle 1921 – 1988, Données météorologie nationale



Le climat sénégalais est de type tropical subdésertique caractérisé par l'alternance de saisons sèches et de saisons humides. Ces variations climatiques sont déterminées par la position du front inter-tropical (PNUE/DEWA, 2000). Dans la région de Dakar, on observe un microclimat côtier qui découle de sa situation de presqu'île atlantique. L'ensemble des pluies est concentré entre juillet et octobre, mois pendant lesquels on observe 95% des précipitations moyennes (Figure 1).

D'autre part on constate une forte variabilité des précipitations : le quartile inférieur est six fois inférieur aux précipitations maximales et les variations interannuelles peuvent être très brusques (2004-2005 ou 1968-1969). Néanmoins on observe nettement une variation cyclique sur des périodes de 3 à 9 ans avec un retour de pluviosités supérieures à 450 mm/an tous les 5 ans (Figure 2).

Tendanciellement, on observe une pluviosité plus basse depuis 1970 avec une moyenne de 342 mm contre 574 antérieurement. Néanmoins, l'évolution depuis 2005 indiquerait une tendance à la hausse. Cette évolution est cependant à mettre en relation avec la tendance générale d'une sécheresse accrue du Sahel. L'épisode de 2005 avec 650 mm/an est l'événement majeur des 40 dernières années. Cependant, les épisodes antérieurs à 1970 indiquent des pluviosités supérieures à 700 mm/an en moyenne tous les 4 ans.

Pour cette pré-étude nous avons utilisé l'épisode de 2005 pour l'ensemble des calculs, les données disponibles pour la période antérieure à 1970 ne présentant pas la précision requise. Il serait cependant nécessaire d'effectuer une simulation avec les données de 1967 (890 mm/an). Dans la mesure où les simulations effectuées sur la nappe phréatique (ANTEA) se basent sur un scénario de pluviosité constante et ne retiennent pas l'hypothèse d'une hausse globale des précipitations, il semble pertinent de retenir 2005 comme hypothèse de travail.

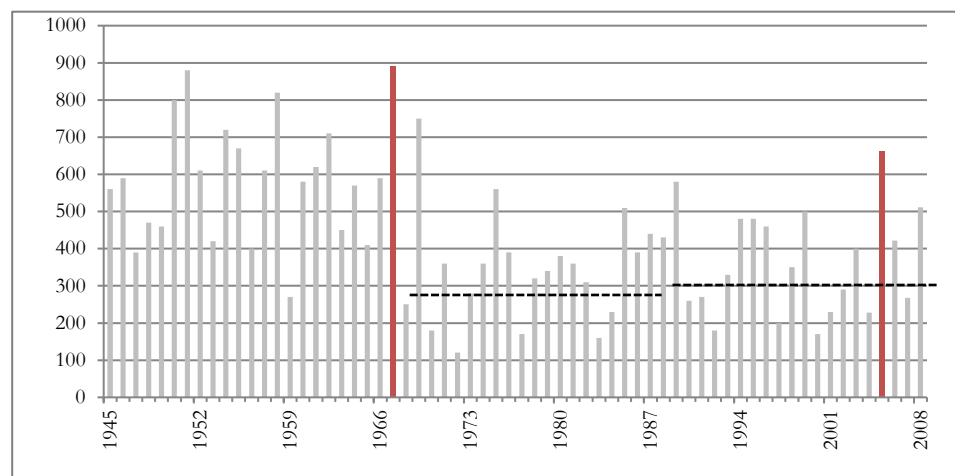


Figure 2. Pluviosité annuelle sur la région de Dakar, 1945-2008.

#### 4.2.2. Pluie Type

Pour des raisons de simplification, le dimensionnement des bassins est effectué en deux temps : premièrement nous déterminons l'événement pluvieux le plus problématique de 2005 et analysons le comportement des bassins dans cette situation et sous différents paramètres. Dans un deuxième temps, à partir des paramètres choisis, nous effectuons une simulation sur l'ensemble de la saison 2005 afin de vérifier s'il n'y a pas de débordement constaté et procédons aux ajustements nécessaires. Nous utilisons une précision journalière et estimons une période régulière de 24 h entre les pluies. Les données pluviométriques sont celles de la station de Dakar-Yoff, qui est la seule à disposer d'une précision suffisantes. La variation moyenne constatée avec la station de Guédiawaye est inférieure à 3%, cependant les pluies enregistrées à Pikine Guinaw Rail sont généralement inférieures<sup>18</sup>. La Figure 3 situe la pluviosité de l'année 2005 par rapport aux années précédentes et suivantes.

La semaine du 16 au 22 août 2005 (Figure 4) représente un pic maximum sur une période de 40 ans. Le total cumulé sur cette semaine (278.9 mm) est supérieur à la pluviosité totale d'une année de basse pluviosité (quartile inférieur).

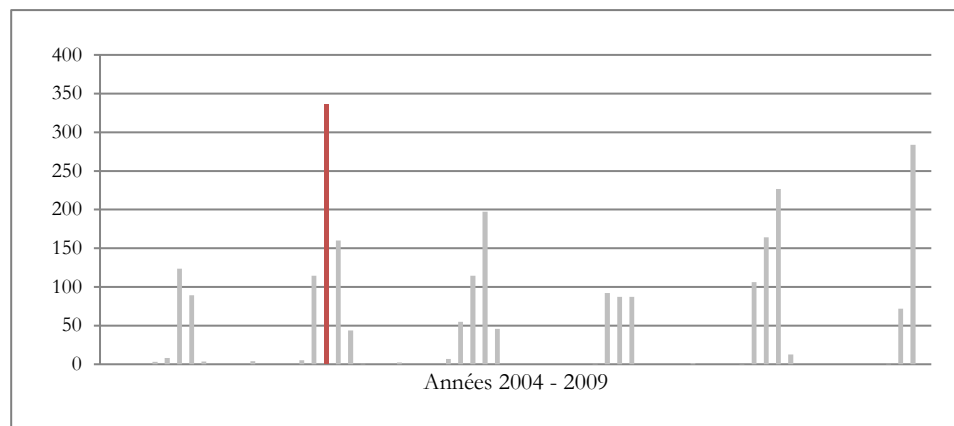


Figure 3. Pluviosité des années 2004-2009 durant les mois de juin à octobre. En rouge, le mois d'août 2005 qui représente l'événement pluvieux le plus important de ces dernières années.

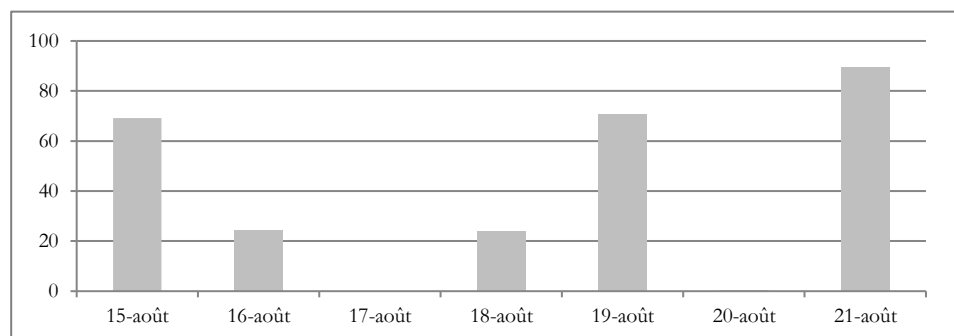


Figure 4. Pluviosité journalière durant la semaine du 16 au 22 août 2005.

<sup>18</sup> -30% en moyenne de juillet 2006 à décembre 2008. Ces données mériteraient d'être analysées mais ne sont pas considérées comme pertinentes dans le cas présent.

### 4.2.3. Bassins Versants

Le périmètre d'intervention est divisé en 6 bassins versants (Figure 6). Ces bassins correspondent schématiquement à la ligne de crête des dunes sur lesquelles a été bâtie la ville. La délimitation des bassins versants a été effectuée sur un modèle tridimensionnel basé sur les relevés topographiques du projet JICA datés de 1997. Ces données topographiques ne prennent pas en compte les remblais effectués depuis lors. Cependant ces remblais sont situés uniquement dans les zones basses et n'ont de ce fait qu'une influence négligeable sur les bassins versants.

D'autre part les bassins déterminés ici ne prennent pas en compte l'influence subie par la zone à plus grande échelle. En effet, ces quartiers sont parmi les plus bas de l'ensemble de la presqu'île (Figure 5). Cependant, le relief dunaire isole efficacement les sous-bassins versants entre eux, de ce fait nous négligerons cette influence en première approximation.

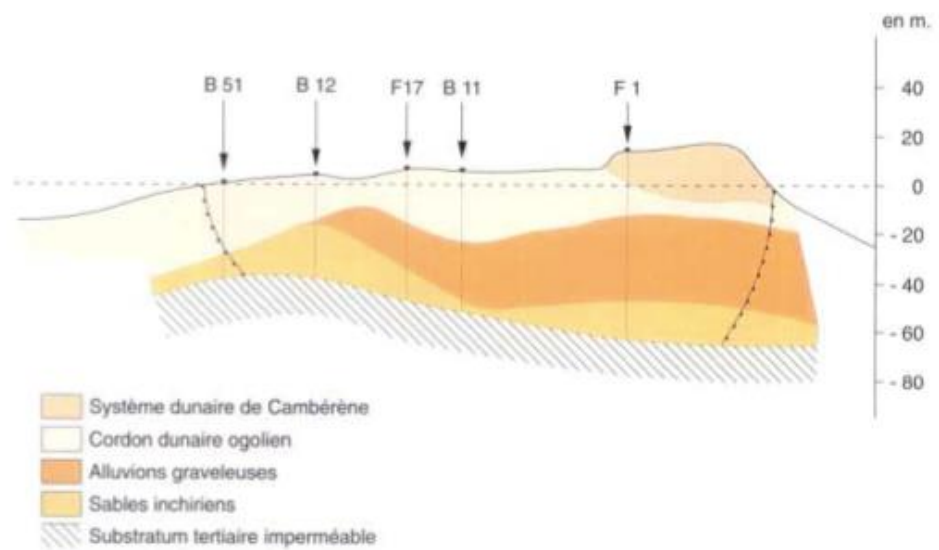


Figure 5 Coupe transversale sur la zone de Thiaroye. Salem 1998

Les zones sinistrées (en rouge) sont déterminées à partir des relevés satellitaires de mars 2009. Cette méthode comporte de nombreuses approximations qui ne pourront être levées que par des enquêtes de terrain. Il est important de souligner que certaines familles habitent parfois, du moins à la saison sèche, les maisons situées en zones sinistrées.

Les bassins creusés par le plan Jaxaay entre 2005 et 2009 (en violet) sont mesurés d'après les mêmes relevés. Les bassins (périmètres noirs) sont représentés à l'état mars 2009 y compris les parties non achevées des zones de Djiddah et Gounass.

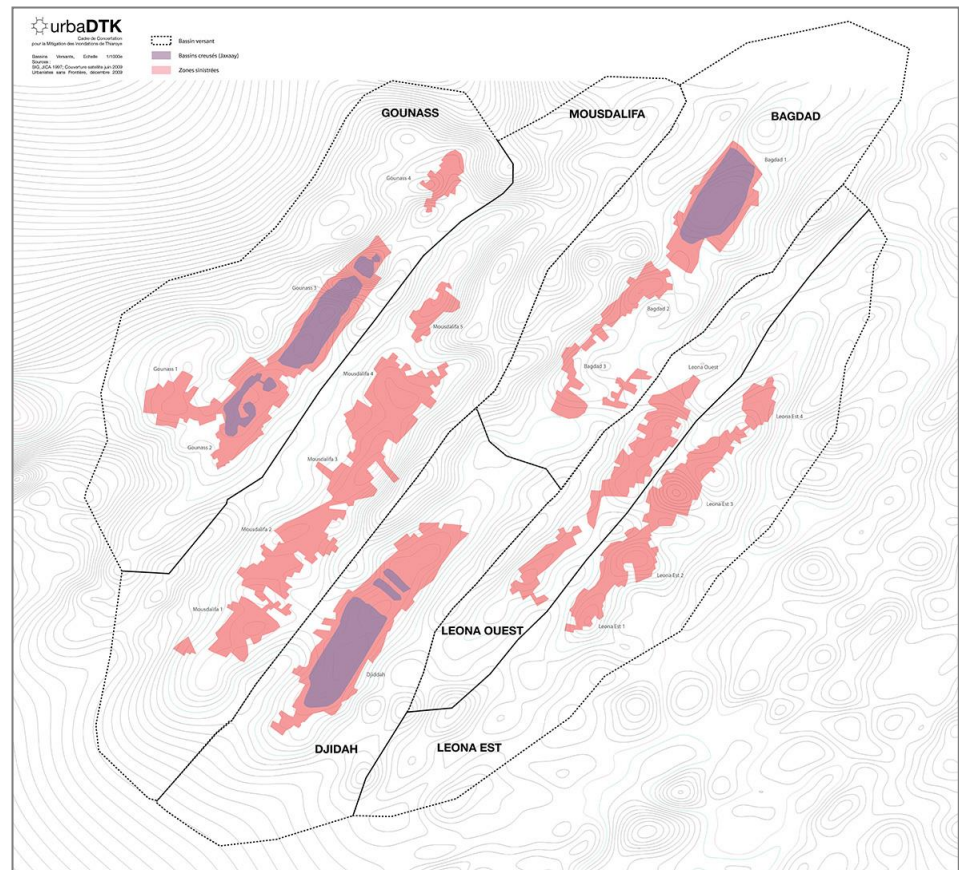


Figure 6. Ensemble du périmètre d'intervention, comportant six bassins versants. En rouge, les zones sinistrées déterminées à partir des relevés satellitaires de mars 2009. En violet, les bassins creusés par le plan Jaxaay entre 2005 et 2009 et mesurés d'après les mêmes relevés.

On remarquera la correspondance des zones abandonnées (Figure 7) avec les bassins interduinaires des relevés de 1942 (Figure 8).



Figure 7. Image satellite (mars 2009) du périmètre d'intervention. On distingue les zones abandonnées et les bassins creusés dans le cadre du Plan Jaxaay.



Figure 8. Bassins interdunaires des relevés de 1942, sur le périmètre d'intervention.

Les surfaces des différents éléments sont rapportées dans le Tableau 1, ainsi qu'une estimation de la largeur moyenne des bassins creusés et des zones sinistrées.

Tableau 1. Surfaces des six bassins versants, des zones sinistrées correspondantes et des trois bassins creusés. La largeur moyenne estimée des trois bassins ainsi que des zones sinistrées est également donnée.

	Bassin versant [m <sup>2</sup> ]	Zone sinistrée [m <sup>2</sup> ]	Bassin Creusé [m <sup>2</sup> ]	Largeur BC [m]	Largeur ZS [m]
Leona Est	489'659	57'326			85
Leona Ouest	258'249	41'029			75
Bagdad	550'566	69'519	25'387	115	150
Djiddah	417'592	82'174	32'409	100	150
Mousdalifa	719'536	107'194			100
Gounass	591'266	96'066	30'074	75	112

Les zones abandonnées représentent en moyenne 15% des bassins versants, et les bassins creusés 35% des zones sinistrées (Tableau 2). Le rapport entre les bassins creusés et les zones sinistrées est ici le paramètre clé de notre étude car il détermine la relation entre les surfaces nécessaires pour des infrastructures hydrauliques et les surfaces à requalifier.

Tableau 2. Pourcentage des différents bassins versants qui correspondent à une zone sinistrée, et pourcentage de chaque zone sinistrée qui correspond à un bassin creusé.

	Zone sinistrée/Bassin versant [%]	Bassin creusé/Zone sinistrée [%]
Leona Est	11.7	
Leona Ouest	15.9	
Bagdad	12.6	36.5
Djiddah	19.7	39.4
Mousdalifa	14.9	
Gounass	16.2	31.3
<b>Moyenne</b>	<b>15.2</b>	<b>35.7</b>

#### 4.2.4. Paramètres

##### Contenance

La contenance des bassins est, comme nous l'avons vu, déterminé par la distance entre la nappe phréatique et le niveau du sol. Nous considérerons le niveau de la nappe actuelle comme référence (0) et examinerons les scénarii suivants :

Pompage de la nappe :	-0.5	-1	<b>- 1.5</b>
Hauteur des bords du bassin :	0	<b>+ 0.5</b>	+ 1

Le pompage de la nappe tel que préconisé par le projet SONES-PDMAS aura une influence sur la zone d'intervention entre -1m et -3m en fonction de l'éloignement des points de forage. 90% de la zone étudiée peut être incluse dans les limites d'un abaissement de 1.5m. De plus, ces valeurs ont été calculées sur la hauteur de la nappe en 2002 alors inférieure à celle mesurée aujourd'hui. Nous retiendrons donc la valeur de -1.5m comme réaliste.

Nous ferons l'hypothèse qu'il est possible de surélever les bords des bassins de 50 cm au dessus du niveau de la nappe actuelle, ceci permettra d'augmenter leur contenance. Cependant, la nécessité d'un drainage gravitaire limitera la possibilité de remblais. L'hypothèse +1m est exclue.

La variation de contenance des bassins sera évaluée pour une profondeur entre 0.5m et 2.5m. La valeur de 2m sera retenue. Cependant, cette hypothèse se base sur le fait que la nappe garde un niveau constant sur l'ensemble de la saison.

##### Ruissellement

Le coefficient de ruissellement a une influence considérable sur les volumes à gérer et donc sur la dimension des bassins. Nous considérerons les valeurs suivantes : sol asphalté (0.7-0.9), sables limoneux (0.45), sables dunaires (0.1 – 0.3). La composition du sol est particulièrement délicate à évaluer dans la mesure où il s'agit, dans les zones remblayées, d'un mélange de sable, de déchets plastiques et de gravats.

En première approximation, nous estimons le coefficient selon la relation du Tableau 3.

Tableau 3. Surface occupée par les différents objets urbains et leur coefficient de ruissellement.

	Surface occupée	K
Rues et cours intérieures	50%	0.4
Bâti	40%	0.8
Bassins creusés	10%	1
		<b>0.6</b>

Nous examinerons plusieurs variantes de ce paramètre en fonction des interventions envisagées :

- Actuellement la topographie ne permet pas un drainage performant et les concessions abandonnées jouent le rôle de réservoirs de rétention-infiltration, on estime de ce fait que le ruissellement est aujourd'hui nettement inférieur. ( $k_{\text{estimé}} = 0.2-0.3$ )
- Un réseau de drainage performant et un assainissement des concessions abandonnées augmenteront le ruissellement, de même qu'une densification du plan urbain ou un revêtement des voiries secondaires actuellement en sable. ( $k_{\text{estimé}} = 0.7$ )
- Malgré une amélioration du réseau de drainage, des mesures correctives pourraient être mises en place pour diminuer le ruissellement. Notamment en conservant les voiries secondaires en sables, en installant des puits d'infiltration infiltrant l'ensemble de la zone ( $k_{\text{estimé}} = 0.3 - 0.5$ )
- La variation de la dimension du bassin aura une influence sur ce paramètre. En effet, on considère un ruissellement  $k=1$  sur leur surface. Le coefficient global augmente donc proportionnellement à la surface des bassins. Ceci contraint à une méthode itérative.

De ce fait nous examinerons plusieurs scénarii pour ce paramètre. Une analyse plus fine de ce paramètre en fonction du scénario choisi et à partir de mesures sur site sera nécessaire.

### Infiltration

L'infiltration dans la nappe phréatique s'effectue par les bords du bassin. Pour les besoins du calcul, les bassins sont modélisés par un rectangle de largeur constante. Seule la longueur des bassins sera modifiée.

Équation 1. Infiltration

$$Q = \frac{K}{2x} (h_0^2 - h^2)$$

Etant donnée la proximité de la nappe, l'infiltration est modélisée comme un flux unidimensionnel dans un sol saturé avec les paramètres suivants :

- Profondeur de la nappe :  $h = 35\text{m}$
- Perméabilité :  $k = 0.00011 \text{ m/s}^{19}$

La profondeur de la nappe est ici prise dans le cas le plus défavorable. Pour la simulation détaillée, la hauteur de la nappe au niveau de chaque bassin sera intégrée.

---

<sup>19</sup> ANTEA-SENAGROSOL, Etude d'impact de l'arrêt des forages de Thiaroye sur les zones basses.



Équation 2. Distance d'infiltration

$$h(x, t) = h_0 \operatorname{erfc} \left( x \sqrt{\frac{S}{4Tt}} \right)$$

La distance d'infiltration a été calculée selon un modèle unidimensionnel<sup>20</sup> avec les paramètres suivants :

- Transmissivité  $T = 0.004 \text{ m}^2/\text{s}^{21}$
- Emmagasinement  $S = 0.15$
- Durée  $t = 1 \text{ jour}$

La distance estimée est 120m, les interactions entre bassins qui présentent généralement un espacement inférieur à 120m sont négligées.

### Evaporation

L'évaporation de l'eau dans les bassins est modélisée selon la méthode 'Energy Balance'<sup>22</sup>, avec les paramètres suivants :

- Température air  $T = 30^\circ\text{C}$
- Densité eau  $\rho = 996.3 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Radiation nette journalière  $= 230 \text{ W}/\text{m}^2^{23}$ .

L'évaporation est estimée constante sur l'ensemble de la saison des pluies.

### Pompage

Un pompage dynamique des bassins a été évalué selon trois scénarii :

- Aucun pompage direct des bassins
- Pompage de 10 m<sup>3</sup>/h 12h par jour de chaque bassin (correspond au pompage 'artisanal' actuel) soit 720 m<sup>3</sup>/jour sur l'ensemble de la zone.
- Pompage en surface de l'ensemble des bassins de 16'000 m<sup>3</sup>/jour.

---

<sup>20</sup>One-Dimensional Solutions to the Diffusion Equation, G. de Marsily, « Quantitative hydrogeology », Academic Press 1986.

<sup>21</sup> Antea-Senagrosol, Etude d'impact de l'arrêt des forages de Thiaroye sur les zones basses.

<sup>22</sup> Matthias Langensiepen, Evaporation and Energy Balance, Encyclopedia of Water Science, 2008

<sup>23</sup>Bashahu : Statistical comparison of models for estimating the monthly average daily diffuse radiation at a subtropical African site

### 4.3. Scénarii

#### 4.3.1. Simulation hebdomadaire

Dans un premier temps nous analyserons l'influence des paramètres de ruissellement et de pompage sur un cycle hebdomadaire. Seul l'épisode du 16 au 22 août 2005 sera utilisé car il présente une sollicitation maximale de la capacité de rétention des bassins (Figure 9).

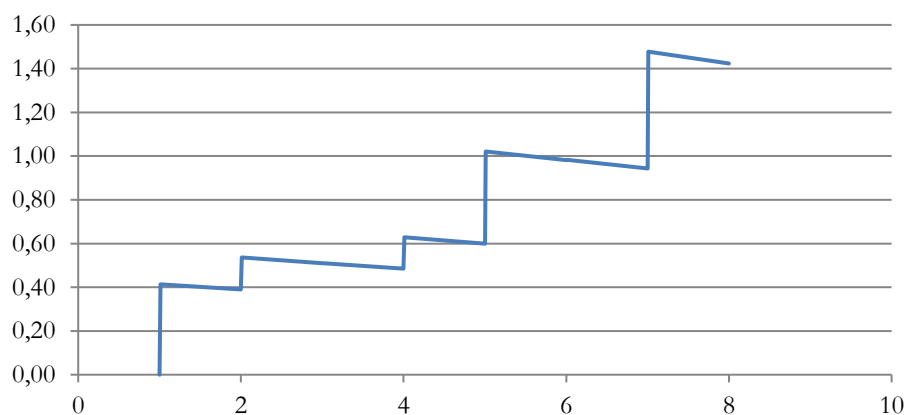


Figure 9. Variation de hauteur du bassin de Djiddah sur 7 jours; coefficient de ruissellement 0.7, profondeur maximale 1.5m.

#### 4.3.2. Scénario asphalte

Dans ce scénario, nous considérons que les voiries secondaires sont asphaltées et que le réseau de drainage gravitaire est performant. Le coefficient de ruissellement est porté à 0.7. Aucun pompage n'est effectué. On constate que les surfaces nécessaires représentent 1.6 fois les bassins creusés par le plan Jaxaay. En moyenne, les surfaces nécessaires aux bassins de rétention-infiltration représentent 58% des zones abandonnées (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

	Abandonné m2	Creusé m2	Calculé m2
Leona Est	57'326		41'400
Leona Ouest	41'029		21'730
Bagdad	69'519	25'387	<b>49'450</b>
Djiddah	82'174	32'409	<b>37'000</b>
Mousdalifa	107'194		61'600
Gounass	96'066	30'074	<b>51'000</b>

Tableau 4 Surfaces nécessaires aux bassins de rétention-infiltration selon le scénario asphalte, comparées aux surfaces actuelles abandonnées et creusées.

### 4.3.3. Scénario pompage

Ce scénario ajoute au précédent un pompage des bassins cumulant 16'000 m<sup>3</sup>/j pour l'ensemble de la zone soit un débit 13.4 m<sup>3</sup>/h 20h par jour dans chaque bassin. La valeur de 16'000 m<sup>3</sup>/j est retenue par analogie aux pompages de la nappe phréatique prévus par le projet SONES-PDMAS. On peut déduire des résultats du Tableau 5 les points suivants :

- Les surfaces nécessaires au sol sont pratiquement inchangées (98% scénario asphalte). En effet, les volumes pompés sont négligeables par rapport aux volumes ruisselés sur l'ensemble de la zone : on compte 189'633 m<sup>3</sup>/j pour le seul 22 août 2005<sup>24</sup>.
- Pour avoir un impact significatif sur la dimension des bassins, le système de pompage devrait être beaucoup plus important. Au vu des coûts de fonctionnement, d'entretien et de la vulnérabilité du réseau, analysés au chapitre 3, il semble donc inutile de prévoir un pompage en surface.
- Un système de pompage en surface ne peut en aucun cas remplacer les forages de la nappe de Thiaroye. En effet, les bassins auraient alors une contenance nulle, voir chapitre 3.

Tableau 5. Surfaces nécessaires aux bassins de rétention-infiltration selon le scénario pompage, comparées aux surfaces actuelles abandonnées et creusées.

	Abandonné m2	Creusé m2	Calculé m2
Leona Est	57'326		40'800
Leona Ouest	41'029		20'670
Bagdad	69'519	25'387	<b>48'300</b>
Djiddah	82'174	32'409	<b>37'000</b>
Mousdalifa	107'194		60'900
Gounass	96'066	30'074	<b>50'250</b>

<sup>24</sup> avec k=0.7

#### 4.3.4. Scénario voiries en sable

Il semble évident, au vu des précédents scénarii, que l'approche la plus efficace pour réduire les surfaces de bassins de rétention consiste à travailler sur le coefficient de ruissellement. Nous faisons ici l'hypothèse d'un réseau de drainage gravitaire sur voiries en sable. Ceci impose un critère urbain fort : l'impossibilité de bitumer les voies secondaires. Cependant, ce critère permet de réduire l'emprise des bassins de rétention de manière significative : -30% par rapport au scénario asphalte (Tableau 6).

Tableau 6. Surfaces nécessaires aux bassins de rétention-infiltration selon le scénario voiries en sables, comparées aux surfaces actuelles abandonnées et creusées.

	Abandonné m2	Creusé m2	Calculé m2
Leona Est	57'326		29'400
Leona Ouest	41'029		15'370
Bagdad	69'519	25'387	<b>35'650</b>
Djiddah	82'174	32'409	<b>27'000</b>
Mousdalifa	107'194		44'100
Gounass	96'066	30'074	<b>36'750</b>

#### 4.3.5. Scénario infiltration

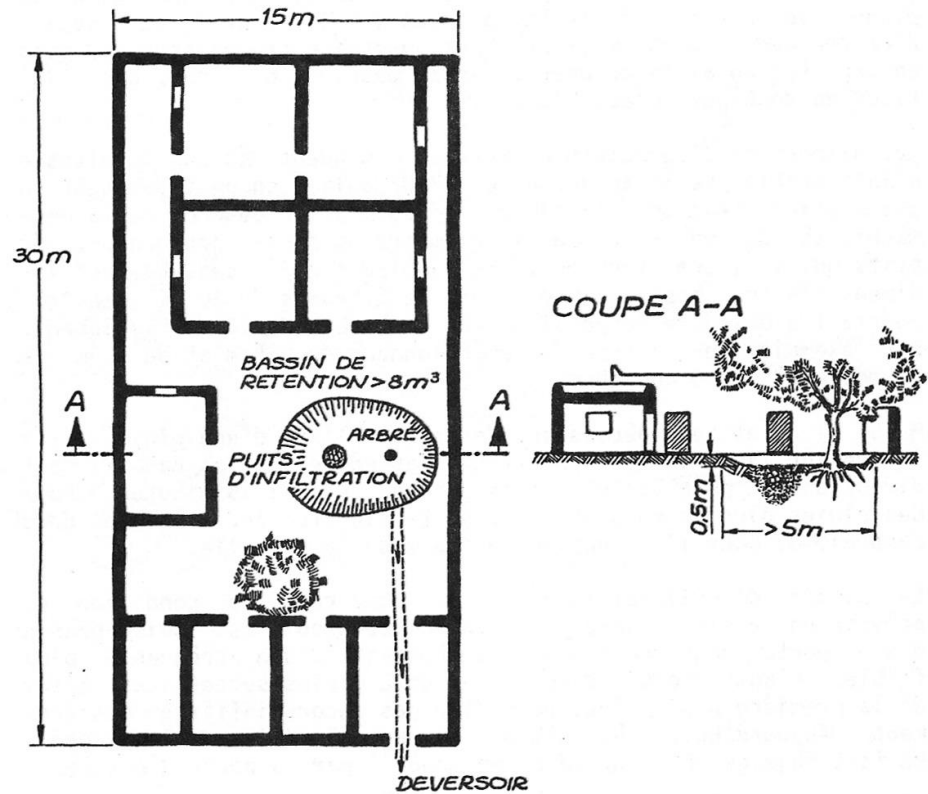


Figure 10. Plan et coupe d'un puits d'infiltration à l'intérieur d'une concession. Raimund Herz (1985).

L'influence du paramètre de ruissellement incite à envisager une stratégie d'infiltration sur l'ensemble de la zone. On distinguera deux volets : infiltration à l'échelle de la concession et infiltration le long des voiries. Herz (1985) démontre l'influence de mini-bassins de rétention-infiltration et de puits d'infiltration sur le dimensionnement des bassins d'orages principaux. Dasylya (2002) démontre la pertinence de puisards d'infiltrations dans la banlieue de Dakar (Figure 10) étant donné le contexte économique et technique.

Nous proposons ici d'abandonner l'idée de bassins d'infiltration uniques pour multiplier les dispositifs d'infiltration plus intégrables dans le plan urbain. Ainsi, nous faisons l'hypothèse qu'il est possible de diminuer le coefficient de ruissellement à 0.3 (sables dunaires) avec de tels dispositifs.

La simulation montre que de telles mesures permettraient de réduire l'emprise des bassins principaux de manière significative : -43% du scénario asphalte (Tableau 7).

Tableau 7. Surfaces nécessaires aux bassins de rétention-infiltration selon le scénario infiltration, comparées aux surfaces actuelles abandonnées et creusées.

	Abandonné m2	Creusé m2	Calculé m2
Leona EST	57'326		18'000
Lona OUEST	41'029		9'540
Bagdad	69'519	25'387	<b>21'850</b>
Djiddah	82'174	32'409	<b>16'000</b>
Mousdalifa	107'194		26'600
Gounass	96'066	30'074	<b>22'500</b>

#### 4.4. Résultats

Nous retiendrons donc les deux derniers scénarii (voiries en sable et infiltration) pour une simulation complète sur l'ensemble de la saison 2005 (Figure 11 et Tableau 8).

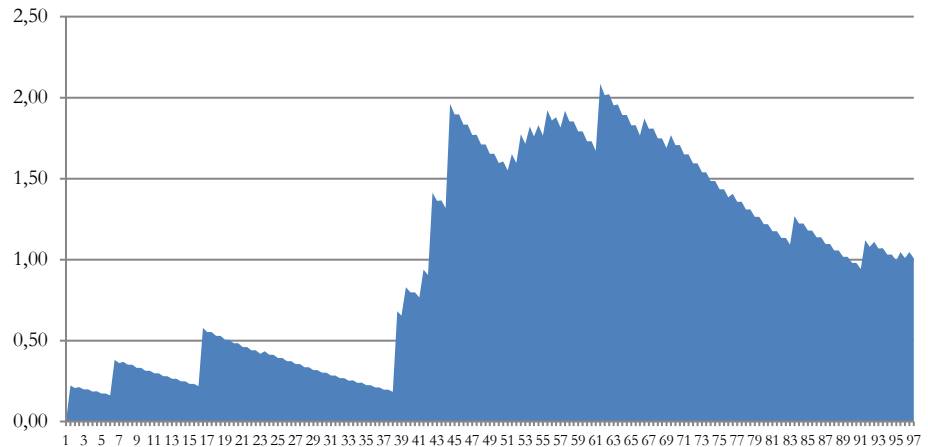


Figure 11. Variation de hauteur du bassin de Djiddah sur 97 jours; coefficient de ruissellement 0.5, profondeur maximale 1.5m.

La modélisation des bassins sera affinée pour prendre en compte la hauteur de la nappe et l'influence des forages sur chaque bassin. Les bassins de Mousdalifa, Bagdad et Gounass subissent une influence positive de la hauteur de la nappe. Le bassin Bagdad subit une influence particulièrement importante des pompages par sa proximité au nouveau forage F32. On suggèrera d'examiner dans cet approche un nouveau forage au niveau du croisement Nietty Mbars x Route des Niayes afin d'augmenter l'impact sur les zones de Djiddah et Mousdalifa.

Tableau 8. Hauteur moyenne de la nappe phréatique dans chacun des bassins versants et influence prévue des pompages de la SONES sur cette hauteur.

	Hauteur moyenne Nappe	Influence pompages SONES
Leona Est	35	-1.5
Leona Ouest	35	-1.5
Bagdad	45	-2
Djiddah	40	-1
Mousdalifa	45	-1
Gounass	50	-1.5

Dans cette simulation, nous ne négligerons pas la variation de hauteur de la nappe phréatique au cours de l'année. Sa variation de hauteur est approximée selon une fonction linéaire avec une variation de 350 mm/an. (Figure 12)

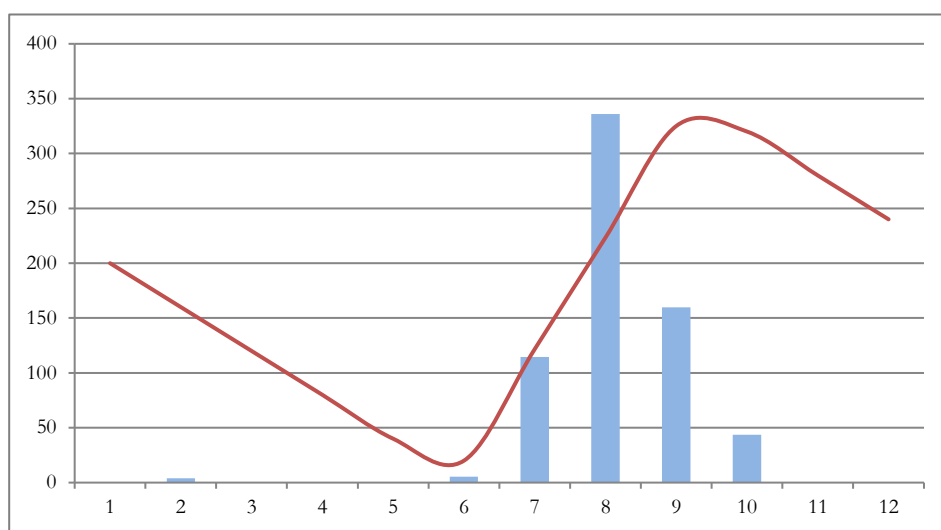


Figure 12. En bleu, pluviosité mensuelle sur une année. En rouge, estimation de la variation de hauteur de la nappe phréatique.

Nous retiendrons donc les deux tableaux suivants pour le dimensionnement des ouvrages, relativement à la stratégie d'infiltration mise en œuvre. On constate que les dimensions des bassins calculés représentent dans le premier cas 45% des surfaces sinistrées et dans le deuxième cas 27%. Actuellement les surfaces creusées représentent 35% des zones sinistrées. On en conclura donc que les bassins existants peuvent être réutilisés dans leurs dimensions actuelles si un dispositif d'infiltration est mis en place parallèlement au réseau de drainage. Les surfaces à requalifier hors bassin sont importantes et on retiendra schématiquement que la densité de ces zones doit être augmentée au minimum d'un facteur 1/3 pour permettre un relogement in-situ de l'ensemble des populations sinistrées.

Tableau 9. Dimensionnement des bassins sur l'ensemble de la saison avec un coefficient de ruissellement  $k=0.5$

	Abandonné	Creusé	Calculé	longueur	largeur
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m	m
Leona EST	57'326		33'000	550	60
Lona OUEST	41'029		16'960	320	53
Bagdad	69'519	25'387	<b>34'500</b>	300	115
Djiddah	82'174	32'409	<b>32'000</b>	320	100
Mousdalifa	107'194		47'600	680	70
Gounass	96'066	30'074	<b>39'000</b>	520	75



Tableau 10. Dimensionnement des bassins sur l'ensemble de la saison avec un coefficient de ruissellement  $k=0.3$

	Abandonné	Creusé	Calculé	longueur	largeur
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m	m
Leona EST	57'326		19'800	330	60
Leona OUEST	41'029		10'600	200	53
Bagdad	69'519	25'387	<b>20'700</b>	180	115
Djiddah	82'174	32'409	<b>20'000</b>	200	100
Mousdalifa	107'194		28'700	410	70
Gounass	96'066	30'074	<b>23'250</b>	310	75

On soulignera l'importance du risque résiduel de débordement et la nécessité d'un aménagement des abords des bassins minimisant l'impact des crues (socles surélevés, zones tampons, etc...). Une simulation numérique devrait être réalisée à partir des propositions de planification.

L'ensemble des résultats obtenus se basent sur l'hypothèse que les forages de Thiaroye peuvent effectivement réduire le niveau de la nappe ainsi que spécifié dans l'étude Antea. Afin de valider cette hypothèse il semble nécessaire de questionner deux points : la nappe peut-elle être pompée à régime continu, et l'eau pompée est-elle de qualité suffisante pour permettre une irrigation à long terme?

## 5. VARIATIONS SAISONNIÈRES

### 5.1. Problème

Le projet SONES-PDMAS présuppose que les volumes d'eau pompés à Thiaroye (16'000 m<sup>3</sup>/jour) peuvent être consommés sur l'ensemble de l'année. Dans la mesure où les eaux de Thiaroye ne seront utilisées que par les agriculteurs dans la variante retenue par le PDMAS, il est nécessaire de s'assurer que les volumes consommés seront constants.

Il semble en effet évident que la consommation à la saison sèche et à la saison des pluies ne sera pas équivalente. Nous ferons l'hypothèse qu'en période de pluies, les agriculteurs ne souhaiteront pas acheter de l'eau pour l'irrigation. L'eau pluviale entre le 15 juillet et le 15 septembre devrait, en effet, satisfaire l'ensemble de la demande agricole. Il sera nécessaire de vérifier cette hypothèse par des enquêtes auprès des agriculteurs et une analyse des données météorologiques mais il semble à priori nécessaire d'envisager une variation de la demande.

Si, comme étudié dans l'APD, les agriculteurs sont les seuls clients, une variation de la demande aura des conséquences négatives pour les zones inondées de Thiaroye. En effet, c'est au moment où les agriculteurs auront le moins besoin d'eau qu'il sera nécessaire de pomper le plus dans le champ de Thiaroye. On constate donc un déphasage entre l'offre et la demande.

Etant donnée la dépendance complète entre hauteur de la nappe et contenance des bassins<sup>25</sup>, il est nécessaire de pouvoir garantir le niveau des bassins pendant l'hivernage. Un déphasage entre offre et demande rendrait difficile une telle garantie et compromettrait l'hypothèse d'une nappe abaissée de 1.5m.

Une étude complémentaire sera nécessaire pour modéliser les variations saisonnières de la nappe en fonction des volumes pompés. Elle permettra de quantifier le problème et d'évaluer le coût de solutions potentielles.

---

<sup>25</sup> Voir chapitre 4.3

## 5.2. Solutions

On peut envisager deux solutions complémentaires au problème des variations saisonnières de la hauteur de la nappe et au déphasage entre offre et demande : une modification de la demande et un bassin de stockage saisonnier.

Dans l'APS, le bureau ANTEA évalue deux variantes : *compagnie fruitière* et *industriels*. La variante '*industriels*' est jugée moins favorable que la variante agricole du fait des surcoûts d'adaptations des installations industrielles. Il serait cependant nécessaire d'intégrer les coûts urbains dans la comparaison. En effet, une variante mixte permettrait une meilleure gestion du déphasage offre-demande et donc une meilleure gestion du risque d'inondation. De plus cette solution offre un coût de revient au m<sup>3</sup> plus avantageux que la variante agricole seule.

Une gestion optimale du déphasage utiliserait un bassin de stockage saisonnier pour permettre une indépendance entre pompage et irrigation. En effet, une modulation des volumes pompés au cours de l'année permettrait, d'une part, une gestion fine du biseau salé et d'autre part, un pompage intensif en période d'hivernage. Un bassin saisonnier permettrait alors de répondre à la demande. Au vu des volumes importants à stocker, un tel lac de rétention demanderait des investissements importants. Ces investissements ne seraient pas seulement évalués en fonctions des coûts d'irrigation mais également en fonction des impacts urbains.

## 6. QUALITÉ DE L'EAU

### 6.1. Problème

La phase 2 du projet SONES-PDMAS se base sur l'hypothèse que les eaux pompées à Thiaroye sont utilisables pour l'irrigation agricole.

Etant donné le caractère déterminant de cette hypothèse, il importe de vérifier qu'elle reste valable pour une utilisation à long terme d'un dispositif de pompage urbain - irrigation agricole.

Les mesures réalisées entre 2002 et 2007 sur les eaux des forages de Thiaroye indiquent des eaux particulièrement riches en azote avec 260 mg NO<sub>3</sub>/l en moyenne sur F17 à F22<sup>26</sup>. Les restrictions pour l'irrigation sont considérées comme sévères selon les normes de la FAO<sup>27</sup>. Les eaux sont également dures<sup>28</sup> et acides<sup>29</sup>.

Si le problème de la contamination bactérienne<sup>30</sup> est réduit du fait de la profondeur des forages situés entre 37m et 53m, celui de la pollution chimique reste entier. Dans l'optique du projet, il s'agit d'évaluer simultanément l'impact des pompages sur la concentration de polluants de la nappe et celui d'une irrigation des sols maraîchers.

On remarque que le forage F22 situé sur Tally Nietty Mbars (où le niveau d'insalubrité est parmi les plus élevés) présente une concentration en NO<sub>3</sub> de 512.4 mg/l à 53 m alors que le forage F18 situé à camp Thiaroye (sans installation irrégulière) ne présente que 124 mg/l à 38 m. Ceci indique une corrélation entre la salubrité en surface et la pollution dans le sol.

---

<sup>26</sup> Avec 512mg NO<sub>3</sub>/l en F22, APD p.26

<sup>27</sup> Ayers, Wescot; Water Quality for Agriculture, FAO, Table 1

<sup>28</sup> TH<sub>moyen</sub> = 48°F, idem

<sup>29</sup> PH<sub>moyen</sub> = 5.7, idem

<sup>30</sup> Ndiaye, Guèye-Girardet, Pfeifer, 2006

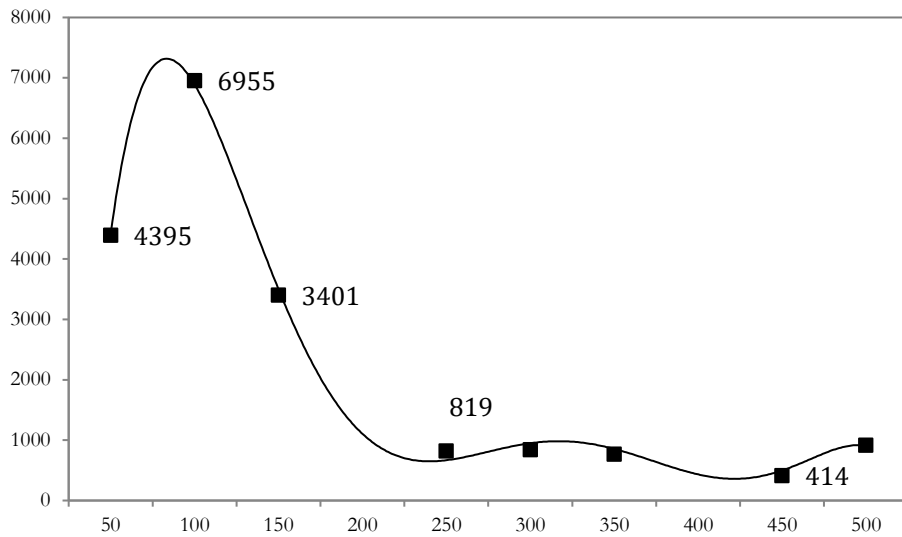


Figure 13. Concentration de nitrates [mg NO<sub>3</sub>/l] en fonction de la profondeur [cm]. Données DIOP, TANDIA, 1997

D'autre part, l'étude UNESCO 1997<sup>31</sup> montre l'évolution de la concentration en NO<sub>3</sub> en fonction de la profondeur sur un échantillon à Darou Rahmane V. La pollution de surface atteint 7000 mg NO<sub>3</sub>/l à 1m et constitue un stock de NO<sub>3</sub> important (Figure 13). La distribution des polluants en fonction de la profondeur et de l'emplacement sera modifiée par le régime des pompages. Une migration des polluants vers les forages aurait à terme un impact négatif sur le potentiel d'utilisation des eaux pour l'irrigation.

Il sera également nécessaire de prévenir une altération durable des sols agricoles par une accumulation de polluants.

Des études complémentaires seraient nécessaires pour évaluer l'évolution des pollutions de la nappe, les risques pour l'agriculture ainsi que les possibilités de traitement et leurs coûts. Ces études devraient considérer l'ensemble du système assainissement urbain et irrigation agricole comme une seule entité.

<sup>31</sup> DIOP, TANDIA, 1997 Qualité de l'eau de la nappe phréatique à Yeumbeul

## 6.2. Solutions

La solution en vigueur actuellement pour la distribution des eaux de Thiaroye dans les quartiers utilise une dilution pour approcher les seuils de potabilité. Ceci sera extrapolé pour l'utilisation agricole utilisant les forages de Beer Thilane. Cependant cette possibilité est limitée car elle ne tient pas compte d'une potentielle augmentation de la pollution.

Un traitement à la sortie et une adaptation des méthodes d'irrigation devrait être étudiée. Différents traitements avant irrigation pourraient être mis en œuvre, on suggérera notamment la phytoremédiation et un lien potentiel avec le système de stockage saisonnier mentionné en 5.2. Cependant un traitement à la sortie augmenterait de manière importante les coûts d'irrigation et ne participerait aucunement à la résolution des problèmes urbains.

Une stratégie plus durable consisterait à installer parallèlement un réseau d'assainissement dans la zone de restructuration ainsi que préconisé par l'APS. Cependant les coûts d'un tel réseau sont élevés et l'impact sur la pollution de la nappe ne serait mesurable qu'à terme, étant donné les concentrations mesurées en surface. Cette solution reste néanmoins la seule viable à long terme et sera approfondie dans les études ultérieures.

## 7. CONCLUSION

L'objectif de ce rapport était d'approfondir l'hypothèse d'une résolution des inondations urbaines par une synergie urbaine - agricole et de valider l'hypothèse d'une synergie entre le plan Jaxaay et le projet SONES-PDMAS.

Le chapitre 4 montre qu'il existe un lien direct entre le pompage de la nappe et les surfaces disponibles pour la requalification. Le chapitre 5 montre la forte dépendance entre offre et demande et les conséquences pour la gestion des inondations. Le chapitre 6 montre la dépendance entre assainissement et irrigation agricole.

De ceci nous concluons que la partie urbaine et la partie agricole doivent être pensées comme un seul projet. La requalification des zones inondées; l'assainissement; la gestion des eaux pluviales; la distribution d'eau et l'irrigation devraient être pensés simultanément pour atteindre les résultats escomptés.

Aujourd'hui le plan Jaxaay assume un rôle d'intervention urbaine tandis que le projet SONES-PDMAS s'occupe du transport d'eau. Cependant l'interaction entre la nappe et les bassins sont négligés, de même que le lien entre l'assainissement urbain et le potentiel d'irrigation.

Les deux projets ne développent aucune synergie. Les coûts du projet SONES sont évalués en fonction de la rentabilité agricole et non en fonction des terrains urbains qu'il viabiliserait. Les bassins de rétentions sont utilisés uniquement pour 'nettoyer les zones sinistrées' alors qu'ils pourraient jouer un rôle prépondérant dans la gestion des inondations. Les éléments sont disponibles mais ils ne sont pas interconnectés.

Il semble que, si le cœur du projet de synergie urbaine-agricole est solide, les dispositifs nécessaires en amont (drainage des quartiers et assainissement) et en aval (adéquation en offre et demande; l'impact sur les sols agricoles) sont jusqu'ici peu étudiés.

Si le projet SONES-PDMAS rencontre actuellement des difficultés de financement, on peut en attribuer partiellement la cause à cette absence de synergie. En effet, les moyens mis en œuvre pour la gestion des inondations, ceux investis dans la restructuration urbaine et ceux investis dans le développement agricole sont dissociés.

Par la suite, le développement d'un projet de restructuration urbaine basé sur l'hypothèse d'une gestion intégrée de l'eau permettra de démontrer l'intérêt pour les populations de la synergie proposée.

## 8. BIBLIOGRAPHIE

- ANTEA-SENAGROSOL, 2004 Etude d'impact de l'arrêt des forages de Thiaroye sur les zones basses. SONES
- AYERS, WESCOT, 1989 Water Quality for Agriculture, Fao irrigation and drainage paper.
- CABINET MERLIN, 2008 Avant Projet Détaillé, Mobilisation de ressources en eau alternatives pour l'irrigation dans la Region de Dakar.
- DASYLVA, COSANDEY, 2002 Proposition de gestion « intégrée » des eaux pluviales pour lutter contre les problèmes liés à l'eau dans la banlieue de Dakar. Ouagadougou, Actes Colloque Envirowater
- DIOP, TANDIA, 1997 Qualité de l'eau de la nappe phréatique à Yeumbeul, Sénégal, Étude sur le terrain, CSI info No 3
- HEBERLING HERZ, MAIKIBI, 1985 Drainage urbain au Sahel, Rétention des eaux de pluie, Institut für Städtebau und Landesplanung
- NDIAYE, GUÈYE-GIRARDET, 2006 Impact des eaux usées sur l'évolution microbiologique des sols : étude de cas à Pikine, Dakar, Agrosolution, vol.17
- PNUE/DEWA, 2000 Observatoire de Vulnérabilité des Eaux Souterraines Urbaines d'Afrique, Rapports de Synthèse nationale, Sénégal, UNESCO/PHI
- SALEM, G., 1998 La Santé dans la ville, Géographie d'un petit espace dense : Pikine (Sénégal).
- URBAPLAN - INGESAHEL Elaboration d'un plan de restructuration des quartiers de Pikine Irrégulier Sud traversés par l'autoroute Dakar-Diamniadio, 13 rapports, 2006 - 2008.
- WORLD BANK, 1995 Third Water Project, Interim Phase, Drinking water component, Environmental Impact Study.
- WORLD BANK, 1995 Water Sector Project, Staff Appraisal Report
- WORLD BANK, 2001 Long Term Water Project Sector, Project Appraisal Document



## 9. CONTACTS

DIALLO DJIBRIL	Collectif des Associations pour le Développement de Djiddah Thiaroye Kao, Président sambadiallo2011@yahoo.fr; 00221.77.561.04.56
KEITA PAPA AMETH	Urbanistes Sans Frontières, Chargé de programme. Conseil Régional Dakar, Président de la Commission Urbanisme et Aménagement, gordo10640@yahoo.fr; 00221.77.505.19.93
KAMMER DAVID	Urbanistes Sans Frontières, Ingénieur Génie Civil, david.kammer@epfl.ch
ROYEZ CYRIL	Urbanistes Sans Frontières, Responsable de projet, cyril.royez@epfl.ch; 0041.77.454.98.54
Projet urbaDTK	<a href="http://www.urbaDTK.org">www.urbaDTK.org</a>
CADDTK	Collectif des Associations pour le Développement de Djiddah Thiaroye Kao Siège Social : Tally Icotaf prolongé route Nietty Mbars en face de la Mosquée Quartier Malao DIOP, Mousdalifa 4 BP : 18226 PIKINE-Sénégal caddtk@yahoo.fr
USF	Urbanistes sans Frontières International 10, rue Musy Case postale 1211 GENEVE 6 info@urbansf.org  <a href="mailto:contact@urbadtk.org">contact@urbadtk.org</a>

## 10. CITATIONS

« Unless proper measures are being taken, **there is a risk of increased pollution of nitrates and bacteria in the groundwater of Thiaroye** caused by the rapidly increasing urbanization. The current nitrate concentrations are already very high (150 to 300 mg/l) and therefore, it is advisable to:

- (i) maintain the current device to dilute the local drinking water to reduce the nitrate concentration before it supplied to the consumers by connection to ALG1 ;
- (ii) carefully monitor the nitrate contents and their bacteriological levels. »

WORLD BANK, Water Sector Project, Staff Appraisal Report, 1995, Annexe 7 p.3

### Affectation de l'eau de la nappe de Thiaroye à l'activité agricole

20. L'eau du centre de captage est très chargée en fer et requiert un traitement avant d'être distribuée. De plus elle est de plus en plus polluée suite à la pression exercée par les agglomérations de Thiaroye et de Pikine. Cette eau est, comme telle, impropre à la consommation humaine à cause de sa teneur élevée en nitrates. Elle constitue cependant une réelle plus-value pour l'agriculture.

21. L'arrivée à la région de Dakar de l'eau de la solution à long terme entraînera certainement la suppression des pompages du Thiaroye. Cependant, si les pompages sont arrêtés, on assistera à ne remontée de la nappe qui pourrait atteindre un niveau ruinant les nombreuses maisons construites dans les zones de bas-fonds. Il est donc indispensable de continuer à déprimer la nappe de Thiaroye au profit des maraîchers, pour maintenir sa surface phréatique à un niveau inférieur aux côtes les plus basses du terrain naturel.

22. La solution du centre de pompage de Thiaroye devrait de s'inspirer de l'expérience en cours avec le centre de captage de Berr thialane. Cette eau pourrait être transférée à l'utilisation agricole. Un volume d'eau potable équivalent sera récupéré des maraîchers quotataires localisés dans un rayon qui rendrait l'opération de transfert viable. Il suffirait de trouver une superficie d'une centaine d'hectares de cultures maraîchères pour résoudre ce problème.

WORLD BANK, Water Sector Project, Staff Appraisal Report, 1995, Annexe 8 p.11

« So far, SONEES was able to mix the THIAROYE ground-water with water from the Eocene limestones in a proportion of 1 volume of THIAROYE water to 2.5 volumes of unpolluted water thus diluting the nitrates to approximately 40-80 mg/l while the OMVS prefers a limit value of 50 mg/l.

This trend towards the pollution of the THIAROYE ground-water by nitrates could become greater in the forthcoming years because the population is growing fast and the drainage infrastructure is not keeping pace with this increase.

Even when drainage becomes a priority, in many districts it is impossible to install networks because of the way the streets are set out. These districts will have to be restructured beforehand.

In order not to lose the THIAROYE resource during the interim phase, it would be worthwhile diluting it more. The design of the distribution restructuring work should therefore be an opportunity of thinking about this possibility.

Eventually, this ground-water table will have to be abandoned as a drinking water supply. However, the drawing off must be maintained because the drop induced by the bore holes **will probably prevent the flooding of certain districts built in the "niayes".** »

WORLD BANK, 1995, Third Water Project, Interim Phase, Drinking Water Component, Environmental Impact Study. p.33

## 11. ANNEXES