



Journal Homepage: www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/11405

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/11405>



RESEARCH ARTICLE

ESTIMATION DE LA RECHARGE DE LA NAPPE LIBRE DE LA ZONE DES NIAYES (SENEGAL) PAR LA METHODE DU BILAN DE THORNTHWAITE

Pape Mbaye Dieng¹, Papa Babacar Diop Thioune^{1,2}, Mahécor Diouf¹, Mamado Salif Dallo¹ and El. Hadji Bamba Diaw¹

1. Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LaSTEE), Ecole Polytechnique de de Thiès BP A10 Thiès, Sénégal.
2. Université Alioune DIOP de Bambey, Institut Supérieur Formation Agricole et Rural (ISFAR) BP 54, Bambey, Sénégal.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 28 May 2020

Final Accepted: 30 June 2020

Published: July 2020

Key words:-

Recharge, Nappe, Niayes, Bilan de Thornthwaite, Sénégal

Abstract

Dans la zone des Niayes, la nappe des sables quaternaires constitue une importante ressource exploitée pour l'alimentation en eau potable ainsi que dans les domaines industriels et agricoles. Il s'avère donc nécessaire de mettre en œuvre des études globales pour la gestion de cette ressource en eau notamment l'étude de la recharge de la nappe.

L'étude présentée dans cet article a pour but d'estimer la recharge directe de la nappe libre de la zone des Niayes par la méthode du bilan de Thornthwaite. La recharge via les précipitations se base sur le bilan hydrologique qui vise à établir la relation entre les entrées et les sorties en eau d'une unité hydrologique définie pendant une période de temps donnée. Dans cette étude, la recharge est estimée dans dix localités au pas mensuel d'après le bilan de Thornthwaite fournissant la pluie efficace qui correspond à la lame d'eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration (recharge directe). On établit le bilan à partir de la pluie, de l'évapotranspiration potentielle, de l'évapotranspiration réelle et de la réserve facilement utilisable. Les résultats obtenus par l'application de la méthode de Thornthwaite mettent en évidence que la recharge se produit plus au mois d'août et au mois de septembre. Ainsi, sur la période 2007-2017, les valeurs de la recharge moyenne dans les régions de Thiès, Louga et Saint-Louis sont respectivement égales à 13,89, 1,76 et 4,21 %, soit respectivement 67,58, 6 et 12,67 mm/an.

Copy Right, IJAR, 2020,. All rights reserved.

Introduction:-

L'hydrogéologie du Sénégal se compose de trois grands systèmes aquifères dont le complexe terminal qui regroupe les nappes moins profondes du continental terminal et du quaternaire qui se superposent. La nappe la plus superficielle dénommée nappe des sables quaternaires du littoral nord, s'étend de Dakar à Saint-Louis le long de la côte[1]. Cette nappe des sables quaternaires constitue une importante ressource exploitée pour l'alimentation en eau potable ainsi que l'utilisation dans les domaines agricoles et industriels. C'est ainsi que la gestion de cette ressource dans une optique de développement durable nécessite la connaissance du taux de recharge puisqu'elle constitue un élément déterminant pour une meilleure gestion efficace et durable de la nappe. La recharge directe est communément définie comme l'écoulement de l'eau à travers la zone non saturée et qui atteint la nappe d'eau

Corresponding Author:- Pape Mbaye Dieng

Address:- Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LaSTEE), Ecole Polytechnique de de Thiès BP A10 Thiès, Sénégal.

souterraine[2; 3]. Dès lors, différentes méthodes basées principalement sur le bilan du cycle de l'eau ont été décrites par plusieurs auteurs à travers le monde pour l'estimation de la recharge des nappes [4; 5]. Dans notre étude, la méthode du bilan selon Thornthwaite est utilisée pour estimer la recharge de la nappe libre de la zone des Niayes. Par contre, l'une des difficultés dans le calcul du bilan par la méthode de Thornthwaite est la valeur attribuée à la réserve en eau du sol. En effet, les différentes études effectuées jusqu'ici ont considéré des valeurs de réserve utile comprises entre 100 et 125 mm [6; 7]. C'est ainsi que dans cet article, pour mieux évaluer la recharge, dix échantillons de sols ont été prélevés dans la zone d'étude pour une meilleure estimation de la réserve en eau du sol de la zone des Niayes. Dans ce travail, les données météorologiques nécessaires pour l'estimation de la recharge de la nappe libre de la zone des Niayes avec la méthode du bilan de Thornthwaite sont issues de la base de données de l'Agence National de l'Aviation Civil et de la météorologie (ANACIM) du Sénégal.

Matériels Et Méthodes:-

Description de la zone d'étude:

La zone des Niayes occupe la frange atlantique de la côte sénégalaise et s'étend sur une bande de 180 Km de longueur et une largeur de 5 à 30 Km [8]. Elle est à cheval sur quatre régions administratives: Dakar, Saint Louis, Louga et Thiès. Elle est limitée à l'Ouest par l'océan Atlantique et à l'Est par la route nationale Thiès-Saint-Louis. La figure 1 présente la zone des Niayes avec les principales communes concernées.

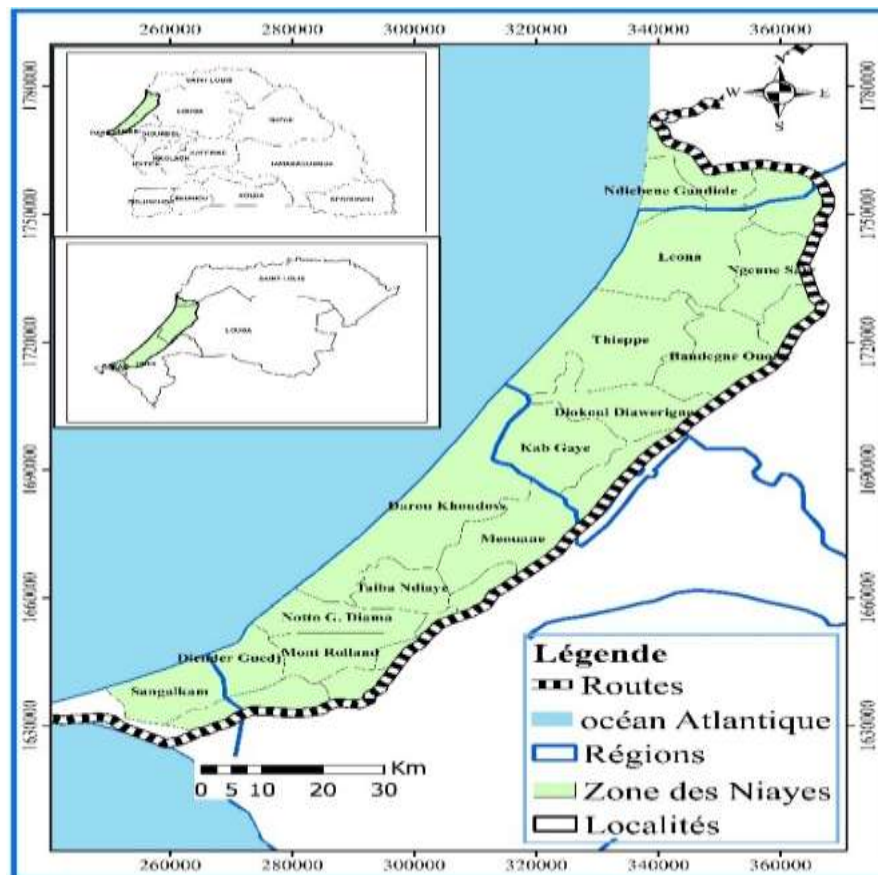


Figure 1:- Carte de la zone des Niayes.

Elle regroupe des localités à vocation généralement agricole. Il s'agit de Sangalkam, Mboro, Cayar, Darou Khoudoss, Gandon, Leona, Thiépe [1]. Les Niayes sont des dépressions inter-dunaires fermées à nappe phréatique affleurante ou sub-affleurante et sont caractérisées par une succession de dunes et de dépressions.

Le climat:

La zone des Niayes est classée dans la zone climatique soudano-sahélienne [1]. Les variations climatiques dans cette région sont liées aux déplacements des masses d'airs et de fronts. La zone de convergence des masses d'airs

constitue la zone intertropicale qui conditionne l'alternance régulière des deux saisons, une saison des pluies concentrée sur trois mois (Juillet, Août et Septembre) et une saison sèche durant le reste de l'année.

La pluviométrie:

L'évolution annuelle des précipitations montre une variabilité climatique marquée par des périodes excédentaires et des périodes déficitaires. La distribution spatiale de la pluviométrie dans la zone des Niayes montre un gradient croissant Nord-Sud des moyennes annuelles pluviométriques. Les précipitations moyennes interannuelles entre 1980 et 2017 sont respectivement égales à 258 mm et 300 mm dans les régions de Saint-Louis et Louga. Dans la partie Sud, elles varient entre 391 mm à Dakar et 440 mm dans la région de Thiès. La figure 2 présente l'évolution annuelle de la pluviométrie entre 1980 et 2017.

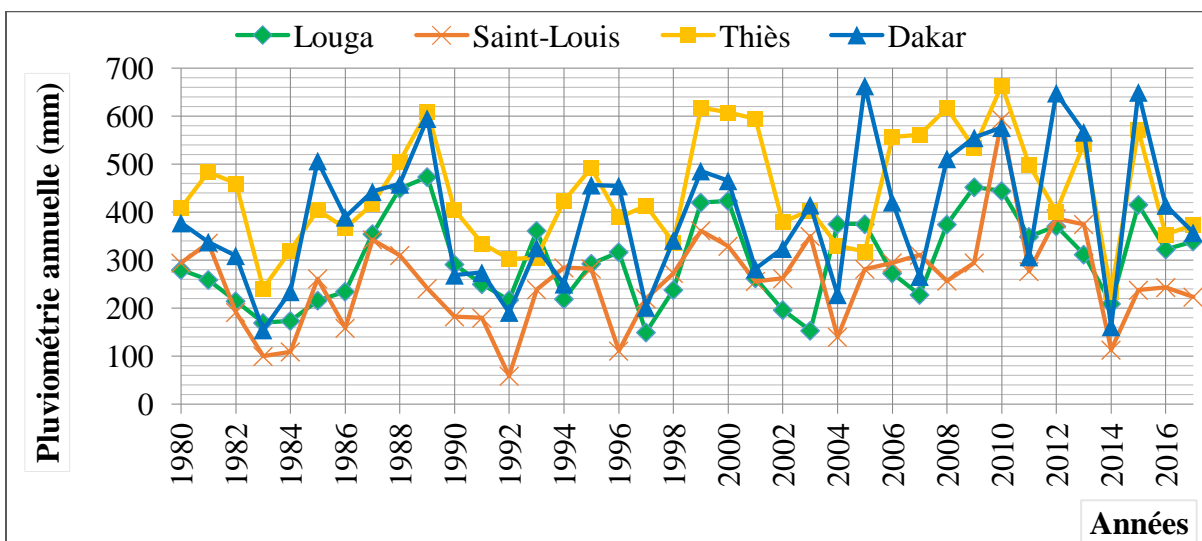


Figure 2:- Evolution annuelle de la pluviométrie entre 1980 et 2017.

La température:

Les températures moyennes mensuelles minimales entre 1980 et 2017 sont enregistrées au mois de février et de décembre avec une valeur moyenne de 21°C, alors que les températures moyennes mensuelles maximales atteignent 30°C au mois d'octobre. La figure 3 présente l'évolution moyenne mensuelle de la température entre 1980 et 2017.

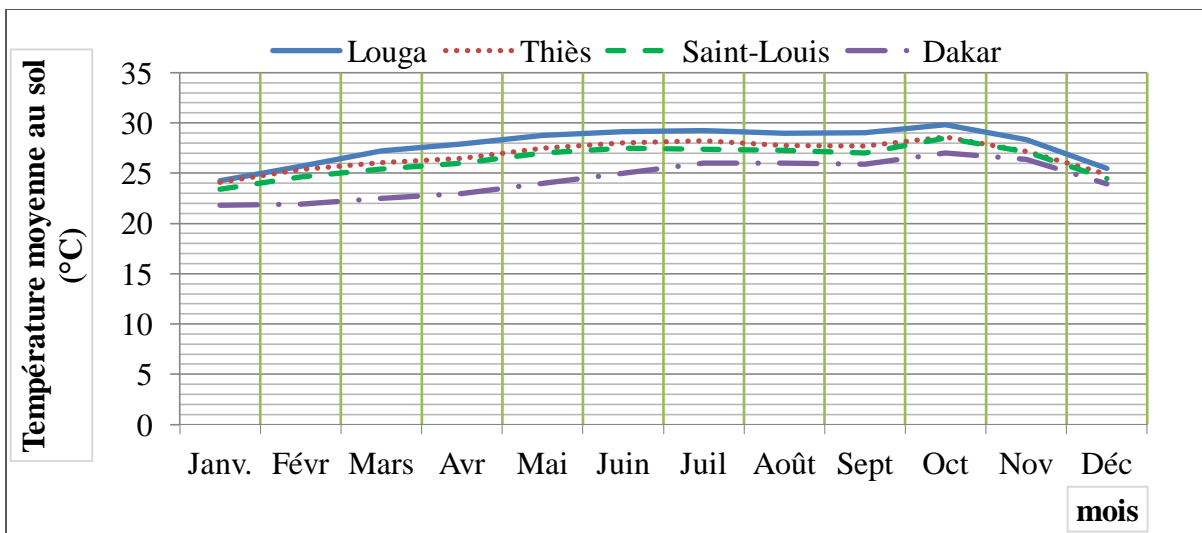


Figure 3:- Evolution moyenne mensuelle de la température entre 1980 et 2017.

Les vents:

Les moyennes mensuelles de la vitesse des vents entre 1980 et 2017 montrent que les valeurs maximales et minimales sont enregistrées respectivement au mois d'avril et au mois de septembre. Elles passent de 2 m/s en septembre à 5,3 m/s au mois d'avril. La figure 4 présente l'évolution de la vitesse moyenne mensuelle des vents sur la période 1980-2017.

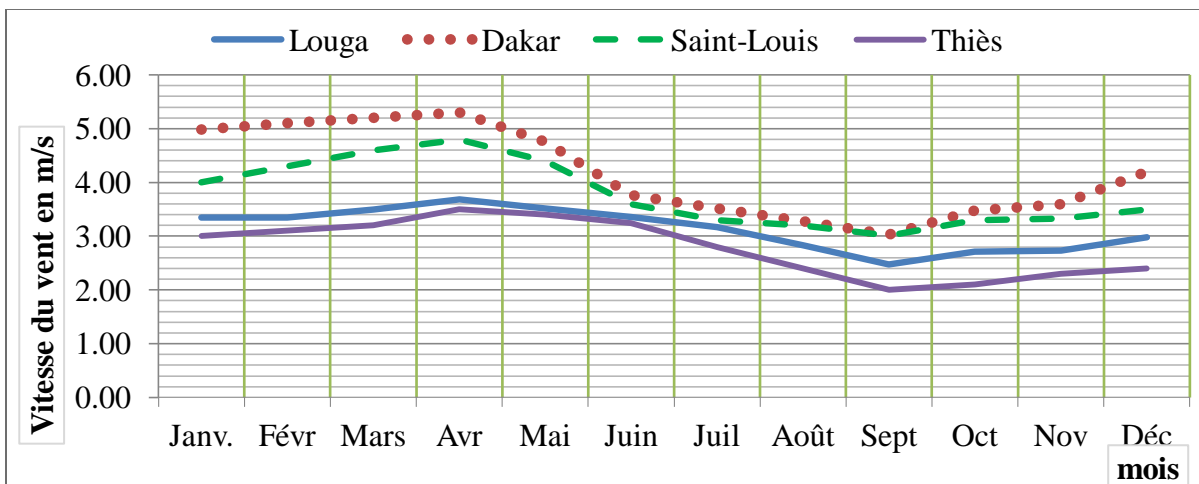


Figure 4:- Evolution de la vitesse du vent entre 1980 et 2017.

Le relief et les sols:

La nature et l'évolution des sols dans la zone des Niayes sont influencées par la topographie et la proximité avec la mer. Les sols de la zone des Niayes ont généralement une texture sableuse. La pédologie de la zone des Niayes est très diverses, ainsi on distingue les sols minéraux bruts, les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, les sols bruns rouges, les vertisols, les sols halomorphes et les sols hydromorphes[9]. La figure 5 présente la pédologie de la zone des Niayes.

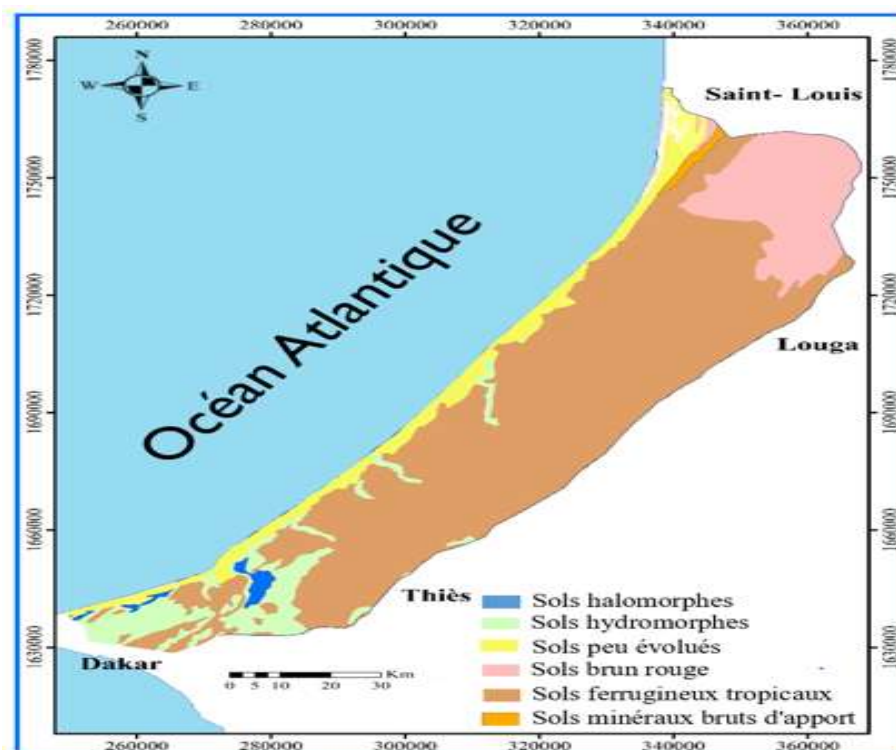


Figure 5:- Pédologie de la zone des Niayes.

A l'Ouest de la zone des Niayes, le relief s'adoucit pour atteindre des cotes de 0 IGN au niveau de l'océan Atlantique. Au Sud-Est, dans la région de Thiès, le modelé de la région se présente sous forme de plateaux qui culminent à près de 130 m d'altitude. La figure 6 présente la morphologie de la surface du sol de la zone des Niayes.

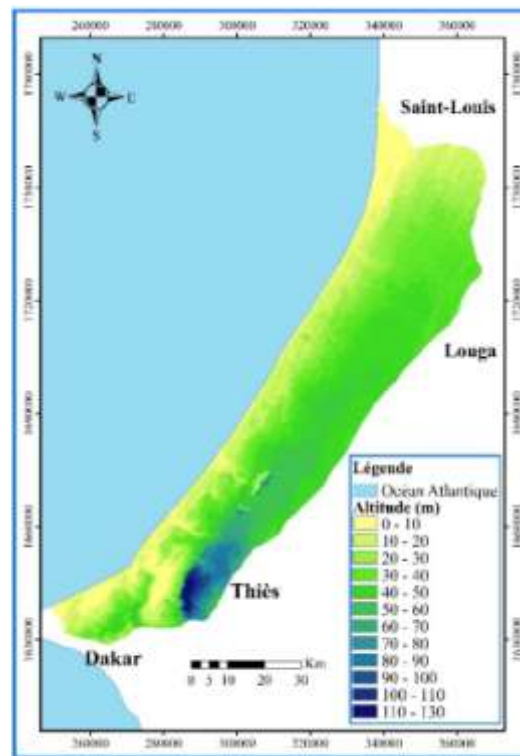


Figure 6:- Morphologie de la surface du sol de la zone des Niayes.

Méthodologie:-

Présentation de la méthode du bilan selon Thornthwaite:

La méthode utilisée pour estimer la recharge de la nappe libre de la zone des Niayes est la méthode du bilan selon Thornthwaite. Cette méthode est basée sur la réserve en eau du sol facilement utilisable (RFU). Cette RFU peut être reprise par évaporation par l'intermédiaire des plantes. On admet que la satisfaction de l'évapotranspiration potentielle (ETP) a priorité sur l'écoulement. Par ailleurs, le remplissage de la réserve facilement utilisable (RFU) est également prioritaire sur l'écoulement. On établit ainsi le bilan à l'échelle mensuelle à partir de la pluie (P), de l'évapotranspiration potentielle (ETP), de l'évapotranspiration réelle (ETR) et de la réserve facilement utilisable (RFU) et de l'écoulement Q (vertical ou horizontal) [10].

1. Si $P < ETP$
2. on évapore toute la pluie;
3. on prend à la RFU (jusqu'à la vider) l'eau nécessaire pour satisfaire l'ETR;
4. lorsque la RFU est épuisée et que $ETP > ETR$, $ETP - ETR$ représente le déficit agricole (DA).
5. Si $P > ETP$
6. $ETP = ETR$;
7. la quantité correspondant à $P - ETP$ est emmagasinée dans le sol jusqu'à saturation de celui-ci ;
8. la partie de l'excédent dépassant éventuellement la réserve cumulée maximale en eau du sol constitue le surplus d'eau et est disponible pour le ruissellement et l'infiltration.

Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP):

Plusieurs formules empiriques (dont celles de Thornthwaite, Penman, Turc etc.) et dispositifs empiriques (bac d'évaporation) ont été développés pour estimer l'évapotranspiration potentielle. Dans cette étude, la formule empirique de Turc est utilisée pour calculer l'évapotranspiration potentielle.

Le calcul de l'évapotranspiration potentielle par la formule de Turc fait intervenir des paramètres climatiques tels que: la température moyenne mensuelle, la radiation globale du mois considérée et l'insolation relative. Elle s'exprime en mm/mois selon les formules suivantes [11].

- Si l'humidité relative $hr > 50\%$:

$$ETP = 0.013 \times J(Rg + 50) \left(\frac{T}{T + 15} \right) \quad 1$$

- Si l'humidité relative $hr < 50\%$:

$$ETP = 0.013 \times J(Rg + 50) \left(\frac{T}{T + 15} \right) \left(1 + \frac{50 - hr}{70} \right) \quad 2$$

Rg : radiation solaire globale :

$$Rg \approx Ig_a \left(0,18 + 0,62 \frac{h}{H} \right) \quad 3$$

T : Température moyenne mesurée sous abri de la période considérée ($^{\circ}\text{C}$) ; J : Nombre de jour dans le mois ; h : durée réelle d'insolation en heure par jour ; H : durées maximales d'insolation possible (durée astronomique du jour) en heure par jour ; Ig_a : Radiation solaire directe en l'absence d'atmosphère en calories par cm^2 de surface horizontale et par jour. H et Ig_a sont tabulés en fonction de la latitude et de la date.

Estimation de la réserve en eau du sol:

Le calcul de la réserve utile (RU) des sols de la zone des Niayes est effectué en appliquant la formule de Rawls et al. Les équations de régression linéaire de Rawls ont l'avantage d'être simples et ont été testées sur un large échantillon de sols américains (2500 horizons prélevés dans 32 Etats des Etats-Unis), leur validation a offert des coefficients de corrélation de 0,8 et de 0,87 pour l'estimation de la teneur en eau à -15000 hPa et à -330 hPa respectivement [12].

La réserve utile selon Rawls et al. est traduite par l'équation suivante :

$$RU = (W_{330} - W_{15000}) \cdot h \quad 4$$

Avec : RU en millimètre

W_{15000} : la teneur en eau du sol à -15000 hPa (en mm/m), c'est-à-dire la capacité au champ ;

$$W_{15000} = 26 + (5, \text{Ar}) + (15, 8, \text{MO}) \quad 5$$

W_{330} : la teneur en eau du sol à -330 hPa (en mm/m), c'est-à-dire le point de flétrissement ;

$$W_{330} = 257,6 - (2, \text{Sa}) + (3, 6, \text{Ar}) + (29, 9, \text{MO}) \quad 6$$

Avec, Ar: teneur en argile (%) ; Sa: teneur en sable (%) ; MO: teneur en matière organique (en %) ; h: épaisseur de l'horizon (en m).

Résultats:-

Résultats du calcul de la réserve utile:

Le calcul de la réserve utile est basé sur les dix échantillons prélevés dans la zone d'étude. L'ensemble des échantillons ont été prélevés avec un horizon de 45 cm et analysés afin de déterminer les pourcentages de sables, de limons, d'argiles et de matières organiques. La figure 7 présente la localisation des dix échantillons de sols prélevés.

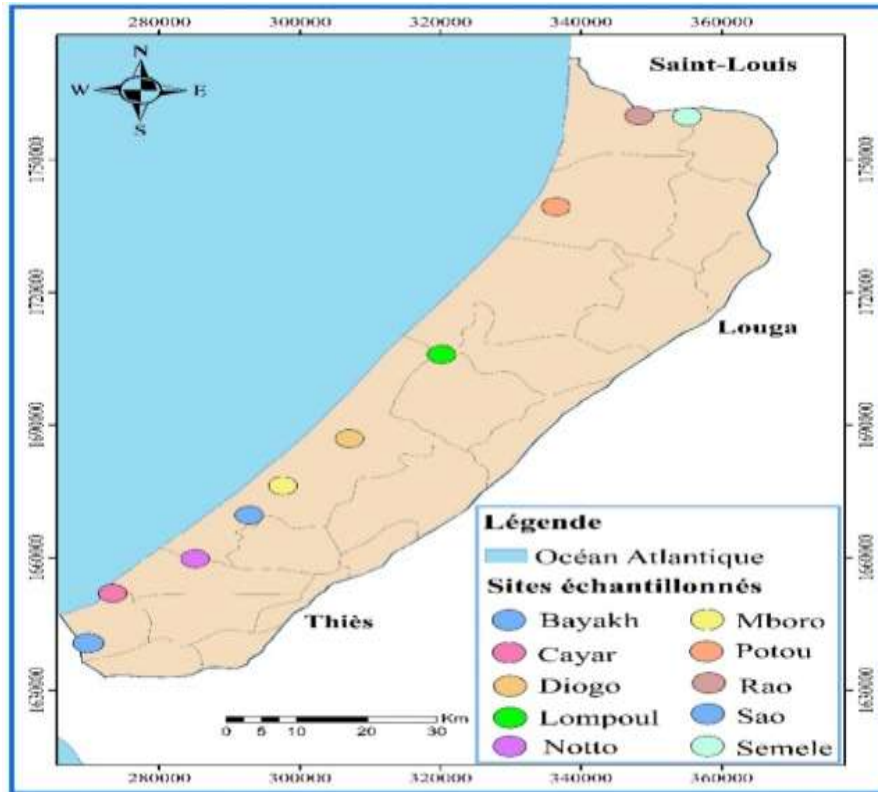


Figure 7:- Carte de la localisation des échantillons de sol.

L'analyse des échantillons de sols montre qu'on a une prédominance des sables avec des valeurs comprises entre 82,71 % et 86,25 %, suivis des matières organiques avec des pourcentages variant entre 7,99 à 9,02 %.

Les proportions d'argiles sont relativement faibles avec des valeurs variant entre 1 et 2,67 %.

Le tableau 1 présente les résultats des analyses des échantillons de sols prélevés dans les régions de Thiès, Louga et Saint-Louis.

Tableau 1:- Résultats de l'analyse des échantillons de sols prélevés.

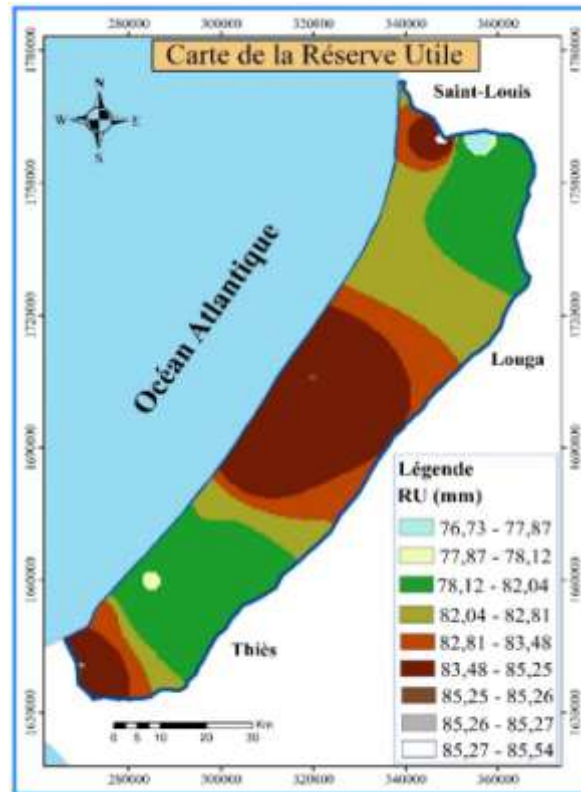
Paramètres Localités	Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)	Matièresorganique (%)
Cayar	1,81	3,96	85,23	9
Bayakh	2,41	3,92	84,44	9,23
Potou	2,67	5,86	83,41	8,6
Lompoul	1,97	5,73	83,28	9,02
Rao	2,03	6,27	82,71	8,99
Mboro	1,75	3,23	86,02	9,001
Sao	2,09	5,9	84,01	8,01
Notto	2,18	5,75	84,08	7,99
Semelle	1	4,71	86,25	8
Diogo	2,37	4,92	82,87	9

Le calcul de la réserve utile par la formule de Rawls et al., dans les différentes localités montre que la valeur minimale est enregistrée dans la localité de Semelle (76,73 mm) et la valeur maximale dans la localité de Rao (85,54 mm). Ainsi, les valeurs moyennes de la réserve utile du sol dans les régions de Thiès, Louga et Saint-Louis sont respectivement égales à 82,13, 83,65 et 81,14 mm. Letableau 2 présente les résultats du calcul de la réserve utile dans les différentes localités.

Tableau 2:- Résultats du calcul de la réserve utile.

Localités	Cayar	Bayakh	Potou	Lompoul	Rao	Mboro	Sao	Notto	Semelle	Diogo
RU (mm)	83,48	85,27	82,04	85,26	85,54	82,81	78,12	77,87	76,73	85,25

A partir des résultats obtenus par les équation de Rawls et al., une carte de répartition de la réserve utile est élaborée comme la montre la figure 8.

**Figure 8:-** Carte de la réserve utile.

Résultats du calcul de la réserve facilement utilisable

La réserve facilement utilisable peut être estimée aux 2/3 de la réserve utile [13]. Le tableau 3 présente les résultats du calcul de la réserve facilement utilisable.

Tableau 3:- Résultats du calcul de la réserve facilement utilisable.

Localité	Cayar	Bayakh	Potou	Lompoul	Rao	Mboro	Sao	Notto	Semelle	Diogo
RFU (en mm)	55,65	56,85	54,69	56,84	57,03	55,21	52,08	51,91	51,15	56,83

Les valeurs de la réserve facilement utilisable déduites de la réserve utile montrent que les valeurs minimales et maximales sont respectivement égales à 51,15 mm à Semelle et 57,03 mm à Rao. Ainsi, Les valeurs moyennes de la réserve facilement utilisable dans les régions de Thiès, Louga et Saint-Louis sont respectivement égales à 54,75, 55,77 et 54,09 mm.

La figure 9 présente la répartition de la réserve facilement utilisable de la zone des Niayes.

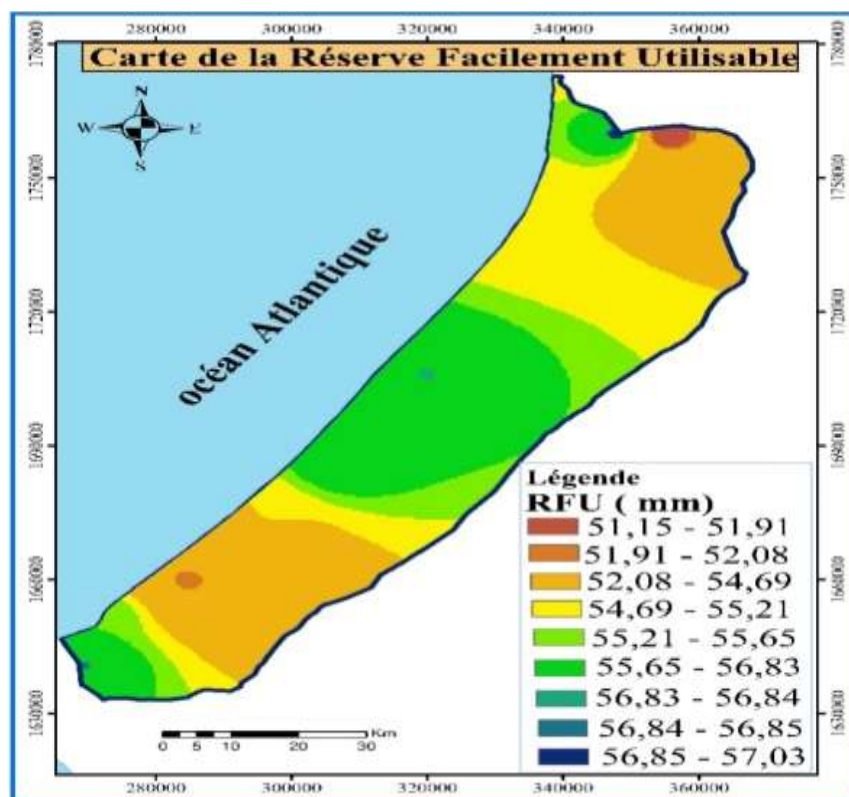


Figure 9:- Carte de la réserve facilement utilisable.

Résultats du calcul de la recharge moyenne annuelle entre 2007 et 2017 dans la région de Thiès

Le calcul de la recharge dans la région de Thiès sur la période 2007-2017 est détaillé comme suit: les localités de Cayar, Bayakh, Mboro, Diogo, Sao et Notto ont respectivement enregistré des taux de recharge de 13,76, 13,59, 13,83, 13,59, 14,27 et 14,29 %, soit respectivement 66,96, 66,14, 67,27, 66,13, 69,43 et 69,54 mm. Ainsi, sur la période 2007-2017 la recharge moyenne enregistrée dans la région de Thiès est égale à 13,89 %, soit 67,58 mm. Les résultats du calcul de la recharge moyenne annuelle dans la région de Thiès sont présentés dans le tableau 4.

1. Avec **P** qui représente la pluviométrie moyenne en mm ;
2. **I** qui représente la recharge moyenne exprimée en pourcentage et en millimètre.

Tableau 4:- Résultats du calcul de la recharge annuelle dans la région de Thiès sur la période 2007-2017.

Localité Année	Cayar		Bayakh		Mboro		Diogo		Sao		Notto	
	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I
2007	560,8	14,2	560,8	14,0	560,8	14,3	560,8	14,0	560,8	14,8	560,8	14,8
2008	616,8	21,3	616,8	21,1	61,8	1,4	616,8	21,1	616,8	21,8	616,8	21,9
2009	533,6	9,4	533,6	9,2	533,6	9,5	533,6	9,2	533,6	10,0	533,6	10,1
2010	664,4	24,6	664,4	24,4	664,4	24,6	664,4	24,4	664,4	25,1	664,4	25,1
2011	498,6	22,8	498,6	22,6	498,6	22,9	498,6	22,6	498,6	23,5	498,6	23,5
2012	401,4	3,1	401,4	2,8	401,4	3,3	401,4	2,8	401,4	4,0	401,4	4,0
2013	542,	24,6	542,	24,4	542,	24,7	542,	24,4	542,	25,2	542,	25,2

	9		9		9		9		9		9	
2014	234,9	-	234,9	-	234,9	-	234,9	-	234,9	-	234,9	-
2015	574,1	8,8	574,1	8,6	574,1	8,9	574,1	8,7	574,1	9,4	574,1	9,5
2016	353,5	-	353,5	-	353,5	-	353,5	-	353,5	-	353,5	-
2017	373,3	-	373,3	-	373,3	-	373,3	-	373,3	-	373,3	-
Recharge moyenne (%)	486,5	13,76	486,5	13,59	486,5	13,83	486,5	13,59	486,5	14,27	486,5	14,29
Recharge moyenne (mm)	66,96		66,14		67,27		66,13		69,43		69,54	

Légende : P = Pluie annuelle ; I = Infiltration (Recharge)

Résultats du calcul de la recharge moyenne annuelle entre 2007 et 2017 dans les régions de Louga et Saint-Louis

Sur la période 2007-2017, les résultats du calcul de la recharge moyenne annuelle dans les régions de Louga et Saint-Louis sont détaillés comme suit :

Le calcul de la recharge dans la région de Louga montre que l'infiltration efficace n'a eu lieu que sur les années 2010, 2011 et 2015. La recharge moyenne calculée est égale à 1,68 % à Lompoul et 1,85 % à Potou, soit respectivement 5,72 et 6,28 mm. Donc, la recharge moyenne enregistrée dans la région de Louga est égale 1,76 %, soit 6 mm.

Dans la région de Saint-Louis, la recharge ne s'est produite que sur les années 2010 et 2012. La recharge moyenne calculée est égale à 4,04 % à Rao et 4,38 % à Semelle, soit respectivement 12,16 et 13,18 mm. Donc, la recharge moyenne enregistrée dans la région de Saint-Louis est égale à 4,21 %, soit 12,67 mm.

Sur la période 2007-2017, les résultats du calcul de la recharge dans les régions de Louga et Saint-Louis sont présentés dans le tableau 5:

1. Avec **P** qui représente la pluviométrie moyenne en mm ;
2. **I** qui représente la recharge moyenne exprimée en pourcentage et en millimètre.

Tableau 5:- Résultats du calcul de la recharge moyenne annuelle dans les régions de Louga et Saint-Louis.

Localité Année	Lompoul		Potou		Rao		Semelle	
	P	I	P	I	P	I	P	I
2007	227,9	-	227,9	-	310,7	-	310,7	-
2008	374,6	-	374,6	-	257,0	-	257,0	-
2009	452,3	-	452,3	-	294,6	-	294,6	-
2010	444,4	1,8	444,4	2,3	593,6	21,0	593,6	21,9
2011	348,9	0,7	348,9	1,2	276,8	-	276,8	-
2012	370,9	-	370,9	-	386,8	2,4	386,8	3,8
2013	234,7	-	234,7	-	374,8	-	374,8	-
2014	209,3	-	209,3	-	112,8	-	112,8	-
2015	415,7	12,5	415,7	13,6	237,7	-	237,7	-
2016	353,5	-	353,5	-	243,2	-	243,2	-
2017	339,4	-	339,4	-	223,3	-	223,3	-

Recharge moyenne (%)	340,1	1,68	340,1	1,85	301,0	4,04	301,0	4,38
Recharge moyenne (mm)	5,72		6,28		12,16		13,18	

Les résultats du calcul de la recharge dans les régions de Thiès, Louga et Saint-Louis ont permis de faire la cartographie de la recharge de la nappe libre de la zone des Niayes. Elle est détaillée comme suit:

1. Dans la région de Thiès, la recharge moyenne minimale est enregistrée dans la localité de Bayakh (13,59 %, soit 66,13 mm) et celle maximale est enregistrée dans la localité de Notto (14,29 %, soit 69,54 mm).
2. Dans la région de Louga, la recharge moyenne minimale est enregistrée dans la localité de Lompoul (1,68 %, soit 5,72 mm) et celle maximale est enregistrée dans la localité de Potou (1,85 %, soit 6,28 mm).
3. Dans la région de Saint-Louis, la recharge moyenne minimale est enregistrée dans la localité de Rao (4,04 %, soit 12,16 mm) et celle maximale est enregistrée dans la localité de Semelle (4,38 %, soit 13,18 mm).

La figure 10 présente la cartographie des valeurs de la recharge moyenne minimale et maximale enregistrées sur la période 2007-2017.

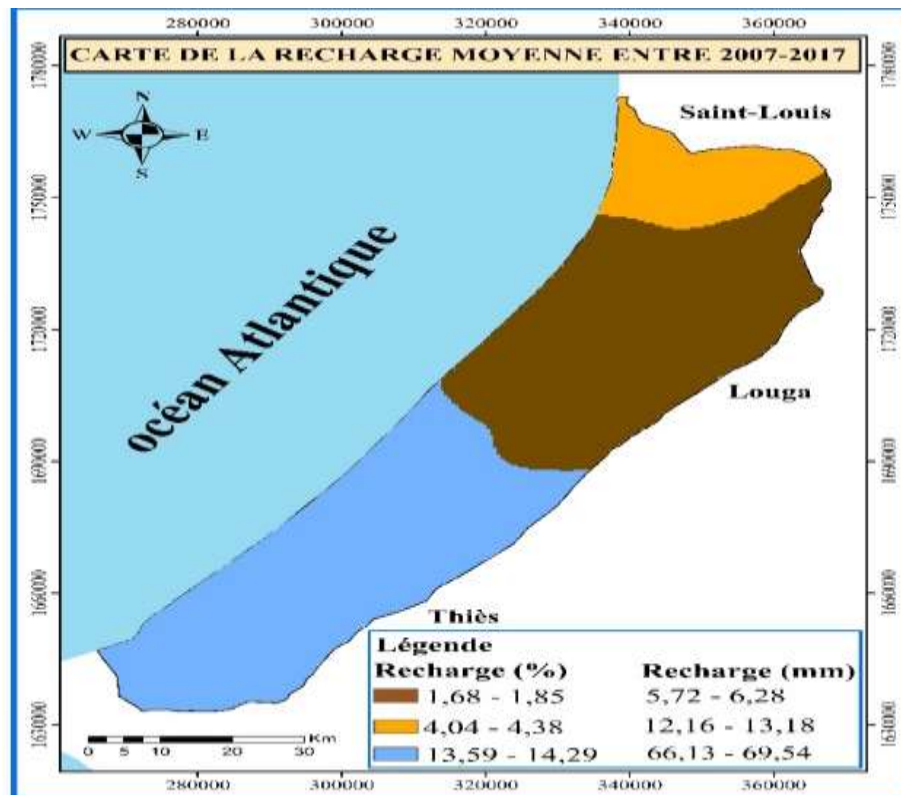


Figure 10:- Cartographie de la recharge moyenne minimale et maximale entre 2007 et 2017 de la nappe libre de la zone des Niayes.

La cartographie de la recharge moyenne annuelle montre une hétérogénéité dans la distribution des valeurs de la recharge de la nappe libre de la zone des Niayes.

Discussions:-

Les résultats obtenus dans cette étude montrent une variabilité spatiale de la recharge de la nappe libre de la zone des Niayes. L'application de la méthode de Thornthwaite sur la période 2007-2017 montre que la recharge est plus importante dans la partie Sud (Thiès) que dans les localités du Nord (Louga et Saint Louis) de la zone d'étude. La recharge moyenne dans la région de Thiès varie entre 13,59 et 14,29 %, soit respectivement 66,13 et 69,64 mm. Par contre, dans la partie Nord, la recharge est beaucoup moins importante. Dans la région de Louga, elle est comprise entre 1,68 et 1,85 %, soit respectivement 5,72 et 6,28 mm et dans la région de Saint-Louis, elle varie entre 4,04 et 4,38 %, soit respectivement 12,16 et 13,18 mm. Cette hétérogénéité dans la distribution de la recharge est plus due

au gradient pluviométrique qu'à la nature des sols. En effet, sur la période 1980-2017, les moyennes interannuelles de la pluviométrie dans les régions de Thiès, Louga et Saint-Louis sont respectivement égales à 440, 300 et 258 mm. Cela témoigne d'un gradient pluviométrique croissant Nord-Sud d'où les plus grandes valeurs de recharge enregistrées dans la région de Thiès.

Conclusion:-

L'étude menée pour évaluer la recharge de la nappe libre de la zone des Niayes a constitué une importante contribution à l'hydrogéologie de la région des Niayes. Elle a permis d'estimer le taux de recharge de la nappe libre de la zone des Niayes. Les résultats montrent une variabilité dans la distribution de la recharge de la nappe avec les plus grandes valeurs de recharge enregistrées dans la région de Thiès. Les taux de recharge moyenne dans les régions de Thiès, Louga et Saint-Louis sont respectivement égaux à 13,89, 1,76 et 4,21 %, soit respectivement 67,58, 6 et 12,67 mm. Cela témoigne en partie une variabilité dans la distribution de la pluviométrie.

Références Bibliographiques:-

1. Thioune, P. D., NDAO, S., Diouf M., Diallo, S.D., Diédhiou, A. and Diaw, E.B. Evaluation de la vulnérabilité de la nappe libre de la zone des niayes (Sénégal) par les méthodes DRASTIC, SINTACS, et Index de Susceptibilité (SI). International Journal of Innovation and applied studies, ISSN 2028-9324 Vol.26 No.4 jul.2019, pp. 965-984.
2. Lerner D.N., Isaar A.S., Simmers I. (1990) Groundwater Recharge: A Guide to Understanding and Estimating Natural Recharge. Hanover VHH, éditeur. Volume 8 International contribution to hydrogeology.
3. Healy R.W., Cook P.G. (2002) Using groundwater levels to estimate recharge. Hydrogeology Journal, 10(1):91-109. DOI:10.1007 /s10040-001-0178-0.
4. Scanlon, B.R., Healy, R.W., Cook, P.G. (2002). Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. Hydrogeology Journal 10:18-39.
5. Vries, J. J. Simmers, I. (2002) Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. Hydrogeol, J. 10(1), 5-17.
6. Noel, Y. (1975) Etude hydrogéologique des calcaires lutétiens de la région de Bambey (1ère phase). Rapport BRGM 75 Dak 01, 47p.
7. OMS (1975) Etudes sur modèles mathématiques de la nappe des sables quaternaires et calcaires lutétiens entre Tivaouane et Saint-Louis du Sénégal. Rapport BRGM, 75/SGN/049/AME, 100p.
8. Mahécor Diouf, Papa Babacar Diop Thioune, Allasane Ba et El hadji Bamba Diaw (2017) Impact anthropique et climatique sur la dynamique de la nappe des sables quaternaires du littoral nord du Sénégal. Revue du CAMES-Sciences appliquées et de l'ingénieur vol. 2 ISSN 2312-8712.
9. Fall, A.S., Cissé I., Fall S.T. (2001) Caractéristiques de la zone des Niayes. Bibliothèque national du canada, ISBN 0-88936-936-4, 10 p.
10. Thornthwaite C.W. (1948) An approach toward a rational classification of climate. Geograph. Rev., 38:55-94.
11. Turc, L. (1961) Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. Agron., Paris, p-13-49.
12. Rawls W.J., Brakensiek D.L., Saxton K.E. (1982) Estimation of soil water properties. Trans. ASAE, 25, 1316-1320.
13. Gérard TRON, Carole ISBERIE, Pierre CHOL (2013). Le tensiomètre pour piloter les irrigations: Une utilisation raisonnée de la ressource en eau. ISBN 978-284444-901-6, ISSN 1629-7474.