

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB-BLIDA 1

Faculté de technologie



Département de science de l'eau et de l'environnement

Mémoire de Master

Filière: Hydraulique

Spécialité: Ressources Hydrauliques

Thème:

Etude hydroclimatologique et hydrochimique des eaux souterraines du champ captant d'Idini (Mauritanie)

Préparé par : Taleb Abeydi Khaled

Devant les membres du jury

M. MESSAOUD N.	Professeur, U. de Blida	Promoteur
Mlle BENZINEB K.	Professeur, U. de Blida	Présidente
M. HADDAD A.	Professeur, U. de Blida	Examineur
Mme BENKACI S.	Professeur, U. de Blida	Examinatrice

Promotion 2018/2019

REMERCIEMENTS

Ce modeste travail est sans doute un fruit de contribution directe ou indirecte de l'ensemble des personnes que je vaudrais remercier et je présente mes excuses à toutes celles que je pourrais oublier de citer dans cette page :

En tout premier lieu, je tiens à remercier Dr. MESSAOUD NACER pour son encadrement et ses orientations judicieuses qui m'ont été infiniment utiles et son soutien constant tout au long de la rédaction de mon mémoire.

Je remercie également les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Je n'oublierai pas de remercier également tous mes enseignants du Département des Sciences de l'Eau et Environnement, qui m'ont transmis leurs connaissances et leur savoir-faire pour assurer ma formation au cours des années de mon cursus.

A la fin j'adresse mes remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui ont aidé de près ou de loin, et ceux qui n'ont jamais hésité le moindre instant à me soutenir, m'aider et m'encourager.

DÉDICACE

*A mes chers parents que Dieu les préserve
Pour leur inépuisable amour
Et leurs soutiens infinis.*

*A mes chers frères
A ma famille
A mes amis
A tous mes proches
A mes professeurs.*

A tous ceux qui croient à la réussite.

Je dédie ce travail...

Résumé

Le champ captant d'Idini, mis en évidence pour la première fois en 1954 par la Compagnie Générale de Géophysique (CGG) assurait jusqu'à l'année 2012 l'alimentation en eau potable de Nouakchott, capitale de la Mauritanie. Ce champ se situe dans la partie la plus occidentale de l'aquifère du continental terminal du bassin versant du Trarza du nom de la région administrative, lui-même appartenant au bassin sénégalo-mauritanien dont le fleuve constitue la seule source d'alimentation. Le climat de cette zone est désertique avec une aridité importante; la pluviométrie est faible (9,48 mm) et la température moyenne annuelle est de 27°C. Les quantités d'eaux apportées par les précipitations à la surface du sol sont systématiquement reprises par l'évaporation, suite aux températures élevées.

Depuis la mise en œuvre du projet affout es-saheli qui consiste à assurer l'alimentation d'eau potable de Nouakchott depuis le fleuve sénégalo-mauritanien, ce champ captant n'alimente désormais que quelques villes de la capitale notamment de l'est (Toujounine, Dar Naim..).

Les résultats des analyses chimiques des eaux prélevées en janvier 1986 et janvier 2019 montrent que la minéralisation a globalement augmenté (de 0,4 à 0,7 g/l) mais ne mettent pas en évidence une quelconque avancée d'un front salé vers le champ captant, mais plutôt une surexploitation des captages induisant une baisse drastique des niveaux piézométriques et une concentration en éléments chimiques.

Mots clefs : Champ captant d'Idni, climat, continental terminal, minéralisation, surexploitation.

Abstract

The capturing field of Idini, highlighted for the first time in 1954 by the General Company of Geophysics (CGG) ensured until the year 2012 the supply of drinkable water to Nouakchott, capital of Mauritania. This field is located in the westernmost part of the aquifer of the continental terminal of Trarza's watershed, given the name of the administrative region, it's a part of to the Senegal-Mauritanian basin whose river is the only supply source. The zone is a desert zone with a significant aridity; rainfall is low (9.48 mm) and the average annual temperature is 27° C. The quantity of water brought by precipitation to the soil surface is systematically recovered by evaporation, following high temperatures.

Since the implementation of the project affout es-saheli which consists of ensuring the supply of drinkable water for Nouakchott from the Senegal-Mauritanian river, This capturing field henceforth only feeds a few districts in the capital especially eastern ones (Toujounine, Dar Naim ..).

The results of the chemical analyzes of the water samples taken in January 1986 and January 2019 show that overall mineralization has increased (from 0.4 to 0.7 g / l) but do not highlight any advancement of a salty front towards the capturing field, but rather overuse of catchments inducing a drastic decline in piezometric levels and a concentration in chemical elements.

Key words: Capturing field of Idini, climate, Continental terminal, Mineralization, overexploitation.

تلخيص

ضمن حقل الالتقاط اديني ، الذي تم تسليط الضوء عليه لأول مرة في عام 1954 من قبل الشركة العامة للجيوفيزياء حتى عام 2012 توفير مياه الشرب لنواكشوط ، عاصمة موريتانيا. يقع حقل الالتقاط هذا في الجزء الغربي من طبقة المياه الجوفية للمحطة القارية للحوض الجانبي المسمى ترارزا نسبة إلى اسم المنطقة الإدارية، تنتمي هذه الطبقة إلى الحوض السنغالي الموريتاني الذي يعد نهر السنغال مصدر إمداده الوحيد.

مناخ هذه المنطقة هو مناخ الصحراوي مع نسب جفاف عالية. نسبة هطول المطر منخفضة (9.48 ملم) ومتوسط درجة الحرارة السنوي 27 درجة مئوية. كمية المياه الناتجة عن هطول الأمطار على سطح التربة تتبخر بشكل منهجي، إثر درجات الحرارة العالية. منذ تنفيذ مشروع افطوط الساحلي الذي كان الهدف منه ضمان إمدادات مياه الشرب لنواكشوط من نهر السنغال ، الي أيامنا هذه لم يعد الحقل يغذي سوى عدد قليل من المقاطعات الشرقية في العاصمة (توجونين ، دار نعيم...).

نتائج التحاليل الكيميائية لعينات المياه المأخوذة في يناير 1986 ويناير 2019 تبين أن نسبة المعادن قد زادت (من 0.4 إلى 0.7 غرام / لتر) ولكن لا تظهر أي تقدم من الجبهة المألحة نحو حقل الالتقاط، بل تظهر إفراطا في إستخراج المياه مما سبب انخفاضا حادا في مستويات مقياس الضغط الحجاجي وزيادة تركيز العناصر الكيميائية

Abréviation

AEP : Alimentation en Eau Potable

ANEPA : Agence Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (Mauritanie)

BI : Balance Ionique

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières (Mauritanie)

CGG : La Compagnie générale de la géophysique

CE : Conductivité Electrique

CNRE : Centre National des Ressources en Eau (Mauritanie)

ETP : l'évapotranspiration potentielle

ETR : l'évapotranspiration réelle

F : Forage

INRSP : Institut National de Recherche en Santé Publique (Mauritanie)

K : indice de continentalité thermique

NTU : Néphélobimétrie Turbidité Unit

OMS : Organisation Mondiale de Santé

ONM : Office National de Météorologie (Mauritanie)

PIB : Produit Intérieur Brut

Q : débit

R² : Coefficient de Corrélation

R : Rabattement

S : Coefficient d'emmagasinement

SNDE : Société Nationale d'Eau (Mauritanie)

T : Température

TDS : Taux De Salinité

Sommaire

Introduction générale	1,2
-----------------------------	-----

CHAPITRE I : Contexte général

I-1-Présentation socio-économique de la Mauritanie.....	3
I-2-Les ressources en eau.....	4
I-2-1-Les eaux de surface.....	4
I-2-2-Les eaux souterraines.....	4
I-3-Présentation d'Idini.....	5
I-4-Description du milieu humain.....	6
I-5-Le champ captant d'Idini de la nappe de Trarza.....	6

CHAPITRE II: Aperçu Géologique et Hydrogéologique

II-1-Géologie.....	7
II-2-Présentation du système aquifère du bassin sénégal-mauritanien.....	8
II- 2-1-Le Maestrichtien.....	8
II- 2-2-La Nappe du Paléocène et de l'Eocène.....	9
II- 2-3-Nappe du Continental Terminal et de l'Oligo-Miocène.....	9
II- 2-4-Nappe des formations quaternaires.....	11
II-3-Paramètres Hydrodynamiques du champ captant d'Idini.....	13
II-4-Evolution piézométrique de la nappe à Idini.....	14
II-5-La productivité disponible.....	17
II-6-Conclusion	17

CHAPITRE III : Aspects hydroclimatiques du champ captant d'Idini

III-1-Introduction.....	18
III-2-Analyse des paramètres climatiques.....	19
III-2-1- La température de l'air.....	20
III- 2- 2- La pluviométrie	21
III-2- 2-1. Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Idini.....	21
III-2- 2-2. Précipitations moyennes annuelles de la station.....	22
III- 2- 2-3. Coefficient d'irrégularité du régime des précipitations.....	23
III-2- 3- Le vent.....	23
III-2- 4- Humidité relative.....	25
III-2- 5- L'insolation.....	26
III-2- 6- Indice de continentalité thermique.....	27
III-3- Etude du climat.....	27
III-3- 1- Les indices climatiques.....	27
III-3- 1-1- Indice d'aridités annuelles et les indices mensuels de DeMartonne.....	28
III-3- 1-2- Indice pluviométrique annuel de Moral	29
III-3- 1-3- Indice d'Emberger	29
III-3- 1-4- Indice de Stewart	30
III-4- Le régime thermique	31
III-5- Déficit d'écoulement d'Idini	31
III-5-1-Formule de Turc	32
III-5-2-Formule de Coutagne	32
III-6-Conclusion.....	32

CHAPITRE IV : Evolution des caractères physico-chimique des eaux du champ Captant d'Idini

IV -1-Paramètres organoleptiques	33
IV -1-1-Couleur	33
IV -1-2-Odeur	33
IV -1-3-Goût.....	33
IV -1-4Turbidité	33
IV -2-Etude des paramètres physiques	33
IV -2-1Température de l'eau	33
IV -2-2-PH.....	33
IV -2-3-Conductivité.....	33
IV -2-4-Influence du front salé sur les forages	34
IV -3. La minéralisation	35
IV -4- Analyses physico-chimiques des forages	35
IV -5-Qualités des analyses physico-chimiques	38
IV -6-Outils et méthodes	38
IV -6-1-Outils	38
IV -6-2-Le diagramme de Schoeller Berkalov	40
IV -6-3-Diagramme de Stabler	41
IV -6-4-le diagramme de piper	46
IV -7-Relation chimiques	47
IV -7-1- Sodium-Chlorure (Na-Cl)	47
IV -7-2- Sulfate-Calcium (SO ₄ -Ca)	48
IV -7-3- Sodium-Calcium (Na-Ca)	50
IV -7-4-Sulfate- Magnésium (SO ₄ -Mg)	51
IV -8 conclusion.....	51

CHAPITRE V Etude des paramètres de la qualité des eaux du champ captant d'Idini

V-1-Introduction	52
V-2-Destination pour l'AEP (Normes de potabilité (O.M.S)).....	52
V-2-1 Étude des paramètres physiques	52
V-2-1-1 La température	52
V-2-1-2 Le potentiel d'hydrogène « pH »	53
V-2-1-3 La conductivité.....	54
V-2-1-4 La turbidité.....	55
V-2-2 Étude des paramètres chimiques.....	55
V-2-2-1 Calcium (Ca^{2+}).....	55
V-2-2-2 Magnésium (Mg^{2+})	56
V-2-2-3 Chlorures (Cl^-)	57
V-2-2-4 Les sulfates (So_4^{-2})	57
V-2-2-5 Nitrates (NO_3^-)	58
V-2-2-6 Sodium	59
V-2-2-7 Potassium	59
V-2-2-8 Bicarbonates	59
V-3 conclusion	59
Conclusion générale.....	60

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure 1: carte géographique de la Mauritanie

Figure 2: Situation Géographique d'Idini

CHAPITRE II

Figure 3: Bassin sédimentaire côtier Mauritanien

Figure 4: Coupe géologique en Mauritanie

Figure 5: Coupe hydrogéologique dans la région d'Idini

Figure 6: Localisation des forages et piézomètres du champ captant d'Idini

Figure 7: Fluctuation piézométrique au centre du champ captant d'Idini

Figure 8: Fluctuation piézométrique en périphérie du champ captant d'Idini

CHAPITRE III

Figure 9: Situation de la zone d'étude

Figure 10: localisation de la station pluviométrique d'Idini

Figure 11: Variations moyennes mensuelles des températures d'Idini

Figure 12: Variations moyennes annuelles des températures d'Idini

Figure 13: Variations des précipitations moyennes mensuelles d'Idini

Figure 14: variations moyennes annuelles des précipitations d'Idini

Figure 15: Variations moyennes mensuelles de la vitesse du vent de la station d'Idini

Figure 16: Variations de l'humidité moyenne relative de la station d'Idini

Figure 17: Variations de l'ensoleillement moyen mensuel d'Idini

Figure 18: Le diagramme de De Martonne

Figure 19: Climagramme d'Emberger

CHAPITRE IV

Figure 20: Répartition spatiale de la minéralisation des forages

Figure 21: Représentation de l'interface du logiciel d'hydrochimie

Figure 22: Diagramme Schoeller-Berkaloff (janvier 1986)

Figure 23: Diagramme Schoeller-Berkaloff (janvier 2019)

Figure 24: Diagramme de STABLER – janvier 1986

Figure 25: Diagramme de STABLER – janvier 2019

Figure 26: Classifications des faciès chimiques des eaux d'Idini – janvier 1986

Figure 27: Classifications des faciès chimiques des eaux d'Idini – janvier 2019

Figure 28: Diagramme binaire Na/Cl (janvier 1986)

Figure 29: Diagramme binaire Na/Cl (janvier 2019)

Figure 30: Diagramme binaire Ca/SO₄ (janvier 1986)

Figure 31: Diagramme binaire Ca/SO₄ (janvier 2019)

Figure 32: Diagramme binaire Ca/Na (janvier 1986)

Figure 33: Diagramme binaire Ca/Na (janvier 2019)

Figure 34: Diagramme binaire Mg/SO₄ (janvier 1986)

Figure 35: Diagramme binaire Mg/SO₄ (janvier 2019)

CHAPTRE V

Figure 36: Les variations de PH (janvier 1986)

Figure 37: Les variations de PH (janvier 2019)

Figure 38: Valeurs de la conductivité

Figure 39: Concentrations du Calcium

Figure 40: Concentrations du Magnésium

Figure 41: Concentrations du Chlorure

Figure 42: Concentrations du Sulfate

Figure 43: Concentrations du Nitrate

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1: Répartition des localités par taille de population

Tableau 2: La nappe de Trarza du bassin côtier en Mauritanie

Chapitre II

Tableau 3: Répartition des forages d'exploitation par vallées

Tableau 4: Caractéristiques de la nappe du Continental Terminal et de l'Oligo-Miocène

Tableau 5: Caractéristiques de la nappe du Continental Terminal et de l'Oligo-Miocène

Tableau 6: Description Stratigraphique à d'Idini

Tableau 7: Résultats des pompages

Tableau 8: Evolution piézométrique de la nappe à Idini

Tableau 9 : La productivité d'eau en 1986

Tableau 10: La productivité d'eau en 2019

Chapitre III

Tableau 11: caractéristique de la station pluviométrique d'Idini

Tableau 12: Températures moyennes mensuelles d'Idini

Tableau 13: Variations des températures moyennes annuelles d'Idini

Tableau 14: Variations moyennes mensuelles des précipitations

Tableau 15: Variations moyennes annuelles des précipitations

Tableau 16: Variations moyennes mensuelles de vent

Tableau 17: Variations mensuelles de l'humidité

Tableau 18: Ensoleillements

Tableau 19: Les valeurs d'Indice d'aridité mensuel

Tableau 20: Classification des climats en fonction de l'indice de De Martonne

Tableau 21: Relation températures – précipitations

CHAPITRE IV

Tableau 22: Résultats des analyses physico-chimiques (période janvier 1986)

Tableau 23: Résultats des analyses physico-chimiques (période janvier 2019)

Tableau 24: Formule et faciès chimique des eaux d'Idini (période janvier 1986)

Tableau 25: Formule et faciès chimique des eaux d'Idini (période janvier 2019)

CHAPITRE V

Tableau 26 : Classification des eaux d'après leur pH

Tableau 27 : Classes de turbidité usuelles (NTU, Nephelometric Turbidity Unit)

INTRODUCTION GENERALE

La Mauritanie recèle d'importantes réserves en eaux souterraines, mais leur répartition dans les différentes zones est inégale et leur exploitation exige souvent d'importants investissements et des techniques très diverses. Selon le « Bilan des Etudes Hydrologiques depuis 1974 » réalisé en 1986 par la direction de l'hydraulique, on dénombre trois grands ensembles de ressources en eau:

- au centre-nord, un important massif de roches cristallines, plus métamorphiques (micaschistes) vers le sud formant des nappes aquifères de fractures discontinues. Leurs ressources sont limitées (1 à 5 m³/heure);
- À l'est, un vaste bassin sédimentaire très ancien et mal continu en raison des difficultés d'accès et de l'importance de recouvrement des dunes (débit très variable: 1 à 18 m³/heure à une profondeur de 4 à 70 m);
- à l'ouest, un bassin sédimentaire récent (Trarza), formant une partie nord du bassin sénégalo-mauritanien contenant la plus grande nappe généralisée de Mauritanie (10 à 60 m³/heure pour une profondeur de 20 à 60 m.

Notons que le problème de la quantité et de la qualité des eaux nécessaires à la population et à son développement économique se pose pour de nombreux pays notamment ceux qui ne reçoivent que peu de précipitations tels que les pays du Sahel. La Mauritanie, par exemple, à cause de son climat à caractère sahélien, est un pays déficitaire en eau. En effet, la faible pluviométrie, l'importance de l'évaporation ainsi que la nature géologique font de la Mauritanie un pays pauvre en ressources hydriques.

La maîtrise et la sauvegarde des ressources en eau passent obligatoirement par une gestion coordonnée et intégrée. En effet, la plupart des grandes villes de l'Afrique sont tributaires soit des eaux des bassins hydrologiques soit de celles des eaux souterraines partagées. Pour cela beaucoup d'étude ont été mené par la SNDE pour identifier les ressources en eau partagée entre la Mauritanie et le Sénégal et en particulier le comportement des ressources en eau observé dans l'aquifère du Continental Terminal exploite au champ captant d'Idini.

En Mauritanie la plupart des grandes villes sont tributaires des eaux souterraines pour l'ensemble de leurs besoins en eau. L'étude et le suivi de ces ressources sont un facteur essentiel et déterminant pour s'assurer de leur développement futur. L'aquifère le plus sollicité est celui du Continental Terminal est entièrement localisé dans le bassin sénégalo-mauritanien localement appelé bassin du Trarza du nom de la région administrative la plus occupée par celui-ci. A l'implantation de la capitale Nouakchott, en 1958 l'état des connaissances de cet aquifère ne permettait pas d'envisager une exploitation intensive pour assurer les besoins en eau essentiels. C'est ainsi qu'il a été décidé dans un premier temps d'assurer ces besoins par une usine de dessalement d'eau de mer.

Au début des années 1970, sur la base d'études plus approfondies, la possibilité d'alimenter Nouakchott à partir des eaux souterraines est évidente, et grâce à la coopération chinoise a débuté par 18 forages, implantés dans le petit campement du nom d'Idini situé à 55 km à l'est de la jeune capitale. Une nouvelle ère pour l'exploitation des eaux souterraines à une échelle jamais connue au paravent en Mauritanie a commencé.

Depuis lors, la ville n'a cessé de grandir non seulement par la croissance démographique normale et le développement du tissu industriel, mais surtout par l'exode massif consécutif aux graves sécheresses successives qu'a connu toute l'Afrique soudano-sahélienne dans les années 1970 et 1980.

De 18 forages à l'origine à 56 forages actuellement, pour une production respective de 25 000 m³ en 1958 à 80 000 m³ par jour en 2019, les eaux des forages d'Idini sont-ils toujours de même qualité ? Sur 20 forages choisis nous verrons dans ce mémoire la composition chimique de ces eaux en se basant sur deux prélèvements effectués par la SNDE dans les périodes (janvier 1986 et janvier 2019) pour répondre à cette question.

Chapitre I

Contexte général

I-1-Présentation socio-économique de la Mauritanie

La Mauritanie, République islamique, se situe en Afrique de l'Ouest. Elle est limitée au Nord par l'Algérie, à l'Ouest par l'Océan Atlantique, au Sud par le Mali et le Sénégal, au Nord-Ouest par le Sahara Occidental.

Cette position géographique fait de la Mauritanie le trait d'union entre l'Afrique du Nord (Maghreb) et l'Afrique Subsaharienne.

La superficie du territoire mauritanien est de 1.030.700 Km² dont près de 80% sont désertiques. La population est estimée en 2018 à près de 4 Millions d'habitants. Le territoire est divisé administrativement en 13 Wilayas (régions), 53 Moughâtaas (départements) et 216 communes.

-La capitale est Nouakchott, elle regroupe près du tiers de la population totale du pays.

-La religion est l'Islam

-Les langues nationales sont : le Hassâniyya, le Poular, le Wolof et le Soninké.

-La langue officielle est l'Arabe et celle du travail est le français.

-Ancienne colonie française, la Mauritanie est indépendante depuis le 28 novembre 1960.

Les principales ressources du pays proviennent du commerce, du secteur minier et de la pêche. Le secteur de l'élevage occupe une place non négligeable dans la formation du PIB. Toutefois, avec un PIB par habitant de 1136,76 US\$ et 46 % de la population vivant avec moins de un dollar par jour, la Mauritanie appartient au groupe des Pays à Développement humain faible.

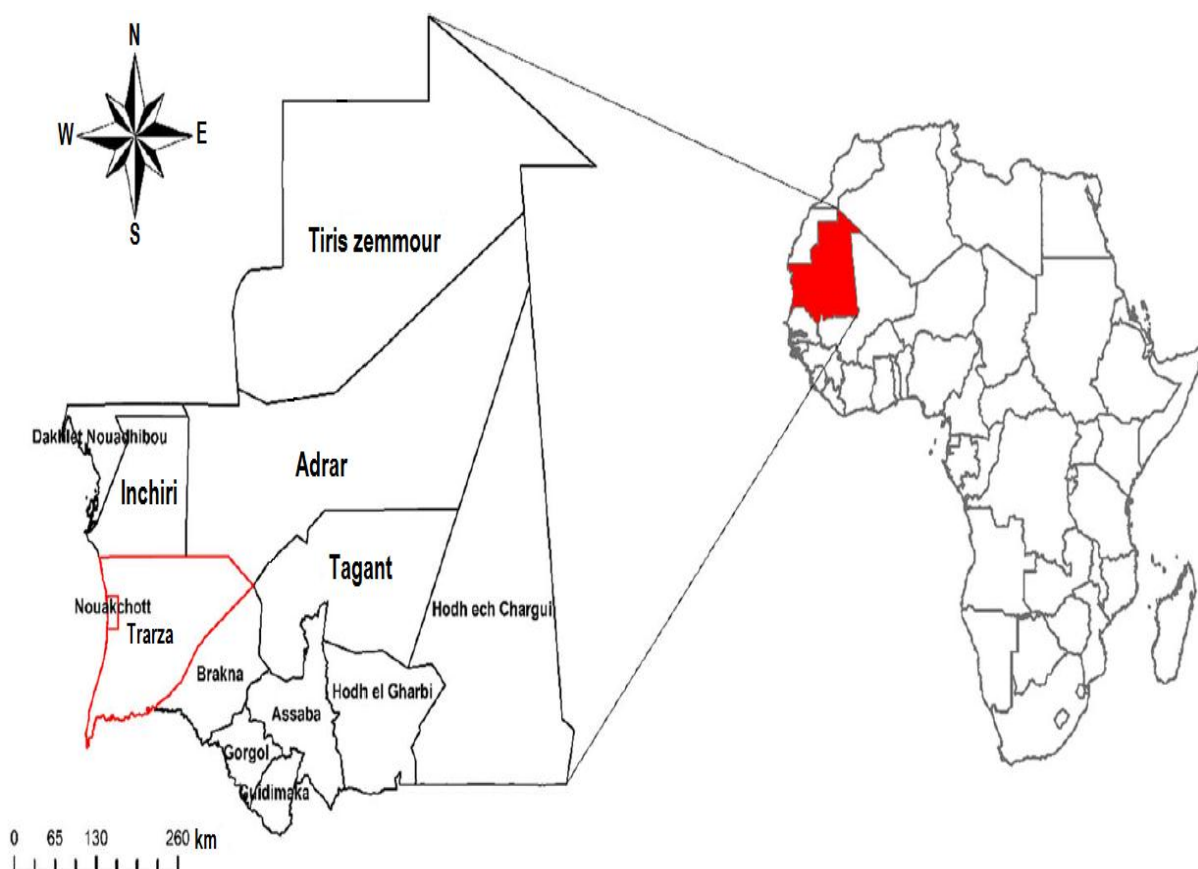


Figure 1 : Carte géographique de la Mauritanie (Source : INRSP, Mauritanie)

Le pays se subdivise en une vaste région désertique au Nord représentant plus des trois quarts de la superficie du pays et une région sud et sud-est dans laquelle se concentre la majeure partie de la population.

Les problèmes de l'eau constituent une préoccupation permanente de tous les jours. Il n'est pas étonnant que la hantise de la recherche de l'eau et sa protection prenne une grande part des actions publiques.

En effet, l'eau reste la plus grande préoccupation de l'Etat mauritanien ; les différents budgets de l'Etat, le Cadre Stratégique de Lutte Contre la pauvreté et même la création de plusieurs structures chargées des problèmes de l'eau (Direction de l'Hydraulique, l'ANEP, CNRE, création d'une filière de Maîtrise et gestion de l'eau à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Nouakchott, Société Nationale des Forages et Puits...) en sont de belles illustrations.

Toute l'attention des autorités publiques est orientée vers l'amélioration et la protection de l'approvisionnement en eau potable.

Pour assurer les besoins en eau potable dans les sites urbains et les villes littorales notamment de la capitale Nouakchott, le champ captant pour le ravitaillement de la capitale est implanté en 1973 à Idini, dans une zone située à 65 km de la mer au-delà de l'influence océanique. L'importance vitale de cette station est d'une part, l'accroissement érosif des besoins en eau engendrés par un développement urbain démesuré dans les villes et les enjeux économiques de la maîtrise de l'eau, d'autre part, justifient les fréquentes études portant sur la nappe d'Idini.

I-2-Les ressources en eau

I-2-1-Les eaux de surface Les principales ressources en eau de surface dans le pays sont réparties dans quatre grandes zones naturelles :

- Le fleuve Sénégal et ses affluents
- L'arc des Mauritanides
- Les mares, oueds et sources dans l'Affolé et Hodhs
- Les mares, oueds et sources dans l'Adrar et le Tagant

I-2-2-Les eaux souterraines

Les potentialités en eaux souterraines se répartissent en quatre provinces hydrogéologiques qui s'identifient d'Est en Ouest et correspondent :

- Au Bassin de Taoudéni
- Au Socle précambrien et la dorsale Regueibat
- A La chaîne des Mauritanides
- Au Bassin Côtier Sénégal-Mauritanien (dans lequel se trouve le champ captant d'Idini).

I-3-Présentation d'Idini

Idini est une localité du département d'Ouad Naga située à 55 km de Nouakchott, capitale de la Mauritanie. Cette localité est connue pour sa nappe phréatique, unique source d'eau pour la capitale du pays avant la mise en œuvre du projet affout es-sahéli qui consiste à assurer l'alimentation d'eau potable de l'agglomération de Nouakchott depuis le fleuve sénégalo-mauritanien.

Le champ de captage qui alimente la capitale de la Mauritanie est traversé par la route de l'Espoir qui relie le pays d'Ouest en Est.

Les coordonnées de la localité d'Idini sont :

Longitude : 15° 28' 49''

Latitude : 17° 55' 55''

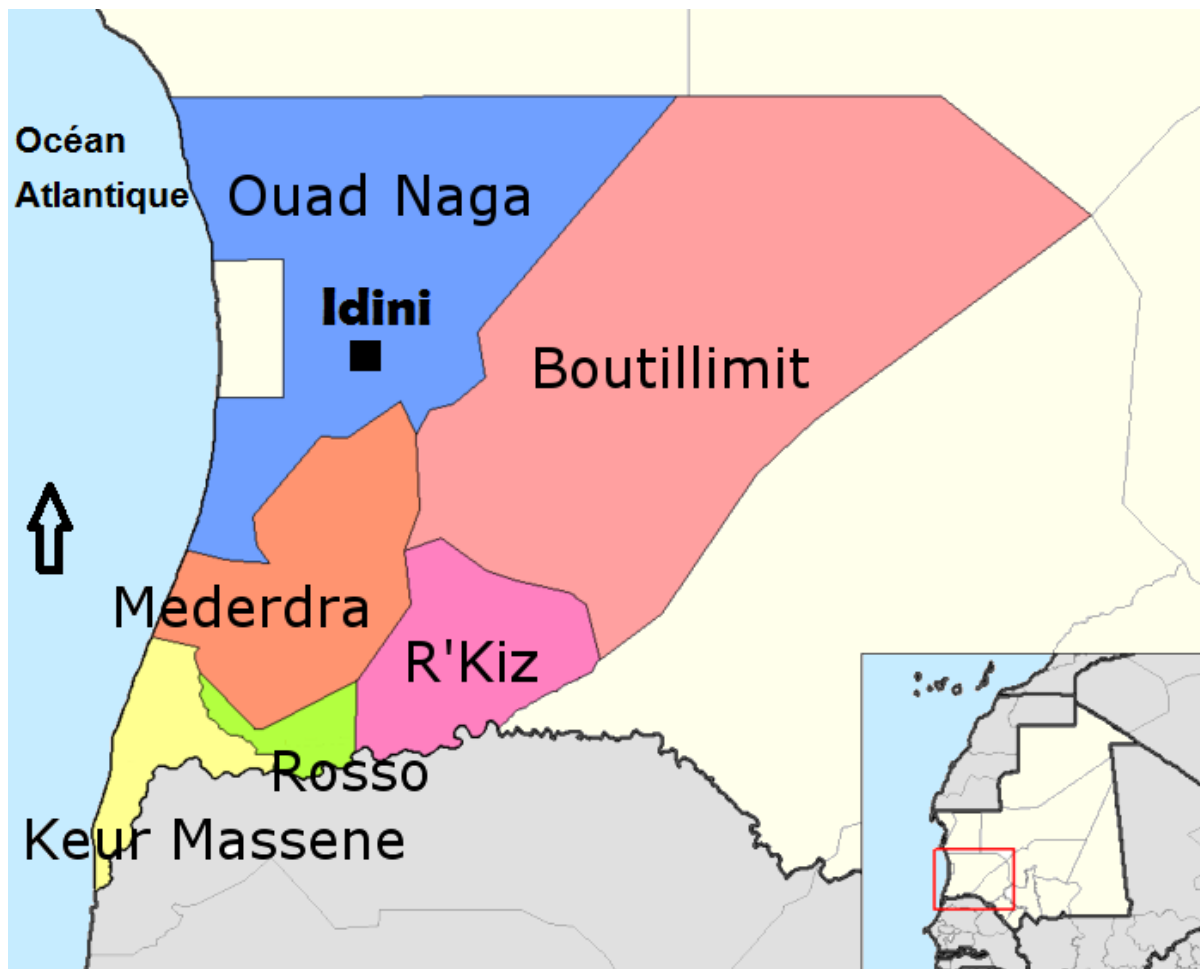


Figure 2: Situation Géographique d'Idini (Source : Bureau Hydroconseil, Mauritanie)

I-4. Description du milieu humain

La région de Nouakchott est le siège d'une nappe salée impropre à la consommation humaine. Il n'existe ni puits ni forages à Nouakchott. Une population totale de 1 100 000 habitants dont 900 000 habitants à Nouakchott et 200 000 habitants à Ouad Naga, aux villages au bord de la mer ainsi que des nomades et éleveurs de la zone s'alimentent en eau du champ de captage d'Idini. De nombreux villages de la Moughataa de Ouad Naga s'approvisionnent aussi à partir de cette nappe. Les forages les plus proches de la ville de Nouakchott de ce champ de captage sont ceux du village d'Oum El Ghoura à l'ouest d'Idini et du village de Tawfigh à l'est d'Idini.

La région d'Idini est caractérisée par la présence des dunes de sables allongées suivant une direction nord nord-est / sud sud-ouest. Ces dunes sont séparées par des vallées appelées localement « gowd ». Tous les forages et ouvrages d'eau existants sont situés dans ces vallées. L'habitat et l'occupation des sols se fait à l'intérieur de ces vallées.

Tableau 1 : Répartition des localités par taille de population

Région	Population totale estimé en 2018	Nombre de localités >3000 habitants	Nombre de localités entre 3000 et 500 habitants	Nombre de localités <500 habitants
Idini	43 700	7	3	19

I-5-Le champ captant d'Idini de la nappe de Trarza

Les aquifères de la nappe de Trarza du continental terminal sont exploités dans la zone centrale et ouest du Trarza. Ils sont assez bien exploités (36000 m³/j) notamment dans le champ captant d'Idini. Son caractère fossile demeure une question à élucider.

Tableau 2 : La nappe de Trarza du bassin côtier en Mauritanie

Sites	Surfaces Rectangulaires 100 km ²	T m ² /h	Q m ³ /h	Salinités mg/l	Total 10 ⁶ m ³	Réserves d'exploitations 10 ⁶ m ³
Rosso	32	17	18	612	360	28
Idini	10,5	645	123	355	300	290
Boutilimitt	63	338	32	472	600	66

T : Transmissivité

Q : débits

CHAPITRE II

Aperçu Géologique et Hydrogéologique

CHAPITRE II: Aperçu Géologique et Hydrogéologique

II- 1 Géologie :

La région est caractérisée par la présence de dunes fixes, parallèles, orientées Sud Ouest Nord Est, et séparées par des vallées à fond plat argileux appelées «gowd ». Le champ de captage est constitué de 36 forages d'exploitation répartis dans 5 Vallées (figure 6). Le tableau suivant donne la répartition des forages par vallée.

Tableau 3:Répartition des forages d'exploitation par vallées (CNRE, 2007)

N° Vallée	Forages
1 ^{ère} Vallée	F3 ; F4 ; F5 ; F6
2 ^{ème} Vallée	F7 ; F8 ; F9 ; F37 ; F38
3 ^{ème} Vallée	F10 ; F11 ; F12 ; F13 ; F14 ; F35 ; F36
4 ^{ème} Vallée	F1 ; F2 ; F16 ; F17 ; F18 ; F19 ; F20 ; F21 ; F30 ; F33
5 ^{ème} Vallée	F22 ; F23 ; F24 ; F25 ; F26 ; F27 ; F28 ; F29 ; F31 ; F32

Le domaine d'Idini fait partie du bassin sédimentaire côtier qui s'étend au Sud-ouest de la Mauritanie entre les séries métamorphiques et l'Océan et qui représente le remplissage crétacé-tertiaire du golfe sénégal-mauritanien.

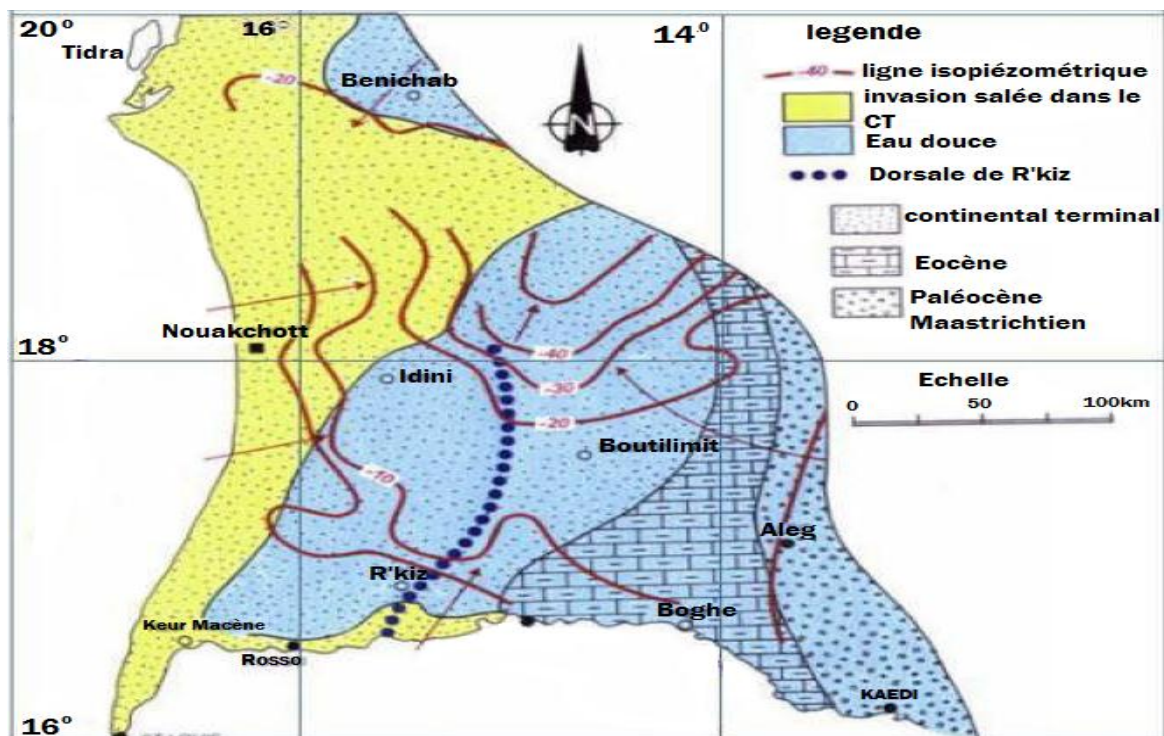


Figure 3: Bassin sédimentaire côtier Mauritanien (BRGM 1986)

II- 2-Présentation du système aquifère du bassin sénégalo-mauritanien

Ce bassin comprend des dépôts qui vont du Maestrichtien au Quaternaire. Il repose sur un socle granitique et métamorphique. Sous les sables éoliens, la plus grande partie du bassin est occupée par les formations du Continental Terminal. Les dépôts de l'Eocène et du Maestrichtien sont disposés plus à l'Est, en bandes étroites d'orientation Nord – Sud jusqu'au contact du socle.

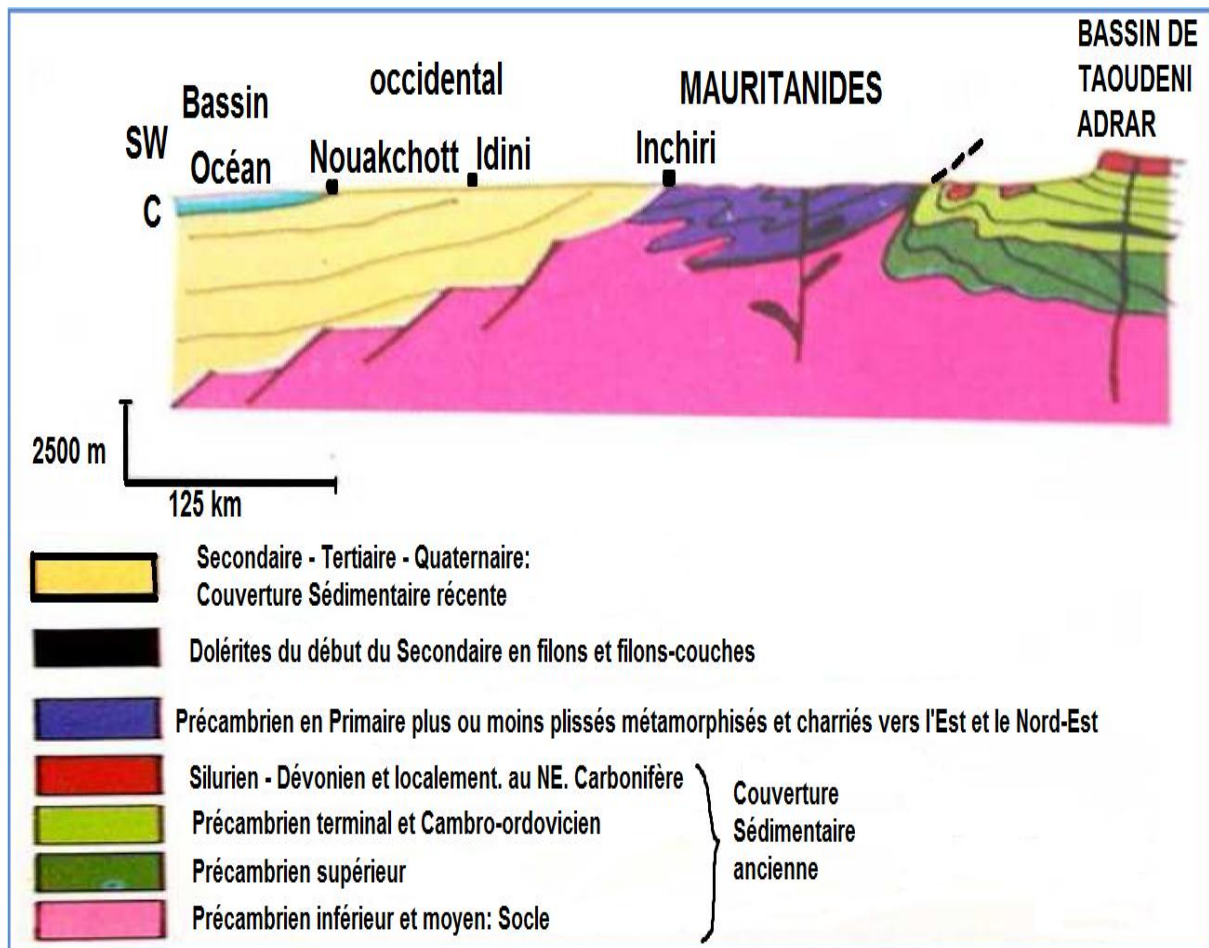


Figure 4: Coupe géologique en Mauritanie (CNRG.2019)

Les principaux niveaux aquifères contenus dans ce système aquifère sont :

II- 2-1-Le Maestrichtien

Un niveau, essentiellement sableux, attribué au Maestrichtien recèle une nappe continue dite du « Maestrichtien ». Cette nappe présente dans la quasi-totalité du bassin sénégalo-mauritanien imprègne la formation sédimentaire de base du bassin. Sa limite inférieure est mal connue et son toit plonge lentement du SE vers le NW avec une zone en creux à l'est du lac de Guiers.

Reposant, en général, sur le socle paléozoïque, ses eaux sont salées (17 g/l) à la droite du champ captant d'Idini alimentant Nouakchott en eau potable. En Mauritanie, elle s'enfonce brutalement d'Est en Ouest à partir de la flexure qui prolonge la dorsale du R'kiz.

II- 2-2-La Nappe du Paléocène et de l'Eocène

Le Paléocène et l'Eocène sont représentés sur tout le bassin sédimentaire à l'exception des zones d'affleurement ou du sub-affleurement du Maestrichtien. Ils sont caractérisés par plusieurs horizons aquifères constitués de calcaires, calcaires gréseux, et grès calcaires poreux et fissurés. Ces horizons sont intercalés de formations argileuses et marneuses qui deviennent prépondérantes vers l'est du Sénégal. Par endroit ces intercalations imperméables disparaissent et une continuité hydraulique s'établit entre le Paléocène/Eocène et le Maestrichtien qui forment alors une seule entité aquifère.

En Mauritanie, cette nappe appelée nappe du Brakna est identifiée (Elouard, 1959 et Michel, 1969) comme l'aquifère le plus oriental, dans le faciès du littoral Lutétien. Elle est exploitée par des puits et des forages qui l'atteignent dans les zones d'affleurement des grès du Gorgol après avoir traversé le mince recouvrement du Continental terminal.

Elle forme une bande parallèle à la limite Est du bassin sédimentaire, dont elle est bordée par un biseau sec large de 20 à 30 km. Ce biseau sec s'explique par la remonté des formations imperméables du paléozoïque au-dessus du niveau statique. La nappe individualisée de l'Eocène Paléocène assure l'alimentation en eau de quelques villes (Aleg, Boghé, Kaédi) et couvre en Mauritanie une superficie de 13 200 km² avec des réserves totales estimées à quelques de 470 millions m³ pour des réserves exploitables de 155 millions m³.

II- 2-3-Nappe du Continental Terminal et de l'Oligo-Miocène

Le niveau sableux, attribué à l'Oligo-Miocène, s'imbrique à la base du Continental Terminal dans le Sud du Sénégal et en Guinée-Bissau. Nous le regroupons avec le Continental Terminal car il constitue avec lui un complexe relativement uniforme. Son épaisseur moyenne est d'une vingtaine de mètres.

En Mauritanie cette nappe est identifiée dans trois zones distinctes :

- Boulanouar (ou Tirerzioum),
- Bénichab et
- Trarza.

La «nappe du Trarza »est la plus importante en étendue, la plus régulière ce qui fait qu'elle est la plus connue et la plus sollicitée.

Tableau 4: Caractéristiques de la nappe du Continental Terminal et de l'Oligo-Miocène

Aquifère	Superf (km ²)	Type	Prof. (m)	Épais (m)	Niv. Stat. (m)	Recharge (m ³)	Réserve totale (km ³)	Réserve exploitation (km ³)	T (m ² /s)	S %	Q m ³ /h
Trarza	20 000	Multi-couche	32 à 75	55	18 à 60	2,46	2,460	0,456	17 à 70	2 à 5	18 à 120
						0,456					
Bénichab	4 000	Multi-couche	126	90 à 200	50 à 60	1,125	1,125	0,450	21	1 à 5	30 à 60
						0,450					
Boulouar	5 000	Multi-couche	90	60		0,372	0,372	0,287	30,22 et 7,44	3 à 5	50 à 130
						0,287					

Superf : Superficie

Prof : profondeurs

Epais : Epaisseur

Niv.Stat : niveau statistique

T : Transmissivité

Q : débits

S : coefficient d'emmagasinement

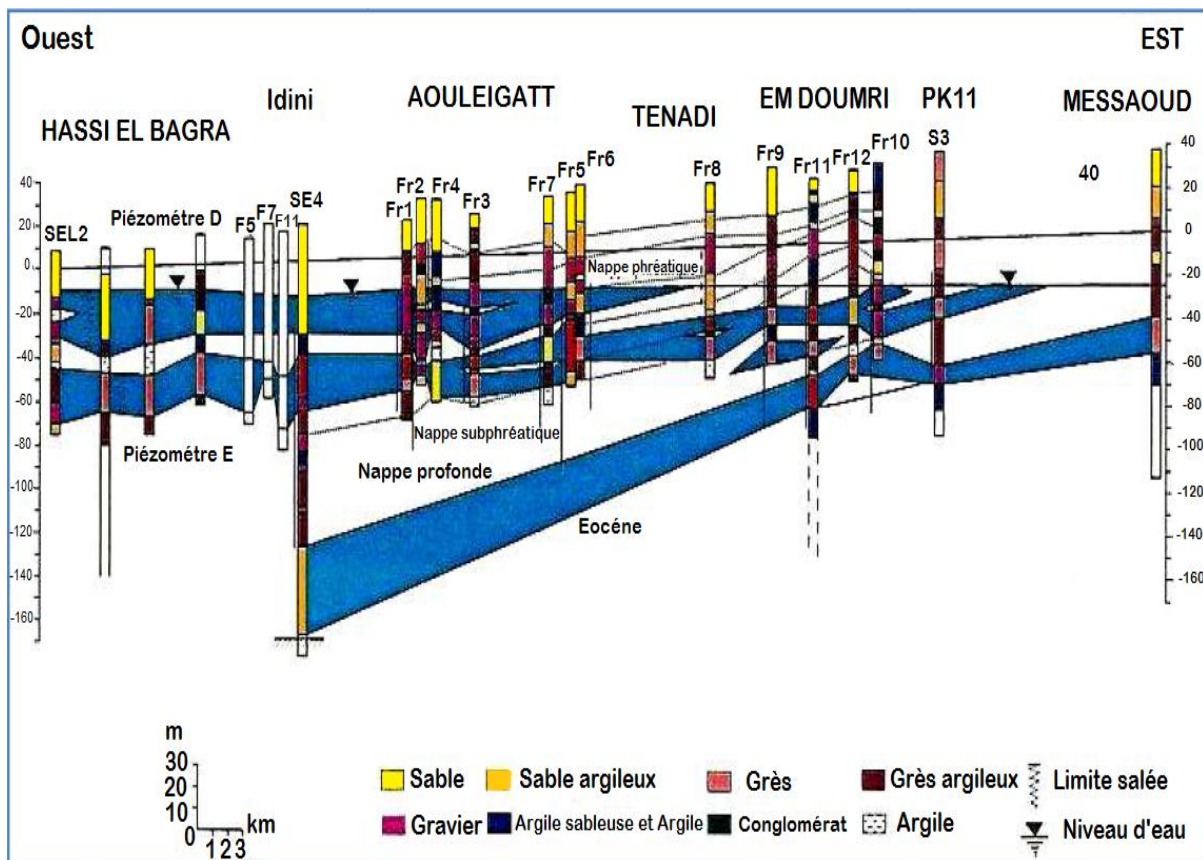


Figure 5 : Coupe hydrogéologique dans la région d'Idini

II- 2-4-Nappe des formations quaternaires

En Mauritanie les alluvions du Quaternaire de la vallée du fleuve Sénégal contiennent une nappe phréatique et une autre sub-phréatique qui offre des potentialités très variables. La salinité relique de la transgression marine, la structure de l'aquifère, la mise en valeur agricole des sols de la vallée et la gestion des aménagements hydro-agricoles influencent directement la qualité et les réserves de la nappe. Des lentilles d'eau douce superficielle fournissent par le biais de puits des débits de l'ordre de 1 à 5 m³/h. Leur alimentation et leur productivité semblent être liées aux eaux d'infiltration.

Tableau 5: Caractéristiques de la nappe du Continental Terminal et de l'Oligo-Miocène

<i>Aquifère</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>Type</i>	<i>Prof. (m)</i>	<i>Épaisseur (m)</i>	<i>Niveau stat. (m)</i>	<i>Recharge (m³)</i>	<i>Réserve totale (km³)</i>	<i>Réserve d'exploitation (km³)</i>	<i>T m²/s</i>	<i>S %</i>	<i>Q m³/h</i>
Nappes des alluvions du fleuve Sénégal	20 000	Libre, semicaptive	70 à 120	100 à 200	1,4 à 16,7	1,125	1,125	44 040 à 94 820	21	1 à 5	200
						0,450					

Un sondage profond "SE4" (Fig. 3), réalisé à Idini en 1964, a permis de reconnaître toute la série du bassin sédimentaire.

Tableau 6: Description Stratigraphique à d'Idini (CNRE.2019)

Profondeur (m)	Lithologie	Stratigraphie
0 à 6	Sable fin argileux	Quaternaire
6 à 40	Sable plus ou moins fin	Continental Terminal
40 à 57	Argile et argile sableuse	Continental Terminal
57 à 84	Sable fin un peu argileux	Continental Terminal
84 à 148	Grès argileux (plus passées d'argiles)	Continental Terminal
148 à 170	Sable argileux	Continental Terminal
170 à 245	Alternance de calcaires marneux et d'argiles marneuses ou sableuses	Eocène
245 à 345	Argile plus ou moins calcaire et sableuse comprenant des passées à silex	Eocène
345 à 424	Alternance argile et calcaire grise	Paléocène
424 à 428	Sable grossier rose	Mæstrichtien
428 à 432	Argile ocre	Mæstrichtien
432 à 480	Sable fortement argileux	Mæstrichtien
480	Schiste à séricite et chlorite	Socle

II- 3 Paramètres Hydrodynamiques du champ captant d'Idini

Le tableau suivant donne les résultats des pompages et les paramètres hydrodynamiques obtenus.

Tableau 7: Résultats des pompages (SNDE.2019)

N°	Profondeurs crépines (m)	Débit (m ³ /h)	Rabat. (m)	Débit spécif. (m ³ /h / m)	T (m ² /s)	S
F1	60.3 à 51.3	60	8,4	7,14	0,0025	0,001
F2	46.4 à 58.4	89	6,13	14,5	0,01	0,001
F3	75.9 à 96.9	64	8,8	7,27	0,01	0,0005
F4	54.1 à 63.1	70	1,3	6,19	0,003	0,001
F5	60.6 à 78.6	80	9,27	8,63	0,01	0,00052
F6	68 à 86	95	7,9	12,02	0,01	0,001
F7	62.8 à 71.8	25	10	2,5	0,0019	0,00022
F8	54 à 69.1	20	11,11	1,8	0,002	0,001
F9	57.5 à 75.5	72	6,72	10,7	0,01	0,00021
F10	61.6 à 70.6	72	10,57	6,8	0,0013	0,00019
F11	75.2 à 90.2	98	4,39	22,3	0,02	0,00012
F12	63.4 à 75.4	53	9,29	5,7	0,0016	0,001
F13	60.6 à 75.6	69	6,1	11,3	0,01	0,00036
F14	52.8 à 67.8	62	7,2	8,6	0,01	0,00008
F15	60.3 à 75.2	66	7,6	7,1	0,01	0,0003
F16	58.9 à 73.9	60	8	7,5	0,01	0,0002
F17	67.9 à 79.9	72	4,94	14,6	0,0021	0,00022
F18	69.5 à 84.5	56	10,37	5,4	0,0026	0,001
F19	60.6 à 81.3	53	10,61	9,8	0,0025	0,001
F20	82.72 à 94.48	110	11,12	8,6	0,0034	0,001
F21	88.86 à 97.67	90	10,64	7,53	0,0032	0,001
F22	73.53 à 94.21	90	11,95	6,8	0,003	0,00016
F23	65.03 à 82.71	87	12,77	10,4	0,0035	0,00019

La composition chimique moyenne de l'eau exploitée à Idini montre la bonne potabilité actuelle de cette eau. Les valeurs mesurées correspondent aux normes internationales acceptables. « Voir annexe »

Les forages sont exploités par des pompes de débits allant de 60 à 110 m³/h. La production journalière est d'environ 45 000 m³/jour pour ces 23 forages.

II- 4 Evolution piézométrique de la nappe à Idini

Les piézomètres G9 et SE4 sont sous influence du champ captant et ont des rabattements importants (7,4 et 9,16). Les piézomètres hors du champ captant sont peu influencés.

Une attention particulière a été portée sur l'évolution piézométrique du champ captant d'Idini, site dans lequel un puisage intensif (60 000 m³.j⁻¹ en 2010) a eu lieu entre 1965 et 2011 pour alimenter en eau potable la capitale Nouakchott. Cette dernière est alimentée depuis 2011 par les eaux du fleuve Sénégal via la station de Keur-Mecène. Dans ce secteur d'Idini, un réseau de 16 piézomètres permet depuis plusieurs années (50 ans pour 3 d'entre eux) la surveillance du niveau de la nappe.

Tableau 8: Evolution piézométrique de la nappe à Idini (INRSP-Nouakchott, Mauritanie)

piézomètre	G1	G2	G4	G5	G6	G7	G9	SE 4	SE 5	SAF OR1	SAF OR2	F
Rabattements 1965 /2006(m)	1,5	2,8	1,9	0,8	1,4	0,5	7,4	9,16	3,4	0,73	1,23	0,55

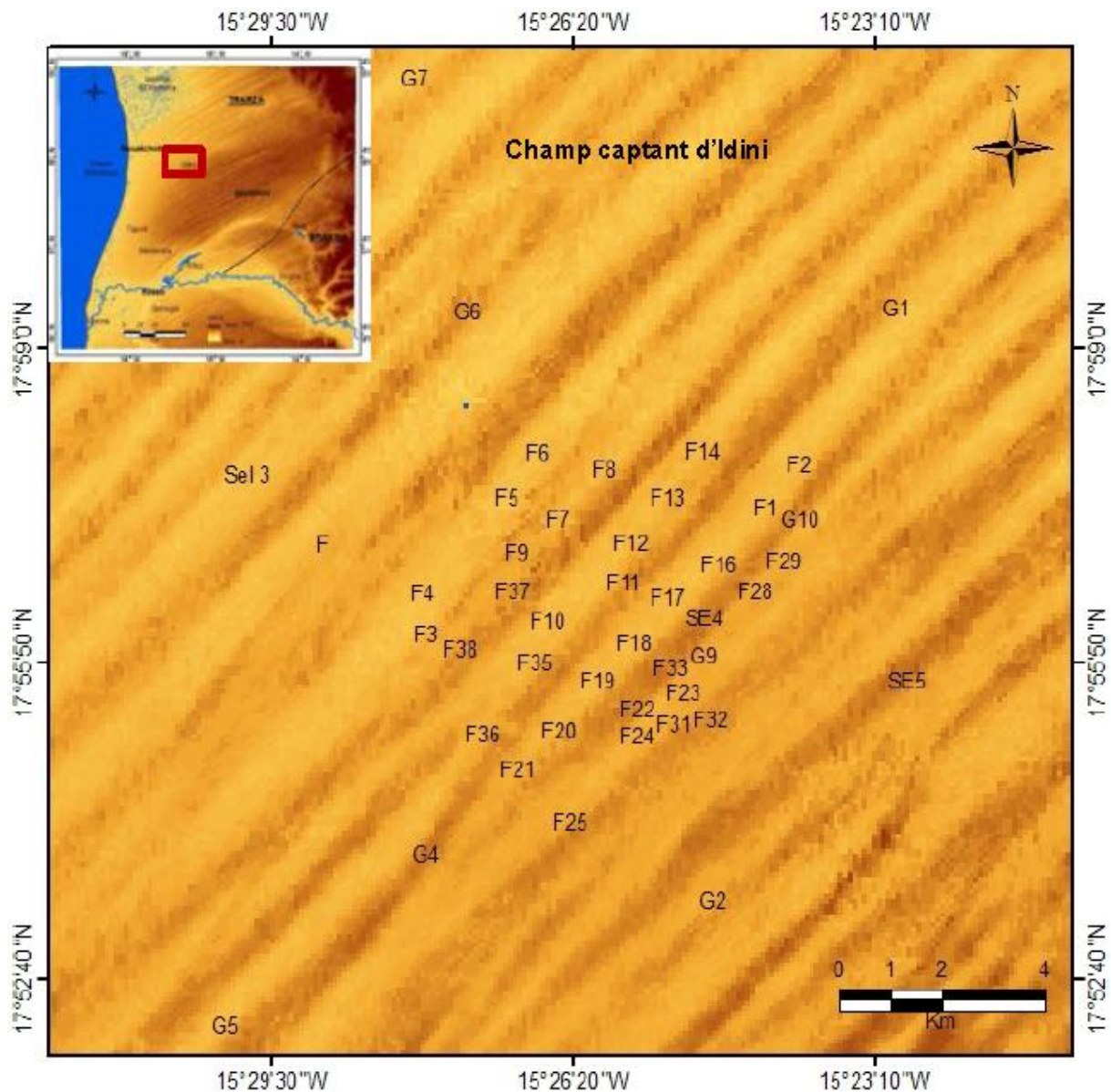


Figure 6 : Localisation des forages et piézomètres du champ captant d'Idini

Les niveaux statiques varient très peu malgré l'importance des prélèvements. Les variations sont au maximum de 6 m dans le piézomètre G9 située au cœur du champ captant, et seulement 1,8 m dans le piézomètre G10 situé plus vers l'extrémité du champ captant (Fig. 7).

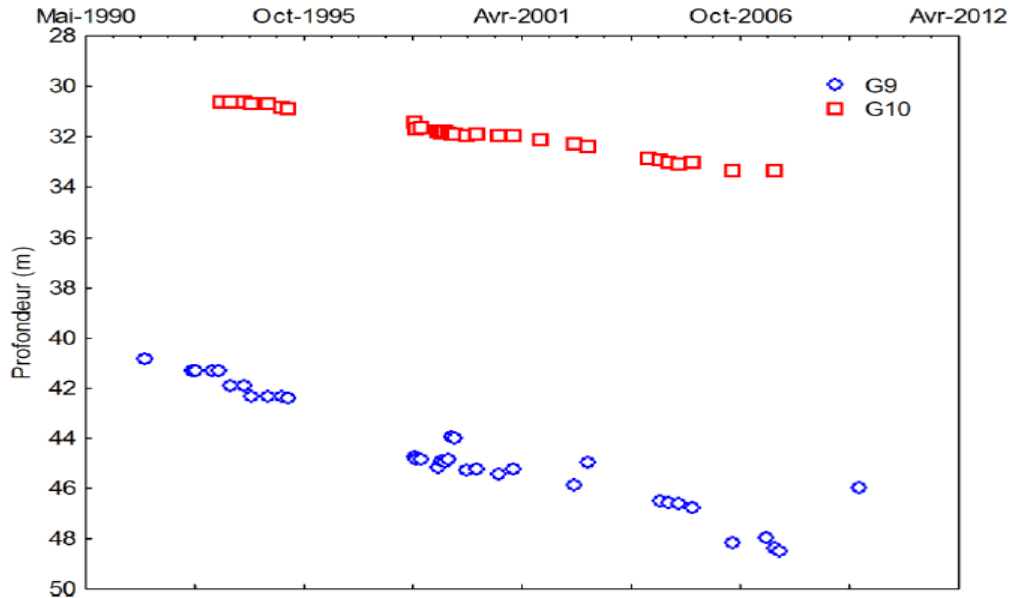


Figure 7 : Fluctuation piézométrique au centre du champ captant d'Idini.

Au-delà, en périphérie du champ, le niveau de la nappe est resté quasiment stable de 1965 jusqu'à 2011, date de l'arrêt du pompage alimentant Nouakchott. Au niveau du piézomètre G5 située à 8 km du centre du captage d'Idini, le niveau a baissé de seulement 0,82 m depuis son installation en 1972. La baisse du niveau d'eau est plus faible encore (0,45 m) à 10 km dans le piézomètre G7 (Fig. 8). Pour l'ensemble des piézomètres, la baisse moyenne depuis 1965 ne dépasse guère 1,3 m soit environ 2,5 cm par an en même temps que la production journalière de pompage passait de 1000 m³ (2 forages) en 1973 à 60 000 m³ en 2019 (48 forages).

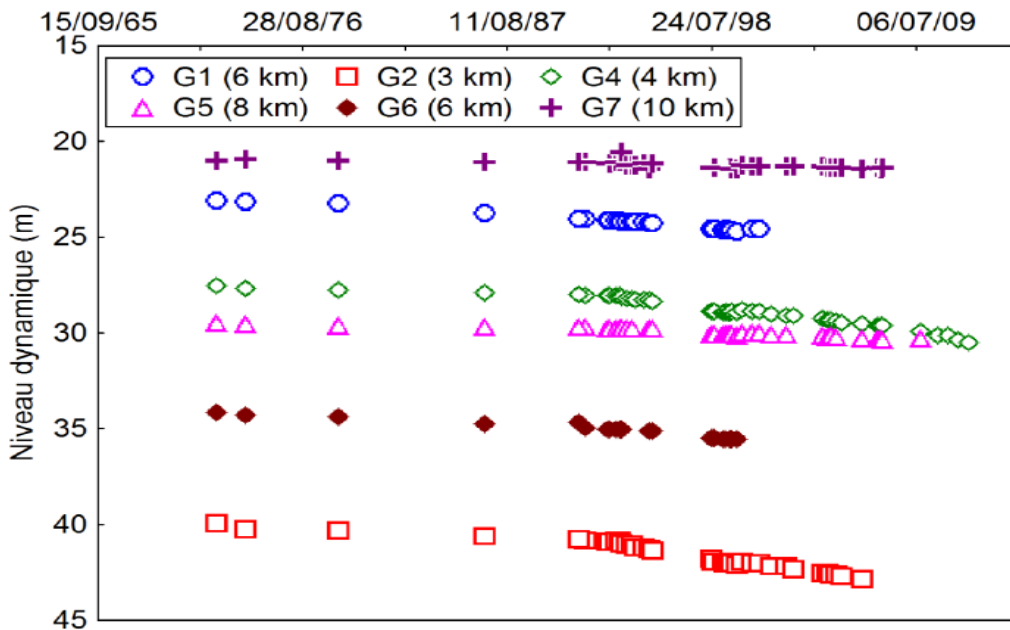


Figure 8 : Fluctuation piézométrique en périphérie du champ captant d'Idini

II- 5 La productivité disponible

La productivité disponible de chaque vallée et la productivité disponible totale du champ captant d'Idini

Tableau 9: La productivité d'eau en 1986 (Source SNDE)

Vallées	Nombre de forages	Les débits instantanés	forages en fonction avec débitmètre	Forages en arrêts	productivité total durant 24 h	% de productivité
vallée 1	2	100	2	0	2400	33,32
vallée 2	1	50	1	0	1200	16,67
vallée 3	1	50	1	0	1200	16,67
vallée 4	0	0	0	0	0	0
vallée 5	1	50	1	0	1200	16,67
vallée 6	1	50	1	0	1200	16,67
chant captant	6	300	6	0	7200	100

Tableau 10: La productivité d'eau en 2019 (Source SNDE)

Vallées	Nombre de forages	Les débits instantanés	forages en fonction avec débitmètre	Forages en arrêts	productivité total durant 24 h	% de productivité
vallée 1	7	200	4	3	4800	8,5
vallée 2	8	250	5	3	6000	10,48
vallée 3	12	450	9	3	10800	19,15
vallée 4	11	550	11	0	13200	23,6
vallée 5	12	600	12	0	14400	25,5
vallée 6	6	300	6	0	7200	12,77
chant captant	56	2350	47	0	56400	100

La production d'eau a augmenté de plus de 87% grâce à la réalisation de nouveau forages.

II- 6 Conclusion

Le système aquifère du bassin est multicouche avec des formations s'étendant du Sénonien au quaternaire et sont essentiellement détritiques avec des liaisons inter communicantes verticales et horizontales conférant quelques difficultés d'individualisation des principales masses d'eau. Contrairement à une idée très largement répandue, la nappe du Trarza plus particulièrement le continental terminal du champ captant d'Idini, se comporte très bien face aux prélèvements de plus en plus considérables dont il est l'objet. Après près de 50 ans d'exploitation, il est observé seulement 9 m au maximum de rabattement au cœur du champ captant alors qu'il est pratiquement nul (0,03 m) à sa périphérie. Ceci s'explique sans risque de se tromper par l'existence d'une source d'alimentation. Au regard de la configuration géographique du bassin, les seules sources sûres sont la mer et le fleuve Sénégal-mauritanien.

CHAPITRE III
ASPECT
HYDROCLIMATIQUE
D'Idini

CHAPITRE III ASPECT HYDROCLIMATIQUE DU CHAMP CAPTANT D'Idini

III-1- INTRODUCTION :

"Le climat est un ensemble de données physiques qui, avec ses variations, traduit l'environnement atmosphérique dans une région. Un climat est le cadre géographique des phénomènes météorologiques "(ROCHE, 1986); il est conditionné surtout par la répartition physique naturelle des reliefs (altitude, situation par rapport à la mer....etc.).

Le climat est une ressource naturelle qui affecte une bonne partie des activités humaines. Telle que la production agricole, la production et la consommation d'énergie, l'utilisation de certaines ressources telles que l'eau.

Les aspects essentiels de l'environnement relevant immédiatement de la climatologie, à savoir la température au sol et son rythme annuel, les précipitations et le régime pluviométrique, la variation dans l'espace et dans le temps de l'humidité atmosphérique, le régime des vents, répondant avec autres paramètres moins ressentis à la notion courante de climat.

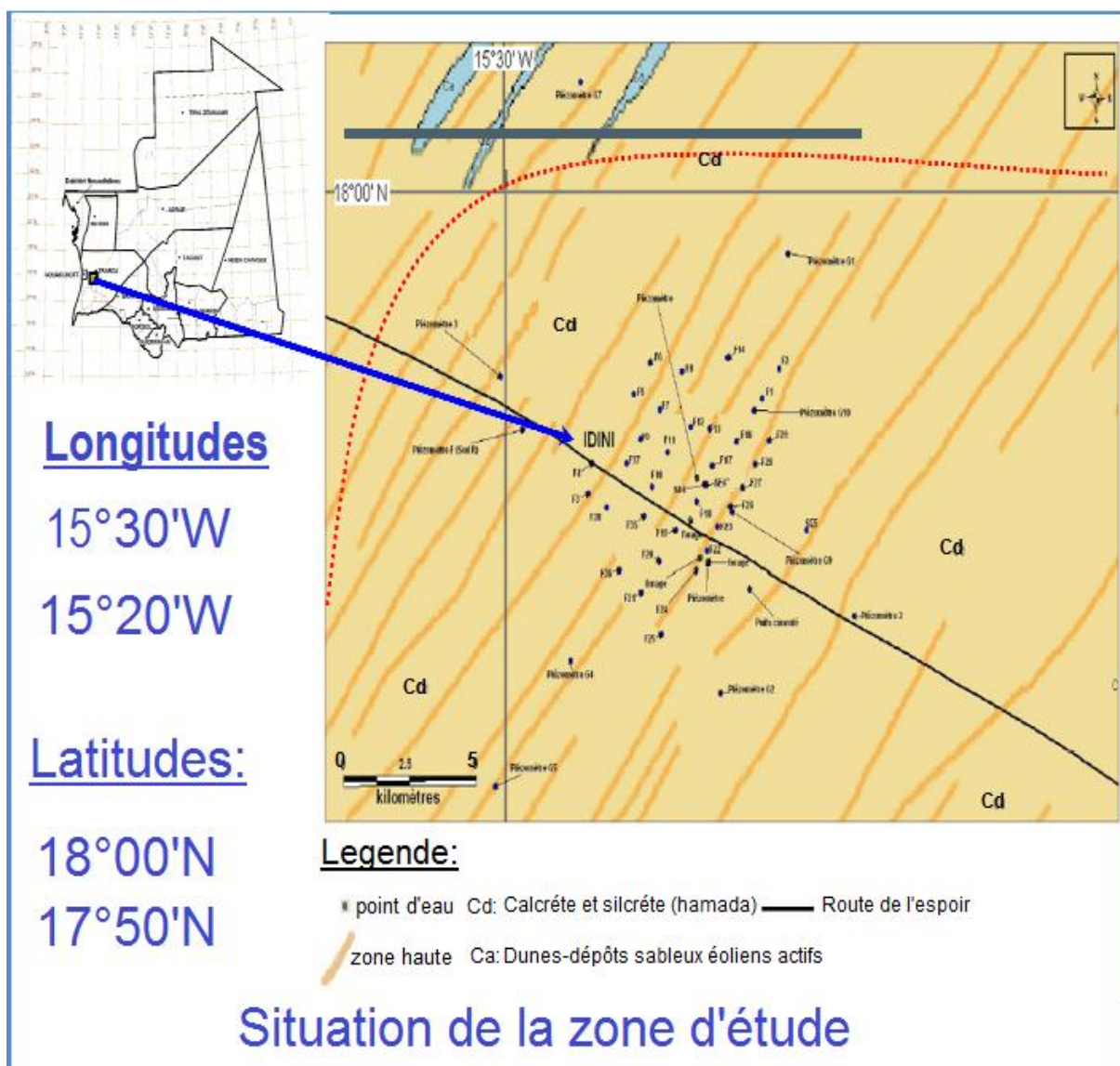


Fig. 9: Situation de la zone d'étude (Source : Bureau Hydroconseil, Mauritanie)

Située dans l'extrémité occidentale de la bande sahélienne, Idini est soumise au cours de l'année à une dynamique climatique complexe liée à l'alternance de trois courants principaux (Toupet et al. 1977) : l'alizé maritime du nord issu de l'anticyclone des Açores, l'alizé continental permanent du sud-est qui a pour origine l'anticyclone de Sainte Hélène, le harmattan (Irrifi) de l'est qui balaie le Sahara et se charge de poussière (Leroux, 1991).

Les paramètres climatiques utilisés pour cette étude proviennent des données de la station météorologique d'Idini, sur une durée d'observation qui s'étale de 1986-2018 pour les précipitations et la température.

III-2- Analyse des paramètres climatiques :

Pour analyser les variations climatiques dans la zone d'étude, nous avons utilisé les données climatiques de l'Office National de Météorologie (ONM)

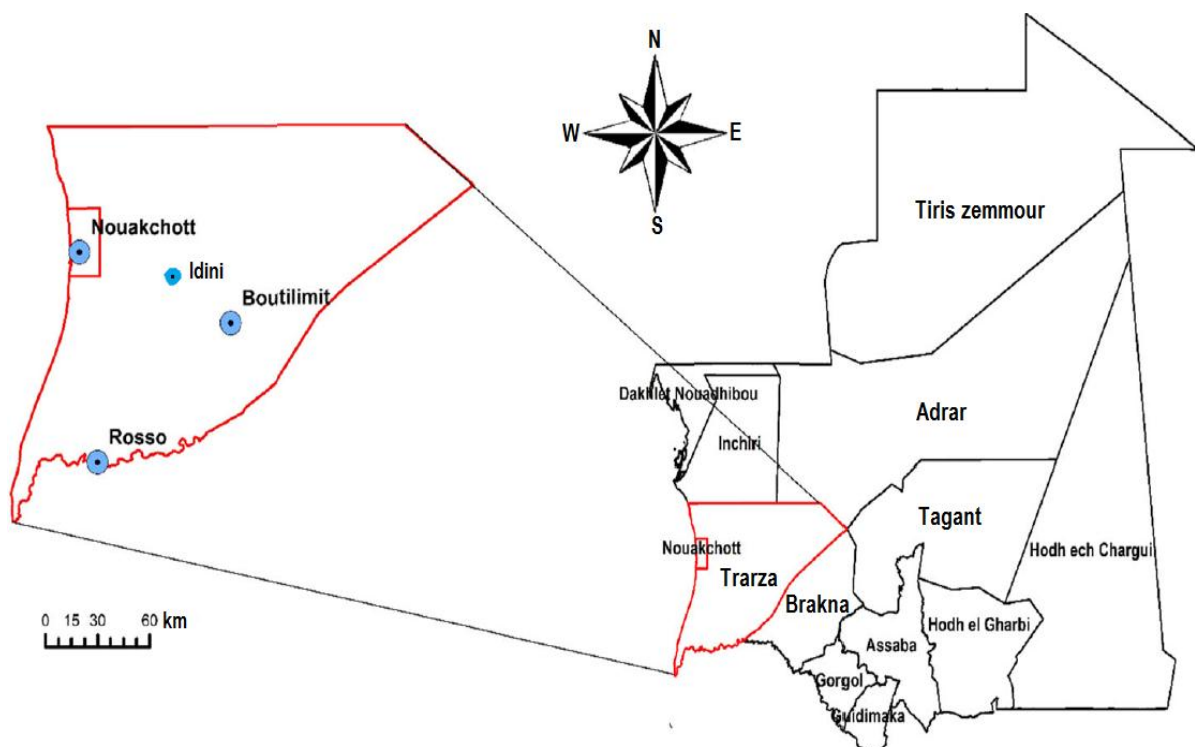


Fig.10 : Localisation de la station pluviométrique d'Idini (Source : INRSP, Mauritanie)

Tab.11 : Caractéristique de la station pluviométrique d'Idini (source ONM)

Nom de la station	Idini
Code station	32516
X	15°27'44
Y	17 °56'49
Z	102

III-2- 1- La température de l'air :

La température constitue un des facteurs majeurs caractéristiques du climat saharien. Ce paramètre est un facteur très important dans l'évaluation du déficit d'écoulement, et l'estimation du bilan hydrologique. Le climat d'Idini est très contrasté, se traduisant par des étés chauds et des hivers peu froids.

III-2- 1-1 Températures moyennes mensuelles de la station d'Idini (1986 -2018):

Tab.12: Températures moyennes mensuelles d'Idini (1986 -2018) :

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aoû.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T moy. (°C)	22,6	23,3	25,2	26,5	27,3	28,7	28,5	29,2	31,16	30,7	26,9	23,6
T max. (°C)	30,4	30,8	33,2	33,8	34,5	34,9	32	32,8	36,5	37,2	34	31,1
T min. (°C)	14,8	15,8	17,2	19,1	20	22,5	25,1	25,6	25,8	24,1	19,8	16,1

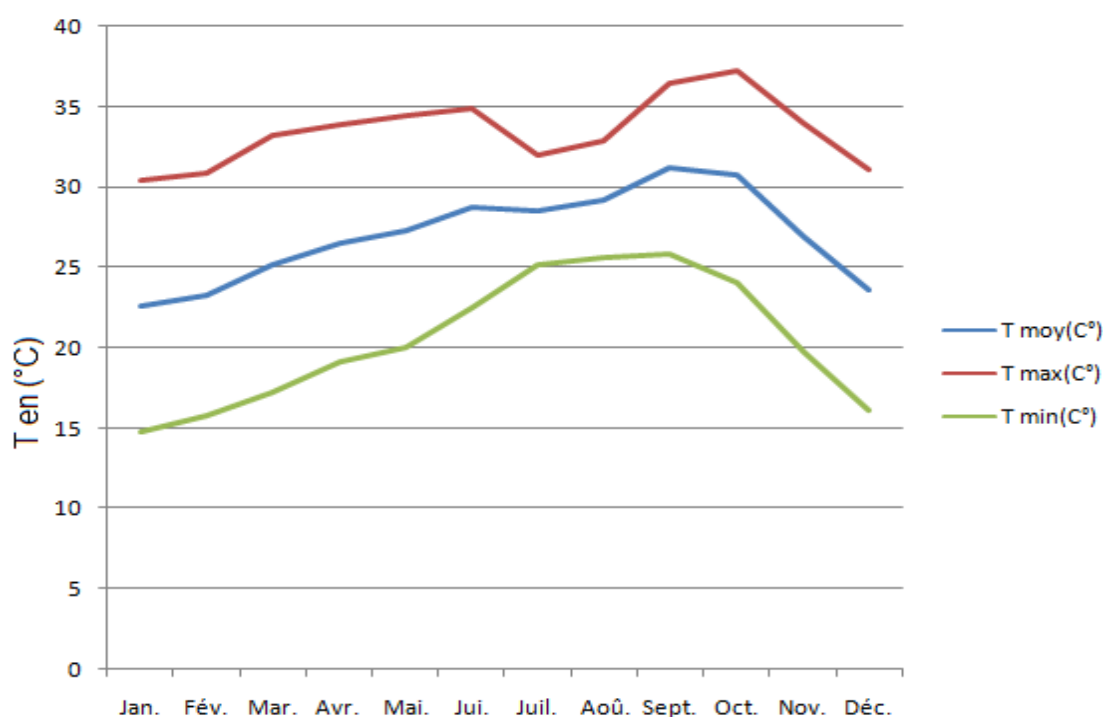


Fig. 11: Variations moyennes mensuelles des températures d'Idini (1986-2018).

Les températures oscillent entre 28,4°C et 46,1°C pour les maxima et entre 11,6°C et 26,7°C pour les minima.

Idini présente, trois saisons climatiques.

- une saison froide (d'octobre à janvier) bénéficiant de températures basses (moyenne des minima : 15°C), d'une évaporation faible et d'une humidité importante.
- une saison chaude (de février à juin) marquée par des températures élevées, surtout dans la journée mais adoucies le soir par l'alizé maritime (moyenne des maxima : 33°C).
- une saison tiède et humide, de juillet à septembre et correspondant à la période pluvieuse.

III- 2- 1- 2- Températures moyennes annuelles de la station d'Idini

L'examen du tableau 13, illustré par la figure 12 fait ressortir de très faibles variations des températures moyennes annuelles, sur la période s'étalant de 1986 à 2018.

Tab. 13 : Variations des températures moyennes annuelles d'Idini (1986 à 2018).

Années	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	2014	2016	2018
T moyennes annuelles 1986/2018	26,5	27,7	26,6	26,7	27,3	26,9	27,6	27,2	26,5	26,5

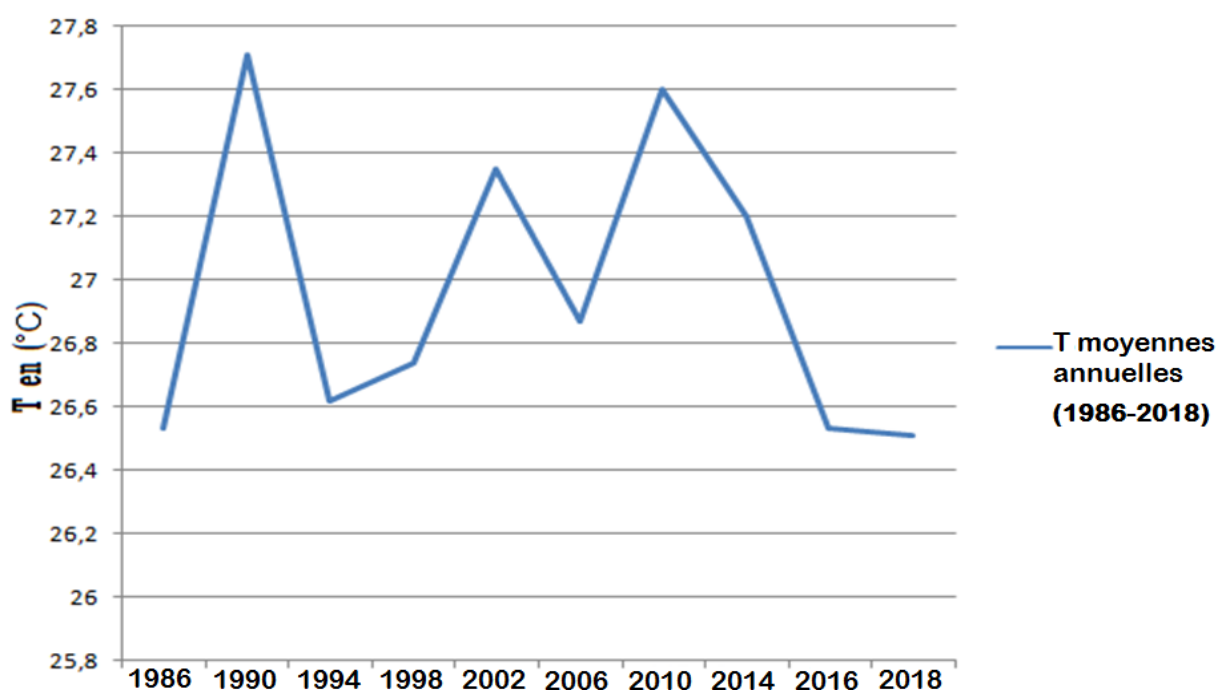


Fig. 12: Variations moyennes annuelles des températures d'Idini (1986-2018). D'après les courbes des variations des températures moyennes annuelles, on constate durant l'année hydrologique 1990 une température moyenne maximale de 27,7 °C, et une température moyenne minimale de 26,5°C, durant 2018. la température moyenne annuelle est de 27,1 °C.

III-2- 2- La pluviométrie :

III-2- 2-1. Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Idini :

Tab. 14 : Variations moyennes mensuelles des précipitations (1986-2018).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aoû.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
P (mm)	0,67	0,02	0,13	0,04	0	1,62	10,9	49,2	44,9	4,05	2,24	0

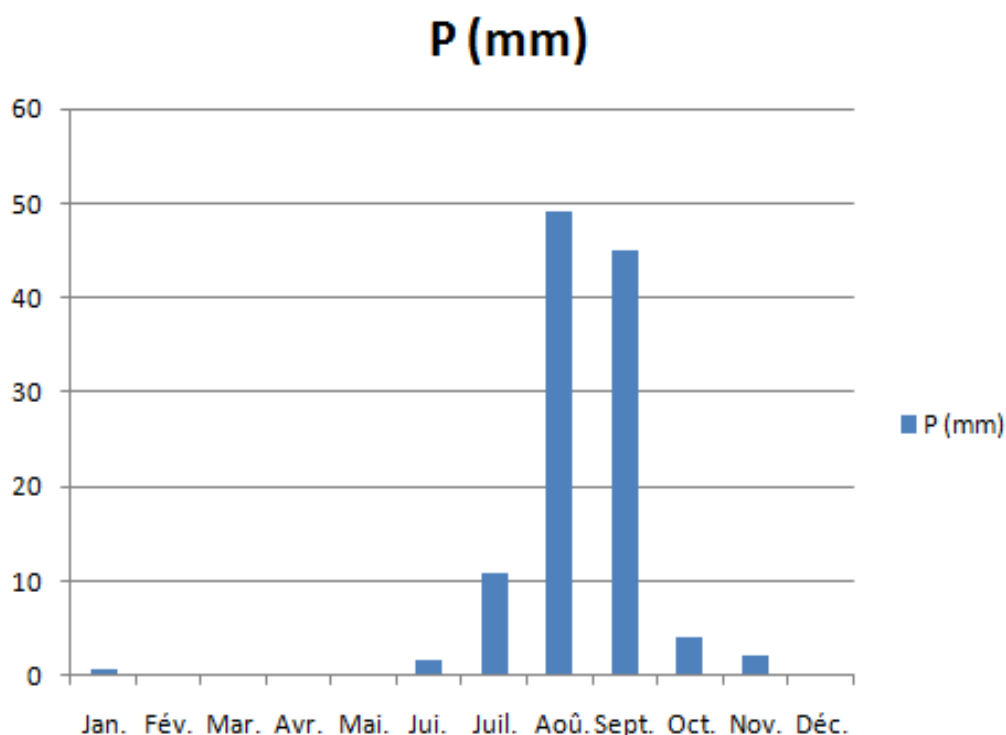


Fig. 13 : Variations des précipitations moyennes mensuelles d'Idini (1986-2018).

Idini connaît une pluviométrie très faible et irrégulière. La moyenne annuelle est inférieure à 100mm. Les précipitations les plus abondantes sont enregistrées entre août et septembre.

III-2- 2-2. Précipitations moyennes annuelles de la station d'Idini :

Tab. 15: Variations moyennes annuelles des précipitations (1986-2018).

Années	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	2014	2016	2018
P en (mm)	15,8	16,1	8,6	5,3	15,3	8,2	9,6	6,6	4	5,3

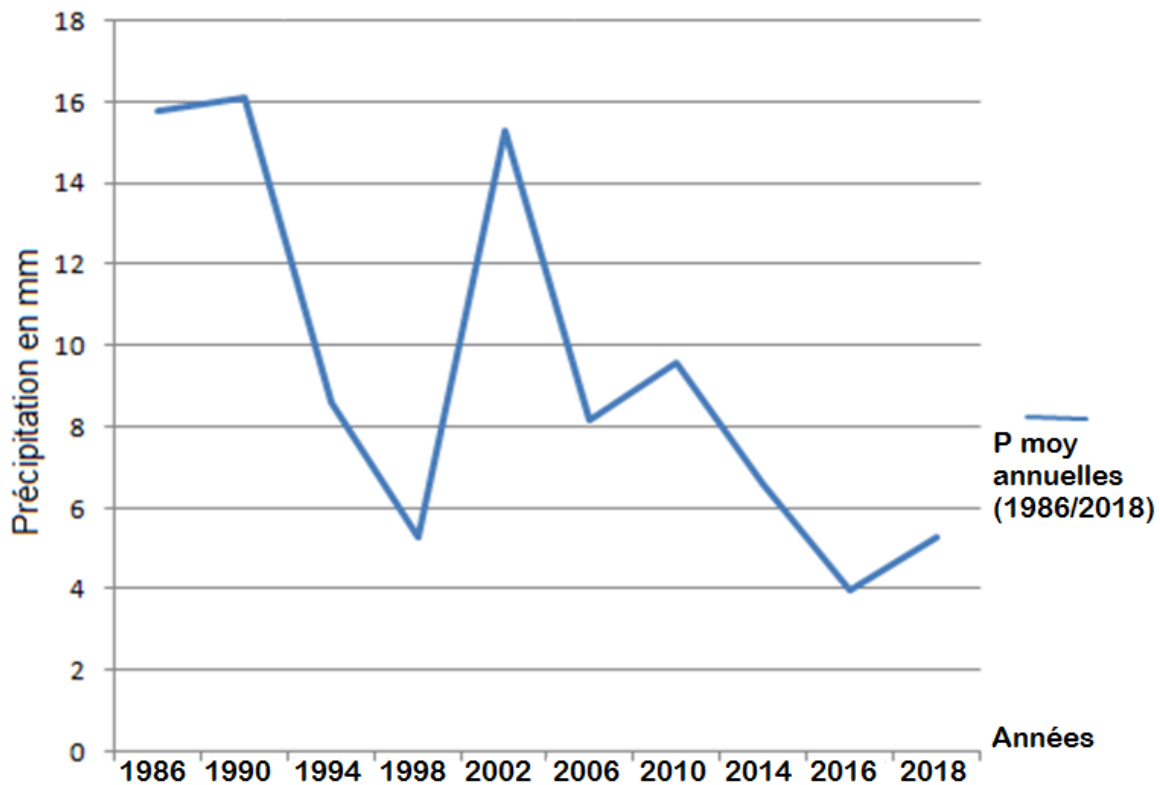


Fig. 14 : Variations moyennes annuelles des précipitations d’Idini (1986-2018).

D’après la courbe précédente, on remarque pour la station d’Idini que l’année la plus pluvieuse est celle de 1990, avec un cumul de précipitations de 16.1 mm et l’année 2017 est l’année la plus sèche avec une précipitation de 4 mm (Fig.7).

III-2- 2-3. Coefficient d’irrégularité du régime des précipitations :

Ce coefficient est donné par le rapport de l’année la plus humide (PM) à celui de l’année la plus sèche (pm) :

$$PM / pm = 16.1 / 4 = 4.025$$

C’est le coefficient dont la valeur caractéristique est celle d’un climat aride.

III-2- 3- Le vent :

Idini est soumise à l’influence saisonnière de différents régimes de vents dont les plus fréquents proviennent des secteurs Nord, Nord-Ouest et Nord-est à hauteur de 33 %, 22 % et 14 % respectivement.

- Les alizés

Deux principaux types d’alizés affectent la région, on distingue :

* l’alizé continental (harmattan), de direction dominante nord à nord-est. Ce vent provient des zones de hautes pressions thermiques (anticyclone du Sahara) qui règnent sur le Sahara d’octobre à décembre, et sur la mer Méditerranée de décembre à février. C’est un vent d’origine continentale, il est très sec, sa température varie largement entre le jour et la nuit, et au cours de l’année. Il joue un rôle important dans les transports éoliens.

Ces alizés sont les vents dominants.

-l'alizé maritime de direction dominante de nord à nord-ouest et d'une vitesse moyenne de 6 à 10 m/s. Il est frais et humide et a pour origine la zone des hautes pressions de l'anticyclone des Açores. Il souffle toute l'année et ne donne que de rares précipitations.

- Les vents de mousson sont générés par l'anticyclone de Sainte-Hélène et ils sont de direction Ouest-Sud-Ouest. Ils sont à l'origine de faibles précipitations annuelles de courte durée. Le vent de mousson se fait sentir à partir de juin sur la Mauritanie méridionale et produit son effet maximum en août. Son action est limitée le long de la côte où il n'est pas suffisamment fort pour repousser l'alizé maritime.

(Office National de la Météorologie Mauritanie).

Tab. 16 : Variations moyennes mensuelles de vent (1986-2018).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse du vent (km/h)	34,5	41	39	43	43	42,5	39	41,5	37,5	35	35	40

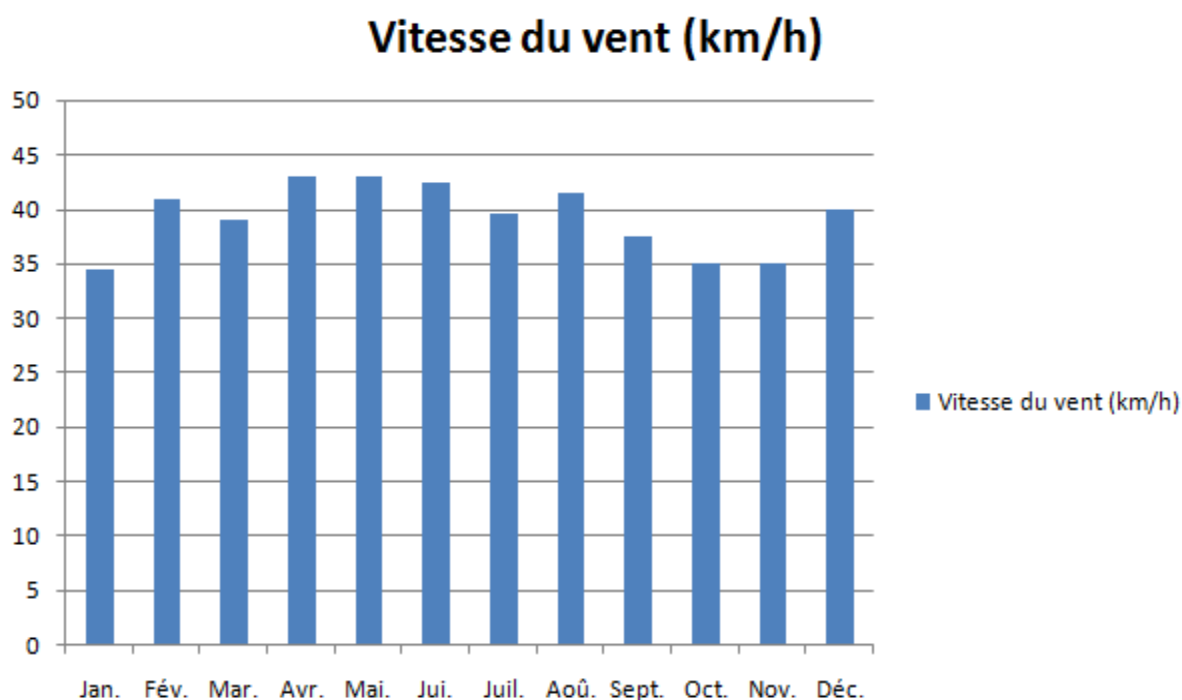


Fig. 15: Variations moyennes mensuelles de la vitesse du vent de la station d'Idini (1986-2018).

D'après l'histogramme des moyennes mensuelles des vitesses du vent à la station d'Idini, on constate que le maximum de vitesse du vent est au mois de mai (43 km/h), et un minimum de (34,3 km / h) au mois de janvier.

III-2- 4- Humidité relative :

C'est un élément essentiel dans l'étude du climat, qui a une influence sur le bilan hydrologique, l'histogramme montre les différentes variations mensuelles de l'humidité (1986-2018).

Tab. 17 : Variations mensuelles de l'humidité (1986-2018).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Humidité %	16	20	24	28	31	36	58	59	46	29	22	20

Le taux d'humidité le plus élevé est enregistré au mois d'août (59 %) et le plus faible, au mois de janvier (16,08 %).

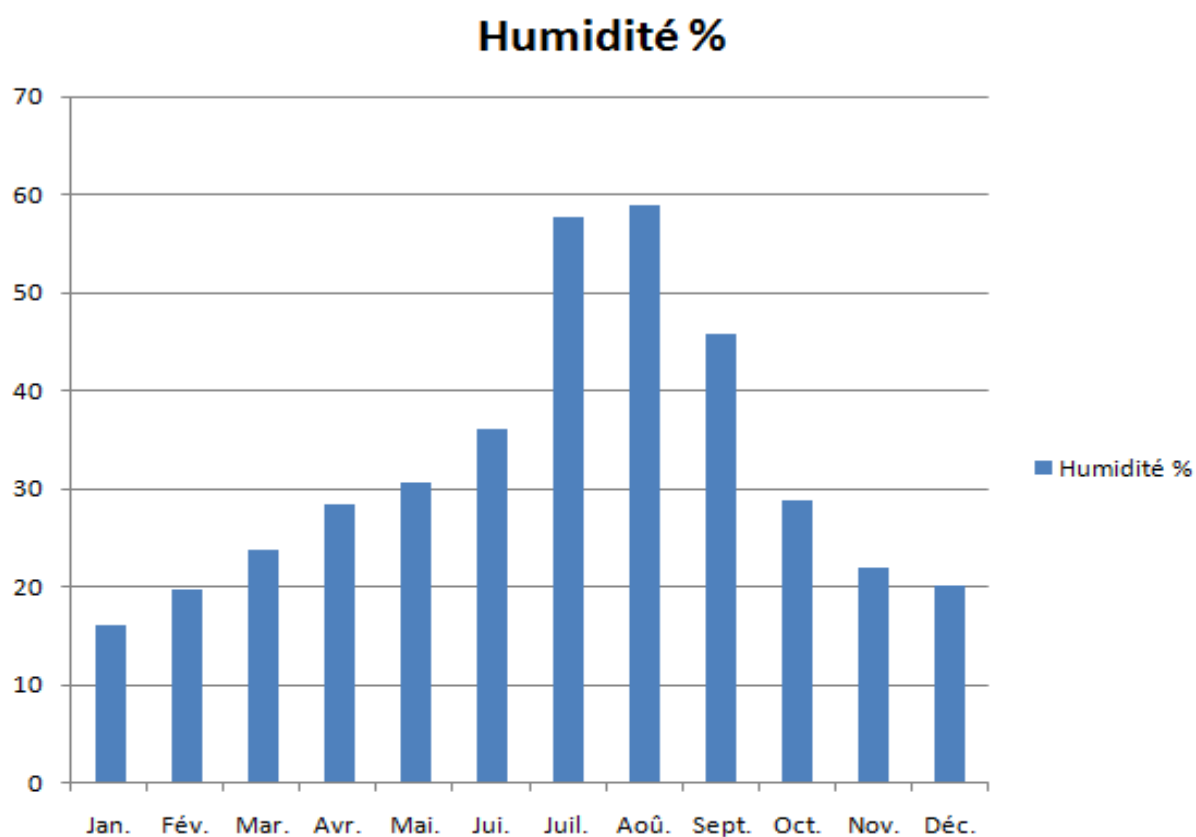


Fig. 16 : Variations de l'humidité moyenne relative de la station d'Idini (1986-2018).

III-2- 5- L'insolation :

Le tableau n°18 résume les variations des ensoleillements mensuels de la période 1986 à 2018.

Tab. 18: Ensoleillements en (h) période 1986– 2018.

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Ins.moy	261	263	291	299	292	253	248	239	231	271	276	262

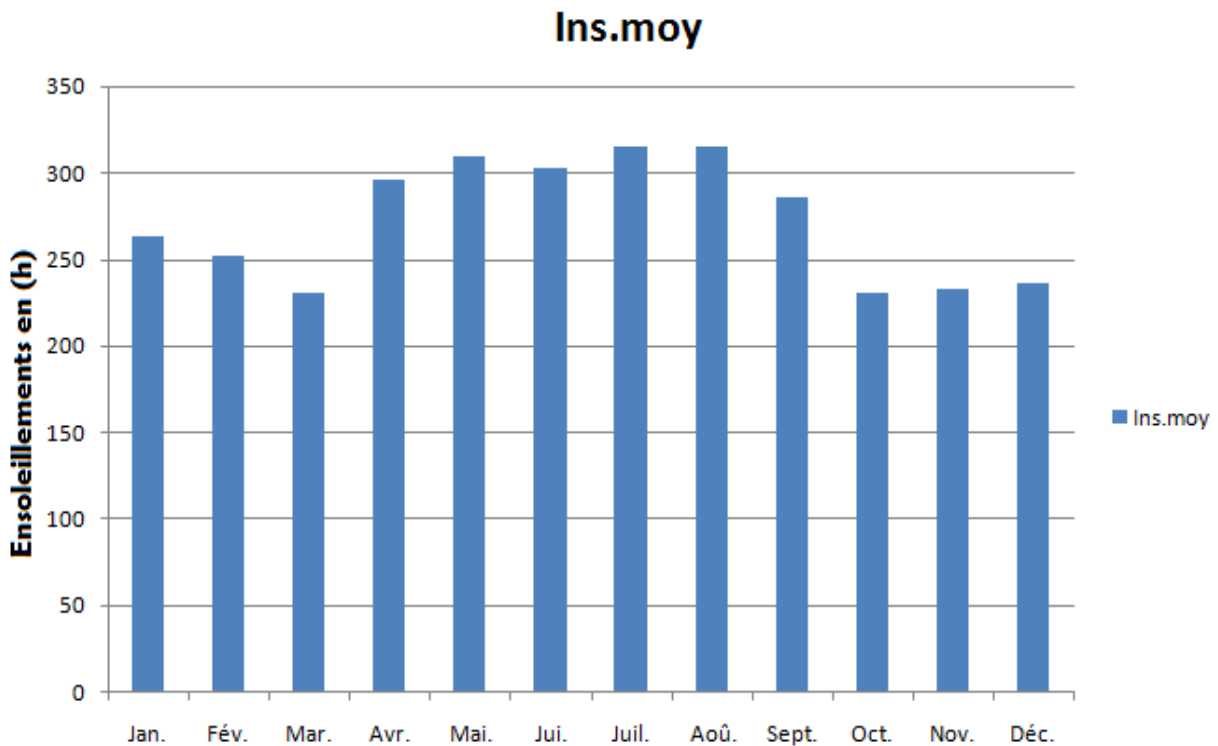


Fig. 17 : Variations de l'ensoleillement moyen mensuel d'Idini (1986-2018).

Les mois d'Avril, Mai, Juin, Juillet, Août et Septembre sont les mois les plus chauds et les plus ensoleillés variant de (285 h à 315 h), par contre les mois les plus froids (Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février et Mars) sont les mois les moins pluvieux et les moins ensoleillés (231 h à 263 h). Ce coefficient indique qu'il n'y a pas une influence maritime sur notre zone d'étude, d'où le régime désertique typiquement saharien.

III-2- 6- Indice de continentalité thermique :

L'éloignement par rapport à la mer est un facteur qui intervient dans l'augmentation du degré d'aridité.

Parmi les différentes formules proposées, nous retiendrons la suivante :

$$K = (t_o - t_A) * 100 / A$$

K : indice de continentalité thermique

K = 100% climat océanique

K = 0% climat continental

t_o : température moyenne du mois d'octobre en °C

t_A : température moyenne du mois d'avril en °C

A : amplitude thermique annuelle (la température moyenne du mois le plus chaud moins la température moyenne du mois le plus froid).

$$t_o = 30,7^\circ\text{C} \quad t_A = 26,5^\circ\text{C} \quad A = 8,56^\circ\text{C} \quad K = 49,1$$

III-3- Etude du climat :

Les températures et les précipitations constituent les éléments majeurs qui régissent le climat d'une région. Il existe 3 méthodes pour déterminer la nature du climat.

- Méthode de De Martonne.
- Méthode d'Emberger.
- Méthode d'Euverte.

III-3- 1- Les indices climatiques

III-3- 1-1- Indice d'aridité annuel et les indices mensuels de De Martonne :

Indice d'aridité annuel :

D'après De Martonne l'indice est exprimé comme suit :

$$I = P / (T+10)$$

$$P = 9.48\text{mm}$$

$$T = 27^\circ\text{C}$$

P : précipitations moyennes annuelles d'Idini

T : Températures moyennes annuelles d'Idini

I : Indice d'aridité annuelle

I=0.26

L'indice d'aridité est compris entre 0 et 5, on peut dire que notre secteur d'étude est caractérisé par un climat hyper aride.

Indice d'aridité mensuel :

D'après De Martonne l'indice est exprimé comme suit :

$$i = 12 P / (T+10)$$

Les valeurs sont données dans le tableau ci –dessous :

Tab. 19 : Les valeurs d'Indice d'aridité mensuel i.

Mois	P (mm)	T moy (°C)	$i = 12 P / (T+10)$	Climat
Janvier	6,7	22,6	2,46	Hyper-aride
Février	0,2	23,3	0,07	Hyper-aride
Mars	1,3	25,2	0,44	Hyper-aride
Avril	0,4	26,5	0,13	Hyper-aride
Mai	0	27,3	0	Hyper-aride
Juin	16,2	28,7	5,02	Aride
Juillet	10,96	28,5	3,42	Hyper-aride
Août	4,916	29,2	1,5	Hyper-aride
Septembre	4,492	31,16	1,31	Hyper-aride
Octobre	4,05	30,7	1,19	Hyper-aride
Novembre	2,24	26,9	0,73	Hyper-aride
Décembre	0	23,6	0	Hyper-aride

Tab. 20 : Classification des climats en fonction de l'indice de De Martonne.

Indice	Type de climat
$0 < i < 5$	Hyper-aride
$5 < i < 10$	Aride
$10 < i < 20$	Semi-aride
$20 < i < 30$	Semi-humide
$30 < i < 55$	Humide

D'après les valeurs des indices d'aridité mensuels, le climat est caractérisé par un climat Hyper-aride.

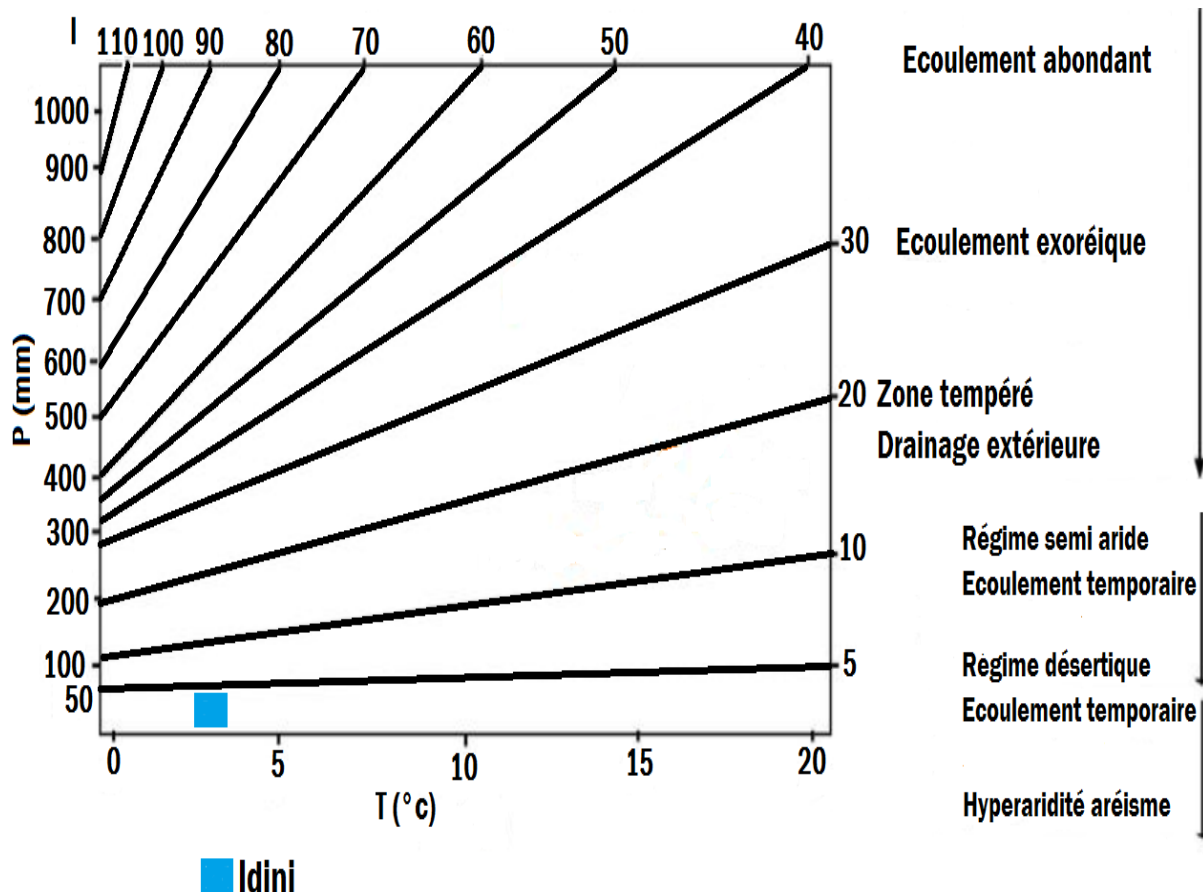


Fig. 18 : Le diagramme de De Martonne

III-3- 1-2- Indice pluviométrique annuel de Moral :

Calculé par la relation suivante : $I = P / (T^2 - 10 T + 200)$

P = 9.48mm

T = 27 °c

$$I=0,014$$

La région d'Idini se caractérise par un climat sec pour la période estivale allant d'avril à juillet, et un climat humide pour la période d'août à octobre. L'indice pluviométrique annuel est généralement de faible valeur, c'est-à-dire que notre région se caractérise par une faible pluviométrie.

III-3- 1-3- Indice d'Emberger :

Le climagramme d'Emberger permet d'obtenir le type du climat qui caractérise une région donnée. Calculé par la relation suivante :

$$Q2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

Q2 : quotient pluviométrique d'Emberger

$$M = 37,23 \text{ °c} + 273 = 310,23 \text{ °k}$$

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (Juillet) en degré absolu (°k)

$$m = 14,76^{\circ}\text{C} + 273 = 287,76^{\circ}\text{K}$$

m : moyenne des températures minimales du mois le plus frais (Janvier) en degré absolu (°K)

P=9,48 mm

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

$Q_2 = 1,41$

Les valeurs de Q2 sont reportées sur le climagramme d'Emberger en ordonnée. On remarque que le secteur d'études est caractérisé par un climat saharien avec un hiver frais (Fig.19).

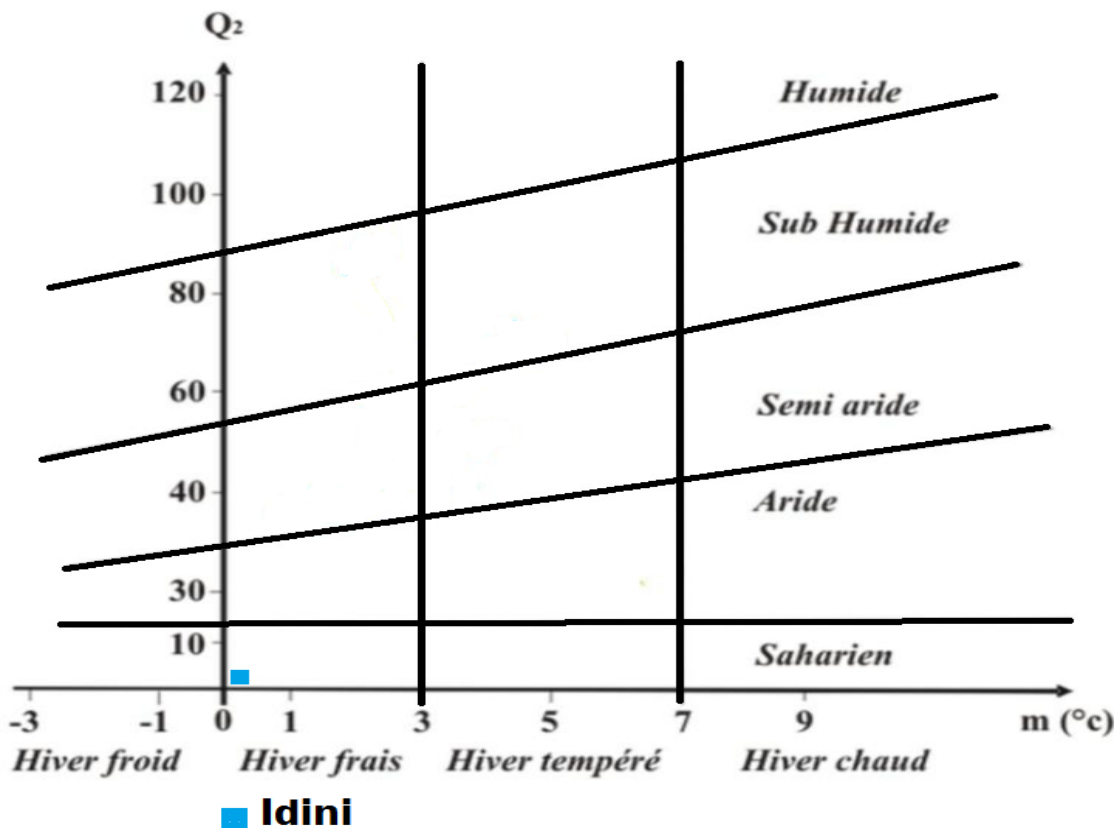


Fig. 19: Climagramme d'Emberger.

III-3- 1-4- Indice de Stewart :

$$Q_r = P * 3.43 / (M + m)$$

M=37,23 °C

m =14,76°C

P=9,48 mm

$Q_r = 0,6$

La valeur de Qr comprise entre 0 et 5, caractérise un climat aride.

III-4- Le régime thermique

Méthode d'Euverte :

Se basant sur les températures et les précipitations établies mensuellement, cette méthode renseigne sur l'évolution de l'humidité du sol qui est donnée par le rapport (P / T), qui permet de définir quatre types de régimes :

Un régime très sec : $P / T < 1$

Un régime sec : $1 < P / T < 2$

Un régime subhumide : $2 < P / T < 3$

Un régime humide : $P / T > 3$

Tab. 21 : Relation températures – précipitations

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
P (mm)	0,67	0,02	0,13	0,04	0	1,62	10,9	49,2	44,9	4,05	2,24	0
T moy. (°C)	22,6	23,3	25,2	26,5	27,3	28,7	28,5	29,2	31,16	30,7	26,9	23,6
P/T	0,03	0,001	0,005	0,002	0	0,06	0,38	1,68	1,44	0,13	0,08	0
Types De régimes	Très sec	Très sec	Très sec	Très sec	Très sec	Très sec	Très sec	sec	sec	Très sec	Très sec	Très sec

D'après les valeurs de P / T, la région d'Idini est très sèche ($P / T < 1$) durant l'année à l'exception du mois d'août et septembre : sèche ($1 < P / T < 2$), (valeur maximale est de 1,68).

III-5- Déficit d'écoulement d'Idini :

L'évapotranspiration est un terme qui correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes. Elle joue un grand rôle dans le climat. On distingue l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'évapotranspiration potentielle (ETP). Ces données sont utiles et nécessaires pour étudier les bilans de circulations d'eau ; on peut estimer la valeur de ce paramètre, en fonction de la température d'air et du module pluviométrique, grâce à plusieurs méthodes :

III-5-1-Formule de Turc :

L'évapotranspiration est calculée par la formule suivante :

$$ETR = P / \sqrt{0,9 + \left(\frac{p^2}{L^2}\right)} \quad \text{avec} \quad L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

P = 9,48 mm P : précipitations moyennes annuelles

T = 27 °c T : température moyenne annuelle

L = 1959,15L : facteur en fonction de T

ETR= 10 mm

ETR : évapotranspiration réelle en mm

Avec une température de 27 °C et des précipitations de 9,48 mm ; l'application numérique pour la station d'Idini donne une valeur de ETR= 10 mm, ce qui induit que la formule n'est pas applicable pour ce cas, car l'évapotranspiration annuelle est supérieure aux précipitations annuelles.

III-5-2-Formule de Coutagne :

On peut calculer le déficit d'écoulement (ETR) à partir de la relation :

$$ETR = P - \lambda P^2$$

$$\text{Avec : } \lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T}$$

T : température moyenne

P : précipitations moyennes

Cette formule s'applique pour l'intervalle suivant : $1/8\lambda < P < 1/2 \lambda$

Pour $\lambda = 1 / 0.8 + 0.14 T$

P = 9,48 mm, T = 27 °c λ = 0,218

$1/8 \lambda = 0.027$ et $1/2 \lambda = 0,1090.00948$ m < $1/8 \lambda$

Les précipitations sont inférieures à $1/8 \lambda$ donc cette méthode n'est pas applicable.

III-6-Conclusion

La région d'Idini est située dans une zone saharienne et se caractérise par un climat désertique dont l'aridité est importante ; elle est caractérisée par une faible pluviométrie (9,48mm). On note que la période du mois de juillet jusqu'au mois de septembre est marquée par quelques précipitations, tandis que la période sèche s'étend sur le reste de l'année.

La température moyenne annuelle est de 27°C.

Les quantités d'eaux apportées par les précipitations à la surface du sol sont systématiquement reprises par l'évaporation, suite aux températures élevées.

CHAPITRE IV
Evolution des
caractères physico-
chimique des eaux du
champ Captant d'Idini

Chapitre IV : Evolution physico-chimique des eaux du champ captant d'Idini

IV-1-Paramètres organoleptiques

Les caractères organoleptiques sont des paramètres qui doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon peut se modifier au cours du transport et du stockage (apparition d'une coloration, de précipité, etc.).

IV-1-1-Couleur

La couleur de l'eau est généralement due à la présence de substances organiques colorées. Toutes les eaux prélevées et analysées de la Région d'Idini sont incolores.

IV-1-2-Odeur

Généralement, les odeurs proviennent, soit des produits chimiques, soit de la matière organique en décomposition, soit des protozoaires, soit des organismes aquatiques. L'odeur due à la présence simultanée dans l'eau de plusieurs produits peut être plus intense que la somme des odeurs dues à chaque constituant.

Les tests des échantillons n'ont donné aucun résultat remarquable dans les eaux étudiées.

IV-1-3-Goût

D'une façon générale, il est bien difficile de porter un jugement sur la qualité d'une eau par la seule évaluation de la saveur. Les eaux étudiées n'ont pas de goût spécifique.

IV-1-4Turbidité

Les eaux de la région d'Idini donnent une turbidité inférieure à la norme, ce qui signifie que la matière en suspension est très faible (0.01 NTU) (Néphélobimétrie Turbidité Unit).

IV-2-Etude des paramètres physiques

IV-2-1Température de l'eau

Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. Selon les valeurs observées, les températures moyennes de l'eau varient entre 21 et 26 °C pour les forages (nous disposons des valeurs de certains points seulement).

IV-2-2-PH

C'est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau par la concentration en ions H⁺, les valeurs du pH dans la région d'étude varie de 7 à 8, ils sont dans la norme de potabilité.

IV-2-3-Conductivité

Elle permet (globalement) d'évaluer la teneur ou la concentration des ions présents dans l'eau. L'eau douce est évidemment résistante, par contre, l'eau salée est conductrice. C'est un paramètre qui dépend de la minéralisation qui est la totalité des sels dissous dans l'eau avec les matières organiques.

La conductivité des eaux analysées variant entre 276 μ S/cm et 1125 μ S/cm. Ces données montrent que les eaux analysées présentent une conductivité relativement inférieure à la norme qui est de 2100 μ S/cm.

IV-2-4-Influence du front salé sur les forages

Les résultats d'analyses chimiques des échantillons d'eau prélevés sur les forages par la SNDE (La Société Nationale D'Eau – Mauritanie) entre 1986 et 2019 ont été comparés et montrent une diminution de la minéralisation à partir de 2016 au niveau des forages à Idini. Ils ne mettent pas en évidence l'impact d'un front salé qui avancerait vers le champ captant, mais plutôt à l'existence de taux élevés d'éléments minéraux in situ dans certains forages liés à leur surexploitation.

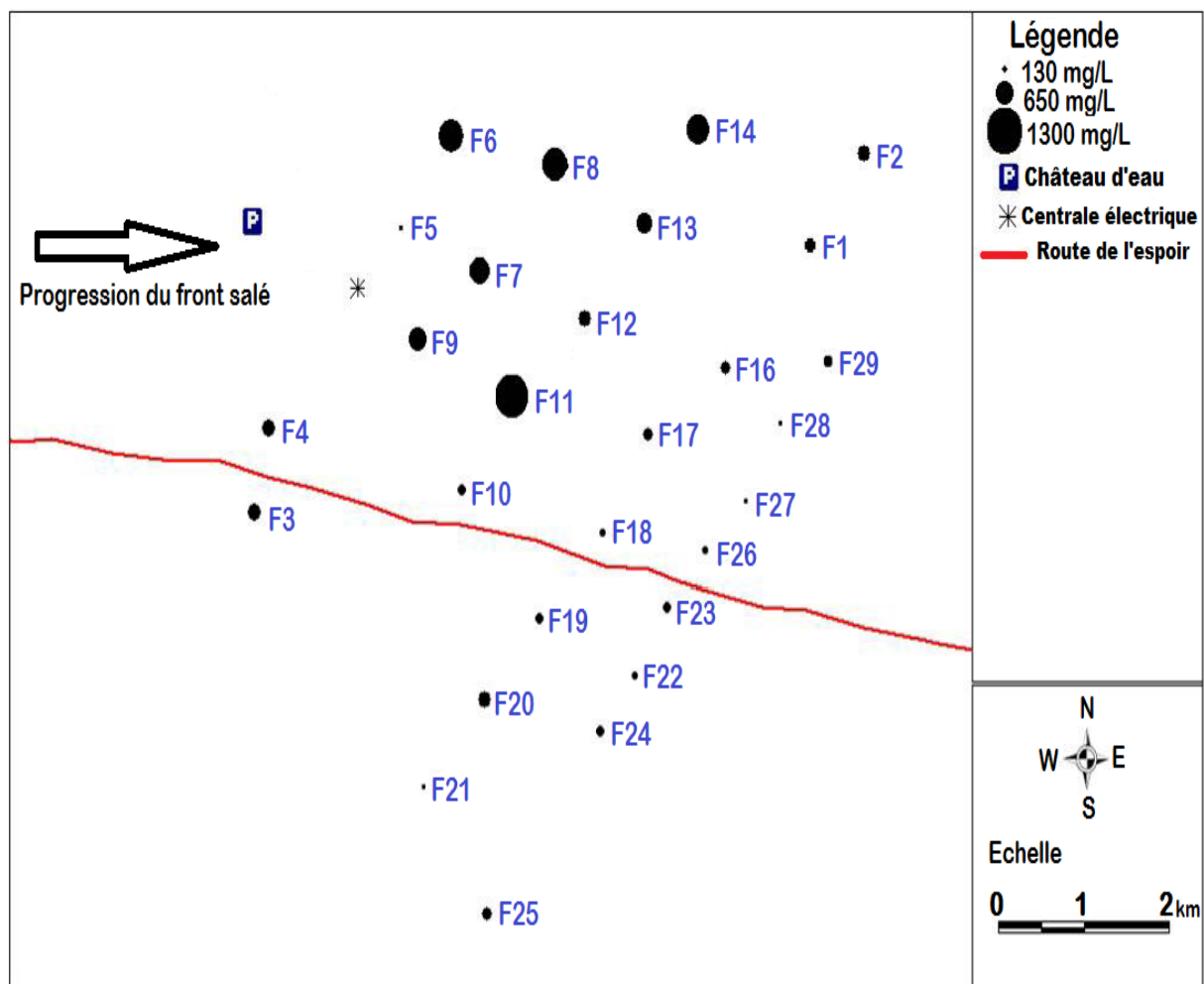


Figure 20 : Répartition spatiale de la minéralisation des forages (SNDE-2019)

A travers cette carte on observe une minéralisation élevée pour les forages F11, F14, F7, F8 et F6, dont l'élément responsable est le sulfate et non le chlore, ce qui réduit l'impact d'un front salé responsable de la minéralisation.

IV-3. La minéralisation

Une eau dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l est généralement considérée comme de bonne qualité. Au-delà de 1 200 mg/l, elle devient assez désagréable, sauf en cas d'accoutumance.

L'OMS recommande une teneur limite de 1000 mg/l pour l'eau destinée à la consommation humaine. La directive de la communauté européenne et la réglementation française fixent comme valeur limite 1500 mg/l après dessiccation à 180 °C.

Selon le CNRE la minéralisation des eaux au château d'Idini était de 401 mg/l en janvier 1986 et de 705mg/l en janvier 2019, il s'agit d'une très bonne eau.

IV-4 Analyses physico-chimiques des forages

La composition chimique des eaux souterraines est acquise lors de la traversée du sol et de son séjour dans le réservoir. L'eau, au contact de l'encaissant, acquiert une charge minérale caractéristique des roches traversées. Les éléments qui s'y trouvent en solution sont informatifs sur la nature de l'aquifère traversé. Dans le but de donner des informations sur les caractéristiques hydro- chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Nouakchott à partir du champ comptant d'Idini (nappe du Trarza), on a traité des données analytiques effectuées par la SNDE pendant la période janvier 1986 (Tab.22) et plus récemment en janvier 2019 (Tab.23). Les données précitées concernent 20 points d'échantillonnages. Les résultats d'analyses chimiques des échantillons d'eaux prélevés sur les forages sont reportés dans les tableaux suivant :

Tableau 22 : Résultats des analyses physico-chimiques des points d'eau échantillonnée exprimés en meq/l (SNDE, période janvier 1986)

Forage	T°C	PH	CE (µs/cm)	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	SO4	NO2	NO3	BI
F1	32,9	7,16	486	335	1,28	1,2	2,75	0,57	2,05	1,3	1,84	0,002	0,003	-1%
F2	32,6	7,31	505	362	1,36	1,04	3,08	0,43	2,326	1,2	1,92	0,0003	0,0044	1%
F3	32,5	7,4	486	335	1,44	0,96	2,85	0,39	2,287	1,7	1,24	0	0,0038	-2%
F4	31,1	7,2	559	400	1,6	1,28	3,2	0,42	2,8	1,35	1,84	0,0004	0,0043	1%
F5	32	7,13	1122	851	4,8	2,6	7	0,87	6,605	2	6,4	0	0,0068	0%
F6	32,1	7,13	1009	765	4,16	2,24	6	0,69	4,732	1,6	5,88	0,0002	0,0057	0%
F7	32,5	7,16	863	655	3,84	2,16	4,05	0,56	4,377	1,2	3,6	0,0004	0,0063	1%
F8	32,3	7,27	1092	828	4,32	1,88	5,15	0,63	5,284	1,35	4,28	0,0004	0,0044	1%
F9	33	7,3	712	510	3	1,28	4,03	0,49	4,850	1,3	2,84	0,0006	0,0063	1%
F10	32,7	7,2	402	297	2,24	1,08	3,7	0,48	4,259	1,25	1,6	0,0001	0,0081	2%
F11	33,5	7,31	1024	768	1,6	1,24	3,2	0,69	2,839	1,35	1,88	0,0002	0,0074	-1%
F12	33,2	7,37	555	397	1,6	0,8	3,15	0,45	2,445	1,25	2,36	0,0002	0,0087	0%
F13	33,3	7,65	618	442	1,12	0,8	2,85	0,57	2,090	1,15	1,44	0,0004	0,0054	1%
F14	33,1	7,06	958	726	0,96	0,76	2,2	0,36	1,696	1,06	0,8	0,0004	0,0116	2%
F15	33,6	7,26	424	303	0,56	0,84	1,35	0,33	1,104	0,96	0,44	0,0004	0,0035	-1%
F16	32,9	7,3	383	274	1,24	0,83	2,89	0,51	2,07	1,58	2,19	0,0002	0,0051	1%
F17	33,3	7,47	249	192	3,21	0,84	2,97	0,32	2,247	1,37	2,3	0,0003	0,0081	1%
F18	33	7,38	337	246	2,93	1,09	2,82	0,30	2,119	1,11	1,61	0,0002	0,0051	0%
F19	32,6	7,76	517	370	1,58	2,29	3,14	0,33	2,671	1,16	2,15	0,0005	0,0038	1%
F20	33,2	7,76	276	212	1,14	2,11	5,84	0,49	5,560	0,85	5,63	0,0005	0,0108	-2%

Tableau 23 : Résultats des analyses physico-chimiques des points d'eau échantillonnée exprimés en meq/l (SNDE, période janvier 2019)

Forage	T°C	PH	CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TD S	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	SO ₄	NO ₂	NO ₃	BI
F1	32,6	7,59	485	150	1,23	0,84	2,89	0,349	2,307	1,2	2,31	0,110	0	-1%
F2	32,5	6,97	501	186	1,2	1,08	2,97	0,39	2,218	1,04	2,38	0,013	0,001	1%
F3	32,2	6,96	483	178	1,28	2,29	2,82	0,336	2,839	1,5	1,77	0,011	0	-2%
F4	31,3	6,9	550	334	1,65	2,11	3,14	0,363	6,408	1,55	2,28	0,018	0,001	1%
F5	31	7,17	1125	484	4,01	1,83	5,84	0,551	5,767	1,18	6,17	0,016	0,005	0%
F6	32,5	7,43	1011	176	3,21	2,43	5,71	0,537	4,633	1,28	5,03	0,009	0,003	0%
F7	32,	7,6	851	394	3,32	1,47	4,17	0,484	5,915	0,94	4,49	0,018	0,004	1%
F8	32,5	6,9	1033	212	4,29	1,9	5,41	0,537	5,767	1,1	5,86	0,018	0,001	1%
F9	32	6,9	710	195	2,72	1,01	4,32	0,511	6,887	1,15	5,32	0,027	0,004	1%
F10	32,6	6,5	400	174	3,38	1,2	6,05	0,537	2,8	1,12	3,44	0,005	0,006	2%
F11	33,3	7,08	1016	768	1,58	0,56	3,45	0,376	2,888	1,13	2,6	0,009	0,008	-1%
F12	33,1	7,23	563	397	1,81	0,64	3,75	0,322	1,913	1,09	3,28	0,009	0,002	0%
F13	33,5	7,42	622	442	1,13	0,43	2,96	0,309	1,823	1,24	2,11	0,018	0	1%
F14	33,3	6,84	960	726	1,04	1,48	2,45	0,268	1,114	1,16	1,35	0,018	0,002	2%
F15	33,5	7,31	420	271	0,78	1,9	1,56	0,255	1,055	1,1	0,87	0,018	0,006	1%
F16	32,3	7,48	386	274	4	1,01	1,46	0,282	1,775	1,02	0,69	0,009	0,005	1%
F17	33,1	7,34	245	293	4,29	1,2	2,35	0,336	6,384	1,1	1,27	0,015	0,005	1%
F18	31	7,03	331	246	0,78	0,57	2,85	0,322	4,21	1,2	1,39	0,009	0,003	0%
F19	32,3	7,28	521	370	1,05	0,64	3,44	0,497	5,708	1,05	3,08	0,23	0,001	1%
F20	33,1	6,98	266	138	1,75	2,43	3,4	0,376	4,623	1,1	2,39	0,23	0,002	-2%

Avec :

Ca: Calcium.

K: Potassium.

SO₄ : Sulfate.

PH : potentiel d'hydrogène.

Mg: Magnésium.

Cl: Chlore.

NO₂: Dioxyde d'azote.

Na: Sodium.

HCO₃ : Bicarbonate.

NO₃: Nitrate.

CE : Conductivité électrique.

IV-5-Qualités des analyses physico-chimiques

Avant de traiter et d'interpréter les analyses des eaux prélevées au niveau des différentes forages, il convient d'apprécier la fiabilité des résultats de ces analyses. La méthode utilisée est la Balance Ionique (BI). Il convient de rappeler qu'en théorie, une eau naturelle est électriquement neutre. De ce fait, la somme (en équivalents chimiques) des cations devrait être égale à celle des anions (en équivalents-chimiques). En réalité, cette égalité est rarement obtenue. De façon générale, la différence est attribuée aux incertitudes, à la présence de certains ions non dosés ou à d'éventuelles erreurs d'analyses. Ainsi, une certaine marge de déséquilibre entre anions et cations est admise. Elle est exprimée sous forme d'un écart relatif par la formule suivante :

$$BI = \frac{\sum(\text{cations}) - \sum(\text{anions})}{\sum(\text{cations}) + \sum(\text{anions})} * 100$$

Le calcul de la balance ionique permet généralement de vérifier la fiabilité des résultats des analyses chimiques. Cependant, les incertitudes sur les résultats, variables selon les techniques d'analyses, peuvent expliquer les erreurs parfois élevées sur les balances ioniques, à cause de la présence éventuelle d'anions organiques non pris en compte dans les calculs. D'une manière générale, des analyses chimiques sont considérées selon la valeur de balance ionique (BI), les analyses chimiques peuvent être classées en trois types d'analyses

BI < 5% : Analyses de bonne qualité,
5 < BI < 10 : Analyses admissibles,
BI > 10% : Analyses douteuses.

Toutes les analyses présentent des BI dont les valeurs < 5% donc les analyses sont de bonne qualité.

IV-6-Outils et méthodes

Pour pouvoir analyser ces données et en ressortir le plus d'informations en peu de temps, il a fallu utiliser des outils et méthodes efficaces et rapides.

IV-6-1-Outils

Le principal outil utilisé est le logiciel DIAGRAMMES c'est un logiciel d'hydrochimie en distribution libre facilitant l'exploitation d'analyse d'eau. Ces fonctions sont variées et complètes, en voici quelques-unes:

Les diagrammes: Piper
Stiff
Schoeller-Berkalov
Korjinski

Les paramètres de calculs:

Balances ionique
Teneurs en cations
Dureté teneurs en anions
Indice de saturation (Calcite, dolomite, Aragonite, gypse)

Les diagrammes Binaires, PIPER, STABLER et de SCHOELLER ont été établis grâce à ce logiciel.

Diagrammes C:\Users\Dede\Desktop\2019.dia

Fichier Affichage Edition Diagrammes Constantes A propos Langue Options Quitter Manuels Rouvrir

Traiter des fichiers Excel Piper Riverside / Wilcox 30 groupes Nom/Labelé => Légende Echantillons => Légende => 1..30 Grouper Roland SIMLER Laboratoire d'Hydrogéochimie d'Avignon

Fichier exemple Schöeller Berkaloff Statistique

Voir Excel Stiff Simulation pH

Lire fichiers *.DIA ou TXT (.tab) Stabler Phreeq

Lire uniquement les données Kojinski C14 Duov

Enregistrer le tableau graphes binaires XY Ternaires Chadah

Modèle Balance.xls

InterPolation entre 2 Points

DIONEX remplacer n.a. et ./.

20 analyses C:\Users\Dede\Desktop\2019.dia

<< Début < Cations Anions > Fin >> Insérer une analyse Supprimer vers le bas haut Tri ab croissant décroissant Tri nb croissant décroissant Colonnes supplémentaires

n	Nom	Libellé	Date	Groupe	Piper	Schoeller	Stiff	XY	Kojinski	Phreeq	Stat	TDS	T°C	pH	c25°C	cCALC	cCa%	Bal=0%	Bal=0%	Balance relative	Cations	Anions	Ca	Mg	Na
1	F1			1	CAL	1	1	oui	oui	oui	oui	396	32,6	7,59	632		36,7	1,5	-5%	5,33990	5,92690	24,65	10,21	66	
2	F2			2	CAL	2	2	oui	oui	oui	oui	378	32,5	6,97	631		128	0,5	+0%	6,72640	6,12160	25,65	27,83	64	
3	F3			3	CAL	3	3	oui	oui	oui	oui	409	32,2	6,96	691		-88	2,8	-17%	7,26350	10,2580	33,07	25,64	72	
4	F4			4	CAL	4	4	oui	oui	oui	oui	832	31	7,17	1341		17,7	1,2	-4%	12,2330	13,1390	80,36	22,24	134	
5	F5			5	CAL	5	5	oui	oui	oui	oui	731	32,5	7,43	1198		135	0,7	+4%	11,8890	10,9570	64,33	29,53	131	
6	F6			6	CAL	6	6	oui	oui	oui	oui	683	32	7,6	1137		-60	1,6	-9%	9,44380	11,3670	66,53	17,86	95	
7	F7			7	CAL	7	7	oui	oui	oui	oui	808	32,5	6,9	1312		30	1,1	-2%	12,1390	12,7470	85,97	23,09	124	
8	F8			8	CAL	8	8	oui	oui	oui	oui	793	32	6,9	1292		-285	3,1	-25%	8,56110	14,3880	54,51	12,27	99	
9	F9			9	CAL	9	9	oui	oui	oui	oui	576	32,6	6,5	971		300	0,1	+20%	11,1690	7,37030	67,74	14,58	139	
10	F10			10	CAL	10	10	oui	oui	oui	oui	430	33,3	7,08	710		28	1,4	-5%	5,96620	6,63630	31,66	6,80	79	
11	F11			11	CAL	11	11	oui	oui	oui	oui	435	33,1	7,23	705		81	0,9	+2%	6,52270	6,29330	36,27	7,77	86	
12	F12			12	CAL	12	12	oui	oui	oui	oui	360	33,5	7,42	585		54	1,3	-4%	4,82950	5,19170	22,85	5,22	68	
13	F13			13	CAL	13	13	oui	oui	oui	oui	282	33,3	6,84	477		168	0,1	+18%	5,23930	3,64460	20,84	17,99	56	
14	F14			14	CAL	14	14	oui	oui	oui	oui	232	33,5	7,31	403		155	0,1	+19%	4,49530	3,05060	15,63	23,09	35	
15	F15			15	CAL	15	15	oui	oui	oui	oui	296	32,3	7,48	536		361	0,2	+23%	6,76720	3,49840	80,16	12,77	33	
16	F16			16	CAL	16	16	oui	oui	oui	oui														

Rechercher dans Nom/Labelé Valeur courante Nouvelle valeur cCALC=(Tc) Tc = 25 °C => Recalculer Quitter

<< précédent suivant >> Saisie globale

aide flottante

- Facteurs correctifs
- Calcul HCO3-
- Calcul de Al3+

Figure 21 : Représentation de l'interface du logiciel d'hydrochimie

IV-6-2-Le diagramme de Schoeller Berkalov

Le diagramme de Schoeller Berkalov permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

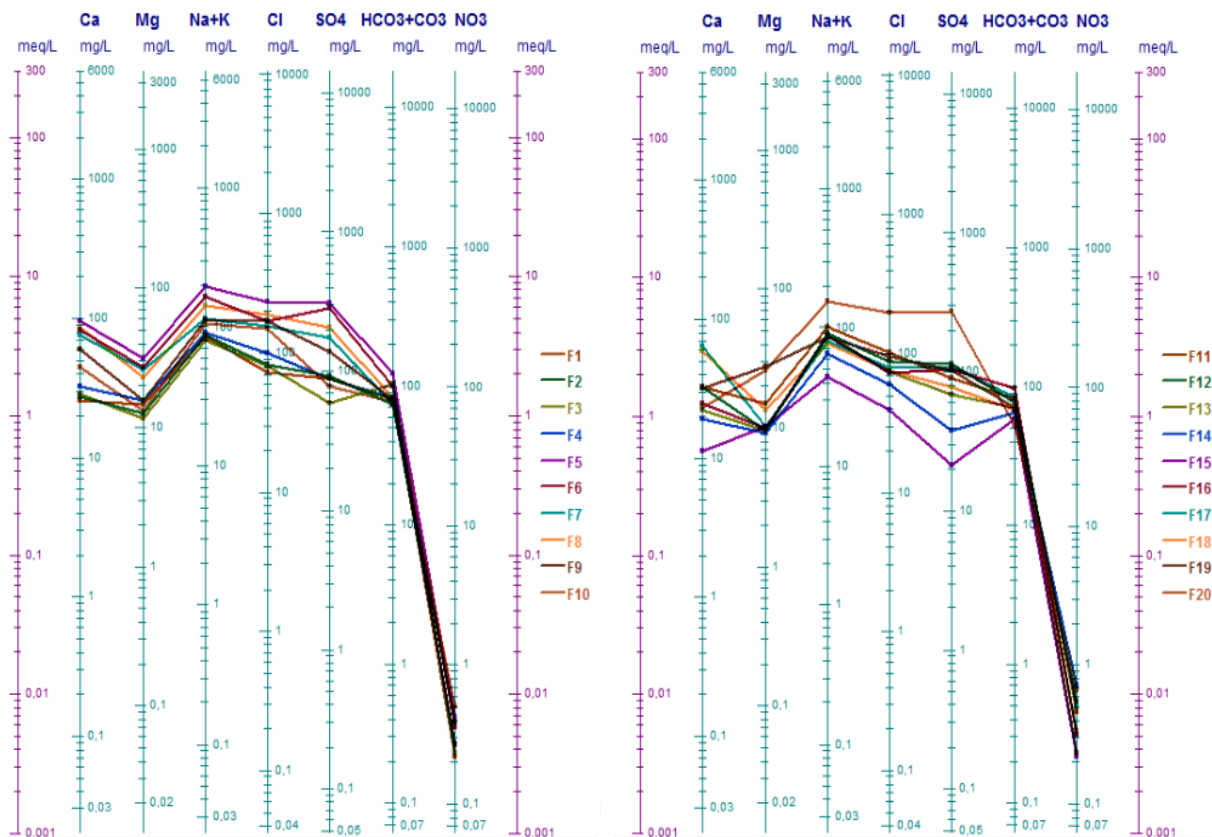
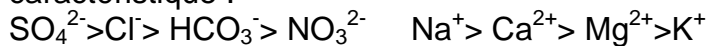


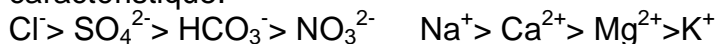
Figure 22 : Diagramme Schoeller-Berkaloff (janvier 1986)

Ce diagramme à échelle logarithmique, permet de distinguer par simple lecture des échelles, les concentrations des ions dominants et donc de déduire rapidement les différentes familles chimiques. Le report des teneurs sur le diagramme, permet de distinguer deux grandes familles d'eaux :

- Des eaux à faciès Sulfaté sodique représentant 3 forages, de formule caractéristique :



-Des eaux à faciès Chloruré sodique représentant 17 forages, de formule caractéristique:



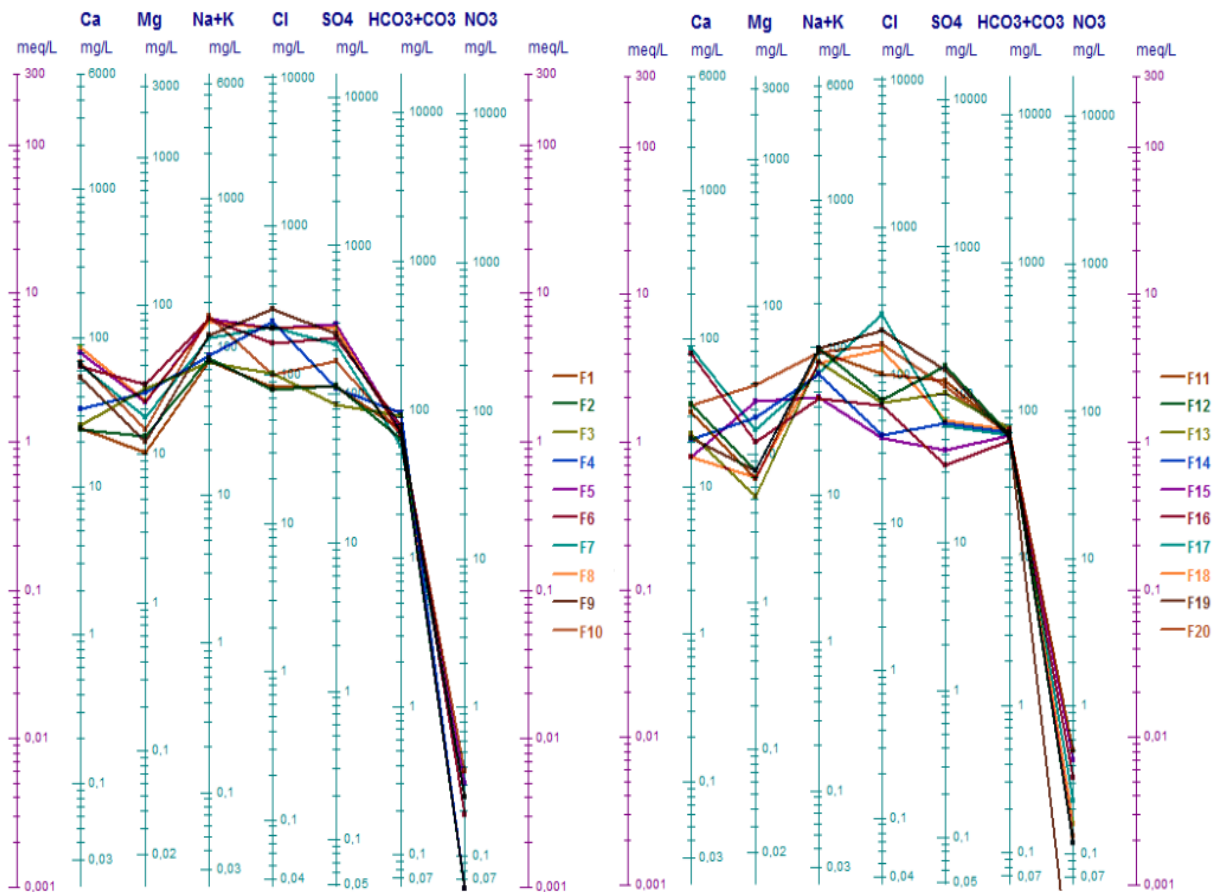
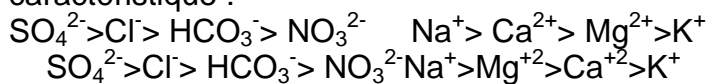


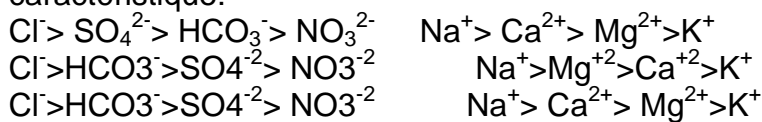
Figure 23 : Diagramme Schoeller-Berkaloff (janvier 2019)

Ce diagramme à échelle logarithmique, permet de distinguer par simple lecture des échelles, les concentrations des ions dominants et donc de déduire rapidement les différentes familles chimiques. Le report des teneurs sur le diagramme, permet de distinguer deux grandes familles d'eaux :

- Des eaux à faciès Sulfaté sodique représentant 7 forages, de formule caractéristique :



- Des eaux à faciès Chloruré sodique représentant 13 forages, de formule caractéristique:



IV-6-3-Diagramme de Stabler :

Le diagramme de Stabler représente la contribution de chaque espèce ionique à la somme cationique ou à la somme anionique. Les unités sont donc des équivalents par litre ou, le plus souvent, des milliéquivalents par litres. Le diagramme se décompose en deux barres, l'une pour les anions, l'autre pour les cations.

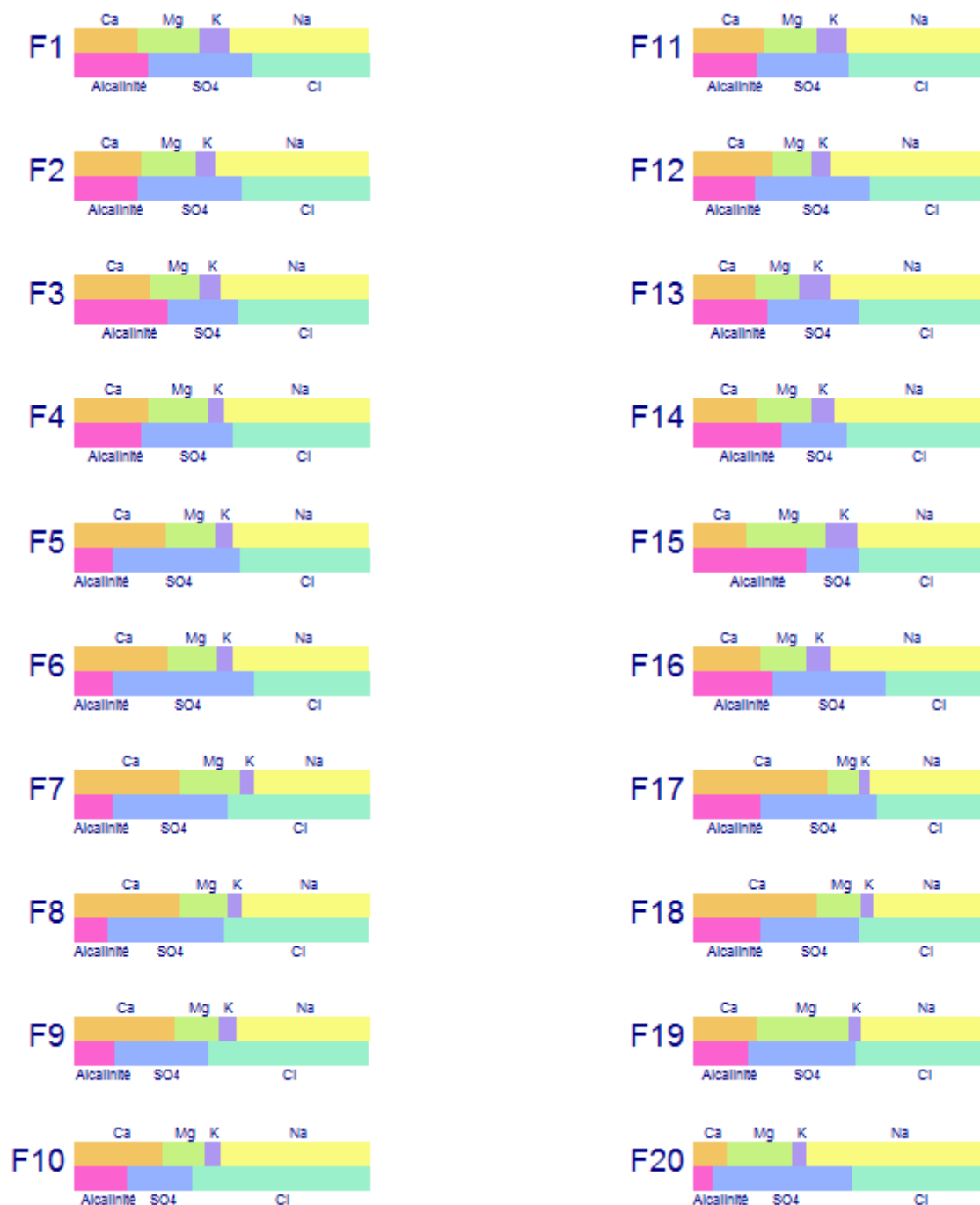


Figure 24: Diagramme de STABLER – janvier 1986

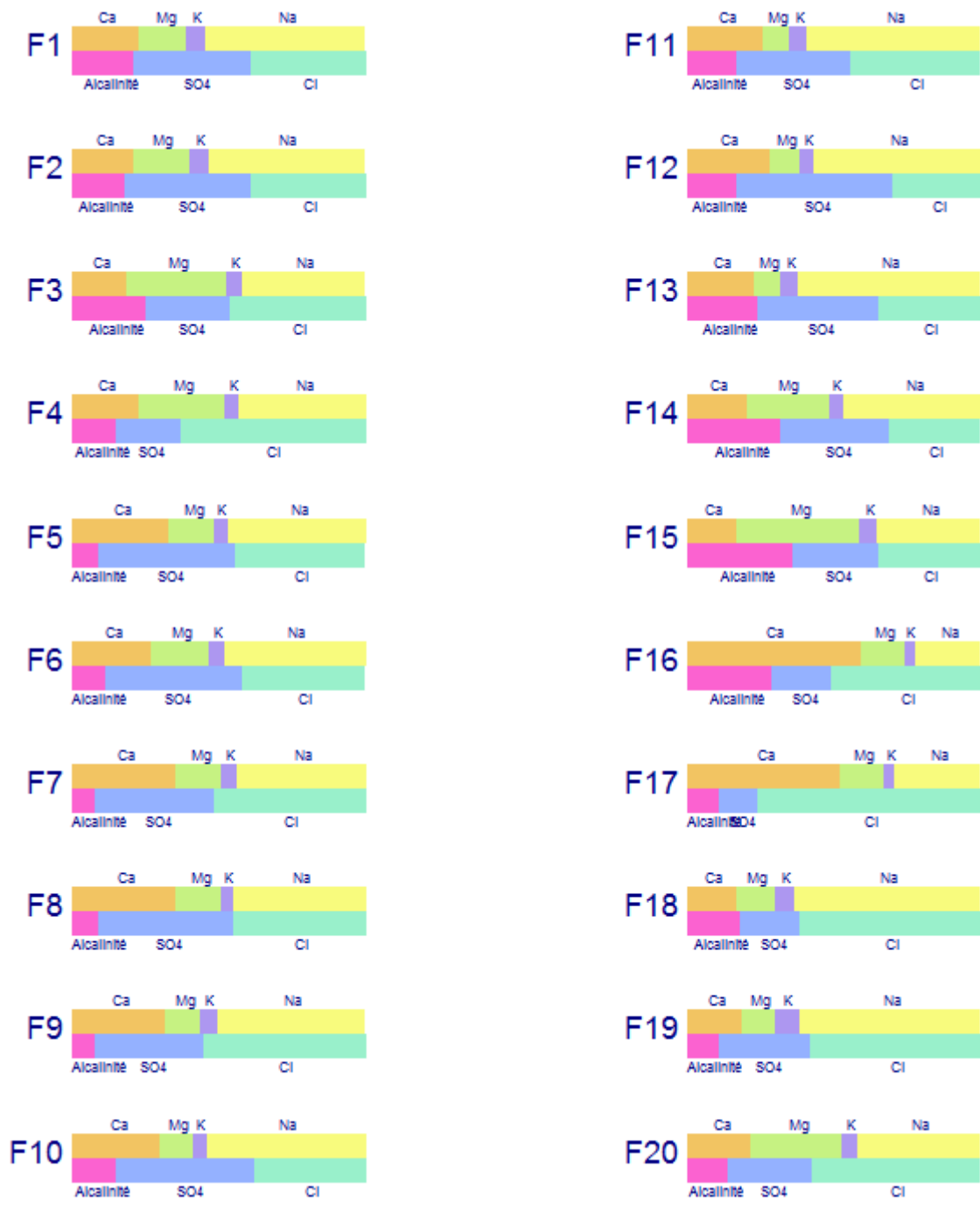


Figure 25: Diagramme de STABLER – janvier 2019

Les résultats obtenus des diagrammes de Schoeller-Berkaloff et Stabler permettent de distinguer les différents faciès (tableau.).

Tableau 24 : Formule et faciès chimique des eaux d'Idini (janvier 1986)

Echantillon	Anions	Cations	Faciès des eaux
F1	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F2	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F3	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F4	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F5	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F6	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique.
F7	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F8	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F9	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F10	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F11	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F12	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F13	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F14	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F15	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F16	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique.
F17	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F18	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F19	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F20	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique.

Tableau 25: Formule et faciès chimique des eaux d'Idini (janvier 2019)

Echantillon	Anions	Cations	Faciès des eaux
F1	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F2	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique
F3	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F4	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F5	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique.
F6	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique
F7	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F8	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F9	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F10	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique
F11	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F12	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique
F13	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique
F14	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺² >K ⁺	Eau Sulfatée sodique
F15	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F16	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² > NO ₃ ⁻²	Ca ⁺ >Na ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée calcique
F17	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Ca ⁺ >Na ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée calcique
F18	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F19	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique
F20	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ > NO ₃ ⁻²	Na ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺² >K ⁺	Eau chlorurée sodique.

IV-6-4-le diagramme de piper

Le Diagramme de Piper est l'une des représentations les plus classiques pour comparer les compositions chimiques des eaux naturelles. Il permet une représentation des cations et anions sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives de chacun des ions majeurs par rapport au total des ions. La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces triangles permet de préciser en premier lieu la dominance cationique et anionique. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon. Cette position permet de préciser le faciès de l'eau naturelle concernée. Le diagramme de Piper permet également :

- d'illustrer l'évolution chimique d'une eau dans un aquifère ainsi que les mélanges d'eaux de minéralisations différentes,
- d'avoir une idée sur la lithologie à partir des analyses chimiques,
- d'avoir une relation entre le chimisme de l'eau et la nature lithologique de l'encaissant,
- de faire la projection de plusieurs échantillons en même temps :
- de suivre leurs évolutions dans le temps et dans l'espace,
- de les comparer,
- d'avoir une idée sur la notion de mélange,
- de suivre les propriétés physico-chimiques au cours de leur évolution spatiotemporelle.

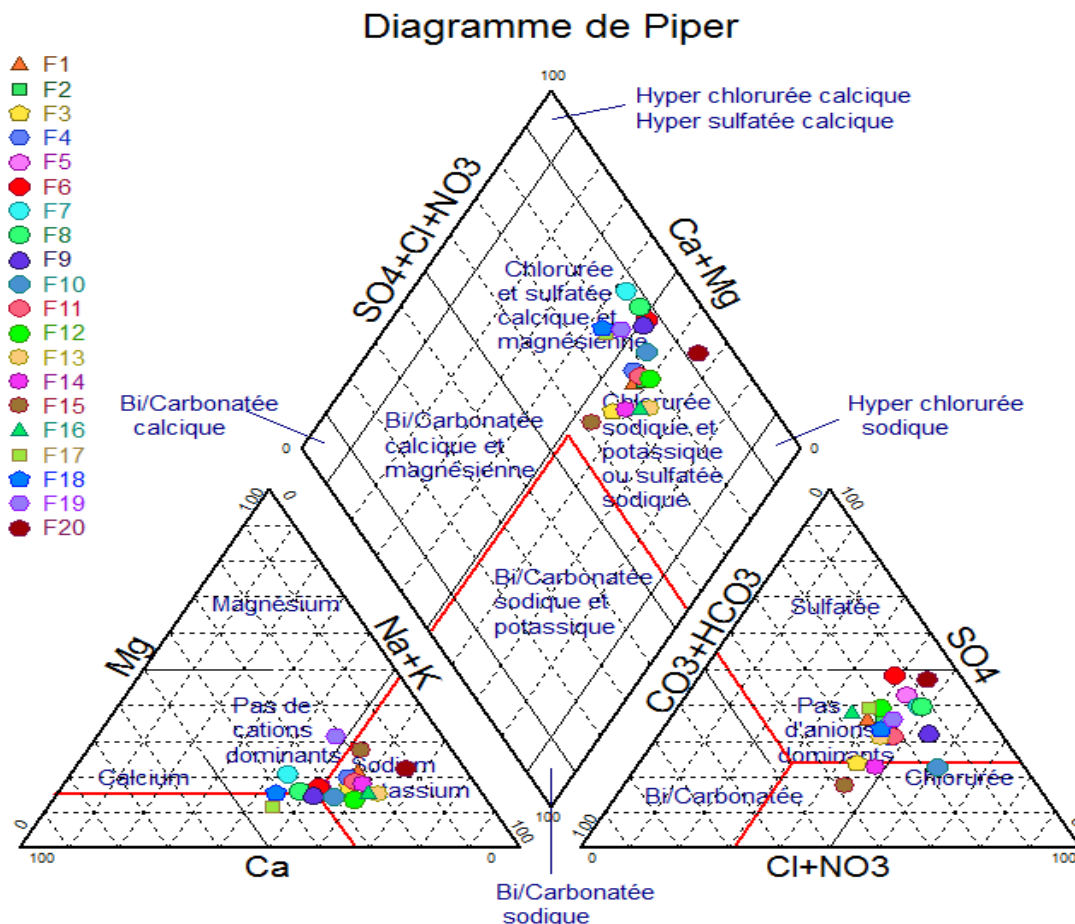


Figure 26: Classifications des faciès chimiques des eaux d'Idini –janvier 1986

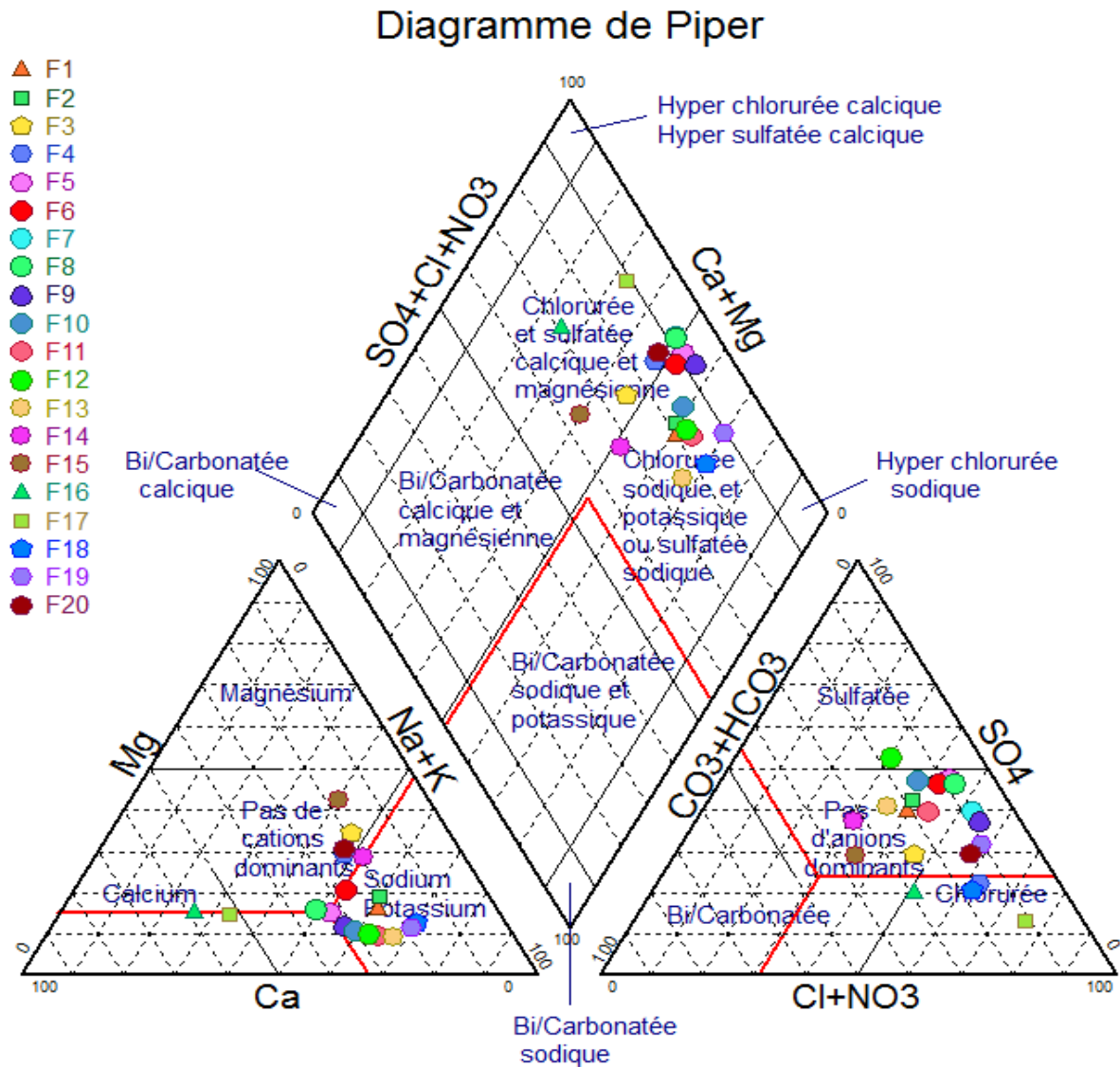


Figure 27: Classifications des faciès chimiques des eaux d'Idini – janvier 2019

Sur les 20 forages étudiés, le faciès chimique dominant est le chloruré sodique durant la période (1986-2019) et celui du sulfaté sodique ne présente que 3 forages en 1986 et 7 en 2019.

IV-7-Diagramme binaire entre les différents éléments majeurs

IV-7-1- Sodium-Chlorure (Na-Cl)

L'examen de cette relation montre une évolution proportionnelle entre le sodium et les chlorures dans la série 1986 ce qui indique une origine commune, probablement l'halite (NaCl), et qui confirme la domination du faciès chloruré sodique.

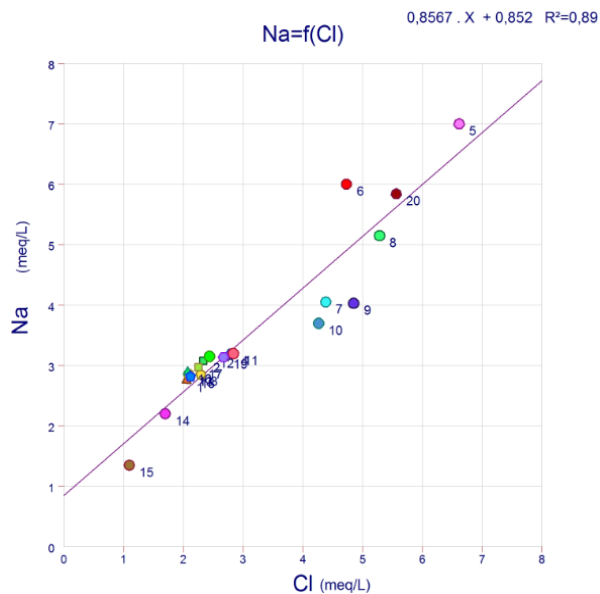


Fig.28 : Diagramme binaire Na/Cl
(janvier 1986)

Les figures ci-dessus montrent les diagrammes binaires du couple Na/Cl

Les équations des droites

$$y = 0.8567.x + 0.852 \text{ (Série 1986)}$$

$$y = 0.2535.x + 2.5479 \text{ (Série 2019)}$$

Les coefficients de corrélations

$$R^2 = 0.89 \quad R = 0.94 \quad \text{(Série 1986)}$$

$$R^2 = 0.16 \quad R = 0.4 \quad \text{(Série 2019)}$$

Les deux éléments sont colorés chimiquement dans la Série 1986 alors que dans la série 2019 ils sont éloignés et pas colorés.

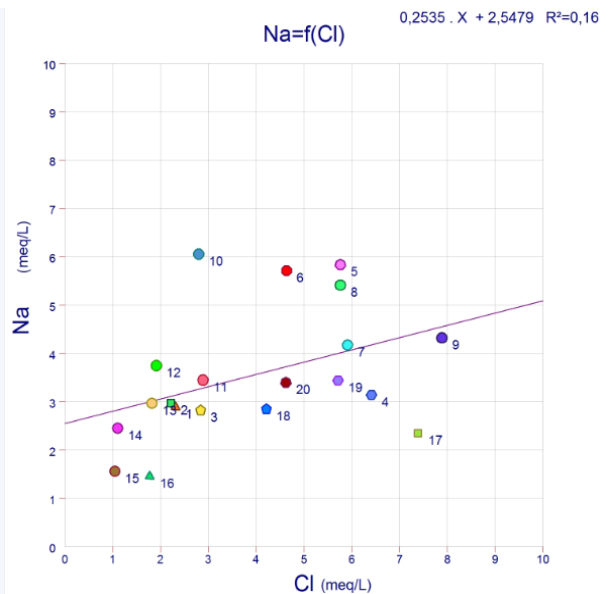


Fig.29 : Diagramme binaire Na/Cl
(janvier 2019)

IV-7-2- Sulfate-Calcium (SO4-Ca)

Les sulfates ont une relation proportionnelle avec le Calcium, donc ils sont d'origines communes, soit du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) soit de l'anhydrite (CaSO_4), avec un excès pour les sulfates, d'où l'échange de base du calcium des formations argileuses.

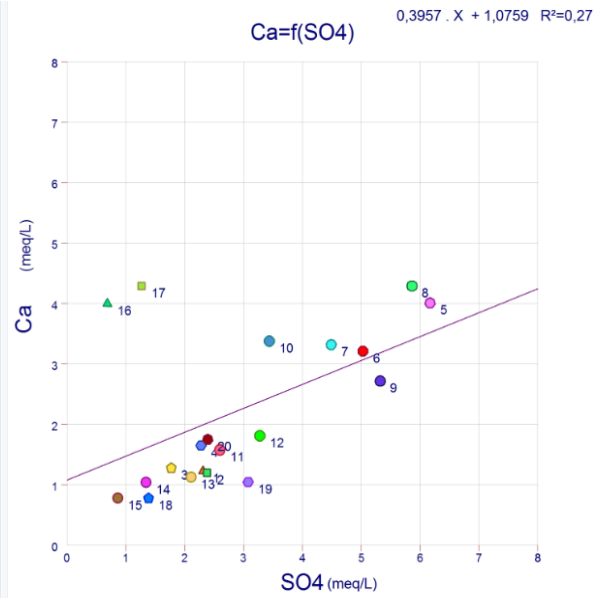
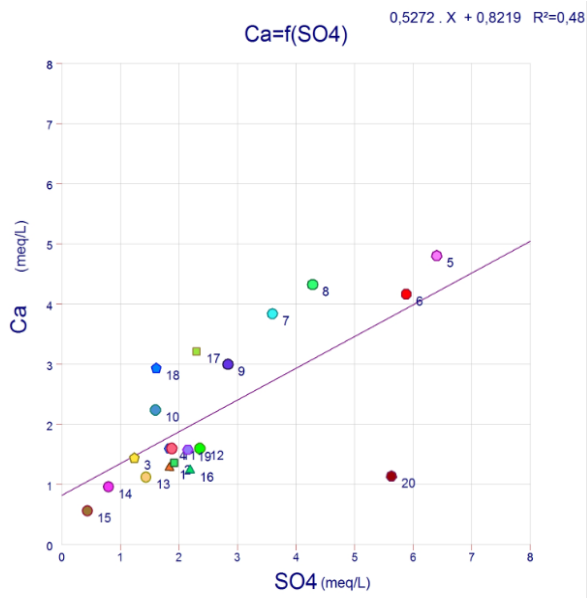


Fig.30 : Diagramme binaire Ca/SO4
(janvier 1986)

Fig.31 : Diagramme binaire Ca/SO4
(janvier 2019)

Les figures ci-dessus montrent les diagrammes binaires du couple Ca/SO4
Les équations des droites

$$y=0.5272.x + 0.8219 \quad (\text{Série 1986})$$

$$y=0.3957.x + 1.0759 \quad (\text{Série 2019})$$

Les coefficients de corrélations

$$R^2=0.48 \quad R=0.69 \quad (\text{Série 1986})$$

$$R^2=0.27 \quad R=0.52 \quad (\text{Série 2019})$$

Les deux éléments ne sont pas colorés chimiquement dans les Séries 1986 et 2019
car ils sont très éloignés.

IV-7-3- Sodium-Calcium (Na-Ca)

La figure montre une relation entre le sodium et le calcium, mais aussi l'existence aussi d'une autre source pour le sodium par un échange de base des formations argileuses de la région d'où la présence d'un excès de sodium.

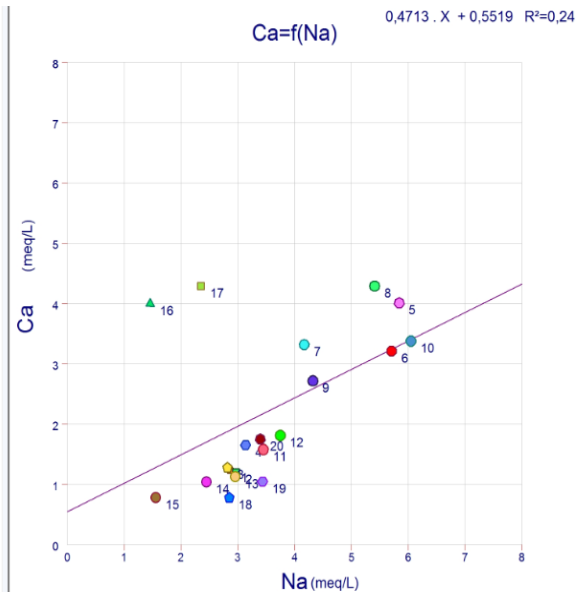
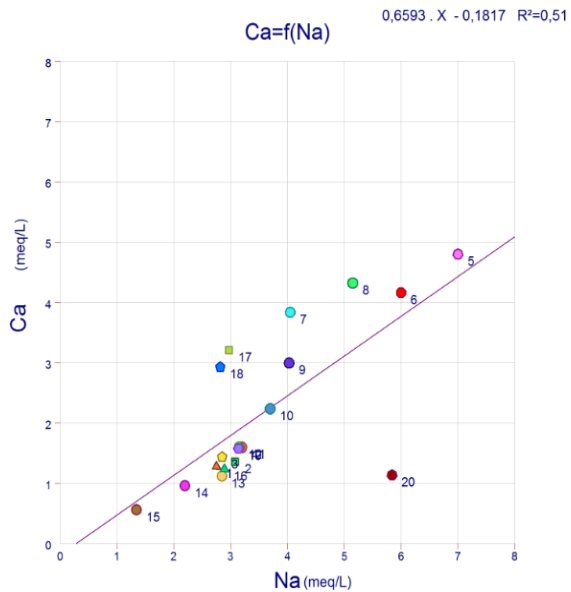


Fig.32 : Diagramme binaire Ca/Na
(janvier 1986)

Fig.33 : Diagramme binaire Ca/Na
(janvier 2019)

Les figures ci-dessus montrent les diagrammes binaires du couple Ca/Na
Les équations des droites

$$y=0.6593.x - 0.1817 \quad (\text{Série 1986})$$

$$y=0.4713.x + 0.5519 \quad (\text{Série 2019})$$

Les coefficients de corrélations

$$R^2=0.51 \quad R=0.71 \quad (\text{Série 1986})$$

$$R^2=0.24 \quad R=0.49 \quad (\text{Série 2019})$$

Les deux éléments ne sont pas colorés chimiquement dans les Séries 1986 et 2019
car ils sont éloignés.

IV-7-4-Sulfate- Magnésium (SO4-Mg)

Les figures indiquent que la relation sulfate magnésium est bien liée avec une évolution proportionnelle, donc l'origine et probablement du sel de magnésium la kiesérite (MgSO4).

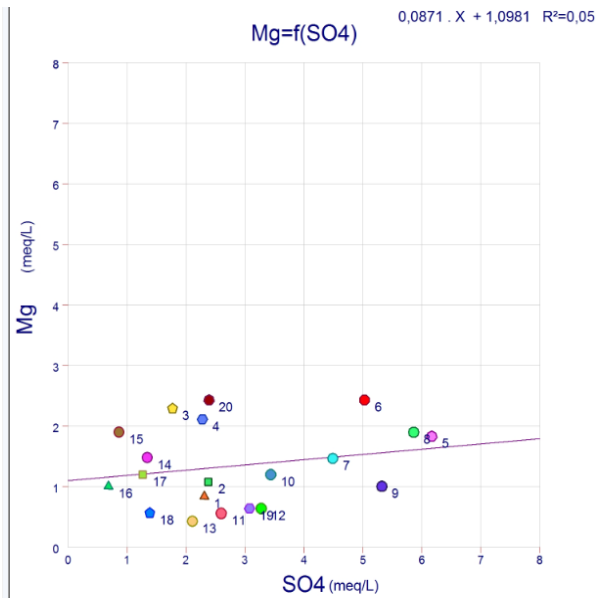
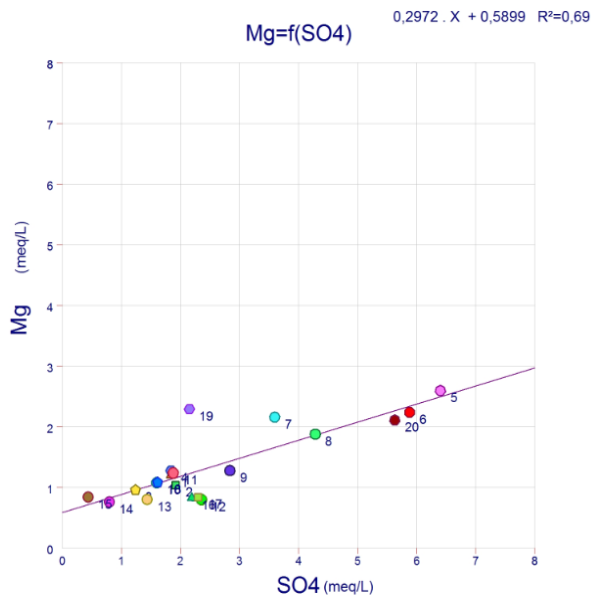


Fig.34 : Diagramme binaire Mg/SO4 (janvier 1986)

Fig.35 : Diagramme binaire Mg/SO4 (janvier 2019)

Les figures ci-dessus montrent les diagrammes binaires du couple Mg/SO4
Les équations des droites

$$y=0.2972.x + 0.5899 \quad (\text{Série 1986})$$

$$y=0.0871.x + 1.0981 \quad (\text{Série 2019})$$

Les coefficients de corrélations

$$R^2=0.69 \quad R=0.83 \quad (\text{Série 1986})$$

$$R^2=0.05 \quad R=0.22 \quad (\text{Série 2019})$$

Les deux éléments sont bien colorés chimiquement dans les Série 1986 et 2019.

IV- 8 conclusion

Dans l'ensemble, les variations de minéralisation enregistrées sont en moyenne de l'ordre 0,2 g/l. Cependant il faut signaler l'augmentation significative de la minéralisation pour les forages situés au nord -ouest du champ captant. Cette augmentation ne met pas en évidence l'impact d'un front salé qui avancerait vers le champ captant, mais plutôt à l'existence de taux élevés d'éléments minéraux in situ dans certains forages liés à leur surexploitation.

CHAPTRE V

Etude des paramètres de la qualité des eaux du champ captant d'Idini

CHAPTRE V : Etude des paramètres de la qualité des eaux du champ captant d'Idini

V-1-Introduction

Les eaux souterraines ne sont pas chimiquement pures, elles contiennent souvent une certaine quantité de sels dissous qui leurs confèrent une certaine saveur, odeur et couleur nécessaire et acceptable jusqu'à un seuil de potabilité, établi par les spécialistes de la santé publique suivant les normes.

Les eaux sont donc, qualitativement classées suivant l'usage auquel elles sont destinées : alimentation urbaine, industrie et irrigation. Lorsqu'il s'agit d'eau de consommation humaine, l'eau de bonne qualité doit être exempte de bactéries pathogènes, et d'agents de pollution nocifs pour l'organisme.

La concentration en sels dissous, ne doit pas dépasser les limites de tolérance fixées par l'organisation mondiale de la santé (O.M.S).

L'excès dans l'eau de certains éléments, surtout toxiques, représente un énorme danger. L'O.M.S a établi des valeurs limites admissibles variables selon l'utilisation de l'eau (boisson, industrie...), ce sont les normes minimales et maximales admissibles.

V-2-Destination pour l'AEP (Normes de potabilité (O.M.S))

Les eaux souterraines destinées à la consommation doivent être traitées si elles ne sont pas conformes aux normes de potabilité en vigueur.

L'O.M.S établit pour chaque paramètre les recommandations qui doivent être adaptées dans chaque pays en fonction de l'état sanitaire et des considérations économiques de ce pays, pour aboutir aux normes réglementaires nationales.

Certaines pollutions sont inoffensives, alors que d'autres peuvent être très dangereuses si l'on consomme l'eau qui en est le siège. La plupart des pollutions dangereuses résultent de l'activité humaine. Nous donnons ci-après les valeurs maximales des différents paramètres applicables à la notion de potabilité de l'eau de consommation courante selon les normes internationales (O.M.S).

V-2-1 Étude des paramètres physiques

V-2-1-1 La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et la nature des écoulements de l'eau souterraine.

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité et du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

La température permet parfois d'obtenir des indications sur l'origine de l'écoulement de l'eau. En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées par l'OMS (1994), l'eau est :

- Excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C.
- Passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C.
- Médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C.

Lorsque la température est supérieure à 30°C, on parle d'une pollution excessive. Les valeurs enregistrées pendant les deux périodes (1986 et 2019) varient entre 33,5 et 31 °c, ces résultats permettent de dire que ce paramètre est influencé essentiellement par les conditions climatiques et l'effet d'altitude.

V-2-1-2 Le potentiel d'hydrogène « pH »

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure l'activité en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre donne une indication significative sur l'acidité ou la basicité d'une quelconque eau, et par conséquent sur la concentration en ion hydroxyde $[OH^-]$.

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physicochimiques, et dépend de facteurs multiples dont la température et l'origine de l'eau.

Il peut être déterminé en utilisant la formule suivante :

$$PH = \frac{\log 1}{[H^+]}$$

pH < 5	Acidité forte → Présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée → majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

Tableau.26 : Classification des eaux d'après leur pH

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.

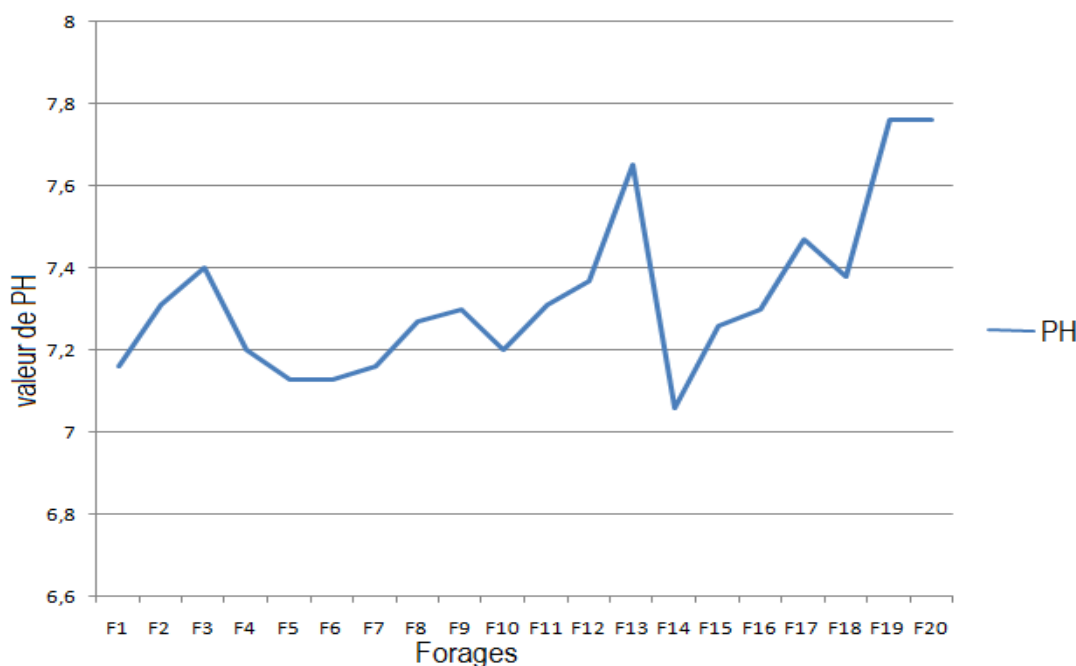


Figure 36: Les variations de PH (janvier 1986)

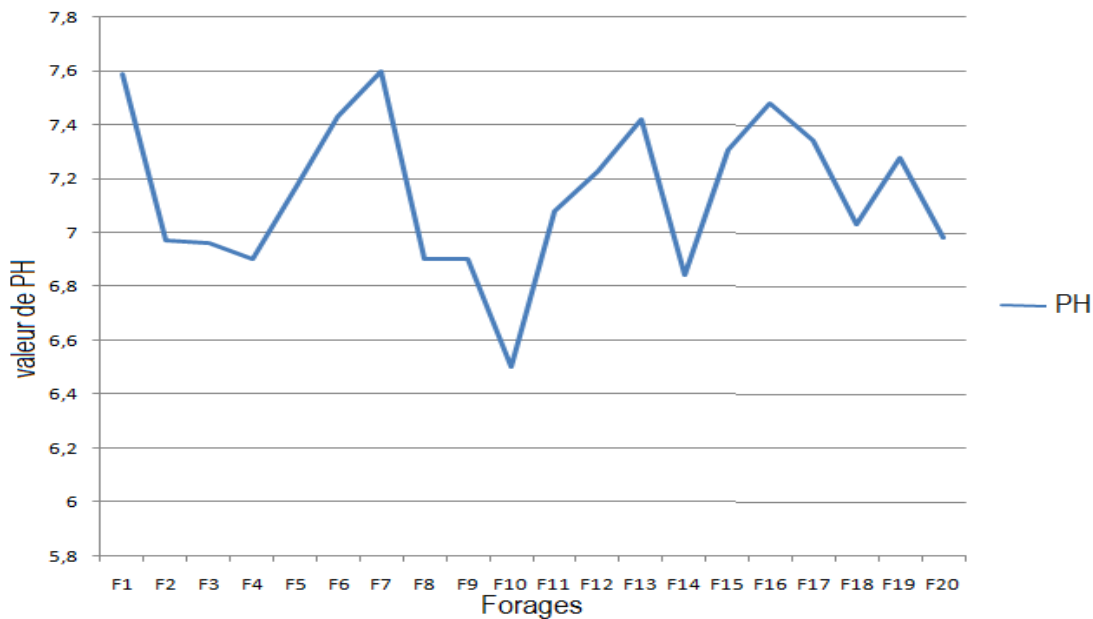


Figure 37: Les variations de PH (janvier 2019)

On a pu retenir que ces dernières valeurs varient de 6.5 à 7,76, ce qui leur confère le critère presque neutre et sont par conséquent admises par les normes fixées par l’OMS (7 à 8.6), notamment pour la potabilité.

V-2-1-3 La conductivité

La conductivité mesure la capacité de l’eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l’eau se trouvent sous forme d’ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d’apprécier la quantité de sels dissous dans l’eau.

La conductivité est également fonction de la température de l’eau : elle est plus importante lorsque la température augmente.

Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à une température supérieure à 30 °c.

Les appareils de mesures utilisées sur le terrain effectuent en générale automatiquement cette conversion.

Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. Il est simple et permet d’obtenir une information très utile pour caractériser l’eau.

Comme la température, des contrastes de conductivité permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d’infiltration.

La conductivité est également l’un des moyens de valider les analyses physico-chimiques de l’eau.

L’histogramme des valeurs de la conductivité (Figure.38) permet de montrer que dans la région d’Idini, les valeurs de ce paramètre apparaissent un peu plus faible que la norme d’OMS (<2100) et varient entre 276µS/cm et 1125µS/cm durant la période (1986-2019).

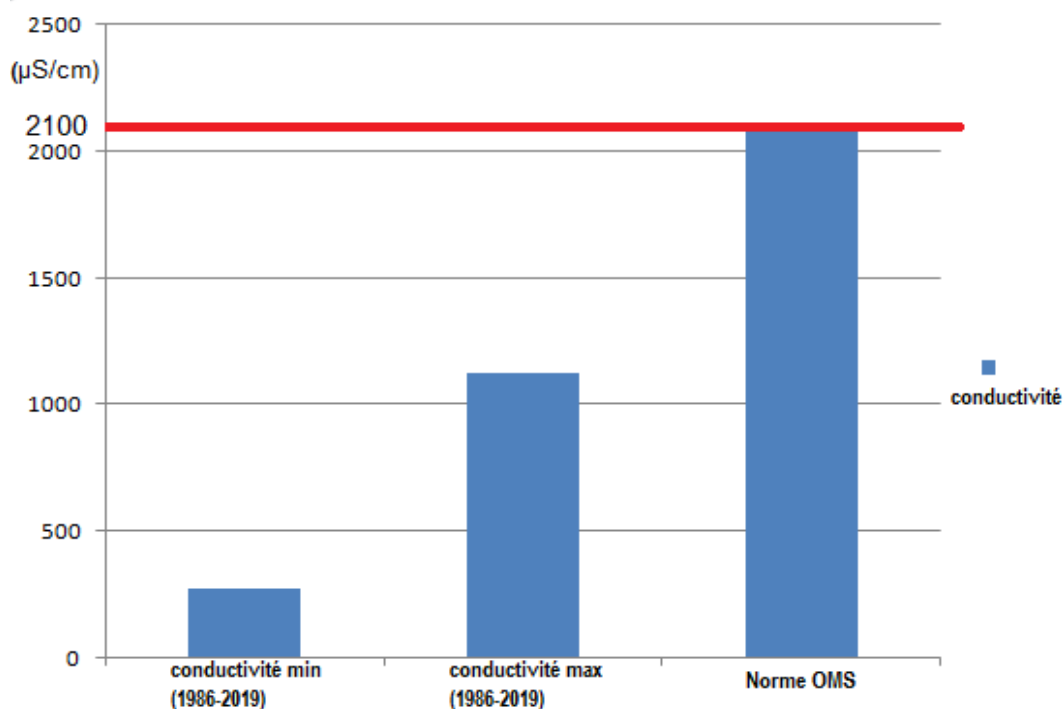


Figure.38 : Valeurs de la conductivité

V-2-1-4 La turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre.

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

Tableau.27 : Classes de turbidité usuelles (NTU, Nephelometric Turbidity Unit)

Les eaux des forages du champ captant d'Idini sont claires et leur turbidité est restée toujours <5 NTU durant la période (1986-2019)

V-2-2 Étude des paramètres chimiques

V-2-2-1 Calcium (Ca^{2+})

Le calcium n'a pas d'effet nocif sur la santé de l'individu, car la quantité susceptible d'être ingérée quotidiennement sous forme de besoins est inférieure à celle nécessaire pour l'organisme. En effet l'O.M.S impose 270 mg/l comme teneur maximale. Les eaux du champ captant d'Idini ont une teneur maximale en calcium de 96mg/l durant les périodes 1986-2019 donc inférieures à celle de la norme de l'O.M.S.

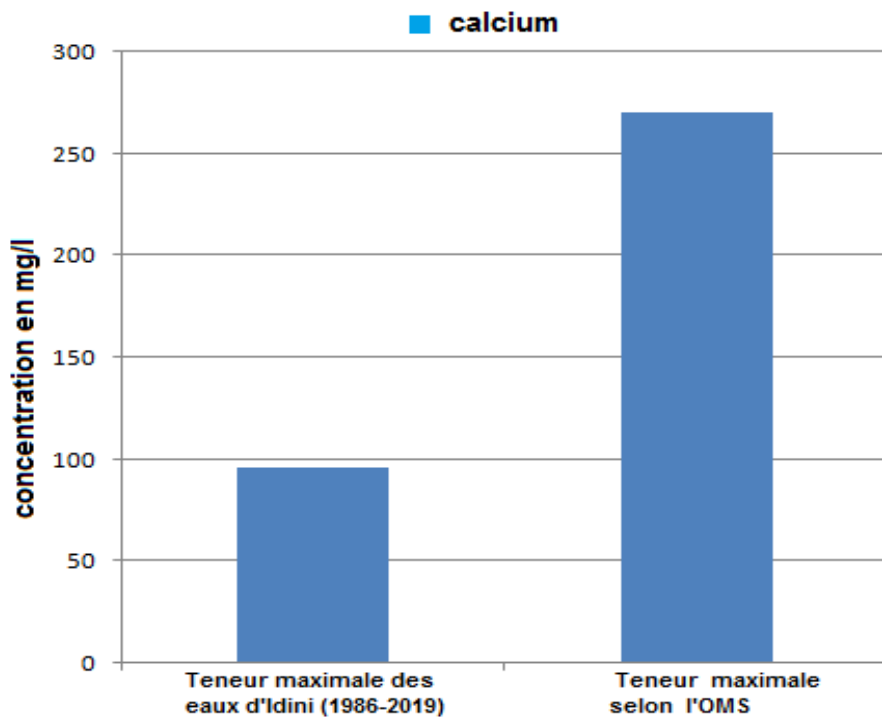


Figure.39 : Concentrations du Calcium

V-2-2-2 Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance de l'organisme, au-delà d'une certaine concentration il offre un goût désagréable et provoque des troubles chez les enfants. L'O.M.S donne 50 mg/l comme concentration maximale admissible.

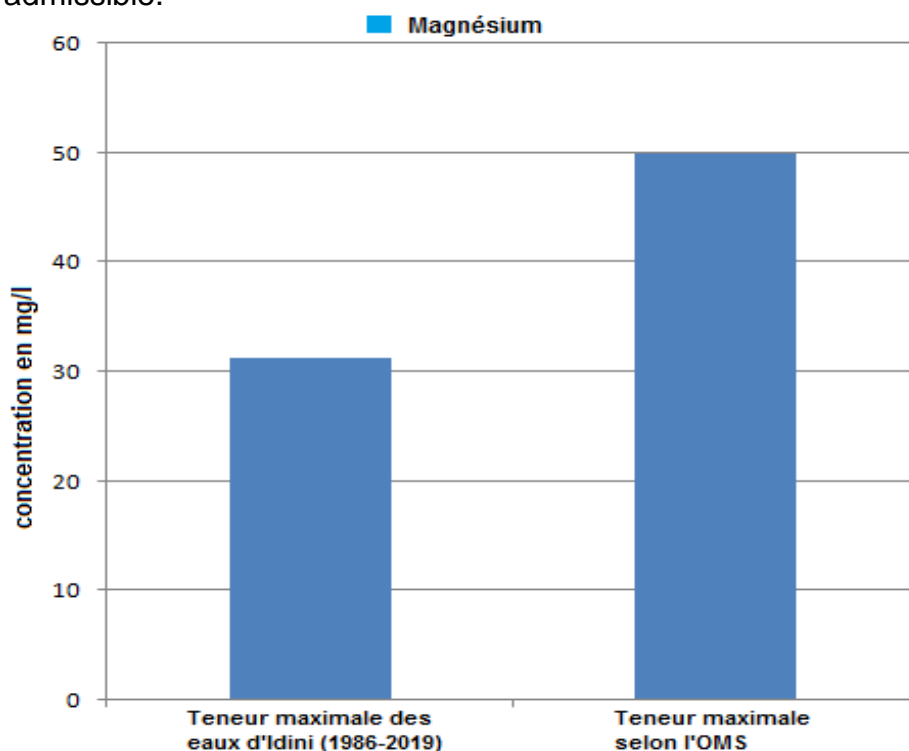


Figure.40 : Concentrations du Magnésium

Les eaux du champ captant d'Idini ont une teneur maximale en magnésium de 31,2mg/l durant les périodes 1986-2019 donc inférieures à celle de la norme de l'OMS.

V-2-2-3 Chlorures (Cl^-)

Les chlorures donnent un goût désagréable et pose le problème de corrosion et causent aussi des incommodités pour les personnes atteintes de maladies cardiovasculaires ou rénales. La norme donnée par l'O.M.S est de 250 mg/l.

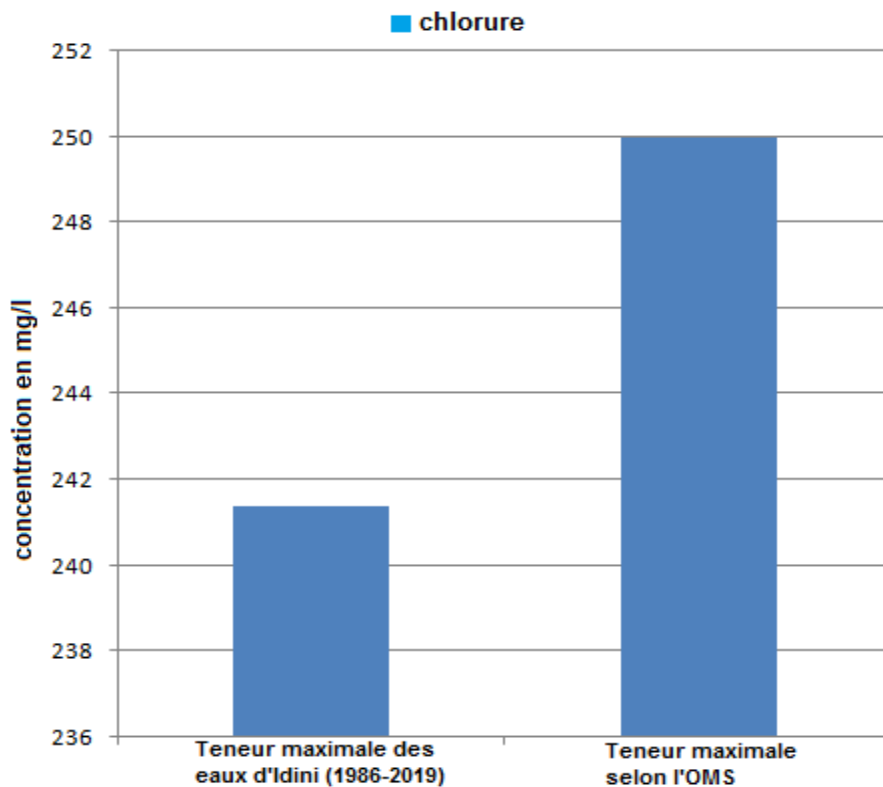


Figure.41 : Concentrations du Chlorure

Les eaux du champ captant d'Idini ont une teneur maximale en chlorure de 241,4mg/l durant les périodes 1986-2019 donc inférieures à celle de la norme de l'O.M.S.

V-2-2-4 Les sulfates ($So4^{-2}$)

Les sulfates provoquent des maladies hydriques telles que des troubles intestinaux, l'O.M.S fixe à 400 mg/l la teneur maximale admissible.

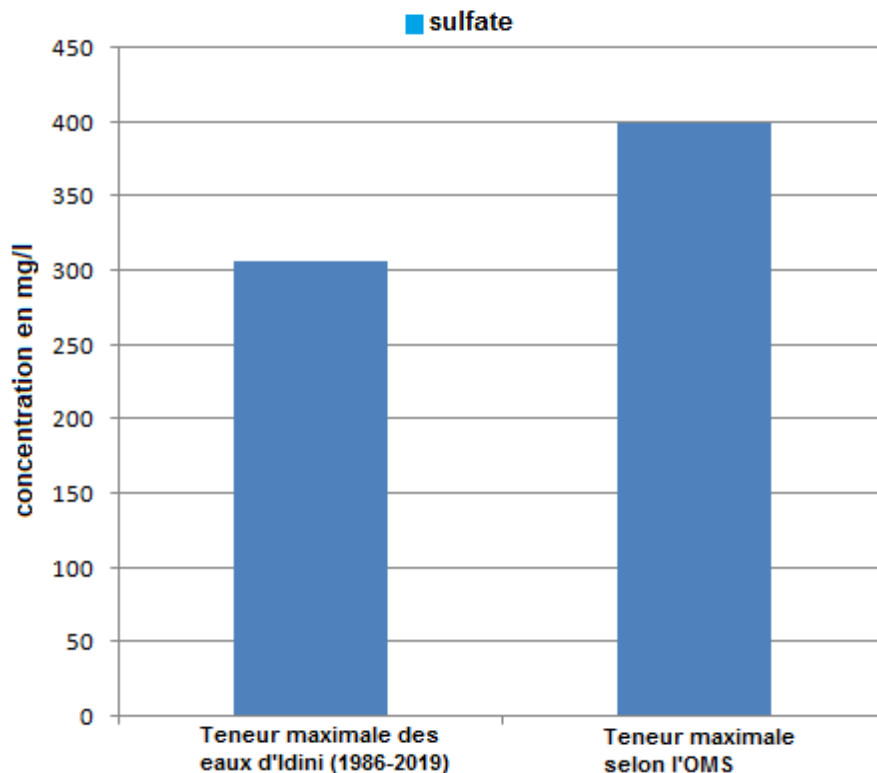


Figure.42 : Concentrations du Sulfate

Les eaux du champ captant d'Idini ont une teneur maximale en sulfate de 307,2mg/l durant les périodes 1986-2019 donc inférieures à celle de la norme de l'OMS.

V-2-2-5 Nitrates (NO_3^-)

La toxicité des nitrates est liée à la formation de la méthémoglobine (forme oxydée de l'hémoglobine) dans les globules rouges du sang par suite de la conversion des nitrates en nitrites par les bactéries gastro-intestinales. Ils sont aussi liés à l'apparition de cancers de l'œsophage et de l'estomac du fait de la réaction des nitrates avec les amines.

La teneur en nitrates dans les eaux de boisson, est généralement peu élevée. La concentration maximale acceptable est de 50 mg/l, cette norme a été fixée par l'O.M.S.

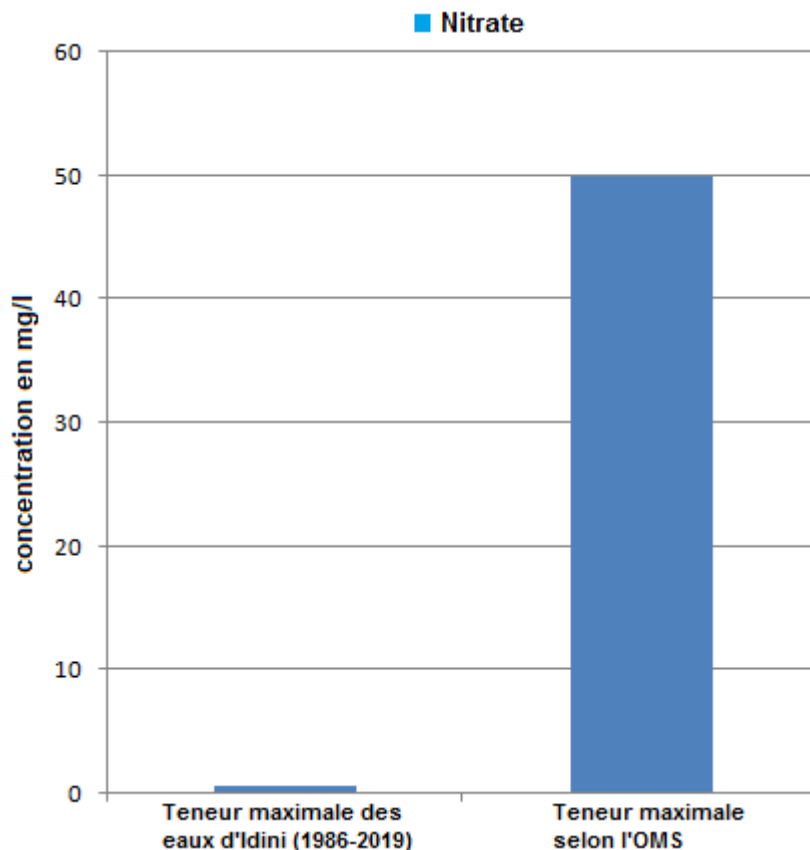


Figure.43 : Concentrations du Nitrate

Les eaux du champ captant d'Idini ont une teneur maximale en nitrate de 0,62mg/l durant les périodes 1986-2019 donc inférieures à celle de la norme de l'OMS.

V-2-2-6 Sodium

Le sodium ne présente aucun danger pour la santé, à l'exception de certaines maladies telles que l'hypertension et les maladies du cœur qui nécessitent des teneurs faibles. Les teneurs élevées offrent à l'eau un goût désagréable.

V-2-2-7 Potassium

Le potassium est présent dans l'eau naturelle en quantité très faibles. Il ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l, donc il n'a pas de problèmes pour la santé.

V-2-2-8 Bicarbonates

La présence de bicarbonates dans l'eau de boisson ne provoque aucun effet nocif sur la santé. La recommandation pour la quantité de l'eau potable ne comporte pas de norme relative.

V-3 Conclusion

Les eaux des forages du champ captant d'Idini sont toujours restées de bonne qualité malgré l'augmentation de la concentration de certains ions, mais ces derniers respectent toujours les normes posées par l'OMS.

Conclusion générale

Le champ captant d'Idini qui alimente quelques villages en plus de certains quartiers de la ville de Nouakchott est implanté dans la petite localité d'Idini située à une soixantaine de kilomètres de la ville. Le choix de ce site est imposé par la proximité du front salé, de façon à pouvoir approvisionner la Capitale sans risque d'intrusion prématurée des eaux salées.

Ce champ se situe dans la partie la plus occidentale de l'aquifère à eau douce du continental terminal du bassin du Trarza du nom de la région administrative, lui-même appartenant au Bassin sénégal-mauritanien.

Du point de vue litho stratigraphique, le système aquifère du bassin est multicouche avec une succession de séries sédimentaires, d'origine marine, fluviale et éolienne, d'âge méso-cénozoïque à quaternaire. Ce bassin correspond à un affaissement de la plate-forme africaine produit à la faveur des lignes tectoniques d'orientation générale nord-sud parallèles à la chaîne paléozoïque des Mauritanides.

Le climat du site est désertique (saharien) dont l'aridité est importante, il est ainsi caractérisé par une faible pluviométrie (9,48 mm) et température moyenne annuelle est de 27°C. Suite aux températures élevées les quantités d'eaux apportées par les précipitations à la surface du sol sont systématiquement reprises par l'évaporation. La zone d'étude est soumise au cours de l'année à une dynamique climatique complexe liée à l'alternance de trois courants principaux : l'alizé maritime du nord issu de l'anticyclone des Açores, l'alizé continental permanent du sud-est qui a pour origine l'anticyclone de Sainte Hélène, le harmattan (Irrifi) de l'est qui balaie le Sahara et se charge de poussière.

Les résultats d'analyses chimiques des échantillons d'eau prélevés sur les 20 forages (janvier 1986 et janvier 2019) ont été comparés et montrent une faible augmentation de la minéralisation. Ils ne mettent pas en évidence l'impact d'un front salé qui avancerait vers le champ captant, mais plutôt indiquent l'existence de taux élevés d'éléments minéraux in situ dans certains forages liés à leur surexploitation. Cette augmentation de la minéralisation est à mettre en rapport avec l'accroissement de la production, par la réalisation de niveaux forages notamment en 2003, en 2006 et 2008 qui ont permis l'extension du champ captant vers l'Est et ont évité ainsi une surexploitation de la zone.

La qualité des eaux est restée bonne au cours de cette période malgré une petite augmentation de concentrations chimiques au niveau de certains forages mais ceci est resté dans les normes de l'OMS.

En effet le comportement de l'aquifère, face aux prélèvements plus importants qu'il subit, aurait pris en compte dans toute sa dimension le phénomène de dégouttement de la nappe phréatique et surtout l'influence du fleuve Sénégal-mauritanien.

Les piézomètres suivis sont surtout influencés par les prélèvements et non par la recharge. En tenant compte des relations entre les aquifères et les eaux de surfaces au cours des différentes périodes de l'année, on aurait saisi toute l'importance que joue actuellement le fleuve Sénégal-mauritanien dans la réalimentation des aquifères adjacents directement ou indirectement.

Enfin, les rabattements piézométriques demeurent très faibles, et le champ captant d'Idini reste toujours une zone d'exploitation sûre, avec une bonne eau.

Références bibliographiques

- Applications aux systèmes de Cent-Fonts (Hérault, France), Hydrogéologie, Vol. 4 - pp. 71-88 [Paru].
- Banque Africaine de Développement 1997: Profil environnemental de la Mauritanie. Geco-Conseils, Nouakchott, 66 pages.
- Barry J. P. 1988 : Approche Ecologique des Régions Arides de l'Afrique. Université de Nice/ ISS de Nouakchott. 107 pages.
- Barry J. P. & Celles J. C. 1991 : Flore de la Mauritanie. Université de Nice/ ISS de Nouakchott. Tomes 1 et 2.
- Boudet G. et Duverger E. 1961 : Etude des pâturages naturels sahéliens. Le hodh (Mauritanie). I.E.M.V.T. Maisons Alfort. 160 pages.
- Nations Unies 2001: Bilan commun de pays. Développement rural et sécurité alimentaire. Habitat, Eau et Environnement.
- Office Nationale de météorologie (Idini 1986 et 2018).
- OULD CHEIKH M. (2011) - Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Nouakchott, ScienceLib 3, 111202, 10p.
- OULD BEKAR. C. (2010) - Mécanismes de salure des eaux souterraines côtières duchamp captant d'Idini (Nappe Trarza-Mauritanie), Rapport de fin d'étude (Master II), Université Ibn Tofail de Kénitra.76p.
- PETELET G. (2000) RISKE : Méthode d'évaluation multicritère de la cartographie de la vulnérabilité des aquifères.
- SNDE (Société Nationale d'Eau) : MISSION A IDINI RELEVES DE MESURES (janvier 1986 et janvier 2019).

Sites internet :

www.onm.mr

<http://www.franche-comte.ecologie.gouv.fr/>

<http://bictel.ulg.ac.be>

<http://environnement.wallonie.be>

<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/Mauritania/mauritaniaFR2.htm>

<http://www.2ie-edu.org/>

Annexe 1

Historique du champ captant d'Idini

Le site d'Idini a été évoqué pour la première fois en 1954 par la campagne générale de géophysique (CGG) qui réalisait une campagne de sondages électrique et de profils sismiques pour l'alimentation en eau de Nouakchott. On cherchait alors à exploiter, à proximité de la ville, des lentilles d'eau douces sur des terrains saturés en eau salée. Les sondages électriques effectués jusqu'à Idini avaient montré l'existence d'une puissante série à possibilités aquifères.

En 1956, une étude géophysique a identifié grosso modo le tracé de la limite des eaux douces. Une première série de trois forages a été réalisée par la SASIF à l'Ouest de la localité de Hassi el Bagra située à 7 km à l'Ouest d'Idini.

En 1958 des reconnaissances effectuées à Idini ont mis en évidence un aquifère multicouche à eau douce dans les sables et grés du Continental Terminal, mis en exploitation au moyen de deux forages, distants de 500 m et débitant 900 m³ par jours.

A partir de 1962, le bureau de recherche Géologique et Minière (BRGM), chargé de définir les possibilités de l'approvisionnement en eau de Nouakchott, a réalisé une série de sondages entre Idini et Hassi el Bagra.

En 1964, une campagne de sondages électriques effectués par la CGG, ainsi qu'une série d'ouvrage forés, équipés pour la plupart en piézomètres, ont permis de préciser la géométrie de l'aquifère du Continental Terminal et de démontrer son hétérogénéité verticale. La répartition des zones salées a été détectée grâce à la campagne de sondages électrique.

L'étude réalisée par le BURGM en 1967 a fait ressortir la complexité des invasions salines dans l'aquifère avec un front salé relativement diffus de 40 km de la mer, des imprégnations salines localisées en une hétérogénéité verticale de minéralisation de l'eau. L'explication proposée pour comprendre la répartition des teneurs en sel, fait appel à une transgression marine du quaternaire qui auraient entraîné une pénétration de l'eau salée vers l'Est. Le sel pourrait avoir été piégé dans des terrains de plus faible perméabilité. Il convient de préciser que les eaux douces et les eaux saumâtres ne sont pas séparées par une interface au sens classique du terme, mais par une zone dans laquelle les minéralisations augmentent progressivement de l'Est en Ouest. Le front salé est souvent assimilé à la courbe d'isosalinité 1 g/l et correspond donc à des eaux dont la minéralisation est bien inférieure à celle de l'eau de mer (35 g/l). Cette même année, un troisième forage d'exploitation a permis d'augmenter la capacité de production de la station de captage d'Idini.

En 1968, une usine de dessalement de l'eau de mer a été mise en fonctionnement pour contribuer à l'alimentation de Nouakchott grâce à une capacité de 2000 m³ par jour.

A la suite d'une croissance exceptionnelle de la population de Nouakchott dans les années 1970, les besoins en eau pour l'an 2000 ont été estimés à 100 000 m³ par jour ; ces estimation ont montré la nécessité d'effectuer de nouveaux aménagements.

En 1973, une station de captage, comportant 18 ouvrages et 11 piézomètres, a été réalisée par la Mission Chinoise de Coopération. La production était alors fixée à environ 12 500 m³ par jour, bien en dessous de la capacité théorique évaluée à 24 000 m³ par jour.

L'exploitation de l'usine de dessalement a été arrêtée début 1974 pour des questions de coût.

Pour remplacer les forages chinois de 1973 ensablés, de nouveaux forages ont été réalisés en 1979 à proximité des anciens forages et équipés des crépines plus adaptées à la nature de l'aquifère. Les forages J1 et J2 situés initialement au Sud-Ouest du champ captant, dans la zone d'avancée du front salé, ont été transférés au Nord Est dans la quatrième vallée.

En 1979, le BRGM a réalisé une synthèse des travaux antérieurs, complétée par une modélisation mathématique. La solution a priori onéreuse, consistant à accroître les prélèvements à l'Est d'Idini, a été simulée. Les résultats de ces simulations ont conduit les autres à proposer de limiter l'exhaure sur le champ captant d'Idini à 20 000 m³ par jour et de rechercher des ressources complémentaires en se déplaçant graduellement vers l'Est. Le champ de transmissivités n'étant connu que par calage du modèle sur la piézométrie observée, le bureau d'études hydro-conseil a conclu à la nécessité de réaliser de nouveaux forages, de reconnaissance, afin de détecter un éventuel site favorable peu éloigné d'Idini.

En 1982, la mission Chinoise de Coopération a réalisé une modélisation mathématique aboutissant aux mêmes conclusions et insistant sur la nécessité de mener une reconnaissance hydrogéologique complémentaire.

En 1986, dans le cadre d'une étude du BRGM, des forages de reconnaissance ont été effectués dans la nappe du Continental Terminal au Nord et à l'Est d'Idini pour améliorer la connaissance des aquifères traversés. Un modèle mathématique a été conçu et a conduit à proposer la création progressive de deux nouveaux champs captage à l'Est d'Idini, en remplacement du champ captant exploité, jugé condamné à terme, par l'avancée du front salé.

Fin 1989, une nouvelle étude du BRGM sur les capacités de l'aquifère capté à Idini a mis en évidence la faible évolution des niveaux piézométrique, malgré le passage de la production de 10 000 m³ à 23 000 m³ par jour. Une avancée des eaux salées a été détectée par la campagne air-lift et d'analyses des eaux, effectuée au Nord et à l'Ouest du champ captant. Le modèle numérique de simulation des écoulements a été repris et a permis de conclure à la nécessité de réaliser six ouvrages complémentaires au Sud du champ en attendant le résultat d'un nouveau champ de captage situé plus à l'Est. Dans ces conditions, en considérant une hypothèse de porosité de 3% pour l'aquifère subphréatique, et un arrêt de trois forages les plus à l'Ouest, les simulations donnaient une avancée du front salé de plus de deux kilomètres en six ans, soit moins des deux kilomètres de marge par rapport au champ captant. En 1991 six forages d'exploitation ont été réalisés au Sud Est du champ de captage, permettant de faire passer la production de 23 000 m³ à 30 000 m³ par jour, malgré l'arrêt des trois forages les plus à l'Ouest dont la salinité avait augmenté.

En 1996, la réalisation de deux forages et deux piézomètres sur le site de Tenadi (Est du champ captant d'Idini) a permis d'améliorer la connaissance des sables et grès du Continental Terminal.

En 1997, pour répondre à l'accroissement de la demande et faire passer la production à près de 40 000 m³ par jour, quatre nouveaux forages d'exploitation ont été réalisés et implantés dans la cinquième vallée, à l'Est du champ captant d'Idini. Cet historique montre que des solutions provisoires ont été adoptées pour suivre graduellement l'augmentation de la demande, sans pour autant qu'une véritable stratégie n'ait été appliquée pour maîtriser la ressource, pour éviter le risque de pollution chimique et pour adapter en conséquence les capacités d'exhaure.

Annexe 2

TABLEAUX, FIGURES ET CARTES

Point d'eau	Longitude	Latitude	Date de réalisation	Profondeur équipé	Q (m3)	NS (m)	Rabat. (m)
F01	15°24 '26"	17°57'16"	01/01/1977	70	60	29,58	8,4
F02	15°24 '4,9"	17°57 '41,7"	06/10/1977	64,6	89	30,06	6,13
F03	15°25 '22,7"	17°55 '33,5"	23/11/1990	104,8	64	26,38	8,8
F04	15°28 '2,5"	17°56 '24,5"	11/07/1977	70	70	24,1	11,3
F05	15°27 '8,9"	17°57 '21,4"	26/03/1977	85,2	80	26,53	9,27
F06	15°25 '7,9"	17°55 '49"	01/05/1997	87	95	26,75	7,9
F07	15°26 '37,8"	17°57 '8,8"	18/05/1977	78,8	25	35,16	10
F08	15°26 '8"	17°57 '38,7"	05/05/1977	75,5	20	33,05	11,11
F09	15°27 '2,6"	17°56 '49"	16/06/1977	81,7	72	35,54	6,72
F10	15°24 '19,3"	17°56 '3,2"	30-juin-77	71	72	30,94	10,57
F11	15°25 '59"	17°56 '30,1"	14/07/1977	98,1	98	30,66	4,39
F12	15°25 '56"	17°56 '55"	26/07/1977	83	53	30,67	9,29
F13	15°25 '32,9"	17°57 '22,2"	04/08/1977	83	69	31,43	6,1
F14	15°25 '50,1"	17°54 '57,7"	04/12/1990	68,8	62	32,4	7,2
F15	15°26 '34,8"	17°54 '6,4"	12/11/1990	69,8	94	28,92	6,76
F16	15°25 '0,3"	17°56 '41,4"	01/01/1977	77	60	31,34	8
F17	15°25 '30,6"	17°56 '21,9"	01/01/1977	80	72	30,1	4,94
F18	15°25 '49,1"	17°55 '53,9"	01/01/1977	101	56	31,28	10,37
F19	15°24 '19,3"	17°56 '43,4"	13/10/1997	100,58	93	33,43	11,12
F20	15°26 '41"	17°55 '1"	08/10/1990	94,83	110	34,43	10,64
F21	15°27 '7"	17°54 '38"	17/10/1990	98,02	90	36,82	11,95
F22	15°25 '35,7"	17°55 '14,1"	27/10/1990	94,56	90	35,86	12,77

Qualité chimique des eaux de la nappe

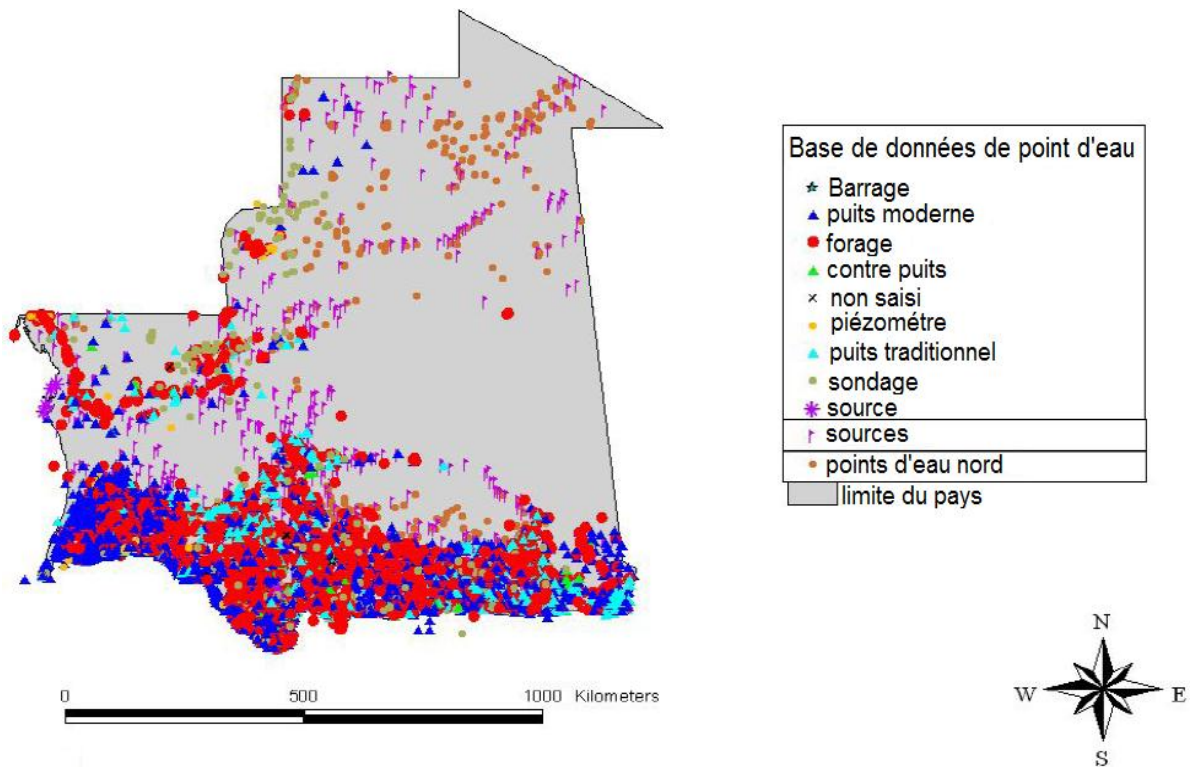
Paramètres Physicochimiques	Concentrations maximales admissibles (O.M.S.)	Teneurs chimiques dans les eaux de l'aquifère du CT dans le secteur d'Idini	
		Minimum	Maximum
T (°C)	25	30,10	33,00
pH	9,60	7,42	8,05
CE (µS.cm-1)	2000	325	1700
Cl- (mg.l-1)	200	40,12	230,75
SO4 ²⁻ (mg.l-1)	250	41,76	296,16
NO3 ⁻ (mg.l-1)	50	00,00	00,62
Mg ²⁺ (mg.l-1)	50	04,44	29,16
Na ⁺ (mg.l-1)	100	35,88	139,15
Ca ²⁺ (mg.l-1)	100	15,60	85,80

Paramètres physique des eaux de la nappe

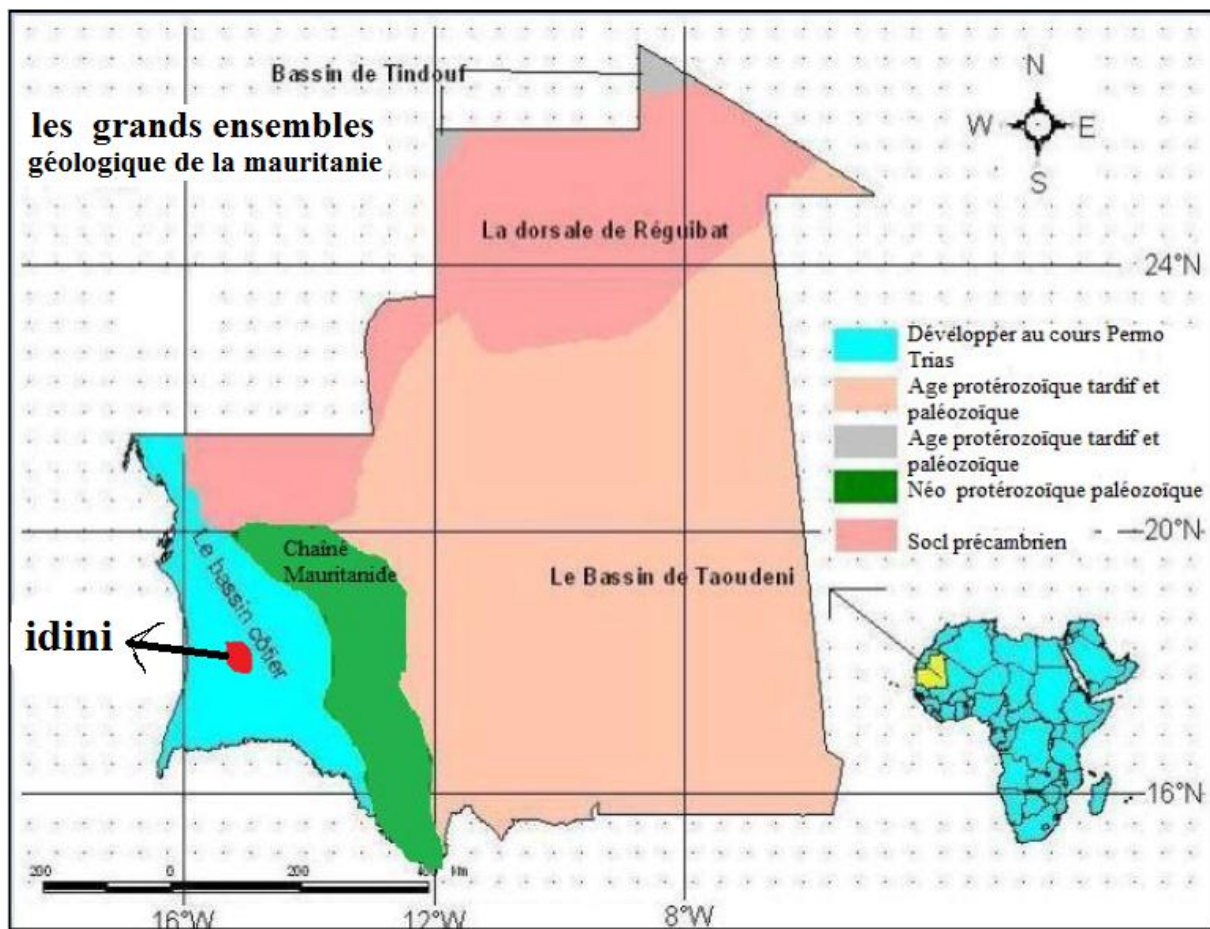
Campagne 2006		
Paramètres	Minimum	Maximum
ph	7,42	8,05
Température	30,10	33,00
Conductivités ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	325	1700
Minéralisations (mg.l^{-1})	226	2098

Evolution a long terme de la conductivité

Site	sept-93	juin-00	déc.-01	déc.-02	juil.-03	déc.-04	juil.-05	mai-06	avril-mars-10-12
IDINI									
F1	463	546	560	540	553	562	660	503	n.d.
F2	503	605	n.d.	634	610	n.d.	748	748	n.d.
F3	466	570	590	580	582	612	732	n.d.	n.d.
F4	560	682	700	590	706	n.d.	850	634	n.d.
F5	1112	n.d.	1310	1285	1250	1338	1275	1449	n.d.
F6	1018	n.d.	n.d.	n.d.	1155	1245	1296	1325	1114
F7	850	1004	1030	1054	1024	n.d.	1200	1214	n.d.
F8	1093	1304	n.d.	1331	1300	1406	1400	n.d.	n.d.
F9	707	912	950	1026	945	987	1199	n.d.	n.d.
F10	502	382	390	394	389	394	465	462	n.d.
F11	1039	n.d.	n.d.	1960	n.d.	n.d.	2540	1700	n.d.
F12	555	625	640	659	640	646	753	563	n.d.
F13	619	808	830	850	848	871	1028	765	n.d.
F14	955	1208	1260	1236	1222	n.d.	1370	1103	1338
F16	425	493	490	497	479	480	566	434	n.d.
F17	383	517	530	536	531	545	650	511	n.d.
F18	249	307	313	324	322	333	400	325	n.d.
F19	335	417	426	430	420	430	514	407	n.d.
F20	n.d.	605	600	617	592	606	720	555	415
F21	n.d.	588	600	604	586	600	705	545	476
F22	n.d.	339	430	366	444	346	420	334	282
F23	n.d.	355	380	371	353	361	432	348	264
F24	n.d.	400	410	409	399	430	487	385	346
F25	n.d.	490	510	406	489	494	591	545	458
F26	n.d.	293	n.d.	311	304	n.d.	377	302	321
F27	n.d.	264	270	271	266	271	325	262	223
F28	n.d.	298	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	378	396	284
F29	n.d.	434	n.d.	n.d.	427	430	508	400	n.d.
F35	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	402	566	566	n.d.
F36	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	544	700	685	n.d.
F37	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	673	936	580	n.d.
F38	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	476	550	552	n.d.
G4	n.d.	640	n.d.	710	n.d.	756	789	783	763
G10	n.d.	420	n.d.	575	570	558	582	676	n.d.



(Information disponible sur les points d'eau en Mauritanie, D.Carité)



Les grands ensembles géologiques de la Mauritanie (BRGM 1987)