



Année Universitaire : 2014-2015



Licence Sciences et Techniques : Géoresources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Dégagement des ressources en eaux souterraines dans la
région de :**

MECHRAA BELKSSIRI

Présenté par:

Asmae TITAFI

Zineb JHABLI

Encadré par:

Pr. MR BOUKHIR Mohammed

Soutenu Le 16/06/2015 devant le jury composé de:

- Pr. LAHRACH Abderrahim
- Pr. CHAOUNI Abdel-Ali
- Pr. BOUKHIR Mohammed

Stage effectué à : ONEE Rabat

Logo :



Sommaire

Introduction	7
Chapitre 1 : Présentation de l'ONEE.....	10
I-1 Présentation générale :.....	10
I-1-1 Organisation :	10
I-1-2 Organigramme.....	11
I-2 Direction Planification (DPL)	12
I- 2-1 Division dégagement des ressources en eaux souterraines :	13
II- Situation de l'eau dans le monde et dans le Maroc :.....	14
II-1 le cycle hydrologique et la repartition de l'eau dans le monde :.....	14
II-2 Situation de l'eau dans le Maroc :	15
Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude	16
I-L'étude de la plaine de Gharb :	16
II-Contexte géographique:	16
III- Contexte climatologique :.....	17
IV- La géologie de la plaine du Gharb :.....	20
V-La lithologie :	21
VI-Contexte hydrologique	21
VII- Contexte hydrogéologique :	23
CHAPITRE 3 : Technique de dégagement des ressources en eaux souterraines	24
I- Les techniques de captage :	24
II- Technique de foration :	25
II-2 la Rotation :	27
II-2-1 Foration à l'air :.....	28
II-2-1-1 Foration au rotary :	28
II-2-1-2 Foration au marteau fond de trou :	29
II-2-2 Le forage à la boue: est pratiqué au rotary.....	29
III -Type d'équipement :.....	30
III-1 Tubage plein :.....	31
III-2 Tubage crépine :	32
III-3 Gravier filtrant :	33
III-4 Cimentation :.....	34
IV- Phase de développement :	35

V-Pompe d'essais :.....	36
V- 1 Le principe :	36
V-2 Etudes préliminaires :.....	36
V-3 Les mesures effectuées :.....	36
V-4 Type de pompe d'essais :	37
VI- Diagraphie :	38
VI-1 Définition des diagraphies	38
VI-2 Rôle des diagraphies :.....	38
VI-3 Différents types de diagraphie et leur utilisation :.....	40
IV-3-1 Sonde diamètreur :.....	40
V-3-2 Sonde de résistivité :.....	42
III-3-3 Sonde Gamma Ray	42
Chapitre 4 : Réalisation de forage dans la région de Mechaa Belkssiri	45
I-Foration du forage :	46
I-2 Consistances des travaux :.....	46
I-3 Coupe lithologique :	47
II-Equipement de diagraphie :.....	48
II-1 Réalisation des enregistrements diagraphiques, de gamma ray (NGAM), polarisation spontanée et de résistivité (SPR).	50
II-2 Réalisation des enregistrements diagraphiques, de Conductivité, de Température, D'inclinaison et de Diamètre.	52
III- Phase d'alésage :.....	54
IV-Phase de d'équipement :.....	55
V-Phase de développement :.....	56
VI-Phase de pompage :	56
Conclusion :.....	60

Liste des figures

- Figure 1 : Station déferrisation démagnétisation Mechaa Belkssiri**
- Figure 2 : Directions Régionales de l'ONEE**
- Figure 3 : Organigramme général de l'ONEE- Branche Eau –**
- Figure 4 : L'organigramme de la Division de dégagement des ressources en eau**
- Figure 5 : La répartition des eaux dans le Monde**
- Figure : 6 Différentes agences des bassins hydrauliques**
- Figure 7 : Vue générale de la plaine du Gharb (Monographie de la région Gharb 2008)**
- Figure 8 : Diagramme ombrothermique de la station Kenitra**
- Figure 9 : Diagramme ombrothermique de la station de sidi sliman**
- Figure 10 : Diagramme ombrothermique de la station Lalla Mimouna**
- Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la station Had Kort**
- Figure 12 : Carte géologique de la plaine du GHARB**
- Figure 13 : Coupe géologique schématique.**
- Figure 14 : Bilan hydrologique a l'entrée du bassin versant Gharb – Mamora (période 1932 – 1963)**
- Figure 15 : La perte de Sebou dans la nappe profonde a l'entrée dans la plaine du Gharb**
- Figure 16 : Captage par forage Artésien**
- Figure 17 : Captage par forage dans une nappe libre**
- Figure 18 : fonctionnement d'une khattara**
- Figure 19 : Foration par la méthode de battage caro**
- Figure 20 : récupérations des terrains argileux par la méthode de battage carottage**
- Figure 21 : Tricônes de foration**
- Figure 22 : Foration par la methode de rotation**
- Figure 23 : Foration avec l'air comprime**
- Figure 24 : La foration au marteau fond de trou (d'après DAMAT 1981)**
- Figure 25 : Foration a la boue avec l'utilisation d'une pompe**
- Figure 26 : Le revêtement des ouvrages avec des tubes qui sont soudés l'un avec l'autre**
- Figure 27 : Les tubages pleins**
- Figure 28 : Les tubes crépines**
- Figure 29 : gravier filtrant**
- Figure 30 : détail de cimentations (source documentaire BRGM)**
- Figure 31 : Tous les types d'équipements**
- Figure 32 : Atelier de digraphie (unité mobile) Figure 33 : illustre le système d'acquisition des diagraphies dans les forages**

Figure 34 : Sonde « multi-paramètres »
Figure 35 : Sonde « diamètreur »
Figure 36 : Enregistrement de la résistivité
Figure 37 : Sonde de résistivité
Figure 38 : Sonde de Gamma naturel
Figure 39 : Enregistrement de Gamma nature
Figure 40 : Forage d'étude
Figure 41 : La lithologie du forage
Figure 42 : La diagraphie du forage
Figure 43 : Ligne de base d'argile
Figure 44: Revêtement du forage
Figure 45 : Développement pneumatique à l'air lift
Figure 46: Compresseur d'air
Figure 47 : Plan final du forage

Liste des tableaux

Tableau 1 : Données de la station de Kénitra (INGEMA, 1994)
Tableau 2 : Données de la station de Sidi Slimane (INGEMA, 1994)
Tableau 3 : Données de la station Lalla Mimouna (INGEMA, 1994)
Tableau 4 : Données de la station Had Kort (INGEMA, 1994)
Tableau 5 : Superficies irriguées et volumes consommés en 1992
Tableau 6 : Différents types de diagraphies et leurs essentielles utilisations
Tableau 7 : Degré de la radioactivité des roches
Tableau 8 : Des valeurs de résistivité normale enregistrées et résistance monoélectrodique

Dédicaces

Nous dédions ce travail :

- ❖ **A** nos parents, source de tendresse et d'amour, Pour leurs soutiens tout longs de notre vie scolaire
- ❖ **A** notre famille, nos enseignants
- ❖ **A** nos chers amis pour leurs aides valorisantes
- ❖ **A** toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de notre travail
- ❖ **Nous** leurs exprimons toute notre gratitude et notre profond respect pour les efforts qu'ils ont déployé afin de nous soutenir.

Remerciement

Avant tout développement sur cette expérience, il apparaît opportun de commencer ce rapport par des remerciements, à ceux qui m'ont beaucoup appris au cours de cette période. Je tiens tout particulièrement à exprimer notre profonde gratitude et à témoigner toute notre reconnaissance à **M. BOUAZIZ Imad**, pour son encadrement et pour l'aide et les conseils précieux, ce rapport n'aurait pu être rédigé sans sa coopération et ses encouragements.

Je tiens également à remercier toutes les personnes suivantes :

- ❖ **Mr MAJIDI Idriss** pour son orientation, et son aide durant la réalisation de ce rapport.

- ❖ Mes remerciements vont également à tout le personnel d'ONEE Rabat division DPL notamment à **Mr. El Kairouh Larbi**, **Mr LMATNI Jamal** et **M.BENDRISS** pour son accueil sympathique, et sa coopération professionnelle.

- ❖ On adresse également mes sincères remerciements à tous les professeurs et les dirigeants de la faculté des sciences et techniques Fès pour les efforts qu'ils consacrent pour notre formation.

INTRODUCTION

Toutes les créatures de la Terre ont besoin d'eau pour vivre. Les êtres humains, qui sont constitués à 60 % d'eau, ne peuvent pas survivre sans eau pendant plus de cinq jours. Et il ne s'agit pas seulement de l'eau que nous buvons : la production alimentaire représente plus des deux tiers des prélèvements d'eau douce du monde.

Au fur et à mesure que la population augmente et la consommation d'eau augmente inévitablement.

Au niveau Mondial :

60% des ressources en eau sont réparties sur 9 pays : Brésil, Canada, Chine, Indonésie, États-Unis, Inde, Colombie et Congo.

- Dans 80 pays (40% de la population mondiale), on note un grave déficit en eau. 1.2 milliard d'hommes ont un accès aléatoire à l'eau potable et 1.7 milliard ne bénéficient pas d'assainissement.
- La ressource en eau doit être $> 1500 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{an}$ pour considérer qu'il n'y a pas de problème. La situation est déjà critique dans certains pays.
- Là où la ressource en eau est insuffisante, l'eau est à l'origine de 30% des décès (20 millions d'hommes) et 80% des maladies.

L'irrigation représente une part de 70% des ressources en eaux utilisées, alors que les terres irriguées ne représentent qu'une part de 17% des terres arables et 1/3 des récoltes.

Au niveau National :

-Pour **les précipitations** annuelle au Maroc, plus de 50% des précipitations sont concentrées sur seulement 15% de la superficie du pays avec une variabilité spatiale et temporelle considérable. Les précipitations moyennes annuelles sont de 352 mm (période de 1988 à 2004), variant de 723 mm au nord (à Tanger) à 71 mm au sud (à Lâayoune). Le volume annuel des précipitations est évalué à 150 km^3 en moyenne (en multipliant la superficie du pays par les précipitations moyennes), variant de 50 to 400 km^3 selon les années.

-Pour Le secteur **agricole** représente entre 12 et 20% du pays et emploie environ 47% de la population active. Les zones irriguées, bien que représentant moins de 20 % des surfaces cultivées, contribuent à environ 45% de la valeur ajoutée agricole.

À l'époque où le problème de l'eau au Maroc prend de plus en plus d'importance, avec l'augmentation de la population et de la pollution, le présent ouvrage qui synthétise les connaissances acquises à ce jour dans le domaine de l'Hydraulique superficielle et souterraine, apporte une contribution attendue à l'inventaire des ressources en eau disponibles ou déjà utilisées dans le Pays.

L'eau est devenue une ressource de plus en plus rare et précieuse, de nombreux professionnels, particuliers et collectivités. La réalisation d'un forage permet d'assurer les besoins en eau, des particuliers, des collectivités,

des agriculteurs ainsi que des industriels (alimentation en eau potable, arrosage de jardins, piscine, pompe à chaleur ...).

un ouvrage détaillé qui permette à tous de mieux appréhender les nombreux problèmes que pose sa répartition capricieuse, son exploitation forcément limitée et en bref l'état du bilan des ressources du Pays et de leur utilisation région par région.

Au niveau de la zone d'étude (Zone de notre stage) :

La ville de Mechra Bel Ksiri est située dans la région de Gharb-Chrarda-Beni Hssen, Elle possède deux usines de sucre (cane à sucre et betterave à sucrière) et une population de 31497 en 2014, réputée pour ses richesses agricoles telles que les agrumes et légumes.

Avec l'expansion démographique les problèmes de l'accès à l'eau sont différents :

Problème Humain :

- Plusieurs de ces problèmes sont dus à l'action de l'homme (pollution des eaux, déboisement, urbanisation incontrôlée etc.),
- d'autres sont d'origine domestique en effet 82 villes et centres urbains du bassin rejettent un volume annuel d'eau usée estimé à 80 millions de m³, dont 86% sont déversés dans les cours d'eau, 12% dans la mer et 2% épandus sur les sols...
- La pollution d'origine industrielle Le secteur industriel est très diversifié dans le bassin du Sebou. Les principales branches industrielles sont l'agro-alimentaire (sucreries, huileries, laiteries, conserveries,...), les papeteries, les tanneries, le textile, le raffinage de pétrole, la production d'alcool,...

Problème Naturel :

- Variation spatio-temporelle des précipitations,
- Sécheresses,
- Dégradation de la qualité des eaux
- Inondations etc...

Parmi les impacts négatifs des sources de pollution sur les eaux souterraines, on note une dégradation de la qualité des eaux par endroit au niveau de la nappe d'el Gharb surtout pour la région de Mechaa Belkssiri des teneurs en nitrates, en fer et en manganèse ce qui limite leur utilisation pour l'approvisionnement en eau potable .

Pour résoudre ce problème il faut atteindre les nappes les plus profonds pour obtenir des eaux plus douces ou bien par le traitement des eaux dans la station de déferisation démanganisation de Mechaa Belkssiri.

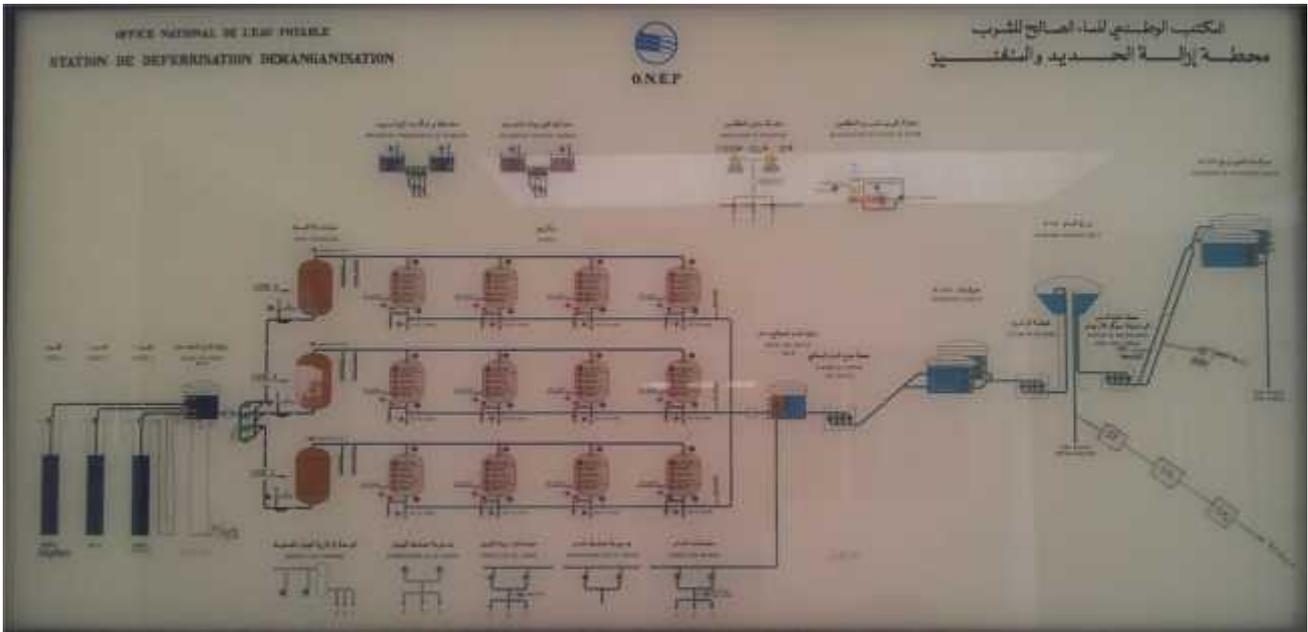


Figure 1 : Station déferrisation démanganisation Mechaa Belkssiri

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE L'ONEE

I-1 PRESENTATION GENERALE :

L'Office a été créé par Dahir n° 1-72-103 du 3 avril 1972 en remplacement de la Régie des exploitations industrielles (REI) qui assurait, entre autres, depuis 1929, le service de distribution d'eau potable. A partir du 24/04/2012, la fusion entre l'Office National de l'Electricité (ONE) et l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) donne naissance à l'Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable (ONEE) organisé en deux branches : ONEE-Branche Electricité- et ONEE-Branche Eau-. L'Office est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de l'autonomie administrative et financière. Il est placé sous la tutelle du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. L'ONEE – Branche Eau - est chargé de :

- La planification de l'approvisionnement en eau potable (AEP) à l'échelle nationale
- La production de l'eau potable
- La distribution de l'eau potable pour le compte des collectivités locales
- La gestion de l'assainissement liquide pour le compte des collectivités locales
- Le contrôle de la qualité des eaux

I-1-1 Organisation :

La Direction Générale de l'ONEE –Branche Eau- se trouve à Rabat. Chaque région relève d'une des dix directions régionales (DR). Celles-ci s'organisent comme suit :

- DR1 : Direction Régionale du Sud - Agadir.
- DR2 : Direction Régionale de Tensift - Marrakech.
- DR3 : Direction Régionale du Centre - Khouribga.
- DR4 : Direction Régionale du Nord-Ouest - Kenitra.
- DR5 : Direction Régionale de Centre-Nord - Fès.
- DR6 : Direction Régionale de l'Oriental - Oujda.
- DR7 : Direction Régionale de Centre-Sud - Meknès.
- DR8 : Direction Régionale des Provinces Sahariennes - Laayoune.
- DR9 : Direction Régionale du Nord - Tanger.
- DRC : Direction Régionale Côte Atlantique.

Chaque DR est organisé en Secteur de Production, Agence de Service et Agence Mixte.

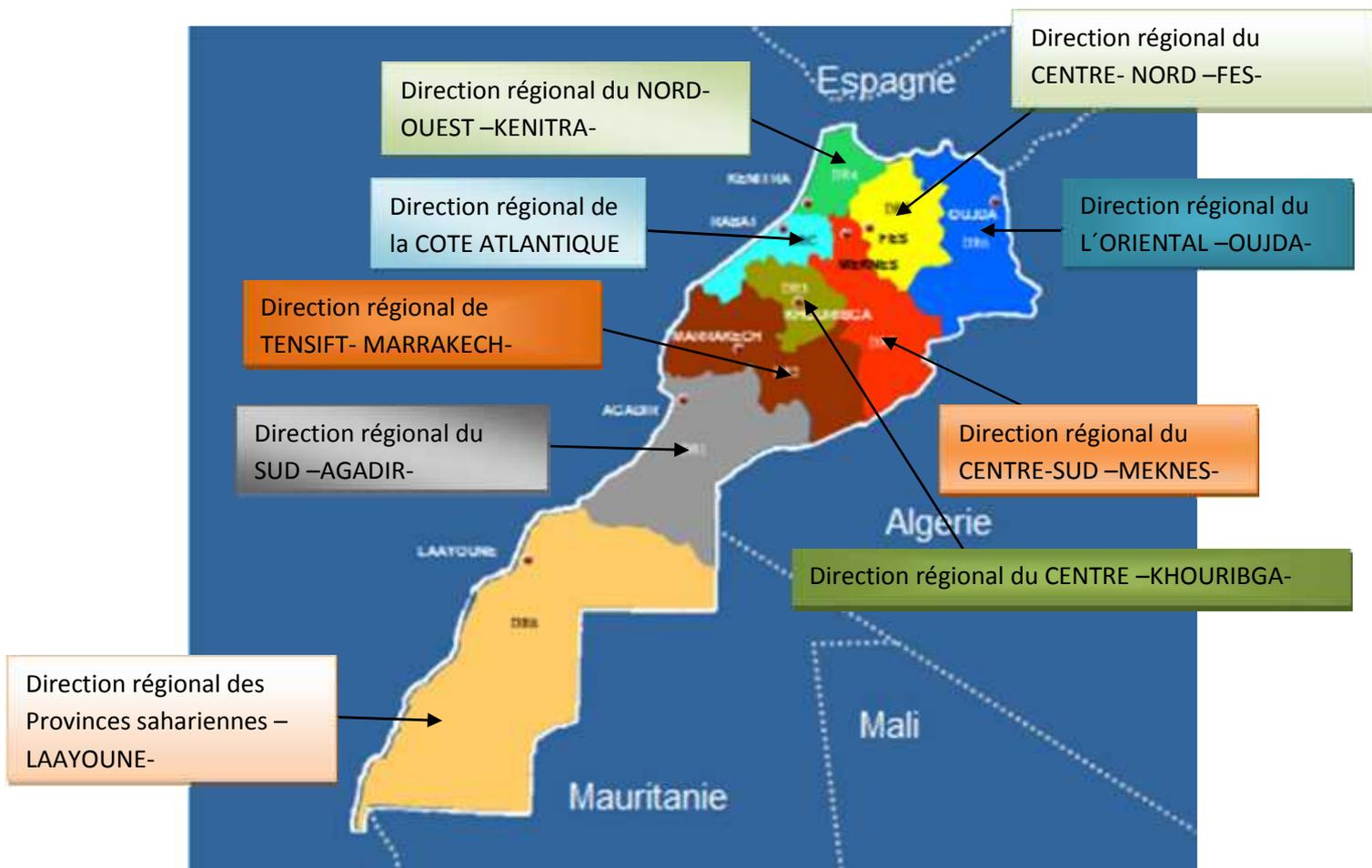


Figure 2 : Directions Régionales de l'ONEE

I-1-2 Organigramme

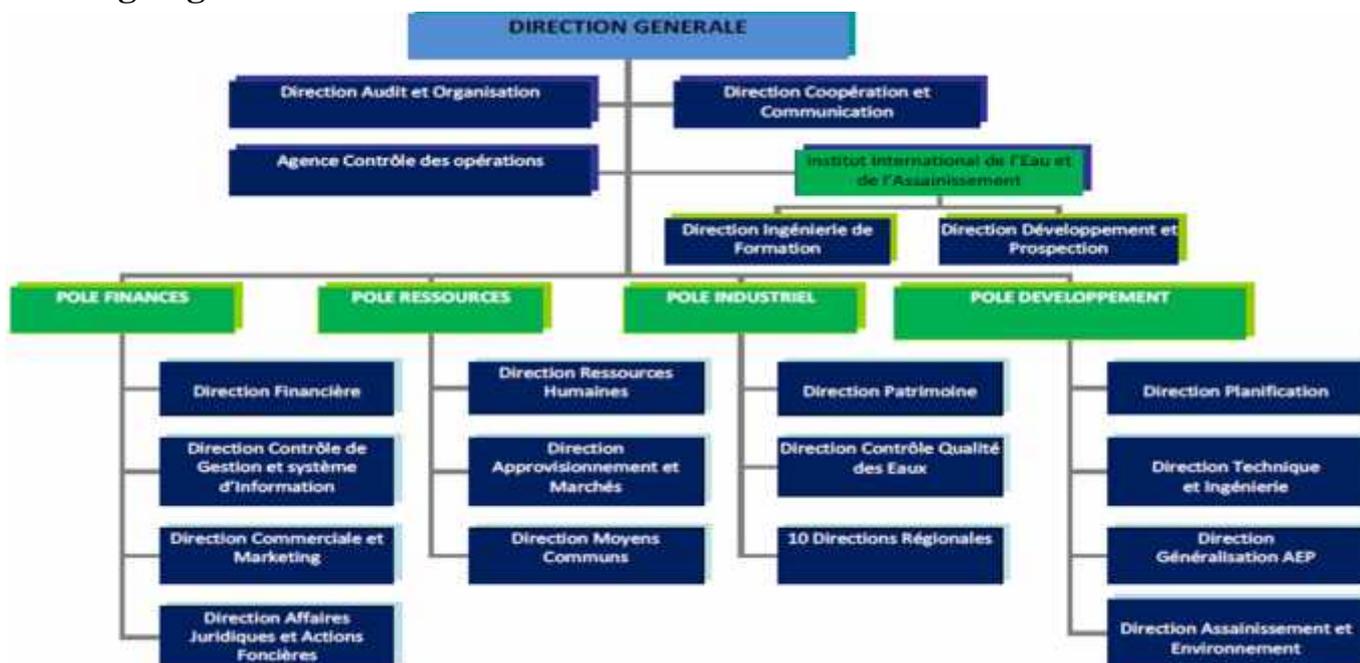


Figure 3 : Organigramme général de l'ONEE- Branche Eau –

I-2 DIRECTION PLANIFICATION (DPL)

- **Attribution DPL**

- Participer à l'élaboration de la stratégie de l'Office.
- Définir une planification à moyen et long terme pour les projets d'AEP et établir les programmes d'investissement correspondants.
- Définir une politique de développement de l'Office dans les métiers actuels ou nouveaux en fonction des changements institutionnels de l'environnement de l'Office
- Mettre en place les programmes d'investissements nécessaires pour la mise à niveau du secteur de l'eau potable
- Identifier et optimiser les grands projets d'investissement en eau potable.
- Piloter les actions de décentralisation et de déconcentration de la fonction planification.
- Moderniser les systèmes de gestion et d'information relative à la fonction planification.
- Déterminer les indicateurs globaux concernant la fonction planification.
- Promouvoir une nouvelle culture de rationalisation des coûts.
- Maîtriser le processus de planification (dégagement de ressources, études de faisabilité, programmation, ...) pour une meilleure rentabilité des projets d'investissement
- Veiller à l'instauration d'un système de contractualisation avec les partenaires de l'Office pour une meilleure gestion des prélèvements de ressources et veiller à la bonne application de ces dispositions.
- Gérer le dossier de contrat-programme avec l'Etat.
- Renforcer la coordination avec les différents intervenants dans le secteur pour une meilleure synergie des actions menées.
- Proposer des alliances stratégiques et des partenariats pour développer les infrastructures nationales, en matière d'eau potable et d'assainissement, et saisir les opportunités d'affaires.

I- 2-1 Division dégagement des ressources en eaux souterraines :

I-2-1-1 Organigramme :

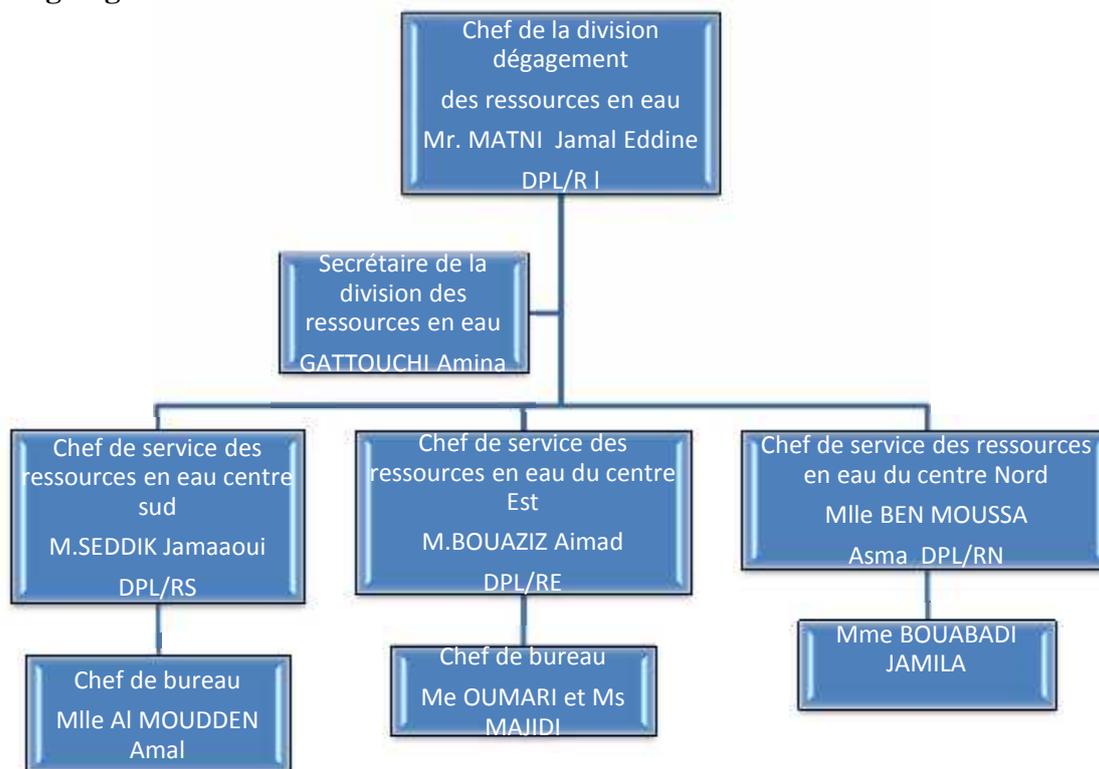


Figure 4 : L'organigramme de la Division de dégagement des ressources en eau

I-2-1-2 Mission :

La mission assignée à la division dégagement des ressources en eau consiste à réaliser les études de ressources en eau, des projets d'eau potable et à superviser la réalisation, la maintenance et la réhabilitation des captages pour les différentes agglomérations du Maroc (Villes pour lesquelles l'ONEE assure la production, centres gérés par l'ONEE et ceux prévus de l'être) dans le temps et dans l'espace.

I-2-1-3 Les attributions :

- Assurer la reconnaissance, le pilotage de la réalisation des captages et l'assistance technique aux DR ;
- Réaliser les études des ressources en eau, participer aux études de planification et aux études de protection des ressources en eau ;
- Assurer une veille technologique dans le domaine des ressources en eau ;
- Assurer la coordination avec les partenaires externes pour les programmes nationaux des ressources en eau ;
- Assurer le monitoring, établir les consignes de gestion et de maintenance préventive ;
- Superviser les programmes de réhabilitation des champs captant.

II- SITUATION DE L'EAU DANS LE MONDE ET DANS LE MAROC :

II-1 le cycle hydrologique et la répartition de l'eau dans le monde :

a) le cycle de l'eau :

La circulation de l'eau à travers la planète obéit à un système hydrologique complexe (le Cycle de l'eau).

De nombreux phénomènes agissent simultanément et permettent ainsi son Fonctionnement : les précipitations, l'évaporation, l'évapotranspiration (transpiration des Végétaux), la condensation et le ruissellement. En moyenne sur l'année et sur l'ensemble du globe terrestre, 65% des précipitations qui arrivent à terre s'évaporent, 24% ruissellent et 11% s'infiltrent.

b) Une répartition inégale :

70 % de la surface du globe est recouvert d'eau mais seul 2,5 % est de l'eau douce.

L'eau est très inégalement répartie sur la planète ; 9 pays (Canada, Brésil, Russie, Indonésie, Zaïre, Colombie, Inde, Chine et USA) dans le monde reçoivent près de 60 % des pluies.

L'eau est très présente dans la zone équatoriale car les pluies sont très abondantes. Les trois-quarts environ des précipitations annuelles tombent dans des régions qui renferment moins du tiers de la population mondiale.

c) Statistique :

La proportion de la population mondiale ayant accès à de l'eau salubre est passée de 83 % en 2000 à 87 % en 2008, tandis que l'accès à des systèmes d'assainissement a augmenté de 58 % à 61 %.

La population passant de 6 milliards à 7 milliards de personnes entre-temps.

On estime que 884 millions de personnes dans le monde n'ont pas accès à l'eau améliorée en 2010, c'est-à-dire que cette eau est également utilisée par les animaux. En réalité 3 à 4 milliard d'êtres humains n'ont pas accès à l'eau potable qui ne fait pas courir à son consommateur le risque d'être malade.

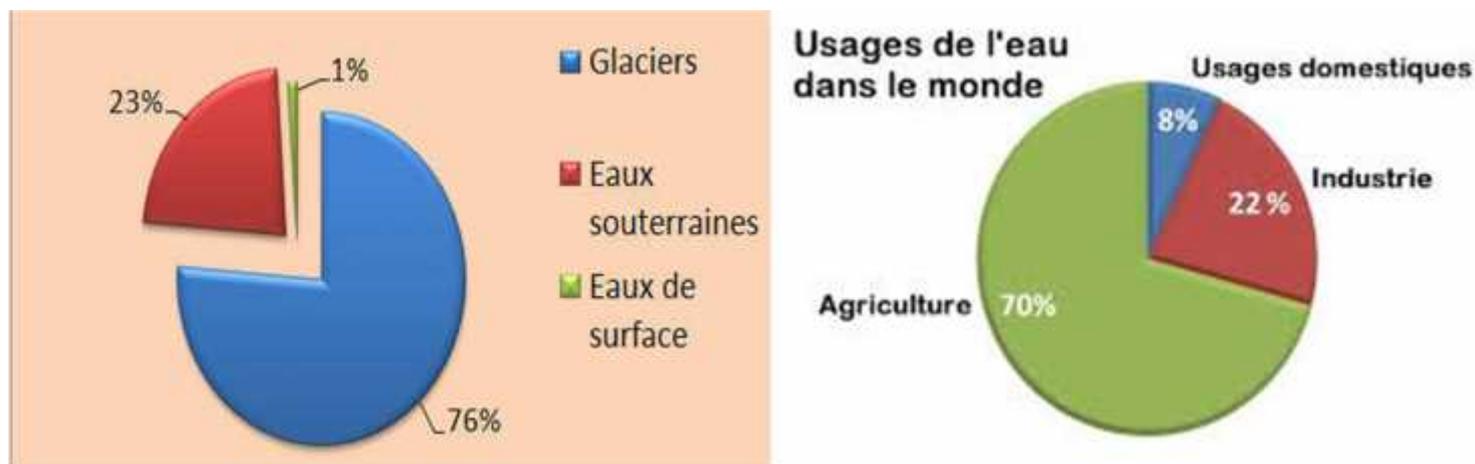


Figure 5 : La répartition des eaux dans le Monde :

II-2 Situation de l'eau dans le Maroc :

Les populations du Maroc ont vécu depuis de nombreux millénaires en parfaite symbiose avec les ressources hydriques, sachant tirer profit des années humides et s'accommodant des années de sécheresse en atténuant les impacts, grâce à un sens averti de l'économie dans l'utilisation de l'eau.

Le Maroc est caractérisé par une pluviométrie irrégulière et répartie de manière inégale sur le territoire national, ce qui limite d'année en année le potentiel disponible.

La croissance démographique, économique, urbaine et industrielle des régions marocaines induira, dans une perspective tendancielle, un effet notable sur le bilan hydrique du Maroc

Le Maroc est caractérisé par une pluviométrie irrégulière et répartie de manière inégale sur le territoire national, ce qui limite d'année en année le potentiel disponible. La croissance démographique, économique, urbaine et industrielle des régions marocaines induira, dans une perspective tendancielle, un effet notable sur le bilan hydrique du Maroc.

Au niveau régional et local, la création des Agences du Bassin hydraulique a été une expérience réussie en matière de planification, de contrôle et d'anticipation des risques.

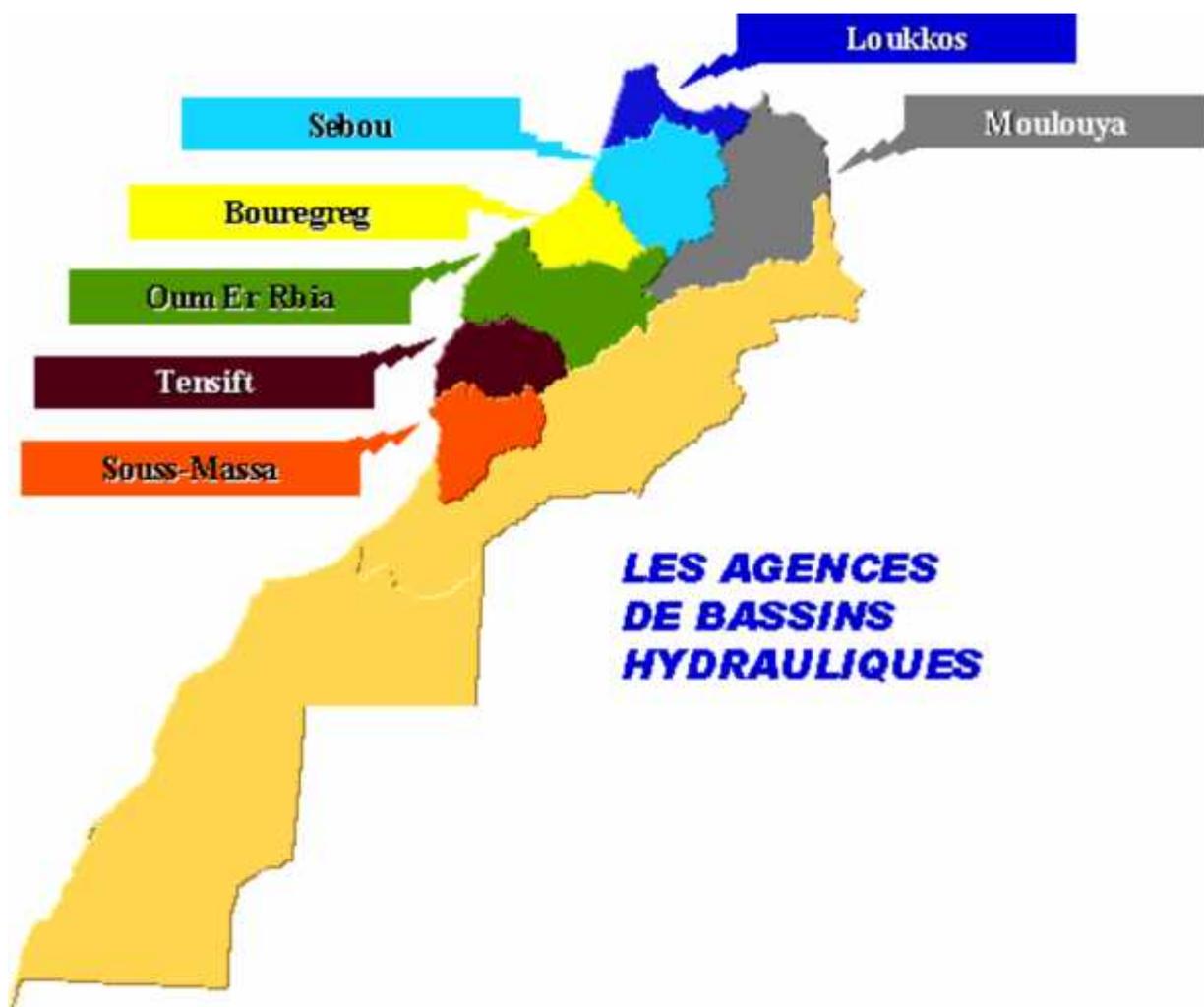


Figure : 6 Différentes agences des bassins hydrauliques

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I-L'étude de la plaine de Gharb :

La plaine du Gharb fait partie de l'un des plus grands bassins hydrogéologiques du Maroc occidental. Un bilan hydrique mensuel des différents types de sols, établi sur treize années, a permis l'estimation des infiltrations par percolation profonde. Ces évaluations concernent l'alimentation de la nappe phréatique superficielle et celle de la nappe profonde à travers la zone côtière perméable. La recharge interannuelle de la nappe profonde varie entre 0 et 52 % par rapport au volume moyen des précipitations reçues par cette zone. Celle-ci, située en marge océanique, est exposée à une surexploitation liée au développement croissant de l'agriculture confrontée à des périodes récurrentes de sécheresse.



Figure 7 : Vue générale de la plaine du Gharb (Monographie de la région Gharb 2008)

II-CONTEXTE GEOGRAPHIQUE:

La plaine du Gharb, qui couvre une superficie d'environ 4000 km² et correspond à une vaste cuvette dont les 80% sont à une altitude inférieure à 20 m. Elle communique avec le bassin du Saïss par le bassin d'El Khemisset et le seuil de Kansera. L'oued Sebou y pénètre par l'Est, décrit un trajet en méandre pour déboucher dans l'océan Atlantique.

Sur le plan géographique et géologique la plaine est délimitée :

- au Nord par la marge pré-rifaine ;
- à l'Est également par la marge pré-rifaine et les rides sud-rifaines ;

- à l'Ouest par l'Atlantique ;
- au Sud par la région de Zemmour Mamora.

III- CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE :

L'objectif de cette partie est la description et l'évaluation des différentes composantes du cycle de l'eau afin d'estimer les ressources en eau dans l'objectif d'actualiser le bilan de la nappe.

Pour la caractérisation climatologique du Gharb, nous avons retenu les données climatiques relevées au niveau de quatre stations. La station de Kénitra située au S-W, celle de Sidi Slimane au S-E, la station de Lalla Mimouna au N-W et enfin celle de Had Kourt au N-E. La bonne disposition géographique de ces stations permet de bien cadrer la climatologie du secteur. Les tableaux 1 à 4 résument les valeurs moyennes des précipitations, des températures relevées au niveau de ces quatre stations.

Tableau 6 : Données de la station de Kénitra (INGEMA, 1994)

	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Total
P (mm)	10.2	48.6	77.9	100.3	88.5	73.2	52.5	56.0	29.4	6.3	0.8	0.5	544.2
Tmoy, (°C)	22.3	19.4	16.1	13.6	12.3	13.4	15.0	16.1	18.4	21.0	23.3	23.5	17.9
ETP (mm)	100.0	72.9	46.2	33.6	28.4	32.5	48.1	57.9	81.5	104.4	127.8	123.5	856.7

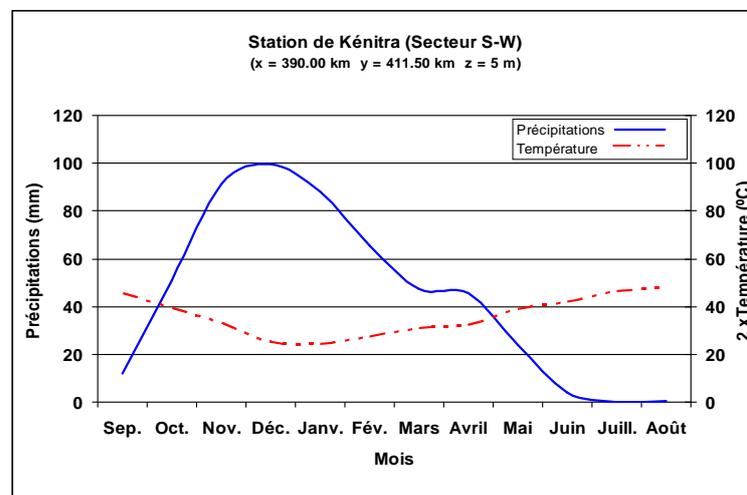


Figure 8 : Diagramme ombrothermique de la station Kenitra

Tableau 7 : Données de la station de Sidi Slimane (INGEMA, 1994)

	Sept,	Oct,	Nov,	Dec,	Jan,	Fev,	Mars	Avr,	Mai	Juin	Juil,	Août	Total
P (mm)	9.1	35.4	55.3	74.5	61.3	50.7	44.5	47.2	27.3	6.8	1.0	1.4	414.3
Tmoy, (°C)	24.8	20.7	16.5	13.7	12.4	14.0	15.8	17.3	20.2	23.4	26.7	26.7	19.4
ETP (mm)	114.3	75.0	42.6	29.0	24.0	29.5	46.1	58.5	88.4	119.1	156.9	149.4	932.5

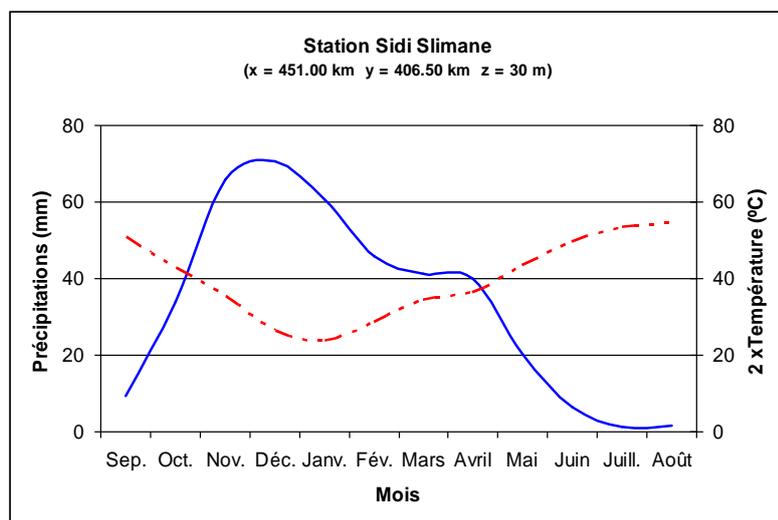


Figure 9 : Diagramme ombrothermique de la station de Sidi Slimane

Tableau 8 : Données de la station Lalla Mimouna (INGEMA, 1994)

	Sept,	Oct,	Nov,	Dec,	Jan,	Fev,	Mars	Avr,	Mai	Juin	Juil,	Août	Total
P (mm)	12.8	57.7	83.0	102.4	86.2	70.0	52.1	62.6	32.5	7.9	2.0	0.7	569.9
Tmoy, (°C)	21.2	18.5	15.0	12.7	11.6	11.8	13.5	13.6	17.1	20.6	22.3	22.8	16.7
ETP (mm)	95.4	71.3	44.9	33.3	28.9	28.9	44.2	47.6	77.0	106.4	123.9	122.0	823.8

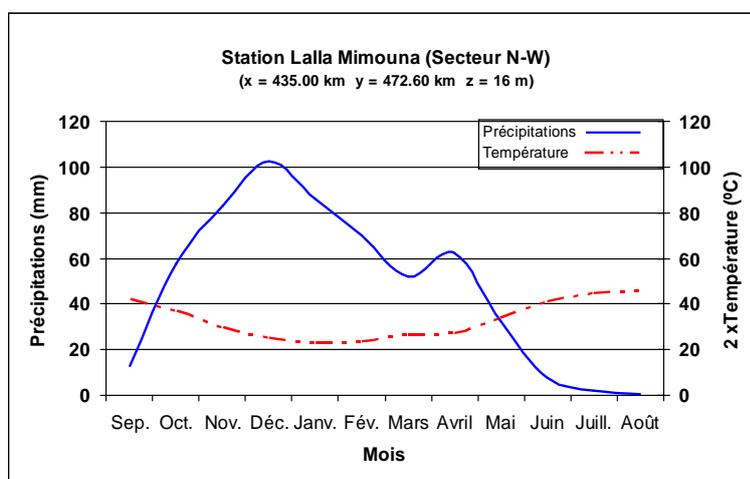


Figure 10 : Diagramme ombrothermique de la station Lalla Mimouna

Tableau 9 : Données de la station Had Kort (INGEMA, 1994)

	Sept,	Oct,	Nov,	Dec,	Jan,	Fev,	Mars	Avr,	Mai	Juin	Juil,	Août	Total
P (mm)	7.4	40.8	68.9	85.9	69.3	60.5	47.7	53.1	31.3	9.9	1.2	1.2	477.2
Tmoy, (°C)	24.5	20.3	15.8	13.5	11.5	13.7	15.0	16.7	17.3	21.2	26.5	27.7	18.7
ETP (mm)	114.8	75.2	41.2	30.3	22.5	30.6	44.0	57.7	70.3	102.9	158.4	164.6	912.6

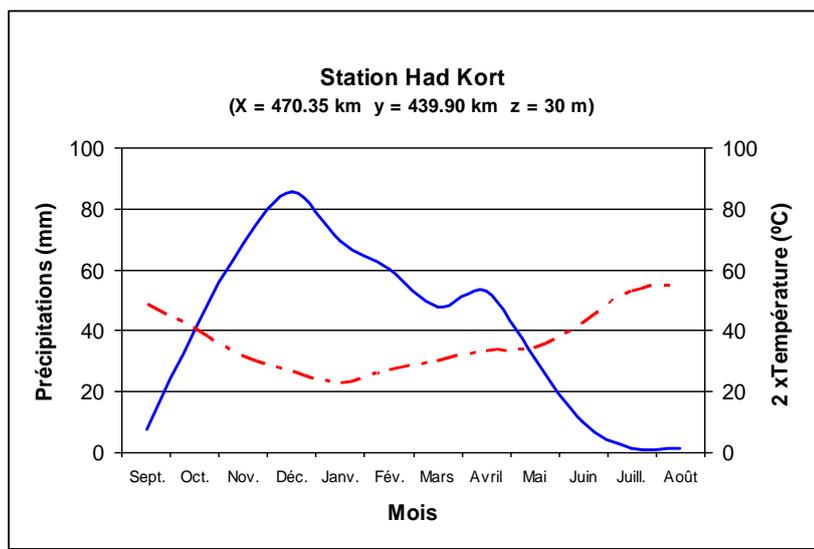
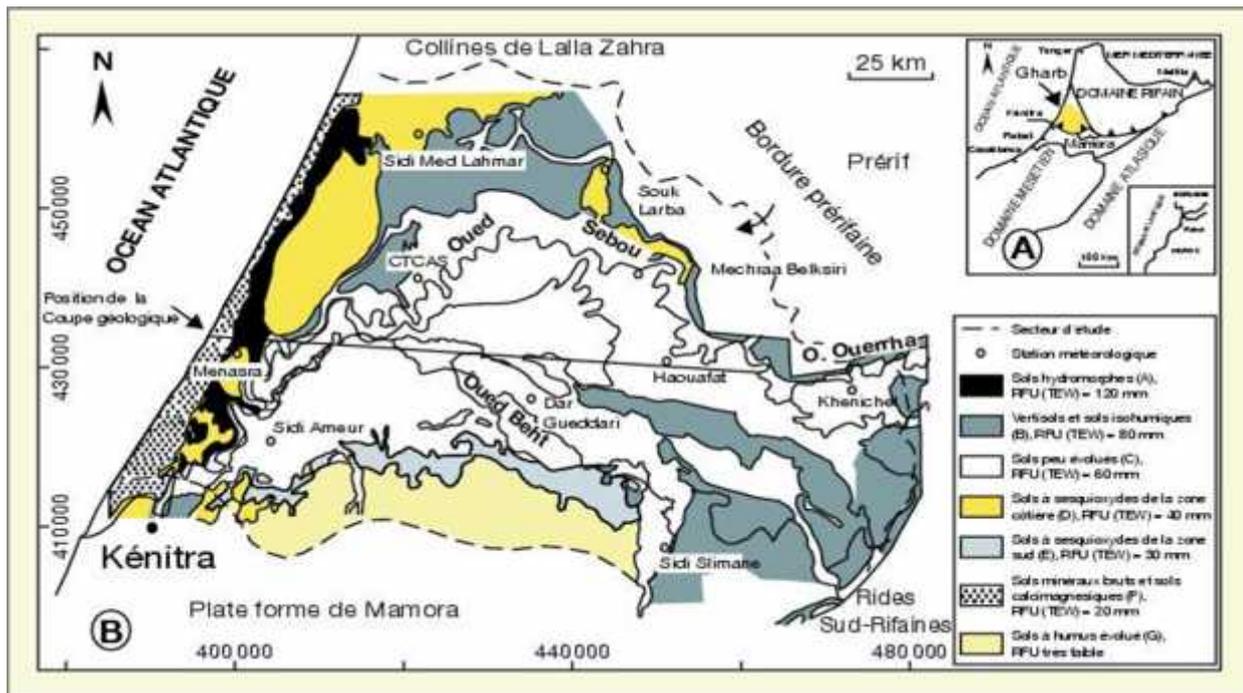


Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la station Had Kort

L'analyse des tableaux montre que :

- Les précipitations moyennes annuelles sont relativement abondantes surtout pour les stations côtières (580 mm à Lalla Mimouna et 544 mm à Kénitra). Les précipitations relativement plus élevées à la station Lalla Mimouna montre l'existence d'un gradient altimétrique N-S. La station de Sidi Slimane enregistre les précipitations minimales à cause de la combinaison de l'effet du gradient altimétrique et du gradient de continentalité E-W qui traduit l'effet de l'océan.
- Les mois les plus arrosés sont novembre, décembre et janvier et les plus secs sont juin, juillet et août.
- Les températures moyennes annuelles sont de même ordre (17 à 19 °C).
- Les mois de juillet et août sont les mois les plus chauds alors que les plus frais sont décembre, janvier et février.
- L'ETP suit l'évolution de la température. Elle est minimale pour les mois les plus arrosés. L'analyse des diagrammes ombrothermiques montre que la période sèche s'étale de mai à septembre.

IV- LA GEOLOGIE DE LA PLAINE DU GHARB :



Sur le plan géologique, la plaine du Gharb constitue la charnière entre deux ensembles structuraux qui diffèrent par la nature et l'âge des terrains d'une part et par le style tectonique et l'âge de la déformation d'autre part.

- Sur la marge septentrionale : le Rif qui est marqué par une grande instabilité jusqu'à l'actuel ;
- Sur la marge méridionale : la Méséta avec un socle paléozoïque rigide et relativement stable plongeant régulièrement du Sud vers le Nord avec une pente de 3°.

Le bassin du Gharb a été individualisé au Miocène terminal suite à l'obstruction du sillon sud-rifain par la remontée isostatique du seuil de Taza et le glissement de la nappe pré-rifaine du Nord vers le corridor sud-rifain. En outre, l'instabilité de la marge pré-rifaine et le basculement dû à la surrection rifaine provoquent le déversement d'énormes quantités de matériaux terrigènes, souvent fins et le glissement d'un énorme olistostrome.

La moitié septentrionale du Gharb repose directement sur cet olistostrome alors que la moitié méridionale repose sur les formations de la Méséta occidentale formant le substratum autochtone du Rif.

V-LA LITHOLOGIE :

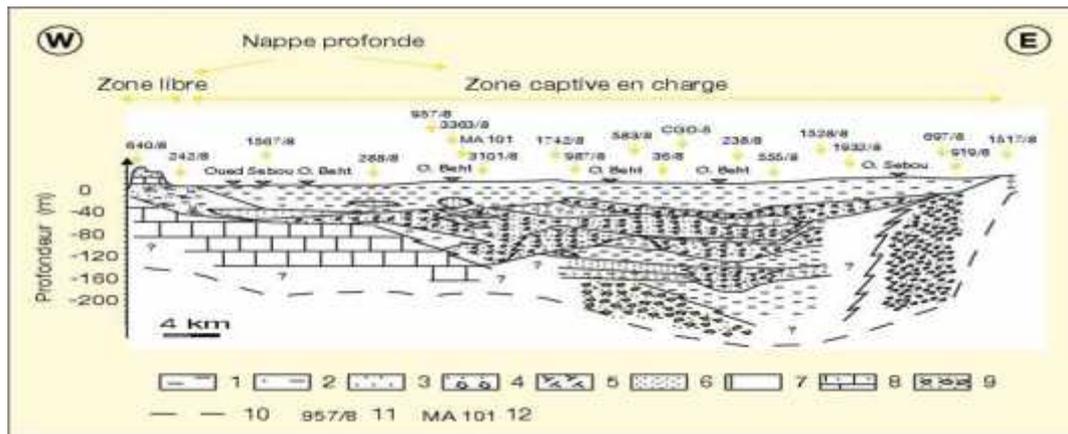


Figure 13 : Coupe géologique schématique.

La séquence du Gharb, composée essentiellement d'une série argilo-silteuse homogène, repose sur une topographie irrégulière (anticlinale et synclinale).

La série sédimentaire de ce bassin est caractérisée par une dominance des éléments silteux et colloïdaux. Les sables sont, la plupart du temps, très fins alors que les éléments grossiers (graviers et galets) se rencontrent sous forme d'amas lenticulaires dans les argiles de la fin de série.

VI-Contexte hydrologique

Le bassin Sebou est le collecteur terminal des eaux d'un bassin versant de 34 000 km² il représente 6% de l'aire du territoire national. Il abrite une population de l'ordre de 6.2 millions d'habitants.

Sur le plan géographique est délimité :

- Au nord par le bassin de Loukous,
- A l'est Bouregreg,
- A l'ouest Moulouya,
- Au sud Oum Errbia,

Ce bassin qui comprend globalement 30% des ressources en eau de surface du Maroc, est drainé par l'oued Sebou qui prend naissance dans le Moyen Atlas et parcourt environ 500 km avant de rejoindre l'océan Atlantique près de Kénitra situé au nord ouest du Maroc, le bassin du Sebou est marqué par un contexte géographique très diversifié :

Dans la partie amont du bassin, on trouve, au Nord, le massif du Rif s'élevant jusqu'à 2450 m, et au Sud la chaîne du Moyen Atlas,

Entre ces deux massifs, dans la région de Fès / Meknès, se situe la plaine du Saïss, et, plus aval, on trouve les affluents rive droite et rive gauche du Moyen Sebou que sont les oueds Ouergha et Beht, Dans la partie la plus avale, le bas Sebou est constitué d'une grande plaine alluviale, la plaine du Gharb, qui s'ouvre largement sur la côte Atlantique :

La plaine du Gharb constitue un collecteur naturel des eaux de surface. Sa morphologie plate (la majorité de la plaine ayant une côte inférieure à 12 m) défavorise l'évacuation des eaux de crues des oueds jusqu'à la mer. C'est ce qui rend cette zone fortement vulnérable aux risques d'inondations. D'ailleurs la construction des barrages d'Idriss 1^{er} (en 1973 sur l'Inouaène) et Al Wahda (en 1996) avait pour objectif, entre autres, de régulariser les débits à évacuer par l'oued Sebou et par conséquent limiter les risques d'inondation dans la plaine.

Le tableau 5 récapitule les superficies irriguées et les volumes consommés pour l'année 1992 (pour la Premier tranche d'irrigation PTI et la seconde tranche d'irrigation STI).

Tableau 10 : Superficies irriguées et volumes consommés en 1992

SECTEUR	PTI	STI
Superficie irriguée (ha)	16 276	22 903
Volume consommé (Mm ³)	121	147
Lame d'eau (mm)	743	642

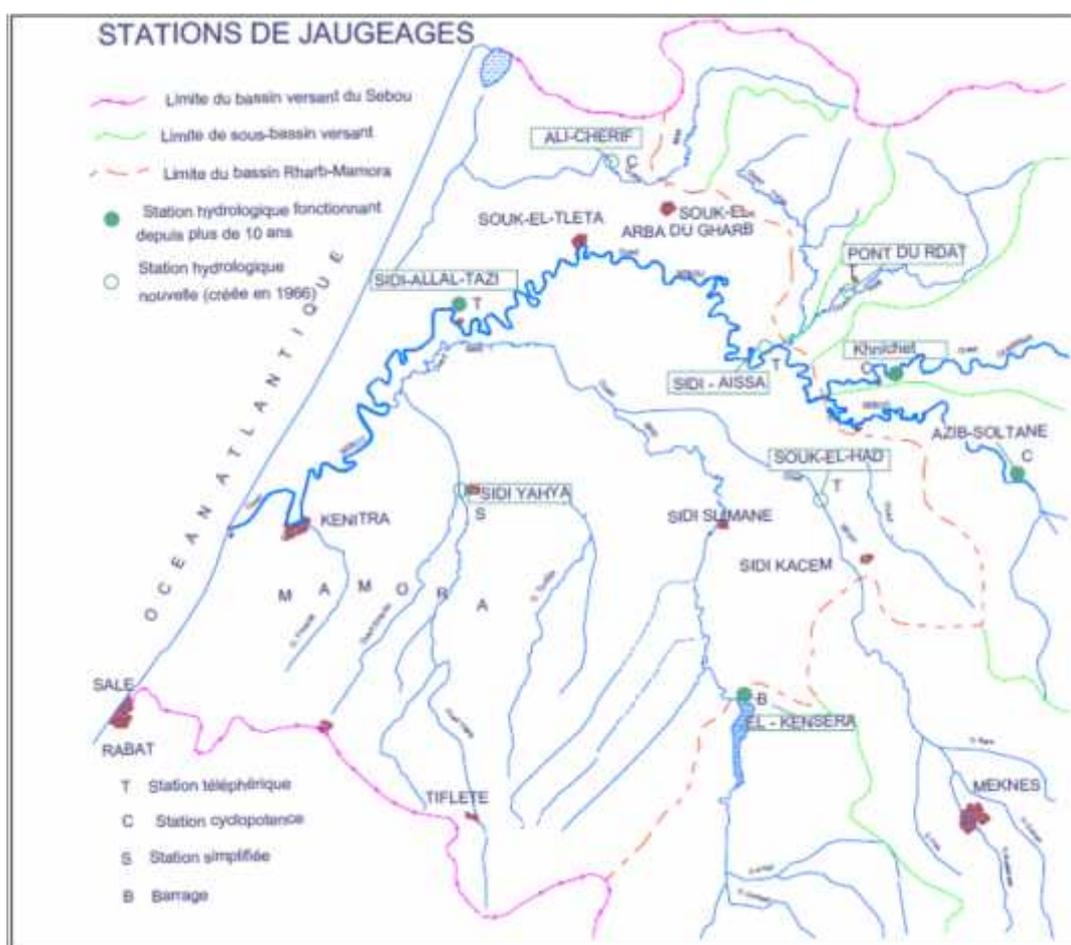


Figure 14 : Bilan hydrologique a l'entrée du bassin versant Gharb – Mamora (période 1932 – 1963)

VII- CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE :

L'étude hydrogéologique systématique du Rharb débute en 1940.

Le bassin de Gharb referme un important complexe aquifère. Il est limité :

- Au Sud par la plaine de Maâmora,
- Au Nord par le bassin de Dradère-Souïère,
- A l'Ouest par l'océan Atlantique,
- A l'Est par les affleurements conglomératiques constituant les limites du bassin.

Le complexe aquifère du Gharb dispose de plusieurs atouts dont voici les plus importants :

- Structure en dépression favorisant le drainage et le stockage des eaux souterraines,
- Aquifère puissant,
- Bonnes caractéristiques hydrodynamiques, entraînant des réserves et des productivités élevées,
- Conditions de réalimentation favorable avec des conditions climatiques favorables.

Ce complexe a toujours été considéré comme formé par deux unités aquifères : une nappe superficielle libre et une nappe profonde semi captive. Il est probable qu'il ne s'agisse que d'un seul aquifère avec alternance de niveaux plus ou moins perméables.

Le substratum général de ce complexe aquifère est constitué par le toit de l'épaisse série marneuse mio-pliocène dite communément des « marnes bleues ».

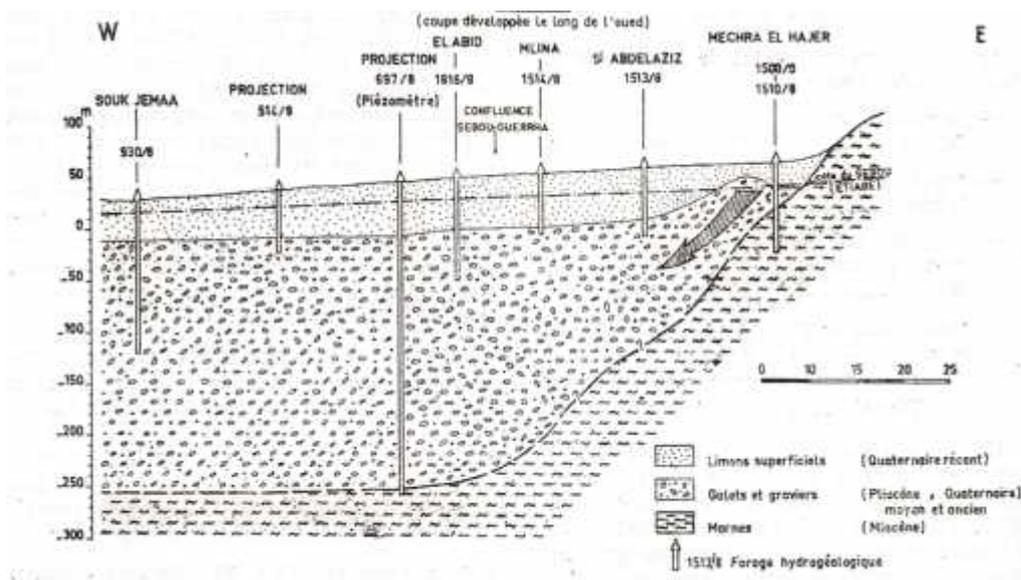


Figure 15 : La perte de Sebou dans la nappe profonde à l'entrée dans la plaine du Gharb

CHAPITRE 3 : TECHNIQUE DE DEGAGEMENT DES RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES

I- LES TECHNIQUES DE CAPTAGE :

Ils se font par plusieurs types de captages:

- Le puits,
- Le forage
- khetaras
- Source

Les puits : sont des ouvrages creusés manuellement en forme cylindrique généralement à des diamètres variables de 1,50 à 2,5 m avec des parois curatées en briques ou en béton ; leur profondeur est de l'ordre de 50 m et peut atteindre exceptionnellement une centaine de mètres. Pour l'exploitation des eaux souterraines à faible profondeur ils offrent l'avantage de faciliter l'entretien et d'abriter plusieurs équipements de pompage.

Les forages : de diamètre n'excédant généralement pas 0,5 m ils peuvent atteindre de grandes profondeurs. Ils sont réalisés en un temps record comparativement aux puits par des moyens mécaniques quel que soit la nature des terrains rencontrés ainsi que les débits et les pressions des eaux prospectées.

Le forage d'eau s'approvisionne dans un aquifère confiné par un aquiclude et mis sous pression à la faveur d'une zone de recharge. Le schéma qui suit montre que la recharge en eau de l'aquifère se fait à partir de la surface du terrain, créant dans l'aquifère une pression croissante avec la profondeur.

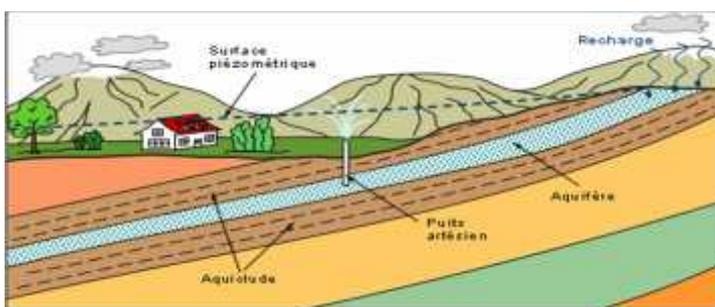


Figure 16 : Captage par forage Artésien

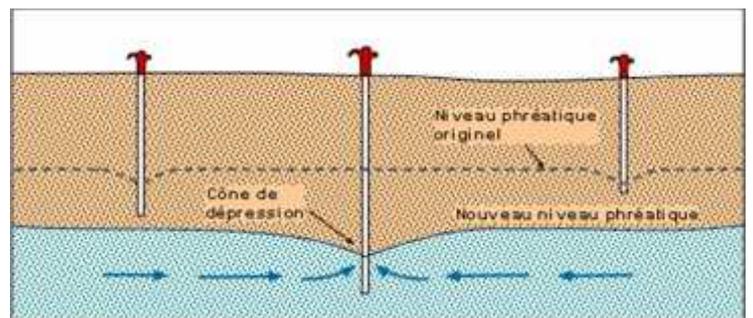


Figure 17 : Captage par forage dans une
nappe libre

Les Khettaras : aménagement de captage des eaux souterraines pratiques dans les régions du sud (tafilalt, Haouz ; Draa ; ou on en a dénombré dans le passé plus de 1300 totalisant une longueur de 1700km), ils sont constitués d'une série de puits généralement de faible profondeur connectés par des galeries drainantes et produisent une eau gravitaire. Ce type de captage est en voie de disparition par suite de développement de pompage.

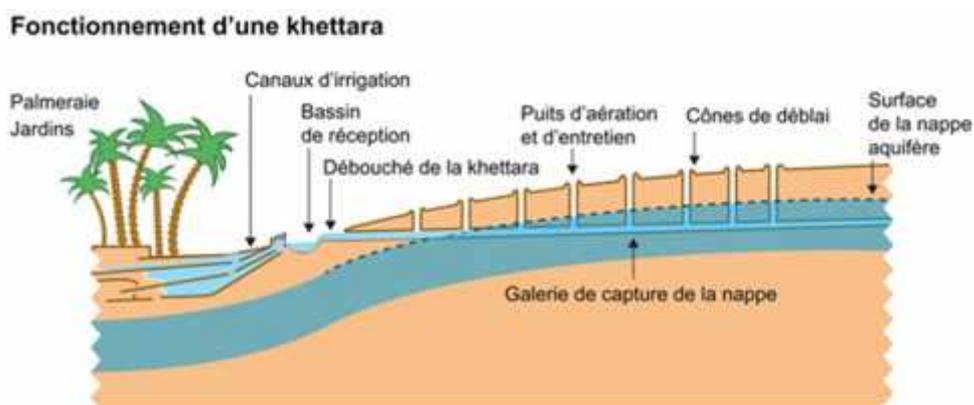


Figure 18 : Fonctionnement d'une khattara

Les sources : lieux d'apparition d'écoulement naturel d'eau souterraine à la surface du sol ; on en a inventorié plus de 20.000 dans le pays.

Le pompage dans un puits de surface a pour effet de former autour du puits un cône de dépression. Un excès de pompage abaissera le niveau phréatique et pourra contribuer à assécher d'autres puits avoisinants.

Si les puits artisanaux et les khattaras ont constitué de tout temps au Maroc le moyen de prélèvements traditionnels des eaux souterraines, technique dans lesquelles excellent les populations de certaines régions (dont le premier réalisé au Maroc remonte à 1917) est considérée comme une œuvre d'art complexe qui requiert non seulement de la technique mais surtout du talent.

II- TECHNIQUE DE FORATION :

Les méthodes de perforation utilisées pour la réalisation des captages d'eaux souterraines se groupent en deux grandes classes :

- percussion ou le battage
- la rotation
- Marteau Fond de Trou

II-1- la percussion ou le battage : c'est une méthode très ancienne (pratiquée par les chinois y'a déjà plus de 4000ans), adaptée aux terrains meubles (sable, alluvions) dans lesquels elle peut atteindre de grandes profondeurs (1000 m dans les loess).



Figure 19 : Foration par la méthode de battage carottage

Bien que peut utilisée, elle offre les avantages suivants :

- faible coût d'investissement en matériels,
- faible énergie consommé,
- facilite de mise en œuvre (moyens humains et matériels réduits, n'utilise pas de boue de forage),
- récupération aisée des échantillons de terrain,



Figure 20 : Récupérations des terrains argileux par la méthode de battage carottage

- facilite de perforation du terrain présentant des pertes d'eau,
- bonne verticalité des trous,
- faible cout des outils de perforation (reconditionnement facile et réalisable sur le chantier même).

Elle présent cependant deux inconvénients majeurs :

- faible vitesse de perforation
- non adaptable aux eaux jaillissantes.

On utilise le tube de diamètre 700 mm pour les terrains argileux seulement, et 500 mm pour les terrains dure et après on utilise de 400 mm.



Matériels utilisés dans la percussion ou le battage :

Figure 21 : Tricônes de foration

II-2 la Rotation : Cette méthode consiste à désagréger ou à découper le terrain à l'aide d'une couronne actionnée par un mouvement de rotation plus ou moins rapide. Elle utilise un fluide de foration (boue (bentonite + Eau), air) qui assiste la pénétration de l'outil, son refroidissement de la chaleur de frottement et l'évacuation en surface des déblais de terrain.

Il existe plusieurs techniques de foration utilisant la rotation, chacune adaptée aux terrains à forer (lithologie, cohérence, dureté).

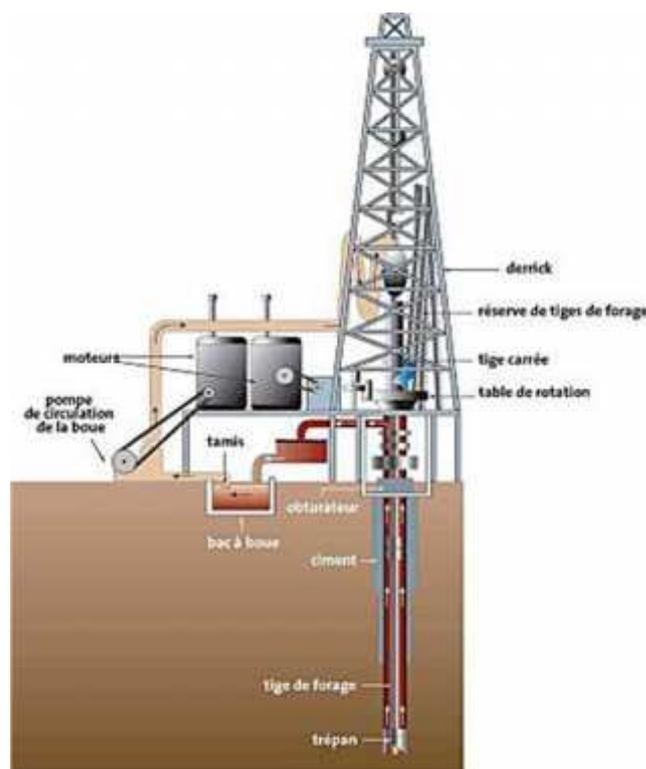


Figure 22 : Foration par la methode de rotation

II-2-1 Foration à l'air :

L'emploi d'air comprimé comme fluide de forage procure les avantages suivants :

- Plus grande vitesse de pénétration dans la roche dure et consolidée,
- réduction du poids sur l'outil,
- grande capacité de dégagement des débris de forage,
- facilite de forage dans les formations gonflantes,
- faibles besoin en eau.

La foration a l'air peut être pratique au rotary ou au marteau fond de trou.

II-2-1-1 Foration au rotary :

L'air comprimé est efficace dans les formations dures et stables (calcaire et dolomie) où la vitesse de pénétration est souvent exceptionnelle. La vitesse de remontée des débris, fonction de celle de l'air permet d'avoir un trou bien dégagé et propre. En cours de foration le débit d'air doit être ajusté pour maintenir une vitesse annulaire nécessaire à la remontée rapide des cuttings. Un excès d'air peut provoquer le phénomène de sur largeur au droit des formations tendres

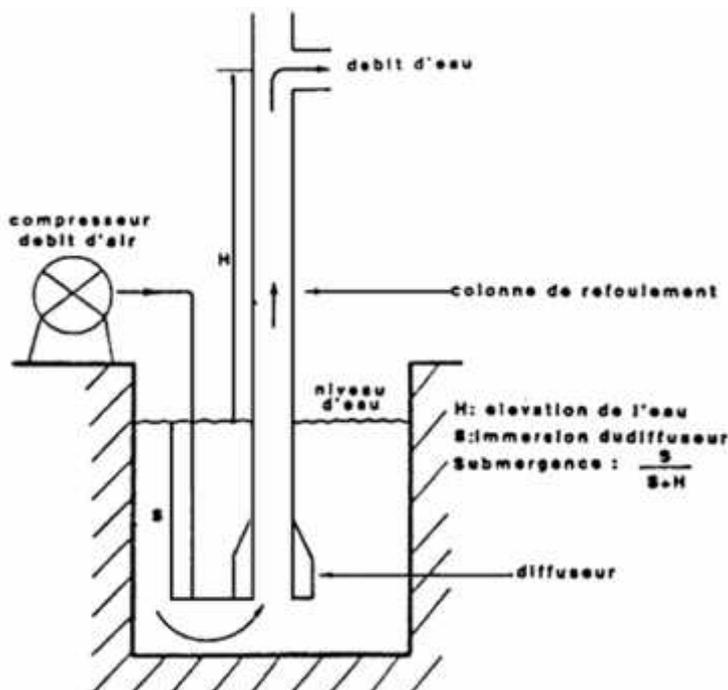


Figure 23 : Foration avec l'air comprime

II-2-1-2 Foration au marteau fond de trou :

Plus la pression de service d'air comprimé est élevée avec un marteau fond de trou moins on aura des risque de coincements. La plupart des marteaux fond de trou travaillent à des pressions comprises entre 4et 18bras.la vitesse de pénétration du marteau dans un terrain donné est fonction linéaire de la pression de service. Les fabricants des marteaux fournissent les courbes vitesses/pression de services de leurs outils.les deux méthodes de forages à l'air (rotary et marteau fond de trou) utilisent la mousse stabilisée comme fluide de foration.

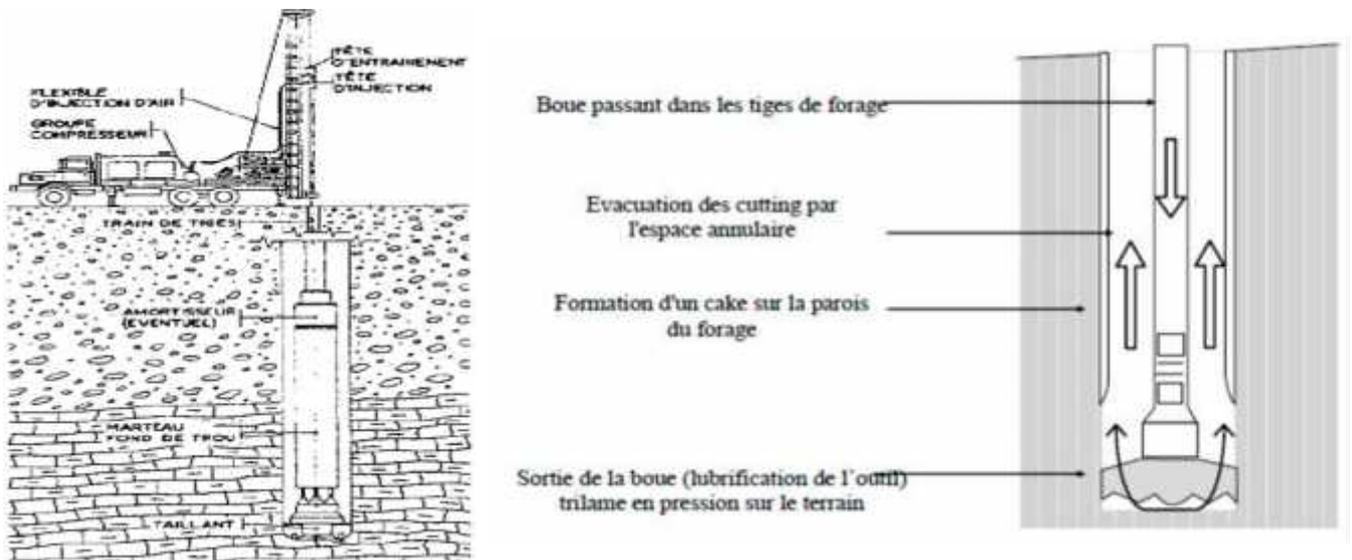


Figure 24 : La foration au marteau fond de trou (d'après DAMAT 1981)

II-2-2 Le forage à la boue: est pratiqué au rotary.

Le fluide est injecté dans le train de tiges par une pompe à boue; il sort des orifices de l'outil sous pression et remonte en surface, ramenant en suspension les cuttings de terrains forés.

La circulation du fluide s'effectue selon deux circuits distincts :

- ❖ En circulation direct: le fluide est amené dans la tête d'injection et remonte dans l'espace annulaire entre la tige et la paroi du trou de forage. Cette technique n'est utilisable que pour des diamètres limités, la vitesse d'écoulement de la boue dans l'espace annulaire ne pouvant être augmentée indéfiniment, le cout des pompes à boue nécessaires devenant prohibitif.
- ❖ En circulation inverse: la boue est injectée dans l'espace annulaire, pénètre dans l'outil et remonte au jour chargée de déblais à l'intérieur de la tige. Cette technique est adaptée au forage à des diamètres élevés pouvant attendre 2,5m. La circulation de la boue se fait selon trois procédés: Conter flush (envoi de la boue sous pression en tête du trou de forage au moyen d'une pompe), par dépression

(aspiration de la boue hors de la tige), par air lift (injection de l'air dans la tige courte distance au-dessus de l'outil).

La vitesse de pénétration dans la roche est fonction de la nature du matériau des dents du tricône, de la vitesse de rotation de celui-ci et du poids des tiges et masses tiges qu'il supporte.

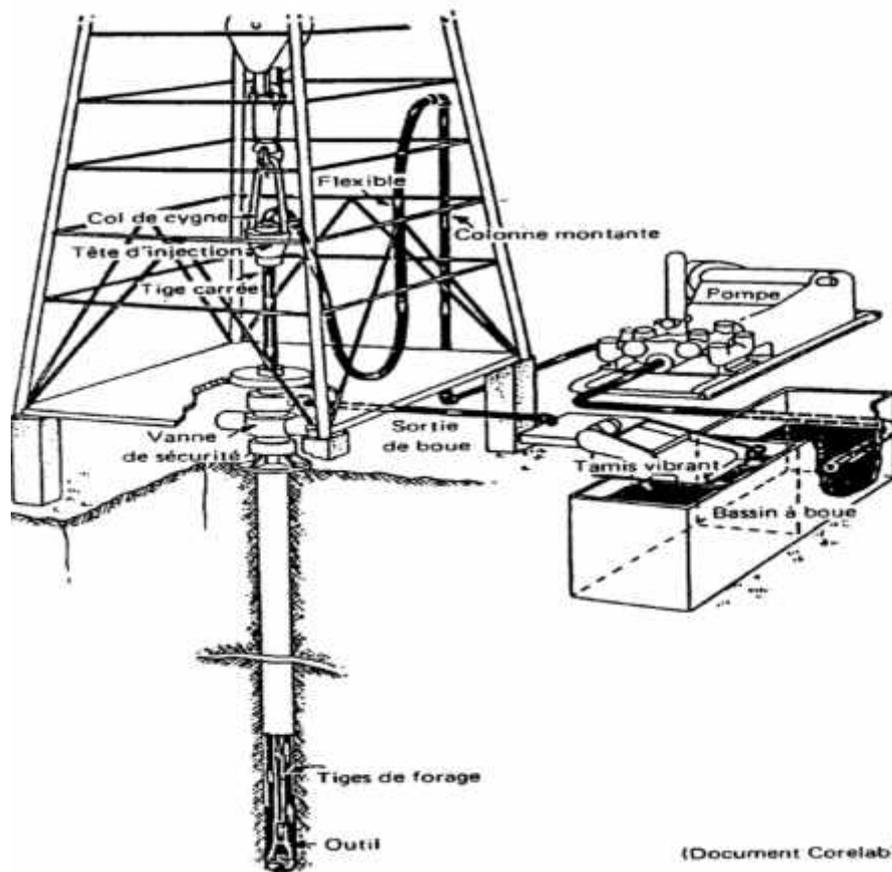


Figure 25 : Foration à la boue avec l'utilisation d'une pompe

III -Type d'équipement :

Le revêtement des ouvrages a pour objet :

- le maintien en place des parois de l'ouvrage au cours des travaux de sa réalisation et de son exploitation,
- d'isoler les parties de terrain comportant des risques pour l'ouvrage (éboulement, niveau d'eau sale),
- d'abriter les équipements de pompage et les protéger contre les risques d'écroulement des terrains des parois.

Le revêtement est constitué de tube arrondis mis en place à partir de la surface.



Figure 26 : Le revêtement des ouvrages avec des tubes qui sont soudés l'un avec l'autre

III-1 Tubage plein :

-Le revêtement des forages est couramment pratique avec des tubes en acier ordinaire que l'on cimente aux parois du terrain ; le seul fait de le cimenter lui procure une ceinture étanche qui le protège dans la plupart des cas du phénomène de corrosion. Il est choisi parmi les matériaux dont la durée de vie est la plus longue possible.

-Les aciers contenant plus de 11% de Cr ou contenant du Ni résistent bien à la corrosion. De coût plus élevé que les aciers au carbone.



-La composition chimique de l'eau à capter préside au choix du matériau du tubage .En milieu agressif, la corrosion agit sur le tube en réduisant l'épaisseur dans le temps.

Figure 27 : Les tubages pleins

III-2 Tubage crépine :

Les crépines sont des ouvertures pratiquées dans le tubage permettant le déversement de l'eau de la nappe à l'intérieur du tubage. Deux types de crépine sont couramment utilisés :

il s'agit des crépines à nervures repoussées et des crépines à fil enroulé.

-Les crépines à nervures repoussées: le % de vide calculé selon la surface ouverte dépend de :

- La largeur de nervure,
- La longueur de nervure,
- L'ouverture de nervure,
- L'espacement des rangées de nervures.

– Les crépines à fil enroulé(en acier galvanisé ou en inox) :

Sont recommandées dans les conditions suivantes :

- Formations aquifères à lithologie fine ou très fine,

- Eau agressif



Figure 28 : Les tubes crépines

III-3 Gravier filtrant :

Le gravier filtrant a pour fonction essentielle de retenir la formation exploitée tout en augmentant la perméabilité dans la zone annulaire comprise entre l'aquifère et le tubage de captage.

Sa composition minéralogique (forte teneur en silice, teneur maximale en calcaire 5%)

L'utilisation d'un massif de gravier est indispensable dans les conditions du terrain suivantes :

- Aquifère non consolidés constitués de sable fine très homogènes. la mise en place du gravier filtrant permet de choisir une ouverture plus grande de la crépine et donc d'augmenter le débit de l'eau pompée, de réduire les pertes de charge et les risques de venues de sable et d'érosion des ouvertures des crépines.
- Aquifère non consolidés constitués de plusieurs couches de granulométries différentes séparées par des intercalations imperméables.
L'adaptation d'une crépine à chaque horizon étant difficile, on réduit ainsi le risque d'erreur en utilisant une ouverture et un gravier filtrant en rapport avec la couche la plus fin.
- Aquifère non consolidés constitués de sable grossier et de gravier très hétérogène permettant l'auto-développement. Le gravier bien que facultatif est utile pour jouer le rôle de stabilisateur et prévenir l'éboulement dans l'espace annulaire ainsi que les risques de déformation du tubage de captage.

- Aquifère consolidés : rôle de stabilisateur de la formation et empêche la désagrégation de l'aquifère pendant l'exploitation.



Figure 29 : Gravier filtrant

La mise en place du gravier filtrant :

- contrôle de dimension,
- contrôle de sphéricité et de rondeur
- %des impuretés : si nécessaire, le tamisage et le lavage doivent être faits au chantier pour éliminer les particules fines pouvant obstruer les ouvertures d'un tube crépine.

Contrôle de la qualité siliceuse du gravier (réaction a HCL pour apprécier le taux des impuretés calcaires).

III-4 Cimentation :

Il a pour objet de :

- sceller le forage au terrain, maintenir un tubage entre deux cotes, Assurer l'étanchéité des formations au droit du tubage, colmater les pertes indésirables.

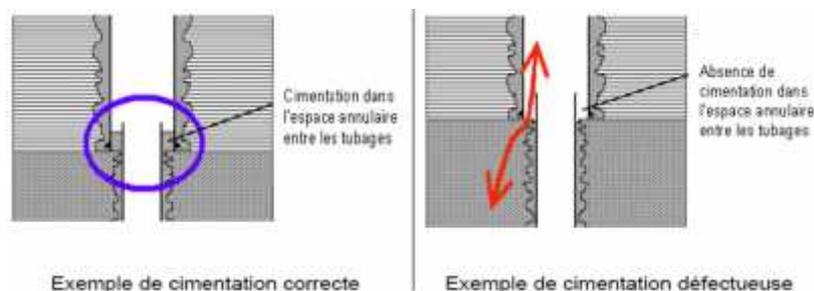


Figure 30 : Détail de cimentations (source documentaire BRGM)

Le fait pour le forage d'être cimenté le protège contre la corrosion.

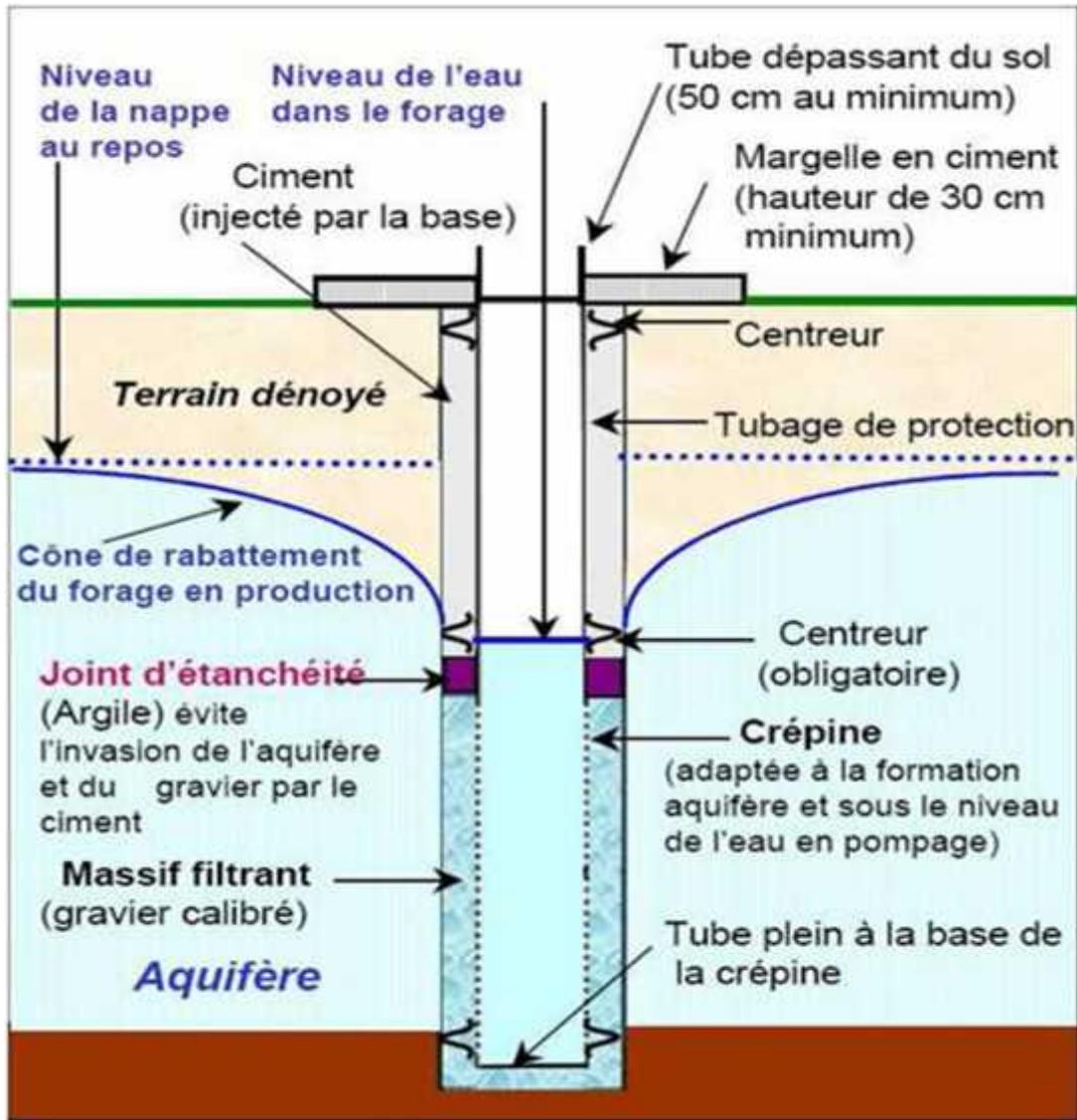
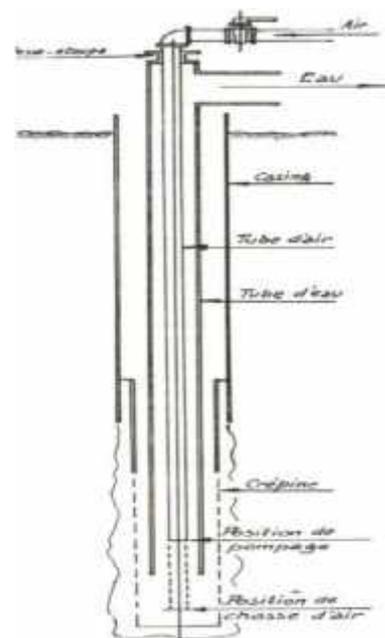


Figure 31 : Tous les types d'équipements

IV- Phase de développement :

Le développement d'un forage consiste à entreprendre les opérations nécessaires permettant l'obtention d'une eau exempte de particules solides et de turbidité au débit maximum escompte pouvant être fourni par l'ouvrage, il a pour buts :

- d'accroître la perméabilité naturelle de l'aquifère en créant autour de la crépine une zone graduée des matériaux granulaires du sol,
- d'améliorer la capacité spécifique du forage,
- d'éliminer le cake ou le fluide de forage qui protège sa paroi et tout ce qui a pénétré dans la formation,



de la
ce

De produire une eau exempte de matière solide avec un débit spécifique maximum.

Les différentes méthodes de développement d'un forage sont :

- 1-le lavage à l'eau claire par circulation d'eau ou moyen de la pompe a boue,
- 2-le nettoyage par pistonnage : on pratique a la colonne d'eau dans le forage un mouvement vertical de va et vient au moyen d'un piston descendu avec les tiges dans le tubage.
- 3-le développement pneumatique (ou a l'air lift), ce procédé combine l'action de flux et de reflux de l'aquifère autour de la crépine provoquée par de grande volumes d'aire introduit dans le forage. Il nécessite un équipement constitue de tube d'air et de tube d'eau et une tête de sortie d'eau, ainsi qu'un compresseur devant développer une pression suffisante pour relever l'eau jusqu'à la surface du sol.

V-POMPE D'ESSAIS :

V- 1 Le principe :

Le principe d'un essai de pompage et le suivant : si l'on pompe un forage a un debit connu, et si on mesure les rabattements dans le forage et dans des piezometres situes a des distances connues du puits pompe on peut utiliser les differentes mesures prises dans le temps pour obtenir les caracteristiques hydrauliques de l'aquifere a l'aide des equation appropriees.

V-2 Etudes préliminaires :

Avant de faire essai de pompage, on devrait connaitre diverses informations géologiques et hydrauliques :

- les caractéristiques géologiques du sous-sol.
- le type d'aquifère qui sera pompe, ses zones de recharge et de décharge, son épaisseur et son étendue.
- l'existence de frontières imperméables, ou a charge hydraulique constante.
- les mouvements de l'eau souterraine dans les aquifères.
- le bilan hydrogéologique (base annuelle) de l'aquifères que l'on propose d'exploiter et une évaluation préliminaire de l'impact du projet propose sur la ressource en eau souterraine renouvelable, son exploitation à long termes et les réserves.
- les variations des niveaux piézométriques dans l'aquifère à pomper, et leurs causes.

V-3 Les mesures effectuées :

Mesure des rabattements :

Les niveaux piézométriques doivent être mesures périodiquement avant, pendant et après l'essai de pompage, afin d'évaluer correctement les rabattements.

Rabattement = niveau dynamique de l'eau – niveau statique

Mesure pendant l'essai de pompage :

Les niveaux d'eau dans les tuyaux des piézomètres et dans le puits pompe doivent être relevés périodiquement. Comme les variations sont plus rapides au début de l'essai de pompage ou de l'essai de remontée, les relevés doivent être plus fréquentes. On suggère les séquences suivantes :

a) pour le puits pompe : mesures toutes les 30s pendant les 5 premières minutes, puis au minimum a 10, 20, 40, 60, 90,120 min .puis toutes les heures ;

b) pour les piézomètres : mesures 30s ,1min,2,4,6,8,10,15,20,30,45,60,90,120min puis toutes les 30 minutes jusqu'à 6 heures, ensuite toute les heures.

Ces séquence sont valables aussi bien pour la phase de pompage que pour la phase de remontée .après 48 heures, on peut se limiter a trois relevés par jour, sauf dans les zones d'influence de la marée ou d'influence d'un « réservoir » d'eau de surface a niveau variable.

V-4 Type de pompe d'essais :

Essai par palier :

L'objectif de cet essai :

- Evaluer les caractéristiques du complexe aquifère /ouvrage de captage :
 - perte de charge dans l'ouvrage et son environnement direct,
 - débit spécifique (m³/h) et rabattement spécifique (m³/h),
 - débit critique,
 - productivité,
- Déterminer la courbe caractéristique de l'ouvrage (rabattement en fonction du temps).

Réalisation d'essais par palier :

-noter l'heur de démarrage du premier palier,

-en fin du palier et avant arrêt du pompage, contrôle de la sonde manuelle du niveau dynamique, pr2 Essai de longue durée (essai de la nappe) :

Durée de pompage : la durée (72h au minimum) doit être suffisamment longue pour que l'effet de capacité du forage soit dépassé.

celui-ci est fonction du diamètre du puits et de la transmissivité de l'aquifère.

Enlèvement de l'eau pour l'analyse.

VI- DIAGRAPHIE :

VI-1 Définition des diagraphies

Les diagraphies sont l'enregistrement en continu d'un certain nombre de paramètres physique : résistivité, conductivité, radioactivité naturelle ou induite, densité, vitesse du son, polarisation spontanée, porosité, diamètre, du trou de forage, résistance de prise, température et salinité. Ces paramètres traduisent partiellement du moins la constitution lithologique des formations traversées. Les lois en sont connues, des équations les matérialisent et des catalogues de données fournissent les réponses caractéristiques de chaque constituant minéral pur pour chaque diagraphie.



Figure 32 : Atelier de diagraphie (unité mobile)

VI-2 Rôle des diagraphies :

Les diagraphies différées constituent l'un des outils les plus fréquemment utilisés en exploration pétrolière. Leur rôle historique et fondamental dans la détection des hydrocarbures, leurs applications géologiques n'ont cessés de se développer avec l'apparition de nouveaux procédés d'enregistrement et de techniques d'interprétation plus élaborées.

Dans un premier temps elles sont limitées à la détermination, souvent sommaire, de la lithologie et à l'établissement de corrélations, elles servent aussi à l'étalonnage des prospections géophysique de surface, après l'utilisation des diagraphies s'est étendue à la reconnaissance de nombreux phénomènes géologique : cycles de dépôt, environnement et discontinuités sédimentaires, structuration des couches, état de compaction des séries, etc.

Complémentaire de l'analyse sédiment logique et de la stratigraphie sismique, la méthode diagraphique se situe à une échelle d'observation intermédiaire entre ces deux techniques.

L'apport des diagraphies dans l'étude des phénomènes sédimentaires en passant en revue les différentes étapes de cette approche :

- ✓ Détermination de la lithologie

- ✓ Caractérisation des faciès diagraphiques
- ✓ Analyse séquentielle
- ✓ Interprétation diagraphique des milieux de dépôt

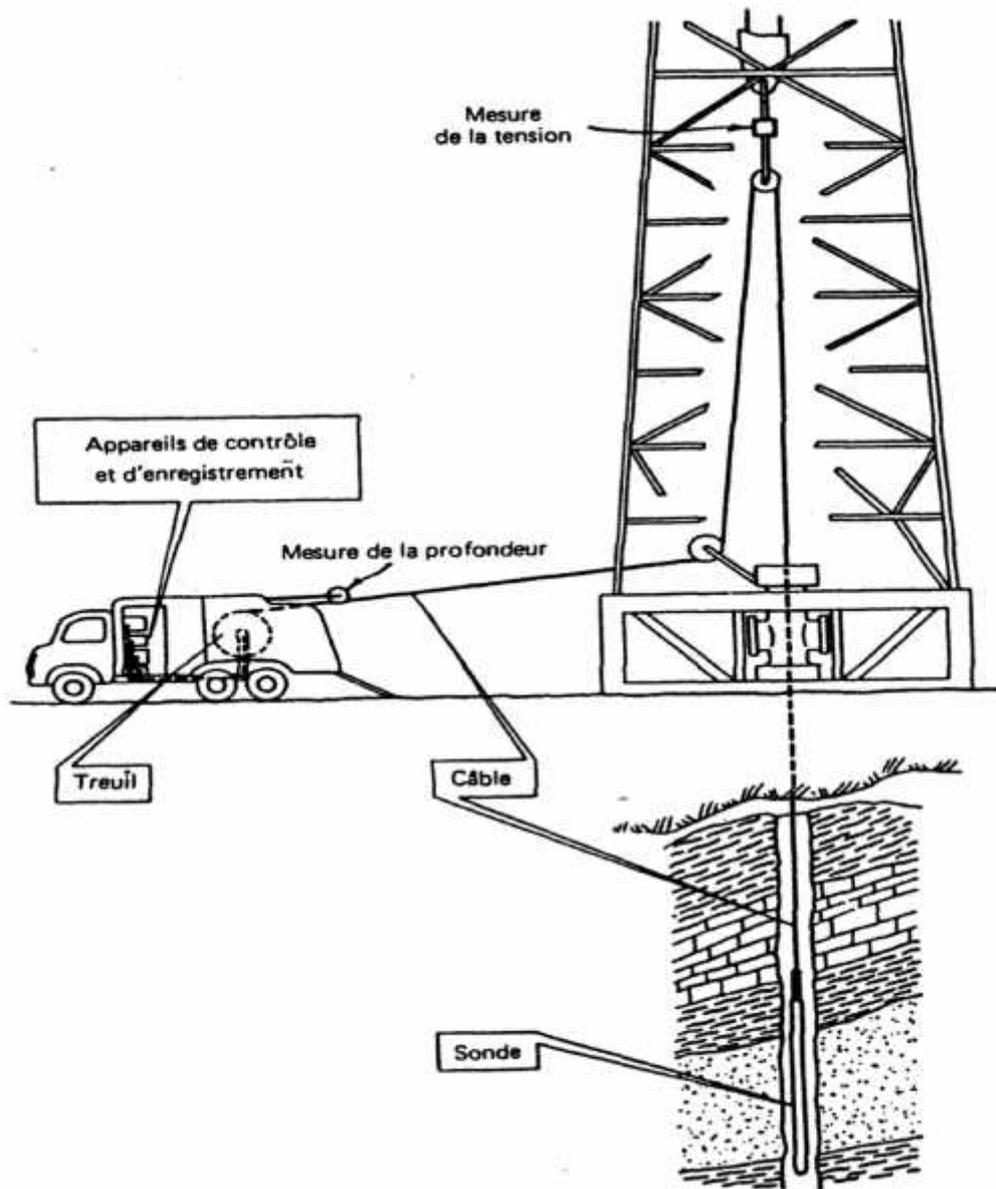


Figure 33 : Illustre le système d'acquisition des diagraphies dans les forages

VI-3 Différents types de diagraphie et leur utilisation :

Tableau 6 : différents types de diagraphies et leurs essentielles utilisations

Rayon Gamma	<ul style="list-style-type: none">✓ Lithologie et corrélations stratigraphiques.✓ Indicateur d'argile.✓ Recherche et évaluation des minéraux radioactifs-Lithologie et corrélations stratigraphique.✓ Indicateur d'argile.✓ Recherche et évaluation des minéraux radioactifs.
Résistivité	<ul style="list-style-type: none">✓ Mesure la résistivité de la formation✓ Texture✓ Faciès✓ Indicateur de la salinité✓ Corrélation
Polarisation spontanée	<ul style="list-style-type: none">✓ Mesure la différence naturelle de potentiel✓ Résistivité de l'eau de formation✓ Indicateur de la perméabilité✓ Faciès✓ Corrélation
Neutron (Radioactivité provoquée)	<ul style="list-style-type: none">✓ Indicateur de porosité✓ Mesure le contenu en eau de la formation✓ Lithologie
Sonic	<ul style="list-style-type: none">✓ Mesure la capacité de la formation à transmettre les ondes acoustiques✓ Indicateur de la lithologie✓ Texture et-la porosité
Diamètreur	<ul style="list-style-type: none">✓ Mesure le diamètre et la forme du trou de forage✓ Equipement du forage✓ Indicateur des zones fracturées

IV-3-1 Sonde diamètreur :

a-Principe :

- Permet la mesure précise du diamètre des forages et /ou de leur équipement.
- C'est une sonde munie de trois bras palpeurs qui se ferment lorsque le diamètre diminue et qui s'ouvrent lorsque celui-ci augment. Elle transmet à la surface un signal de fréquence variable directement proportionnelle à l'ouverture des bras de la sonde.

- La mesure s'effectue en continu à la remonté de la sonde.
- Le diamètre est calibré en surface à l'aide de deux anneaux spéciaux.

b- Applications principales :

- Calcule des paramètres nécessaire à l'équipement du forage (volume de ciment, de graviers etc.)
- Indicateur de zones fracturées.
- Mesure in situ du diamètre du tubage (déformation, déchirures, écrasements etc....)

c- conditions d'utilisation :

- En trou nu ou tubé.

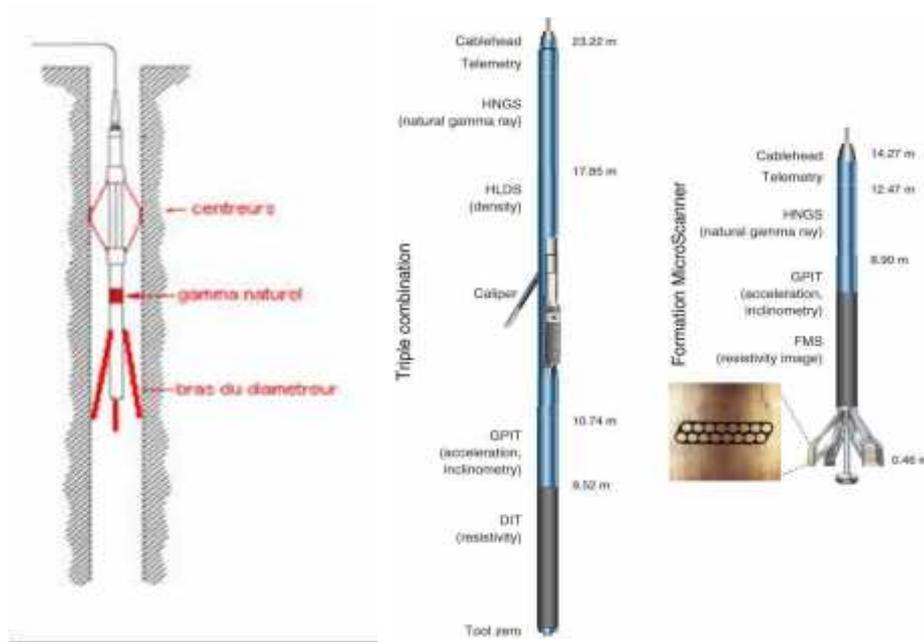


Figure 34 : Sonde « multi-paramètres »



Figure 35 : Sonde « diamètreur »

La Sonde diamètre (CAL3) : Le diamètre peut être utilisé seul ou combinaison avec d'autres sondes comme la déviation, la température et la conductivité, le gamma naturel, etc.

V-3-2 Sonde de résistivité :

a-Principe :

-Les diagraphies de résistivité ont été développées pour la recherche d'hydrocarbures.

-C'est encore leur utilité principale. Cependant, la résistivité de la formation est un des paramètres géophysique typiques et peut contribuer à donner des informations sur la lithologie, la texture, le facies, les problèmes de surpression, et les roches mères à hydrocarbures.

Il est indispensable que le forage ne soit pas tubé (trou nu), et qu'il soit rempli de fluide conducteur (eau ou boue de forage).

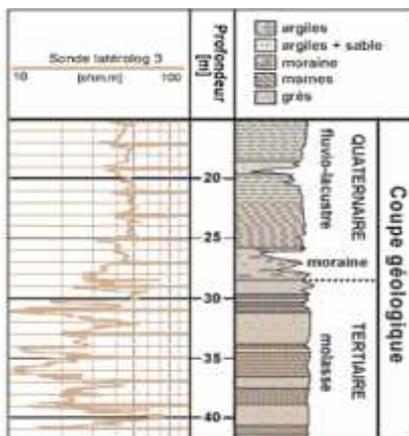


Figure 36 : Enregistrement de la résistivité

Figure 37 : Sonde de résistivité

III-3-3 Sonde Gamma Ray

- Ce type d'outil mesure la radioactivité ambiante de la formation. Les radiations proviennent de l'existence naturelle de noyaux d'Uranium 238 ou Potassium 40.
- La diagraphie Gamma Ray (GR) donne une mesure de la radioactivité de ces trois éléments groupés sans distinction.
- Le «Spectral Gamma Ray» montre pour chacun des éléments sa distribution quantitative.
- La signification géologique de la radioactivité réside dans la distribution de ces trois éléments Uranium, Thorium et potassium.

Parmi les roches sédimentaires, ce sont les argiles, les phosphates, granites qui possèdent le plus fort taux de radioactivité.



Figure 38 : Sonde de Gamma naturel

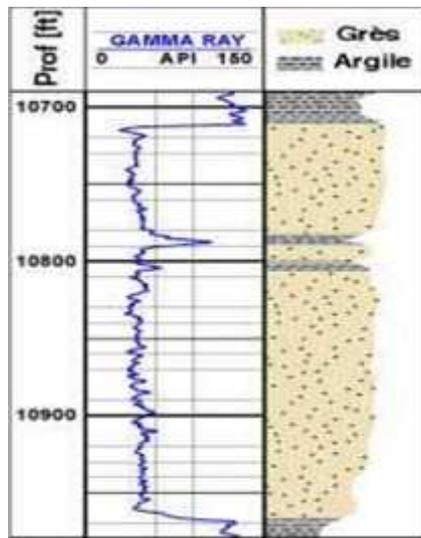


Figure 39 : Enregistrement de Gamma naturel

a-Les principales utilisations :

Le Gamma Ray est encore utilisé principalement pour les calculs de volume d'argile. Qualitativement, l'enregistrement est souvent utilisé pour la corrélation, les faciès et l'argilosité du milieu. Le Spectral Gamma Ray peut être utilisé pour calculer le volume de minéraux, identifier les argiles et les minéraux détritiques, indiquer l'environnement de dépôt, suggérer les zones de fracture et les intervalles de roches mère.

En fait les principales roches réservoirs peuvent être classées selon leur degré de radioactivité. Le rayonnement gamma apporte des informations lithologiques et met bien souvent en évidence les niveaux imperméables qui sont des bancs d'argiles qui constituent les limites des réservoirs dans le sous-sol.

TABLEAU 7 : DEGRE DE LA RADIOACTIVITE DES ROCHES

Roches à radioactivité élevée	Granites potassiques et roche en découlant, Certain sables et grés riches en minéraux accessoires à Uranium et Thorium, Phosphate, Evaporites potassiques, La plupart des argiles, Schistes noirs.
Roches à radioactivité moyenne	Grés et sable, Gneiss.
Roches à radioactivité faible	Calcaires et dolomies, Charbons en général, Evaporites sans potassium, halite, anhydrite, Roches basique et ultrabasique.

c-Applications principales :

- Lithologie et corrélations stratigraphique,
- Indicateur d'argile, distinction des zones argileuses et moins argileuses,
- Recherche et évaluation des minéraux radioactifs,
- Calcul du pourcentage d'argile à partir du log de gamma ray,

Chapitre 4 : Réalisation de forage dans la région de Mechaa Belkssiri

Introduction :

L'office national de l'eau et de l'électricité (ONEE Rabat) a confié avec l'entreprise SJS Maroc Forage Eau pour la recherche de la mobilisation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable des populations dans la région Mechaa Belkssiri douar Ouelad Nacer Province Sidi Kacem.

Le choix de l'appareillage a été fait en fonction des objectifs à atteindre et la nature des terrains traversés. Les travaux ont été réalisés selon les règles de l'art à l'aide d'un atelier de forage rotary à la boue en circulation normale.

Les principaux objectifs de ces travaux sont les suivants :

- 1.- Détermination du diamètre du sondage et tuyauteries existantes dans celui-ci.
- 2.- Contrôle de qualité de l'exécution du sondage, et de sa déviation.
- 3.- Détermination de la lithologie du sondage.
- 4.- Détermination des conditions hydrogéologiques du sondage se référant à :
 - Existence d'aquifères détectés.
 - Puissance et épaisseur des aquifères détectés.
 - La qualité chimique de l'eau existante dans les aquifères détectés.
- 5.- Positionnement des tubages filtrants dans les aquifères détectés au sondage.

Pour la détermination des objectifs précédents on a recours à la réalisation d'enregistrements avec l'obtention des paramètres suivants :

- Gamma ray.
- Polarisation spontanée.
- Résistivité : petite normal 16'', grande normale 64'' et mono électrode.
- Conductivité absolue et différentielle.
- Température absolue et différentielle.
- Diamètre du tubage.
- Diamètre du trou.
- Inclinaison du trou.

La tâche de diagraphe a été confiée à l'entreprise CIAL dans le cadre du marché n°829.

I-Foration du forage :



Figure 40 : forage d'étude

Les travaux ont été exécutés de la manière suivante :

- Installation du chantier,
- Foration au diamètre de 24'' (60,96cm) de 0 à 214 m,
- Foration au diamètre de 17''1/2 (44,45cm) de 214 à 286 m,
- Foration au diamètre de 8''1/2 (21,59cm) de 286 à 318m,
- Profondeur total 318 m.

I-2 Consistances des travaux :

De	a	''	(cm)	(mm)	Mode de forage	Fluide de forage
0.00	214	24''	60,96	610	Rotary	Boue
214	286	17''1/2	44,45	444	Rotary	Boue
286	318	8''1/2	21,59	216	Rotary	Boue

Le type de foration dépend de la nature du terrain.



I-3 Coupe lithologique :

Figure 41 : La lithologie du forage

De	A	Libelle
0.00	6.00	Terre végétale argileux
6.00	48.00	Marnes grises
48.00	80.00	Galet fins
80.00	83.00	Galet sableux
83.00	92.00	Sables
92.00	107.00	Galets fins avec sables
107.00	118.00	Marnes grises
118.00	120.00	Galets fins
120.00	128.00	Marnes grises sableux
128.00	130.00	Galets fins
130.00	210.00	Sables argileux
210	252.00	Sables rouges
252.00	265.00	Sables
	283.00	Sables fins avec galets fins

265.00	318.00	Argiles marneux
283.00		

II-EQUIPEMENT DE DIAGRAPHIE :

L'équipement de vidéo-télévision peut utiliser les sondages géophysiques pour la réalisation de diagraphies du diamètre, la température, la conductivité, la déviation, le gamma naturel, etc.

L'équipement incorpore un ordinateur portable et une imprimante à couleurs pour l'obtention et l'élaboration postérieure de données et d'impression finale.

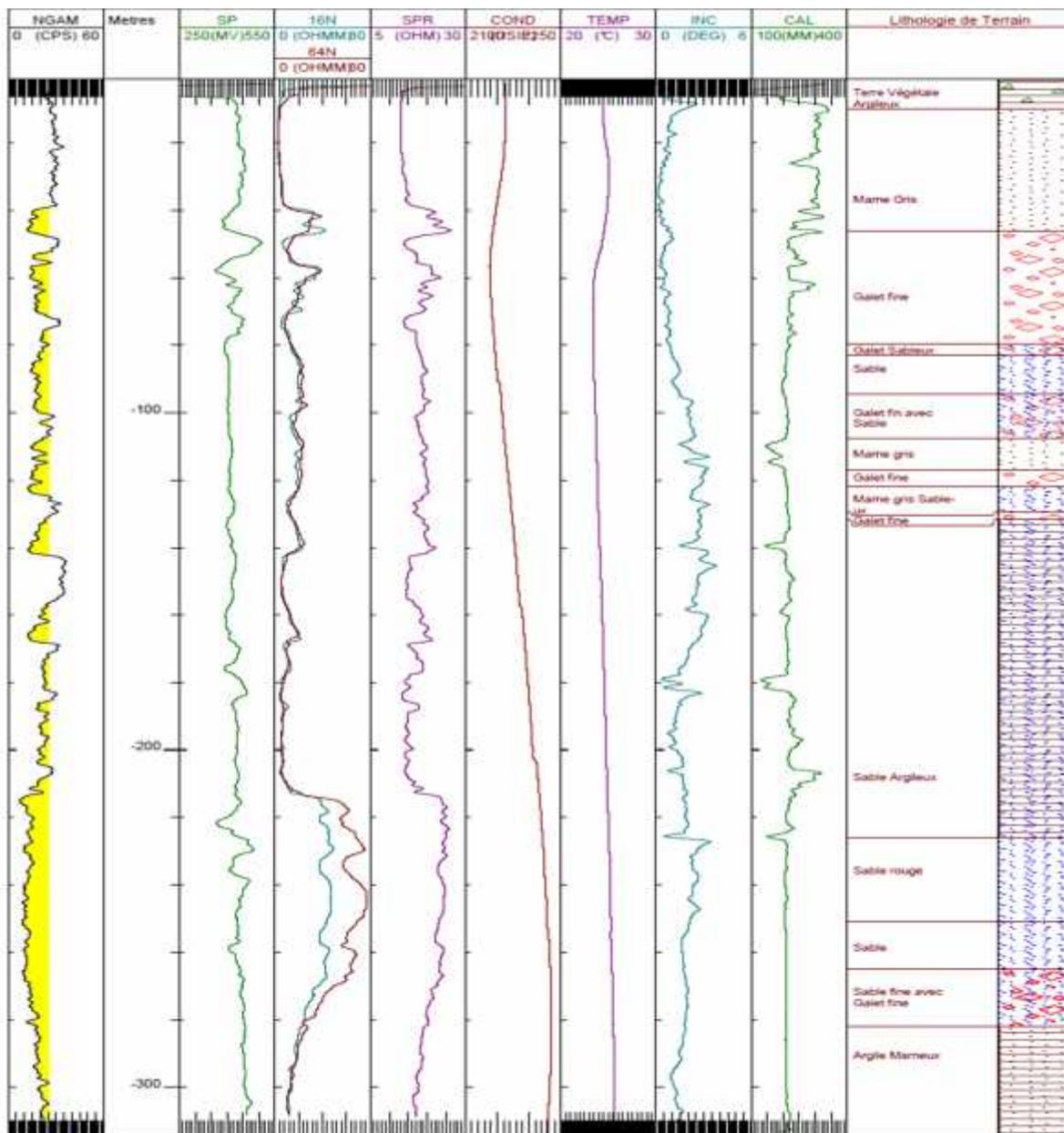


Figure 42 : La diagraphie du forage

L'obtention des paramètres correspondants aux diagraphies de gamma naturel, de potentiel spontané, de résistance 16'' y 64'', de température, de conductivité, de verticalité, d'orientation, Azimuth et de diamètre, se réalisent en deux opérations.

Le premier enregistrement qui se réalise correspond aux diagraphies de potentiel spontané, de résistance mono électrode, de résistances normales de 16'' et de 64'' et gamma naturel.

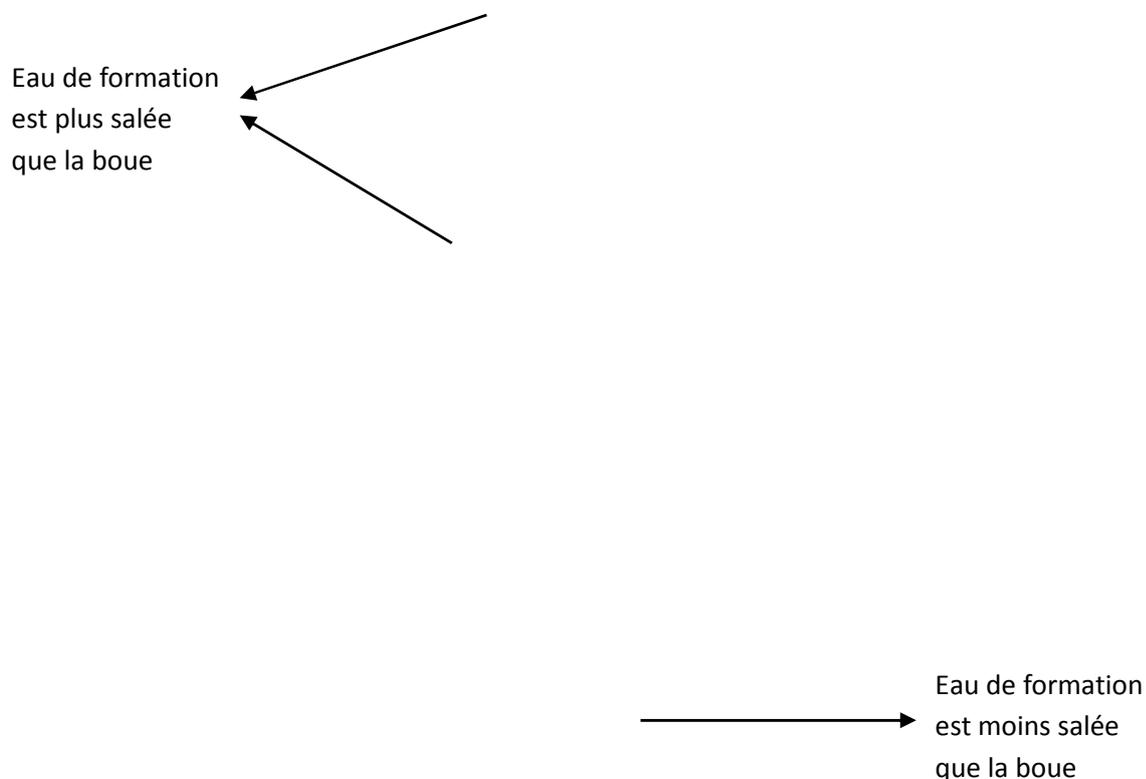
Le deuxième enregistrement qui se réalise correspond aux diagraphies de température, de conductivité, de diamètre du sondage, d'inclinaison, d'orientation et d'Azimuth.

La présence potentielle d'aquifères et la qualité de l'eau :

La présence de deux liquides de différente composition chimique, comme sera l'eau du propre aquifère et l'eau provenant du filtrage de la boue, une fois en contact provoquent un mouvement d'anions et de cations.

Ce mouvement d'ions est une des conséquences de la génération du potentiel spontané.

L'enregistrement de potentiel spontané nous montre dans les diagraphies une série de déflexions ou bien positives ou négatives qui maintiennent une relation spéciale avec la composition chimique de l'eau de l'aquifère. Celles-ci dépendent de si la salinité de l'eau de l'aquifère est supérieure ou inférieure à celle provenant du filtrage de la boue «ligne de base des argiles».



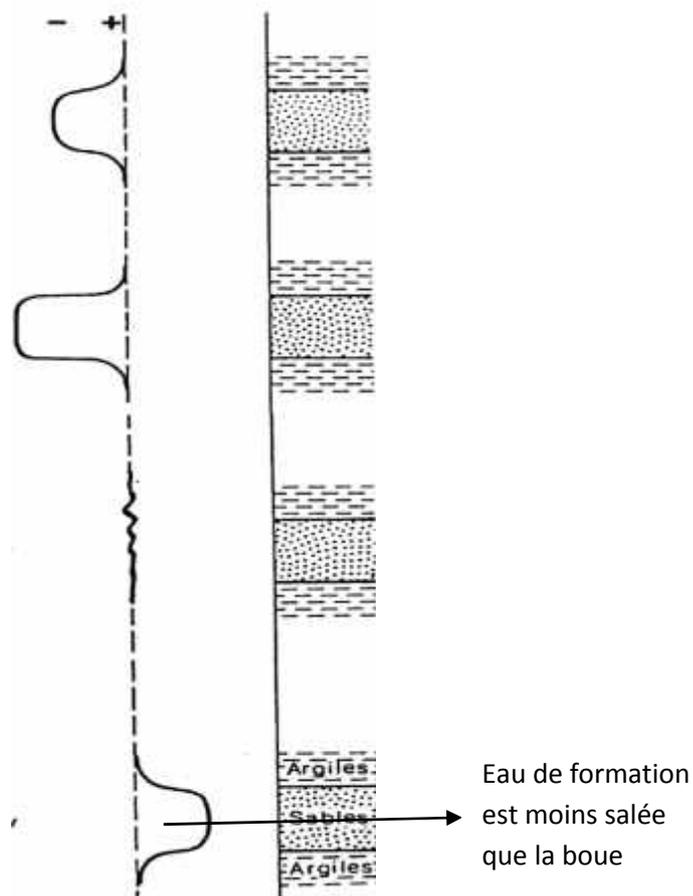


Figure 43 : Ligne de base d'argile

II-1 Réalisation des enregistrements diagraphiques, de gamma ray (NGAM), polarisation spontanée et de résistivité (SPR).

Gamma ray (NGAM) :

Les paramètres correspondant à cet enregistrement se réalisent pendant que la sonde descend vers le fond du sondage.

L'enregistrement de gamma naturel (NGRS), correspond à la mesure de la radiation provoquée par l'émission de particules gamma que l'argile émet en état naturel pour contenir l'isotope radioactif d'origine naturel dans sa composition.

Les formations géologiques argileuses présentent des valeurs de gamma naturel beaucoup plus élevés que d'autres composants, par exemple des sables et des graviers siliceux sans argiles interstitielles dans sa composition.

Les valeurs de l'enregistrement de gamma naturel se trouvent résumées dans la table suivante :

Profondeur	Lithologie	Aquifère	Valeur Gamma Naturel CPS
0-10	Argile		30

10-46	Marne gris		30
46-79	Gallet fine		15
79-83	Gallet sableux		15
83-94	Sable		20
94-107	Gallet fine avec sable		25
107-117	Marne gris		30
117-122	Gallet fine		15
122-129	Marne gris sableux		30
129-131	Gallet fine		15
131-226	Sable argileux		10-30
226-251	Sable rouge	250-280	5
251-265	Sable		5
265-282	Sable fine avec galet		5
282-314	Argile marneux		15

Polarisation spontanée (SP) :

L'enregistrement géophysique correspondant à la polarisation spontanée (SP) fait allusion à la différence de la qualité de l'eau existante dans l'aquifère en relation avec la boue de foration existante dans le sondage. Cette différence de qualité provoque l'apparition de potentiels d'origine naturel causés par des forces électrochimiques qui donnent lieu aux variations de polarisation spontanée.

La résistivité :

Les enregistrements électriques correspondant à la résistivité normale de 16'' y 64'', se réalisent de la même façon et conjointement avec le gamma naturel. Pendant sa descente, la sonde (ELOG) émet du courant électrique avec deux appareils de 16'' y 64''. Ces appareils obéissent à la configuration des électrodes de cette sonde, électrode émetteur et récepteur, et à la capacité de pénétration du courant électrique dans les murs du sondage. Les matériaux géologiques en fonction de leur composition agissent de différente façon lors du passage du courant électrique à travers ceux-ci. De cette façon les matériaux argileux présentent des valeurs basses de résistance, alors que les matériaux comme les sables, les graviers, les calcaires présentent des valeurs de résistance plus élevées.

Malgré cela, ces valeurs peuvent se voir affectées par la qualité de l'eau souterraine de l'aquifère. De cette façon, si l'aquifère présente de l'eau avec une grande quantité de sels dissous, la résistance de la formation géologique dans son ensemble tend à être moindre de ce qui lui correspondrait si elle était saturée par de l'eau de meilleure qualité (douce).

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 8 : des valeurs de résistivité normale enregistrées et résistance monoélectrodique

Profondeur	Lithologie	Valeurs de résistivité normale 64'' (Ohmm)	Valeurs de résistivité mono électrode (Ohmm)
0-10	Argile	5-20	5-20
10-46	Marnes gris	5-20	5-20
46-79	Galet fine	5-20	5-20
79-83	Galet sableux	5-20	5-20
83-94	Sable	5-20	5-20
94-107	Galet fine avec sable	5-20	5-20
107-117	Marnes gris	5-20	5-20
117-122	Gallet fine	5-20	5-20
122-129	Marnes gris sableux	5-20	5-20
129-131	Gallet fine	5-20	5-20
131-226	Sable argileux	5-20	5-20
226-251	Sable rouge	60-80	40-50
251-265	Sable	60-80	40-50
265-282	Sable fine avec galet fine	60-80	40-50
282-314	Argile marneux	20	20

II-2 Réalisation des enregistrements diagraphiques, de Conductivité, de Température, D'inclinaison et de Diamètre.

La conductivité :

La mesure de la conductivité du fluide est réalisée à travers la résistivité du fluide qui est transformée en valeurs de conductivité.

Grâce aux enregistrements de conductivité réalisés nous déduisons les conclusions suivantes:

- La foration a été réalisée par le système de circulation de boue alors que la conductivité mesurée ne se rapporte pas à la conductivité réelle des aquifères traversés durant la foration.
- La conductivité présente une variation durant l'enregistrement réalisé. Elle est égale à 2240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans la base du sondage.
- La valeur de la conductivité inscrit correspond aux contenus suivants de NaCl :

$$2240 \mu\text{S}/\text{cm} \longrightarrow 120 \text{ mg/l NaCl.}$$

La température:

-La mesure de la température du fluide est réalisée par un capteur thermique dans la sonde qui traduit les valeurs mesurées en degrés centigrades.

-Grâce aux enregistrements de température nous déduisons les aspects suivant :

La température enregistrée correspond à 25.5 °C à la profondeur de 314 m

Diagraphie de verticale et l'inclinaison du sondage (INCL) :

- Dans la base du sondage l'inclinaison enregistrée correspond à 1.5° et une déviation totale de 1.41 mètres.

Profondeur	Verticalité (°)
0-180	3.5°
180-220	1.5°
220-260	3.5°
260-314	1.5°

Diamètre :

L'enregistrement est réalisé en descendant la sonde jusqu'au fond du forage, celui-ci est détecté durant l'opération avec la diminution de la tension du câble indiquée par l'ordinateur situé en surface. C'est à ce moment-là que les bras du diamètreur s'ouvrent et l'enregistrement se réalise de manière ascendante.

La diagraphie du sondage a été réalisé jusqu'à une profondeur 314 mètres, et les résultats ont été les suivants:

Diamètre	Observation	Profondeur (m)
8 ½ ''	Petites fractures le long de tout le registre	0-314 m

Conclusion finale de contrôle par diagraphie :

Les aspects les plus éminents de l'enregistrement sont les suivants :

- 1.- Les profondeurs reflétées dans le sondage font référence à celui du sol.
- 2.- La profondeur inspectée est de 314 mètres et la profondeur totale du forage est de 318 mètres.
- 3.- Le forage a été réalisé par système de CIRCULATION DE BOUE.
- 4.- Le diamètre de foration est de 8 ½ ''
- 5.- La conductivité présente une variation durant l'enregistrement réalisé. Sa valeur est égale de 2240 µS/cm
- 6.- La valeur de conductivité inscrite correspond aux contenus suivants de NaCl :

$$2240 \mu\text{S/cm} \rightarrow 120 \text{ mg/l NaCl.}$$

7- L'inclinaison enregistrée correspond à :

- Du 0 au 180 l'inclinaison enregistrée correspond à 3.5° et une déviation totale 10.99 mètre, cette déviation suppose une pente du sondage de 6.10 %.
- Du 180 au 220 l'inclinaison enregistrée correspond à 1.5° et une déviation totale 1.05 mètre, cette déviation suppose une pente du sondage de 2.62 %.
- Du 220 au 260 l'inclinaison enregistrée correspond à 3.5° et une déviation totale 2.44 mètre, cette déviation suppose une pente du sondage de 6.10 %.
- Du 260 au 314 l'inclinaison enregistrée correspond à 1.5° et une déviation totale 1.41 mètre, cette déviation suppose une pente du sondage de 2.62 %.

III- PHASE D'ALEPAGE :

Une fois le forage réalisé, il sera procédé a un ou plusieurs alésage successive jusqu'a un diamètre finale.

Du	Au	Travaux réalisés
29/03/2015	30/03/2015	Installation de la machine et préparation de la boue
31/03/2015	10/04/2015	Foration en diamètre 8''1/2 de 0.00m a 318.00m
11/04/2015	19/04/2015	Alésage en 12''1/4 de 0.00m a 289.00m
20/04/2015	02/05/2015	Alésage en 24'' de 0.00m a 214.00m
03/05/2015		Contrôle de forage
04/05/2015		Descente du tubage 18''5/8 en TRS de 0.00m a 214.00m
05/05/2015		Cimentation de tubage
06/05/2015		Attente prise de ciment
09/05/2015	14/05/2015	Alésage en 17''1/2 de 214.00m a 289.00m
15/05/2015	16/05/2015	Contrôle de forage avec circulation de la boue et reconditionnement du trou
17/05/2015	18/06/ 2015	Descente du tubage 14''TRS crépine et 6''5/8 en acier
19/05/2015		Mise en place du gravier
20/05/2015		Repos de l'équipe
21/05/2015	24/05/2015	Développement du forage avec l'air lift

Une fois le diamètre final atteint, il est procédé a une phase d'équipement.

IV-PHASE DE D'ÉQUIPEMENT :



Figure 44: Revêtement du forage

-Les tubes crépines sont utilisés au niveau du matériau perméable pour le déversement de l'eau de la nappe à l'intérieur du tubage.

-les tubes pleins utilisent pour le revêtement du forage.

De	A	''	(mm)	Nature du tubage	Type
0.00	214.00	18''5/8	473.00	Acier- ordinaire	Tube-plein
170.00	216.40	6''5/8	168.00	Inox-aisi-304	Tube-plein
170.00	216.40	14''	356.00	Acier- ordinaire	Tube-plein
216.40	245.40	6''5/8	168.00	Inox-aisi-304	Crépine fentes-continues
216.40	245.40	14''	356.00	Acier ordinaire	Crépine nervures-rep
245.40	251.20	14''	156.00	Acier ordinaire	Tube-plein
245.40	251.20	6''5/8	168.00	Inox-aisi-304	Tube-plein
251.20	280.20	6''5/8	168.00	Inox-aisi-304	Crépine fentes-continues
251.20	280.20	14''	356.00	Acier ordinaire	Crépine nervures-rep
280.20	286.00	6''5/8	168.00	Inox-aisi-304	Tube-plain
280.20	286.00	14''	356.00	Acier ordinaire	Tube-plain

De	A	''	(mm)	matériau	Nature	Méthode de pose	Gra(mm)
0.00	214.00	18''5/8	473.00	gravier	Ciment-bentonite	Par refoulement	1-3
170.00	286.00	6''5/8	168.00	Gravier	Graviers siliceux	Gravitaire	1-3

170.00	286.00	14''	356.00	Gravier	Graviers siliceux	Gravitaire	1-3
286.00	318.00	6''5/8	168.00	Billes-argile	Compactonite	Gravitaire	1-3

Après la phase d'équipement le forage sera prêt pour la phase de développement qui consiste à entreprendre les opérations nécessaires permettant l'obtention d'une eau exempte.

V-PHASE DE DEVELOPPEMENT :



Figure 45 : Développement pneumatique à l'air lift



Figure 46: Compresseur d'air

Dans le cas de notre forage en utilise le développement pneumatique (ou a l'air lift), ce procédé combine l'action de flux et de reflux de l'aquifère autour de la crépine provoquée par de grande volumes d'aire introduit dans le forage. Il nécessite un équipement constitue de tube d'air et de tube d'eau et une tête de sortie d'eau, ainsi qu'un compresseur devant développer une pression suffisante pour relever l'eau jusqu'à la surface du sol.

VI-PHASE DE POMPAGE :

Profondeur de forage : 320.00 m,

Diamètre de la chambre de pompage : 473 mm,

Débit maximum de la pompe : 50.00 L/S,

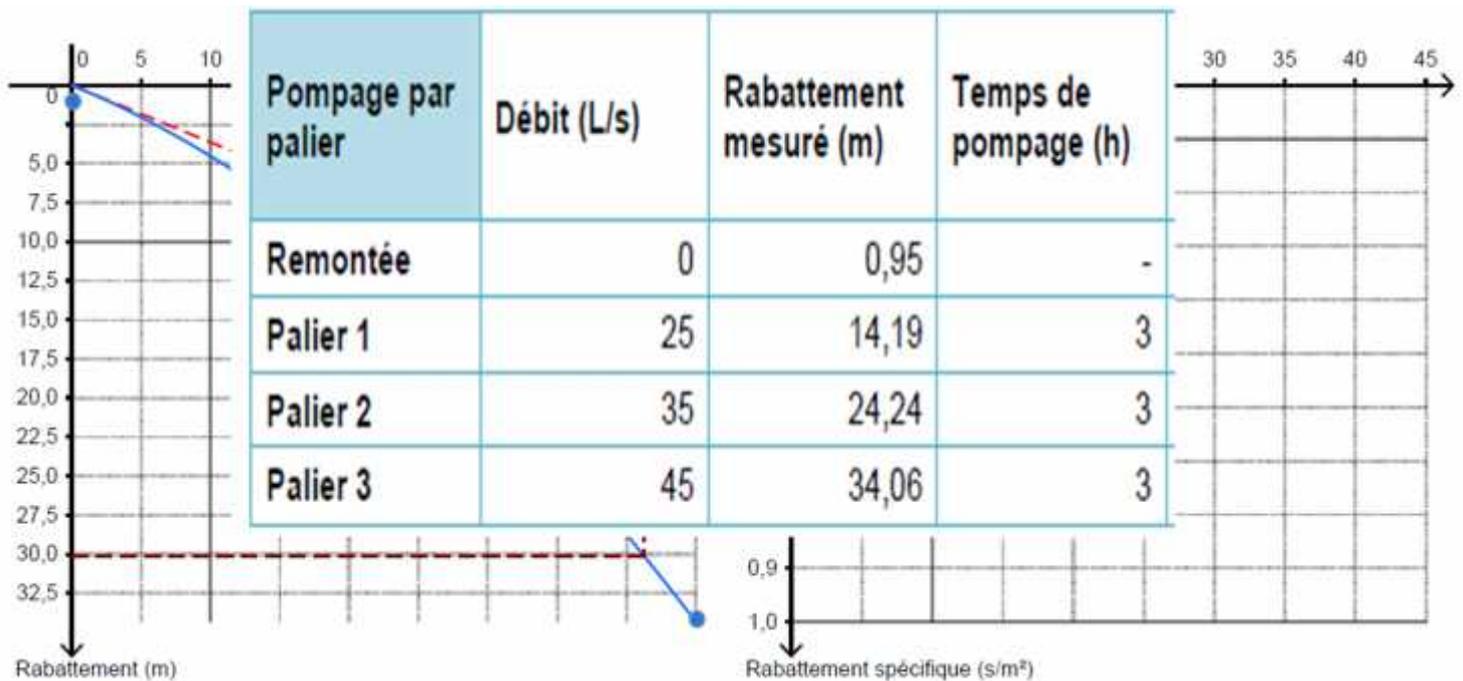
La pompe installée a une profondeur de 62.00 m,

Niveau statique de l'eau : 18.69 m.

Le premier pompage d'essais c'est **pompage par palier**.

Date et heure de début de pompage le 22/05/2015 a 08:00

Heure	Temps	Débit	Niveau dynamique de l'eau	rabattement
08:01	0h:01	25.00	23.40	4.98
08:02	0h:02		25.20	6.56
08 :03	0h:03		28.95	10.23
08 :04	0h:04		30.00	11.56
08 :05	0h:05		31.15	12.78
08 :10	0h:10		31.68	12.12
08 :15	0h:15		31.92	13.34
08 :20	0h:20		32.08	13.98
08 :25	0h:25		32.16	13.00
08 :30	0h:30		32.23	13.11
08 :35	0h:35		32.29	13.22
08 :40	0h:40		32.35	13.44
08 :45	0h:45		32.41	13.78
08 :50	0h:50		32.46	13.96
08 :55	0h:55		32.50	13.54
09 :00	1h:00		32.54	13.34
09 :10	1h:10		32.61	13.56
09 :20	1h:20		32.64	13.90
09 :30	1h:30		32.84	14.12
09 :40	1h:40		32.80	14.34
09 :50	1h:50		32.94	14.43
10 :00	2h:00		32.91	14.56
10 :15	2h:15		32.85	14.12
10 :30	2h:30		32.80	14.34
10 :45	2h:45		32.50	14.78
11 :00	3h:00		32.60	14.56
11 :02	3h:02	35.00	39.98	20.72

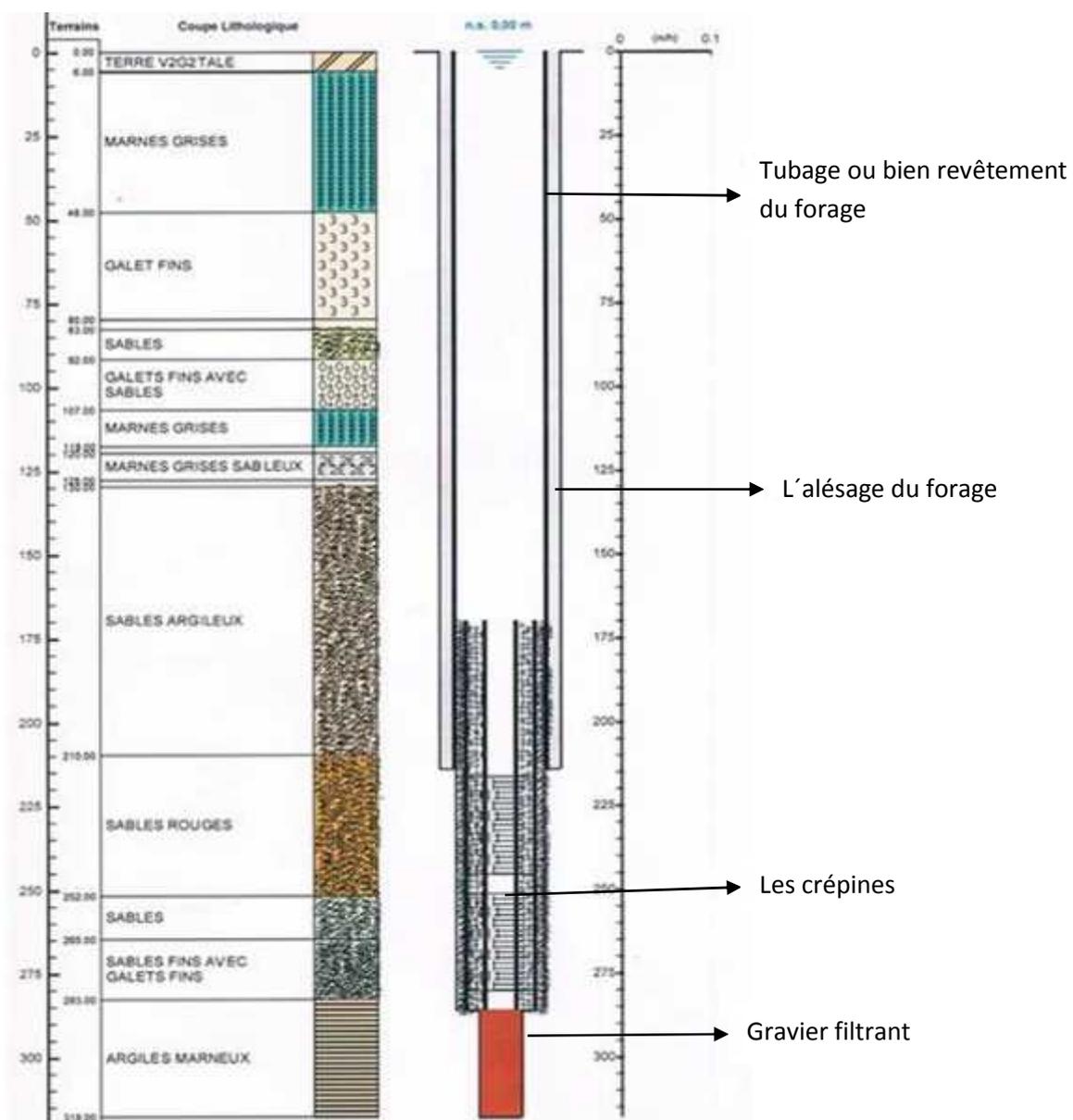


L

L'essai de pompage par palier est réalisée pour :

- Mesure le niveau statique d'eau,
- Démarrage de pompage,
- Suivi du niveau dynamique d'eau surtout au début,
- Mesure de débit périodiquement,
- Informer le laboratoire du démarrage de l'essai afin qu'il puisse effectuer les prélèvements,
- Arrêter le pompage,
- Suivre la remontée d'eau.

Les essais de pompage présentent la dernière partie de la réalisation d'un forage.



CONCLUSION :

Afin de maintenir l'élevage dans des zones sans véritables ressources en eaux de surfaces, il est nécessaire d'accéder à l'eau du sous-sol (nappes phréatiques proches de la surface du sol ou nappes géologiques profondes). La décision d'installer des puits et des forages se prend non seulement en fonction de la quantité disponible de ressources en eau, mais aussi, en fonction des besoins des systèmes d'élevage et de la gestion des ressources.

La réalisation d'un puits ou un forage peut être dû :

- Une impossibilité de raccordement au réseau d'eau public pour des causes d'éloignement (coût de raccordement important, risque de dégradation de la qualité de l'eau du robinet due à la stagnation dans le réseau)
- A des choix personnel.

Créer un forage ou un puits ne se résume pas à la réalisation d'un ouvrage de prélèvement d'eau. Afin de garantir la longévité et productivité de tels ouvrages, ceci suppose également leur réalisation selon les règles de l'art et leur entretien régulier.

La qualité de l'eau produite est également un élément déterminant si cette eau est utilisée pour des usages sanitaires. Une eau de qualité dégradée ou bien existence des grandes teneurs des éléments chimiques (fer et manganèse dans la région de Mchar Bel Ksirri), peut en effet présenter des risques pour la santé des utilisateurs et les consommateurs.

L'eau d'un puits ou forage peut ne pas présenter toutes les garanties de qualité et être contaminée. Son utilisation nécessite d'une analyse et traitement (comme station de déferrisation démnanganisation dans la région de Mchaa Bel Ksiri) pour assurer de sa bonne qualité et connaître son évolution.

Bibliographie :

1. Rapport - AGENCE DU BASSIN HYDRAULIQUE DU SEBOU -PDF-
2. Rapport.Gharb eau au Maroc 1/28 janvier 2009-PDF-,
3. Rapport Office national de l'ONEE, Direction Régionale de RABAT,
4. Mission I.2_Rapport_Gharb_region-aquifère,
5. Les techniques de réalisation d'un forage-Mémoire réalisé par Ms Driss MAJIDI Chef de bureau,
6. Essais_de_pompage_2007 -PDF-
7. Diagraphies-pétrole,
8. Dossier technique /entreprise SJS Maroc forage d'eau,
9. Diagraphie OULED NSER (1),
- 10.Rapport Diagraphie Bel Ksiri 13-04-2015,
- 11.Rapport PALIERS 16-414.



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Asmae titafi

Zineb Jhabli :

Année Universitaire : 2014/2015

**Titre : Dégagement des ressources en eaux souterraines dans la région de :
MECHRAA BELKSSIRI**

Résumé

Les forages visant à prélever de l'eau, selon leur importance peuvent induire un « cône de rabattement de nappe » voire une baisse de la nappe et du niveau piézométrique, voire un épuisement de la nappe avec disparition des sources ou de rivières ou de zones humides. Aussi, comme la plupart des formes d'exploitation de ressources naturelles sont-ils généralement réglementés.

Un pompage important peut favoriser des transferts de polluants via les déplacements horizontaux de la masse d'eau souterraine ou via la descente verticale de l'eau. Pour ces raisons, des périmètres de protection des « zones de captage » peuvent être obligatoires autour d'un captage d'eau potable, ainsi que des mesures pour la protection du champ captant. Dans la plupart des pays, les forages individuels, agricoles ou industriels doivent être déclarés, et peuvent faire l'objet d'une taxe.

Mots clés: niveau piézométrique, sources, rivières, zones humides, polluants, champ captant, captage d'eau potable

