

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**Université KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur
Département d'hydraulique**

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MAGISTER

Spécialité : Hydraulique

Option : Aménagement Hydraulique en milieu aride

Par :

CHEBIHI Lakhdar

Thème :

*Adaptation des pompes immergées destinées à
l'irrigation dans les zones arides*

Devant le jury :

Président :	KRIKER Abdelouahed	Maître de conférences	Univ. Ouargla
Examineurs :	BOUTATAOU Djamel	Maître de conférences	Univ. Ouargla
	MIHOUBI Mustapha Kamel	Maître de conférences	ENSH. Blida
Promoteur :	KHODJET KESBA Omar	Maître de conférences	ENSH. Blida
Co-promoteur :	AYADI Abderrahmene	Maître Assistant	ENSH. Blida

Soutenu le : .. / .. / 2011

Remerciements

Je remercie ALLAH le tout puissant, de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

*Je voudrais tout d'abord remercier monsieur **KHODJET KESBA Omar** d'avoir encadré mes recherches de thèse, Ses grandes qualités scientifiques m'ont été très précieuses tout au long de ces années. Sa très grande détermination aura permis de lever bien des barrières. Son soutien moral et ses conseils auront été inestimables. Profonde reconnaissance et très grand merci.*

*Cela a été réel plaisir de travailler aux côtés de monsieur **AYADI Abderrahmene**. L'intérêt qu'il a porté à mon travail a été constant. Ses conseils, toujours constructifs et de qualité, ont été moteurs dans l'accomplissement de mon projet. Sa très grande qualité scientifique est d'ailleurs à l'image de son humanisme. Profond respect et vifs remerciements.*

J'exprime également toutes mes gratitudes aux membres du jury qui me font l'honneur de s'intéresser à mon travail de thèse.

J'adresse par ailleurs mes remerciements aux membres de la DHW de Ghardaïa, qui m'ont accueilli et aidé tout au long de mon travail de thèse.

Je n'oublie pas les agricultures de Hassi F'hel, ayant œuvré à la réussite de ce projet

Enfin, je remercie les responsables de la société POVAL.

Lakhdar

Dédicaces

A mes chères parents source inépuisable d'amour et d'affection, aucune dédicace ne saurait exprimer ma reconnaissance pour votre grande patience, vos sacrifices et votre soutien;

Ma chère sœur et son mari et leurs petits enfants, qui m'ont encouragé durant cette formation;

A mes frères et mes sœurs ma richesse sur cette terre, qu'ils trouvent ici l'expression de ma vive gratitude en témoignage de notre fraternité sans égale;

A la grande famille CHEBIHI;

A ma future femme et mes futurs enfants "Incha-ALLAH";

A tous mes amis;

A tous ceux qui me sont chers;

Je dédie ce modeste travail.

Lakhdar

Sommaire

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Généralité sur la wilaya de Ghardaïa	13
I.1.1. Cadre géographique	13
I.1.2. Aspect hydrologie	14
I.1.3. Aspect hydrologique	15
I.1.4. Aspect climatique	15
I.1.5. Les régions naturelles de la wilaya	15
I.2. Les systèmes de captage des eaux	16
I.2.1. Les systèmes de captage des eaux de surface	16
I.2.2. Les systèmes de captage des eaux souterraines	16
I.3. Ressources des eaux.....	17
I.3.1. Eaux de surface	17
I.3.2. Eaux souterraines	17
I.3.2.1. Le Complexe Terminal.....	17
I.3.2.2. Le Continental Intercalaire.....	17
I.3.3. La piézométrie	17
I.3.4. Les forages	18
I.3.4.1. Répartition des forages	19
I.3.4.2. Prélèvements et usage par commune.....	21
I.3.4.3. Forages et débits exploitables par commune.....	22
I.3.4.4. Prélèvements additionnels selon le modèle SASS	23
I.4. Répartition générale des terres	24
I.4.1. Les terres utilisées par l'agriculture (SAT).....	24
I.4.2. terres improductives non affectés à l'agriculture.....	24
I.4.3. Occupation des sols	25
I.4.4. Situation de la S.A.T, la S.A.U et la mise en valeur par commune.....	25
I.5. Structure des exploitations agricoles	26
I.5.1. Systèmes d'irrigations.....	26
I.5.1.1. Le système oasien de l'ancienne palmeraie	26
I.5.1.2. La mise en valeur	26
I.5.2. Production végétale.....	27
I.5.3. Le secteur agricole	27
I.5.3.1. Avantages :	27
I.5.3.2. Les contraintes :	28
Conclusion.....	29

Chapitre II : Les Pompes Immergées

II.1. Pompe immergée	31
II.1.1. Définition d'une pompe immergée	31
II.1.2. Présentation générale d'une pompe immergée	31
II.1.3. Constitution d'une pompe immergée	32
II.1.4. Principe de fonctionnement des pompes immergées.....	32
II.1.4.1. Avantages.....	33
II.1.4.2. Inconvénients	33

II.1.5. Différents types d'une pompe immergée	33
II.1.6. Caractéristiques d'une pompe immergée	34
II.1.6.1. Caractéristiques débit vitesse	34
II.1.6.2. Caractéristiques couple vitesse	34
II.1.6.3. Caractéristiques débit hauteur	35
II.1.6.4. Caractéristique de la puissance	35
II.1.6.5. Caractéristique de rendement	36
II.1.7. Le NPSH :	36
II.1.7.1. Le NPSH de la pompe :	36
II.1.7.2. Le NPSH de l'installation	37
II.2. matériaux constitutifs des pompes	37
II.2.1. Les caractéristiques des métaux	37
II.2.1.1. Fontes moulées	37
II.2.1.2. Les aciers moulés	38
II.2.1.3. Les alliages de cuivre	38
II.2.2. Résistance	38
II.2.2.1. Résistance à la corrosion	38
II.2.2.2. Résistance à l'usure	38
II.2.2.3. Liquides abrasifs	39
II.2.3. Principales caractéristiques des matériaux utilisés dans la fabrication des pompes	40
II.2.4. Facteurs influant sur l'usure	41
II.2.5. Les symptômes de l'usure	41
II.2.6. Conséquences de l'usure	41
II.2.5.1. Le bruit	42
II.2.5.2. L'érosion	42
II.2.5.3. Les chutes de performances	42
Conclusion	43

Chapitre III : Mécanisme d'usure par Abrasion

III.2. Usure abrasive	45
III.2.1. Définition de l'usure abrasive	45
III.2.2. Aspects tribologiques de l'usure abrasive	46
III.2.2.1. Usure abrasive à deux corps :	46
III.2.2.1. Usure abrasive à trois corps :	46
III.2.3. Schémas des mécanismes d'usure abrasive	47
III.2.4. paramètres influent sur usure abrasive	48
III.2.4.1. La dureté	48
III.2.4.2. La forme	48
III.2.5. Paramètres du processus d'abrasion	49
III.2.5.1. Le corps abrasif	49
III.2.5.2. L'environnement	49
III.2.5.3. La température	50
III.3. Quantification de l'usure abrasive	50
III.4. Influence de l'angle d'attaque sur l'usure abrasive	53
III.5. Aspect Métallurgique de l'usure abrasive des aciers	54
Conclusion	56

Chapitre IV : Adaptation des pompes immergées

IV.1. Etude préliminaire:.....	58
IV.1.1. L'échantillon :	58
IV.1.2. Préoccupation :	58
IV.1.3. Interview auprès des responsables de POVAL.....	58
IV.2. Les mesures :.....	59
IV.2.1. La piézométrie	59
IV.2.2. Le débit	59
IV.2.3. La conductivité électrique :.....	60
IV.2.4. Les essais de pompage	60
IV.2.5. Les méthodes d'analyse des données.....	60
IV.2.6. Délimitation de la zone d'étude :.....	61
IV.2.7. Photo sur site :	62
IV.3. Evolution des rendements	64
IV.3.1. Système d'irrigation.....	64
IV.3.2. L'élevage.....	64
IV.3.3. Densité des pompes privées	64
IV.4. Caractéristiques des pompes immergées privé	66
IV.4.1. Equipement :	66
IV.4.2. Caractéristiques des pompes :	66
IV.4.2.1. Les moteurs électriques :.....	66
IV.4.2.2. Les pompes :	66
IV.5. Diagnostic du fonctionnement de la pompe.....	67
IV.5.1. Caractérisation de la nappe.....	68
IV.5.1.1. Les résultats	68
IV.5.1.2. Interprétation des résultats.....	68
IV.5.2. La Transmissivité et la Perméabilité.....	70
Conclusion.....	71

Chapitre V : Rentabilité de la pompe immergée

V.1. Introduction :	73
V.2. Les charges	73
V.2.1. L'eau souterraine.....	73
V.2.2. Autres utilisations des eaux pompées.....	76
V.2.3. Les charges de production.....	77
V.2.4. Les charges d'eau pompée	79
V.2.4.1. Par rapport aux charges énergétiques	79
V.2.4.2. Par rapport aux charges totales d'irrigation.....	80
V.2.4.3. Par rapport aux charges globales de production	81
V.3. Le rapport coûts bénéfices	82
Conclusion.....	83
Conclusion générale et recommandations.....	84
Référence bibliographique	88
Annexes.....	91

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Superficies des communes de la wilaya.....	13
Tableau I.2 : Les données hydrauliques de la wilaya de Ghardaïa	14
Tableau I.3 : Exploitation de la nappe du CI à travers la wilaya de Ghardaïa	18
Tableau I.4 : Les débits soutirés, les débits additionnels et les débits disponibles.	23
Tableau I.5 : Superficies des terres utilisées par l'agriculture.	24
Tableau I.6 : Superficies agricoles totales et utiles.	25
Tableau I.7 : Production végétale.....	27
Tableau II.1 : Principales caractéristiques des matériaux	40
Tableau III.1 : Série de mesure de K_{abr}	51
Tableau IV.1 : Les modes d'irrigation par agriculteur et par source d'eau.	64
Tableau IV.2 : Les dates de creusement des forages.....	65
Tableau IV.3 : Calcul des rendements globaux des installations de pompage.	67
Tableau IV.4 : Résultats des mesures.....	68
Tableau IV.5 : Les valeurs des débits spécifiques.	69
Tableau IV.6 : La lame d'eau dans les forages.	69
Tableau IV.7 : Ecart entre la profondeur de la crépine et le niveau rabattu.....	70
Tableau IV.8 : Le rabattement unitaire.	70
Tableau IV.9 : Les valeurs de la Transmissivité et la Perméabilité	70
Tableau V.1 : Le calcul de coût de pompage (coûts fixes)	73
Tableau V.2 : Le calcul de coût de pompage (coûts variables et coûts fixes de pompage)	75
Tableau V.3 : Autres usages de l'eau pompée	76
Tableau V.4 : les charges de production	77
Tableau V.5 : Les charges d'eau pompée par rapport aux charges énergétiques.....	79
Tableau V.6 : Les charges d'eau pompée par rapport aux charges totales d'irrigation	80
Tableau V.7 : Les charges d'eau pompée par rapport aux charges globales	81
Tableau V.8 : Les charges globales de production.....	82
Tableau V.9 : Les recettes globales de production.....	82
Tableau V.10 : Le rapport bénéfice/coût.....	82

Liste des figures

Figure I.1 : Limites administratives de la wilaya de Ghardaïa.....	13
Figure I.2 : Evolution du nombre des forages.....	19
Figure I.3 : Evolution des débits soutirés.....	19
Figure I.4 : Nbre Forage s d'AEP.....	20
Figure I.5: Nbre forages d'irrigation.....	20
Figure I.6 : Nbre forages mixtes.....	20
Figure I.7 : Volumes soutirés pour les trois usages.....	21
Figure I.8 : Forages exploitables.....	22
Figure I.9 : Débits exploitable.....	22
Figure I.10 : Exploitation de la nappe albiennne.....	23
Figure II.1 : Schémas générale d'une pompe immergée.....	31
Figure II.2 : Caractéristiques débit- vitesse d'une pompe immergée.....	33
Figure II.3 : Caractéristiques couple- vitesse d'une pompe immergée.....	34
Figure II.4 : Caractéristiques de la pompe (Hm-Q) et de la canalisation.....	35
Figure II.5 : Caractéristique de la puissance hydraulique de la pompe immergée.....	35
Figure II.6 : Caractéristique de rendement de la pompe immergée.....	36
Figure II.7 : Taux d'usure.....	39
Figure III.1 : Schéma de principe de l'usure abrasive.....	45
Figure III.2 : Usure abrasive à deux corps.....	47
Figure III.3 : Usure abrasive à trois corps.....	48
Figure III.4 : Schémas des mécanismes d'usure.....	48
Figure III.5 : Effet d'une aspérité.....	49
Figure III.6 : Mécanisme de l'abrasion.....	49
Figure III.7 : Modèle d'usure abrasive pour un unique cône rigide.....	51
Figure III.8 : Angle d'attaque α d'une particule.....	53
Figure III.9 : Section droite du sillon en fonction de l'angle d'attaque.....	53
Figure III.10 : La résistance à l'usure abrasive ε en fonction de la dureté.....	54
Figure IV.1 : Localisation des échantillons.....	61
Figure IV.2 : Usure par abrasion des pompes immergées.....	63
Figure V.1 : La variation des charges fixes.....	74
Figure V.2 : Coûts fixes de pompage par forage.....	74
Figure V.3 : Comparaison entre les coûts fixes et les coûts variables.....	75
Figure V.4 : Variation de coût des autres usages de l'eau pompée.....	76
Figure V.5 : La répartition des charges en fonction de type des cultures.....	77
Figure V.6 : Les charges d'eau pompée par rapport aux charges énergétiques.....	79
Figure V.7 : Les charges d'eau pompée par rapport aux charges totales.....	80
Figure V.8 : Les charges d'eau pompée par rapport aux charges globales de production.....	81

NOMENCLATURES

Alphabet romain :

A_{ry} : Aire rayure [m²]
A.E.P : Alimentation en Eau Potable
A.E.I : Alimentation Eau pour l'Industrie
ADE : Algérienne Des Eaux
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
APFA : Accession à la Propriété Foncière Agricole
C : Constante géométrique
CDARS : Commissariat au Développement de l'Agriculture des Régions Sahariennes
CI : Continental Intercalaire
D : Sens du déplacement
DHW : Direction de l'Hydraulique de Wilaya
DZD : Dinars algériens
F : Force appliquée [N]
 F_N : Charge appliquée [N]
 F_N^{E} : Force individuelle [N]
g : Accélération de la pesanteur [m.s⁻²]
CCA : Générale des Concessions Agricoles
h : Profondeur de pénétration [mm];
H : La dureté du matériau soumis à l'abrasion [N/mm²]
 H_a : La dureté de l'abrasif [N/mm²]
 H_m : Hauteur manométrique total [m]
HMT : Hauteur Manométrique Total [m]
IRR : Irrigation
K : Coefficient multiplicateur déterminé dans une table suivant le rapport H/D
K' : Coefficient caractéristique de l'écoulement du matériau soumis à l'abrasion
 K_{abr} : Coefficient d'abrasion
L : Longueur [m]
m : Coefficient létal d'abrasion constant
NPSH : Net Positive Suction Head [m]
NPSH_{nécess} : hauteur totale de pression de la pompe [m]
NPSH_{disponible} : hauteur totale de pression de l'utilisateur [m]
ONA : Office National de l'Assainissement
ONID : Office National de l'Irrigation et du Drainage
 P_m : Poids [%]
 P_v : Volume [%]
Q : Débit [m³.s⁻¹]
S.A.U : Superficie Agricole Utile
S.A.T : Superficie Agricole Totale
V : Volume [m³]
 V_{moy} : vitesse moyenne [m/s]

Alphabet grec :

λ : Facteur de l'angularité de l'abrasif
 μ : Coefficients de frottement
 α : Angle d'attaque du cône de rayage
 δ_{dyn} : Contrainte d'écoulement dynamique
 τ : résistance au cisaillement

ملخص : مجال العمل الأول هو دراسة المضخات الغاطسة بوفال للبرواقية " مضخات ذات صمامات ". التي عانت مركباتها من عواقب آثار التآكل في الآبار المستعملة للري في المناطق القاحلة.
صمم مجال العمل الثاني للرد على الموقف التالي : " يتعين علينا أن نكافح الأسباب وليس النتائج"
والنتيجة تساعد على إيجاد مقترحات لمصنعين المضخات الجزائرية، والتي تمثل أداء أفضل للمواد المختارة. بالتأكيد، كانت هناك اختبارات على عينات الكشط، ولكن تحديد مدة ومعدل التلف لأنواع المواد يبقى دائما موضوع الأبحاث "زيادة مدة الحياة للمضخة في حين تبقى في حدود السير الحسن".

كلمات دالة: التحسين، الطاقة، العجلات، الكشط، الأداء.

RÉSUMÉ : Le premier axe du travail consiste à étudier seulement les pompes immergées de POVAL « Pompes Vannes » de Berrouaghia. Tout en retraçant les conséquences de l'abrasion sur les pompes immergées installées dans les abris de forage ayant subies ces conséquences et qui sont destinées à l'irrigation dans les zones arides.

Le deuxième axe du travail touchera à répondre à la position suivante:

"Faut-il lutter contre les causes et non pas contre les conséquences"

Le résultat aidera à faire des propositions aux constructeurs de pompe algérienne, celle qui présente la meilleure performance hydraulique pour le matériau choisi. Certes, il y a eu des essais d'abrasion sur des échantillons, mais déterminer la durée d'usure et le taux d'usure des types de matériaux reste toujours un axe d'actualité.

" Augmenter la durée de vie de la pompe tout en restant dans la bonne plage de bon fonctionnement".

MOTS-CLÉS : Optimisation, Energie, Roues, Abrasion, Performances.

ABSTRACT : The first area of work is to study only submersible pumps POVAL "Pumps Valves" of Berrouaghia. While tracing the effects of abrasion on submersible pumps installed in the shelters in drilling and suffered the consequences are for irrigation in arid areas.

The second line stain work to answer the following position:

"Should we fight against the causes and not against the consequences"

The result of the proposals will help manufacturers to pump Algerian, one with the best hydraulic performance for the chosen material. Certainly, there have been abrasion tests on samples, but determining the duration of wear and the wear rate of the types of materials is always a line of news.

"Increasing the life of the pump while remaining within the proper range of operation."

KEYWORDS: Optimization, Energy, Wheels, Abrasion, Performances.

Introduction générale

En Algérie, et plus particulièrement au Sahara, la principale source de satisfaction de la demande en eau c'est l'eau souterraine, à cause de l'aridité du climat et l'exploitation relativement facile de cette ressource souterraine.

La croissance démographique, les forages albiens, et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème soit par la diminution de la quantité, soit par la détérioration de la qualité de cette source souterraine en provoquant un processus défavorable de ces eaux souterraines évolutif dans l'espace et dans le temps, qui au demeurant est difficilement maîtrisable.

Notre zone d'étude, à savoir la wilaya de Ghardaïa, se localise dans une région Saharienne, Les sécheresses répétitives et la limitation des ressources en eau n'ont pas permis la valorisation des énormes efforts consentis en matière des aménagements hydro agricoles d'où le développement de l'exploitation de la nappe.

Cette étude s'intéresse à l'identification et l'évaluation de système de pompage de la nappe pour des fins agricoles au moyen d'indicateurs qualitatifs et quantitatifs. Elle cherche également à comprendre les modalités de gestion de l'eau souterraine.

Le recours au pompage privé à l'aide des groupes électropompes, trouve sa justification dans les servitudes de l'eau de surface et les aléas climatiques. La disponibilité de l'eau souterraine permet à l'agriculteur d'être autonome quant à la programmation des irrigations. Cependant, les pompages n'ont pas été accompagnés par une diversification des cultures et une amélioration des rendements par rapport à la situation avant sécheresse puisque l'eau souterraine ne sert qu'à combler le déficit hydrique engendré par le manque d'eau de surface pour les cultures existantes.

Le coût élevé de pompage est une conséquence naturelle de l'état actuel. Plusieurs indicateurs qualitatifs (autorisation, observation de l'état du matériel, entretien, réparation, équipement, études préliminaires...) et quantitatifs (rendement global, les impacts d'utilisation de l'eau..) ont prouvés le mauvais fonctionnement des installations de pompage.

L'étude de la valorisation économique de l'eau pompée a montré l'importance des charges de l'irrigation liées au pompage dans la facture de production, et l'amélioration des revenus qu'a offert la mise en pompage.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

Ce chapitre est une brève monographie du site considérée dans cette étude ; il vise la présentation des atouts de la région et ses contraintes.

I.1. Généralité sur la wilaya de Ghardaïa

I.1.1. Cadre géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord du Sahara Algérienne. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. L'ensemble de la nouvelle Wilaya dépendait de l'ancienne Wilaya de Laghouat.

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au nord par la Wilaya de Laghouat ;
- Au nord Est par la Wilaya de Djelfa ;
- A l'est par la Wilaya de Ouargla ;
- Au sud par la Wilaya de Tamanrasset ;
- Au sud-ouest par la Wilaya d'Adrar ;
- A l'ouest par la Wilaya d'El-Bayadh ;

Elle compte 13 communes (tableau I.1) réparties sur 3 daïras et couvre une superficie de 86.560 km².

Communes	Superficies (Km ²)
Ghardaïa	300
El-Ménéa	27000
Daya	2175
Berriane	2250
Metlili	7300
Guerrara	2900
EL-Atteuf	750
Zalfana	2220
Sebseb	5640
Bounoura	810
Hassi El-F'hel	6715
Hassi El-Gara	22000
Mansoura	6500
Total	86560

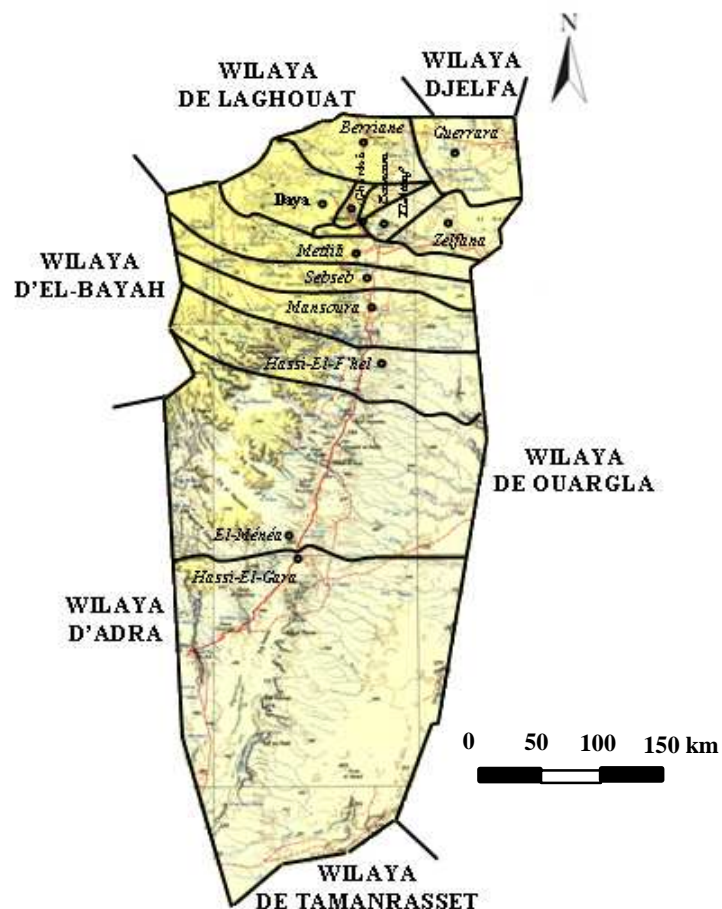


Figure I.1 : Limites administratives de la wilaya de Ghardaïa

I.1.2. Aspect hydrologie

Dans le désert non seulement les précipitations sont rares et irrégulières mais l'évaporation est considérable et plus importantes que le niveau de précipitations. Actuellement on utilise, sans compter les réserves d'eau fossile situées dans la couche géologique du continent intercalaire (nappe albienne).

Tableau I.2 : Les données hydrauliques de la wilaya de Ghardaïa

Communes	Eaux souterraines mobilisées (Hm ³)	Affection (%)			Origine de la ressource F, P ou S	Dotation (l/hab/j)	forages réalisés		forages			Réservoir		Digues	Capacité
		A.E.P	A.E.I	irrigation			Nombre	Débit (l/s)	Mobilisés	Exploités	Débit (m ³ /j)	Nombre	Capacité (m ³)		
Ghardaïa	19	78	/	22	F	200	33	25	33	33	44,75	19	22,8	15	90
El-Ménéa	71,48	25	8	67	F	200	76	50	76	64	149,76	5	3,8	/	/
Daya	8,09	45	/	55	F	200	12	35	12	12	22,18	6	5,5	6	36
Berriane	10,72	47	/	53	F	200	17	30	17	17	29,38	11	11,4	2	12
Metlili	13,98	54	/	46	F	200	24	30	24	21	31,68	15	18,5	10	60
Guerrara	32,47	21	/	79	F	200	30	50	30	26	81,79	4	6,4	1	6
EL-Atteuf	10,46	45	7	48	F	200	22	30	22	16	15,84	7	6,8	4	24
Zalfana	34,31	38	21	41	F	200	21	80	21	18	97,49	1	3	/	/
Sebseb	6,79	38	/	62	F	200	9	40	9	8	13,82	1	3,5	1	6
Bounoura	8,31	64	19	17	F	200	13	22	13	12	15,21	7	8,5	3	18
Hassi El-F'hel	28,58	21	/	79	F	200	22	60	22	19	67,97	2	1,7	1	6
Hassi El-Gara	48,35	19	/	81	F	200	36	50	36	30	12,38	2	1,5	/	/
Mansoura	14,71	54	/	46	F	220	13	60	13	10	29,95	4	4,37	/	/
Total	307,25	42,23	4,23	53,54	/	/	328	562	328	286	612,2	84	97,77	43	258

Source : ANRH Ghardaïa

I.1.3. Aspect hydrologique

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont: oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir.

L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (Annexe 01), ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses qui connaît la région.

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eaux. Une étude des crues de l'oued M'zab (ANRH, 1994) a estimé les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m³/s.

Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'oued M'Zab, et Metlili où à chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations.

I.1.4. Aspect climatique

Le climat de la région de Ghardaïa typiquement Saharien, est caractérisé par deux saisons: Une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver. On enregistre une moyenne annuelle de 25°C, avec une évapotranspiration de l'ordre de 2 000 mm par an et une faible hauteur de pluies avec une moyenne de précipitations de 60 mm/an.

Ces valeurs moyennes n'ont pas une grande signification car les pluies peuvent faire défaut pendant plusieurs années consécutives et que deux à trois jours de pluies peuvent apporter 50 à 80 mm.

I.1.5. Les régions naturelles de la wilaya

Les régions naturelles de la wilaya sont : (Annexe 02)

- **Les plaines de la dalle hamadienne**: cuirasse calcaire avec, en surface un cailloutis anguleux ;
- **Les régions ensablées** : partie du grand erg occidental avec des cordons dunaires particulièrement denses et élevés ;
- **La chebka** : dorsale centrale à dominance calcaire en corniches continues de direction nord-sud.

I.2. Les systèmes de captage des eaux

L'eau souterraine est préférée parce qu'elle permet l'extension spatiale des exploitations agricoles et parce que les ouvrages de captage occupent des espaces réduits.

L'exploitation des eaux souterraines n'a lieu que pour combler le déficit en eau de surface et pour garantir la stabilité d'approvisionnement ; ainsi la notion de l'utilisation de l'eau peut être plus significative si on intègre les eaux de surface puisqu'elles sont intimement liées, et on parle de l'utilisation conjuguée qui est définie comme étant la coordination de l'utilisation des deux ressources, dans le temps et dans l'espace, pour suppléer les précipitations qui sont aléatoires et irrégulières.

I.2.1. Les systèmes de captage des eaux de surface

Par la réalisation d'une toile d'ouvrages de grandes, moyennes et petites dimensions ; tels les ouvrages de détournement des cours des Oueds (Oued Saïd par exemple à El-Atteuf), les canaux de collecte d'eau ou les simples murets de chaux construits le long des flancs de collines afin de récupérer la moindre goutte d'eau.

I.2.2. Les systèmes de captage des eaux souterraines

Par le forage de puits allant au-delà des 50 m de profondeur et la réalisation à ce niveau de galeries de captage de source et de stockage.

Selon la monographie de la wilaya, les systèmes hydrauliques sont les suivants :

- les systèmes de captage des eaux de surface représenté par les ouvrages de détournement des cours des oueds, les canaux de collecte d'eau ou les simples murets de chaux construits le long des flancs de collines.
- les systèmes de captage des eaux souterraines par le forage de puits dépassant 50 m de profondeurs, et la réalisation de galeries de captage de source et de stockage.
- Les systèmes stockages des eaux des crues par la réalisation des digues de retenues au niveau des palmeriez, et de petits réservoirs dans chaque jardin.

Le système de distribution qui obéit à une application très stricte des normes de distribution des eaux d'une manière équilibré.

I.3. Ressources des eaux

I.3.1. Eaux de surface

Les inondations créées par les crues des oueds alimentent les nappes inféro-flux et irriguent les palmeraies par des digues (barrage).

I.3.2. Eaux souterraines

Les principales ressources d'eaux souterraines ont pour origine deux nappes principales :

I.3.2.1. Le Complexe Terminal

La nappe du Complexe Terminal est contenue dans les divers horizons perméables du Crétacé supérieur et du Tertiaire. Elle s'étend en Algérie sur un vaste territoire allant de la dorsale du M'zab à l'Ouest jusqu'à la hamada du Tinhert au Sud (Annexe 03).

I.3.2.2. Le Continental Intercalaire

En géologie, le Continental Intercalaire désigne les formations continentales qui se sont déposées entre le cycle marin du Paléozoïque clôt par l'orogénèse hercynienne et la transgression marine du Cenomanien. Elle couvre une large période du Trias à l'Albien.

En hydrogéologie la nappe du Continental Intercalaire, plus souvent dite nappe albienne correspond à un niveau plus réduit. Elle est définie par les formations continentales du Crétacé inférieur comprises entre le Neocomien et le Cenomanien qui sont constituées de sables, de grès avec des intercalations d'argiles. La base est constituée de terrains primaires du Paléozoïque, très accidentée par l'orogénèse hercynienne. Le toit est formé le plus souvent par les dépôts du Crétacé supérieur à savoir le Cénomanien argileux et le Turonien et parfois par les terrains tertiaires ou quaternaires (Annexe 03).

I.3.3. La piézométrie

L'écoulement de la nappe du CI se produit : (Annexe 04)

- i) du piedmont de l'Atlas vers les zones des Foggaras au sud ;
- ii) du Tinhert et du Djebel Hassaoua vers le golfe de Syrte ;
- iii) vers l'exutoire tunisien du golfe de Gabès.

La nappe du CI est libre sur les zones d'affleurement, captive sous le M'Zab, le Tademaït, et artésienne dans l'oued Rhir-Souf-Djerid-Fedjej. Les exutoires naturels du CI sont formés par les bordures occidentales et méridionales du Tademaït où se trouvent les foggaras du Gourara, du Touat et du Tidikelt.

I.3.4. Les forages

L'exploitation de l'eau dans la vallée du M'zab s'opérait le creusement progressif de certains puits traditionnels atteignant la nappe phréatique. Actuellement, l'alimentation en eau s'effectue par des forages de profondeur variable de 350 à 500 mètres puisant l'eau fossile de la nappe albiennaise (continental intercalaire) dont les réserves sont estimées à 15000 milliards de mètrescubes.

Les premiers forages albiens exécutés au Mzab date de 1948 et 1950. Le jaillissement impressionnant des eaux souterraines révélait l'importance de la nappe contenue dans les grès du Continental intercalaire.

A partir de cette période, le nombre de forage n'a cessé d'augmenter. La wilaya compte actuellement plus de 288 forages, qui se présentent comme suit (Annexe 05) :

- ✓ 75 pour l'AEP ;
- ✓ 108 pour l'IRR ;
- ✓ 5 pour l'AEI ;
- ✓ 24 à caractère mixte AEP et IRR ;
- ✓ 76 forages non exploités pour des raisons divers (équipements, non électrifiés...).

Le débit extrait dans la wilaya de Ghardaïa varie de 4 à 80 l/s, le volume annuel est estimé à 179,3 Hm³.

Tableau I.3 : Exploitation de la nappe du CI à travers la wilaya de Ghardaïa (ANRH)

N°	Communes	Nombre de Forage	Forage exploité	Débit d'exploitation	Débit moyen
				(l/s)	
1	Daya	11	4	140,5	35,0
2	Ghardaïa	28	19	513,0	27,0
3	Bounoura	13	10	270,0	27,0
4	Atteuf	16	11	331,0	30,0
5	Berriane	15	13	277,0	21,0
6	Guerrara	22	17	940,0	55
7	Metlili	21	19	600,5	32,0
8	Zelfana	13	13	902,0	75,0
9	Mansourah	10	8	228,5	28,0
10	Hassi F'hel	19	19	1059,0	60,0
11	Sebseb	8	7	282,0	40,0
12	El Goléa	112	72	2265,0	31,0
<i>Totaux</i>		288	212	7808,5	/

I.3.4.1. Répartition des forages

1. Nombre de forages

La wilaya de Ghardaïa a connu une évolution rapide du nombre des forages captant la nappe de l'Albien. Le nombre qui était de 288 forages en 1999, est passé à 292 en 2002 pour atteindre les 345 forages en 2005.

Il est constaté que le nombre de forage a vu une importante hausse de 2002 à 2005, cette augmentation est due essentiellement, au lancement des programmes de mise en valeur des terres agricoles (APFA, CDARS et GCA) à travers le territoire de la wilaya.

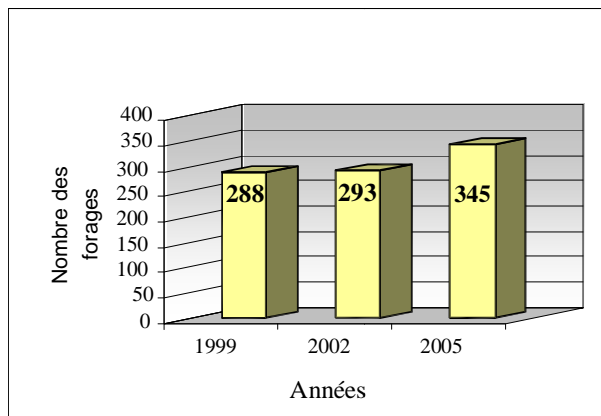


Figure I.2: Evolution du nombre des forages

2. Evolution des débits soutirés

Les données d'inventaires de 1999 et 2005 ont montré une élévation considérable du volume d'eau soutiré de la nappe au cours de cette période. Il a passé de 179,3 Hm³/an en 1999 à 213,96 Hm³/an en 2005, soit une élévation moyenne annuelle de 5,8 Hm³.

Cette augmentation du volume d'eau mobilisé s'explique par l'application des programmes du développement agricole (CDARS, GCA et APFA) d'une part, et les besoins à satisfaire de l'alimentation en eau potable de la population d'autre part.

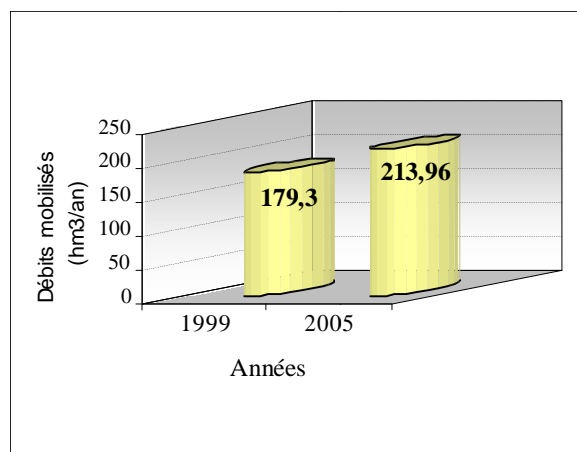
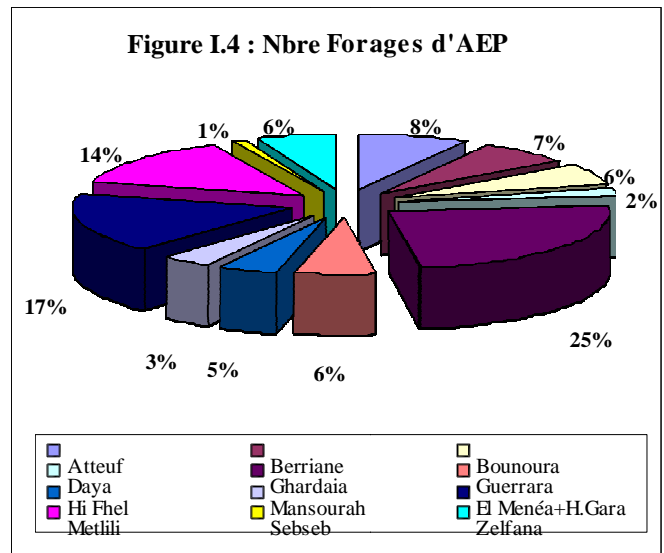


Figure I.3 : Evolution des débits soutirés

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

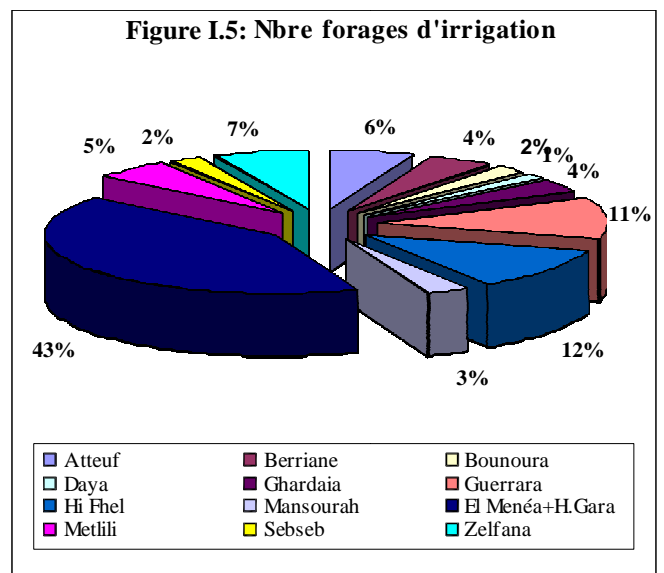
3. Répartition des forages d'AEP

Communes	Nbre Forages
Atteuf	7
Berriane	6
Bounoura	5
Daya	2
Ghardaia	21
Guerrara	5
Hi Fhel	4
Mansourah	3
Meniaa + Hi Gara	15
Metlili	12
Sebseb	1
Zelfana	5
Total	86



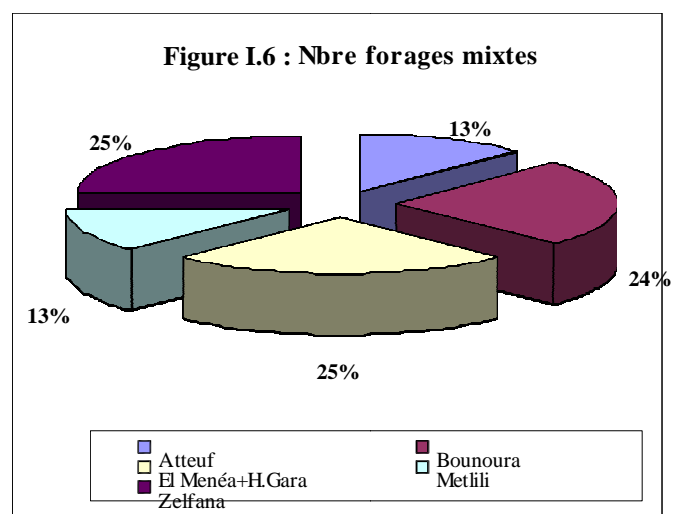
4. Répartition des forages d'Irrigation

Communes	Nbre Forages
Atteuf	8
Berriane	6
Bounoura	3
Daya	2
Ghardaia	5
Guerrara	15
Hi Fhel	16
Mansourah	4
Meniaa + Hi Gara	56
Metlili	7
Sebseb	3
Zelfana	9
Total	134



5. Répartition des forages mixtes (AEP+Irrig.)

Communes	Nbre Forages
Atteuf	1
Berriane	
Bounoura	2
Daya	
Ghardaia	
Guerrara	
Hi Fhel	
Mansourah	
Meniaa + Hi Gara	2
Metlili	1
Sebseb	
Zelfana	2
Total	8



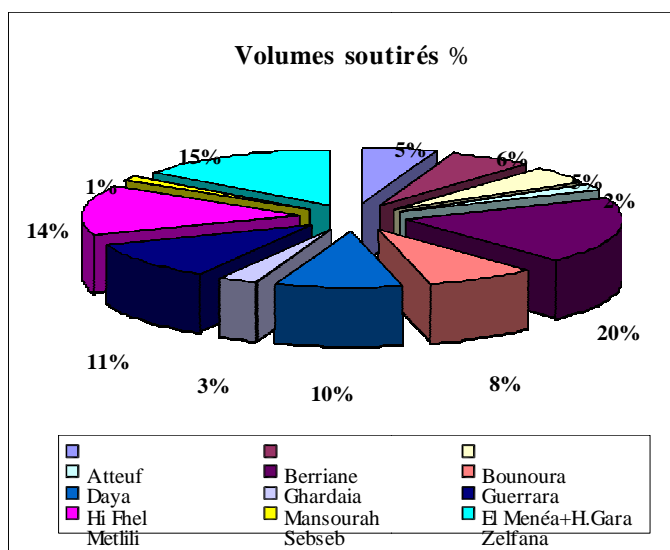
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.3.4.2. Prélèvements et usage par commune

1. Pour l'AEP

Communes	Q (hm ³ /an)
Atteuf	3,65
Berriane	4,13
Bounoura	3,47
Daya	1,31
Ghardaia	12,98
Guerrara	5,51
Hi Fhel	6,46
Mansourah	2,08
Meniaa + Hi Gara	7,42
Metlili	9,59
Sebseb	0,65
Zelfana	10,17

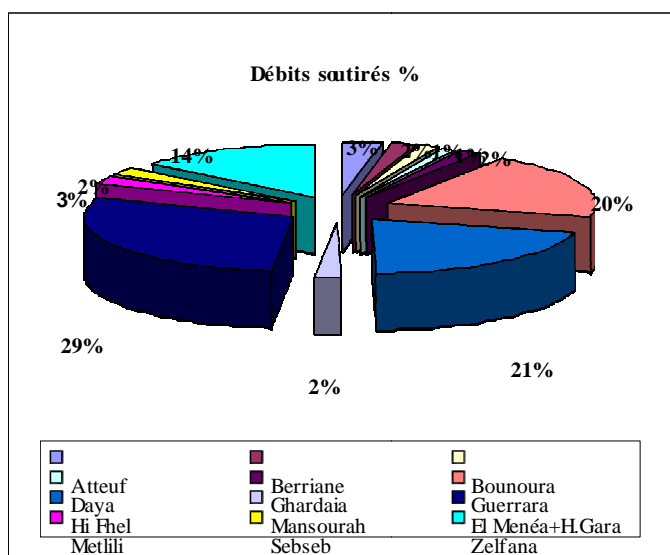
Total	67,43
--------------	--------------



2. Pour l'Irrigation

Communes	Q (hm ³ /an)
Atteuf	4,21
Berriane	2,58
Bounoura	1,80
Daya	1,71
Ghardaia	2,10
Guerrara	27,31
Hi Fhel	28,30
Mansourah	2,73
Meniaa + Hi Gara	39,86
Metlili	3,59
Sebseb	3,28
Zelfana	19,55

Total	137,04
--------------	---------------



3. Pour l'usage mixte (AEP-IND/IRR-IND)

Communes	Q (hm ³ /an)
Atteuf	0,39
Berriane	0
Bounoura	1,45
Daya	0
Ghardaia	0,38
Guerrara	0
Hi Fhel	0
Mansourah	0
Meniaa + Hi Gara	2,01
Metlili	0,74
Sebseb	0
Zelfana	1,02

Total	5,99
--------------	-------------

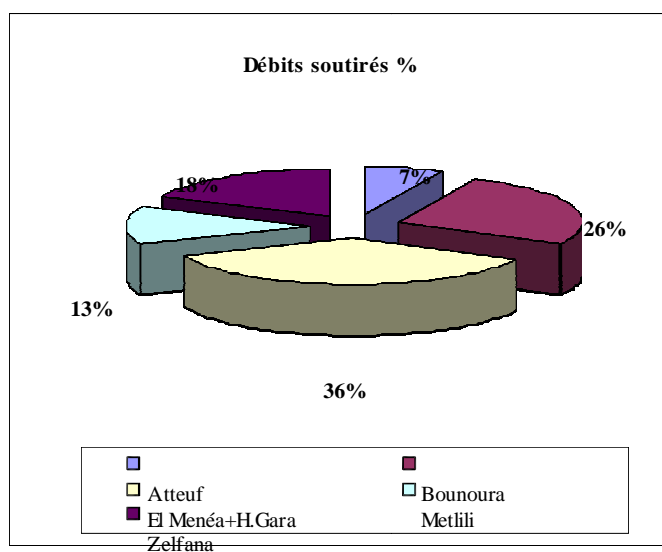


Figure I.7 : Volumes soutirés pour les trois usages

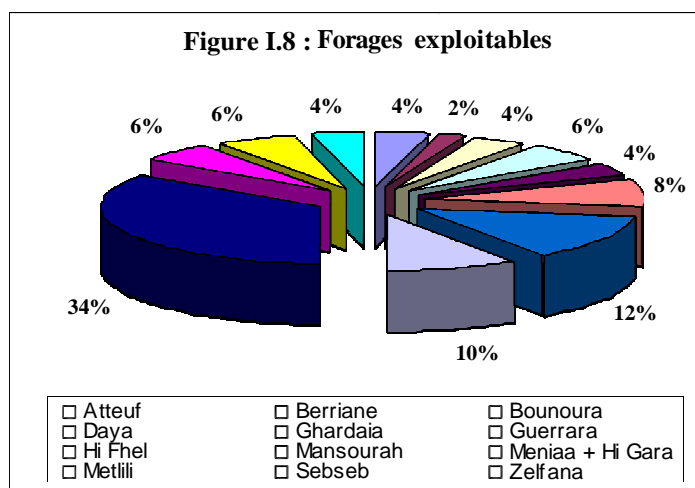
I.3.4.3. Forages et débits exploitables par commune

1. Nombre de forage

L'inventaire fait état de 52 forages pouvant être exploités. Ces forages sont soit en attente d'exploitation, soit en cours de réalisation et qui vont être bientôt exploités.

Il est observé que la commune d'El Menéa vient en 1^{er} lieu totalisant de 18 forages exploitables, soit un pourcentage de 34% et que Berriane se classe en dernière place avec seulement un forage non encore exploité.

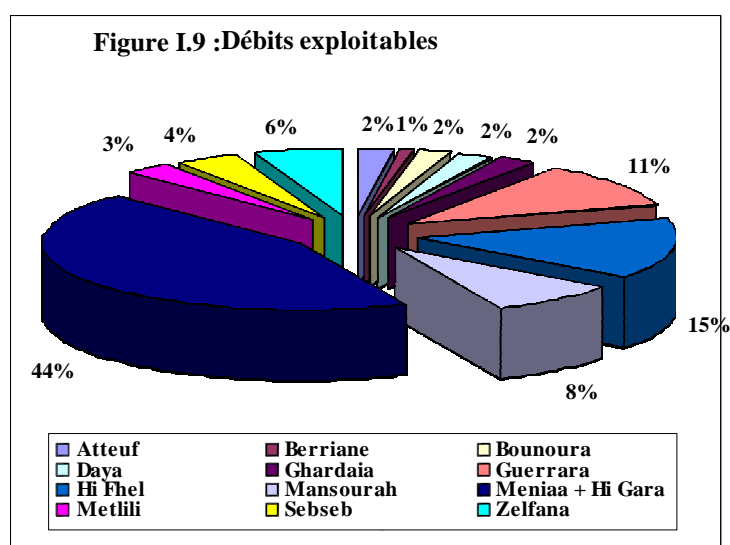
Communes	Nbre Forages
Atteuf	2
Berriane	1
Bounoura	2
Daya	3
Ghardaia	2
Guerrara	4
Hi Fhel	7
Mansourah	5
Meniaa + Hi Gara	18
Metlili	3
Sebseb	3
Zelfana	2
Total	52



2. Débits exploitables

En matière de volumes exploitables, il est observé que la commune d'El Menéa dispose d'un débit exploitable relativement très important dépassant les 33 Hm³/an, en second lieu, il y a la commune de Hassi F'hel avec débit avoisinant 11,5 Hm³/an, ensuite viennent les communes de Guerrara et Mansourah avec un volume de plus de 7 Hm³/an.

Communes	Débit moyen (l/s)	Q (hm ³ /an)
Atteuf	30	1.89
Berriane	25	0.79
Bounoura	30	1.89
Daya	20	1.89
Ghardaia	30	1.89
Guerrara	80	10.10
Hi Fhel	60	13.25
Mansourah	45	7.10
Meniaa + Hi Gara	70	39.74
Metlili	30	2.84
Sebseb	35	3.31
Zelfana	80	5.05
Total		89.72*



* Le volume d'eau exploitable a été estimé selon le débit moyen de chaque région et avec des fréquences d'utilisation de 24h/24h, 7j/7j et 365j/365j.

I.3.4.4. Prélèvements additionnels selon le modèle SASS

Des nouvelles simulations effectuées sur le modèle du SASS⁽¹⁾ réalisé par l'OSS⁽²⁾, ont permis de préciser les débits additionnels susceptibles d'être exploités de la nappe du CI dans la région de Ghardaïa.

Le tableau suivant présente les débits soutirés, les débits additionnels estimés en 2000 et les débits encore disponibles dans les quatre zones, à savoir El Menéa, Hassi-El Gara, Seb Seb, Zelfana et Guerrara.

Tableau I.4 : Les débits soutirés, les débits additionnels et les débits disponibles par commune

communes	Débit exploité 2005 (Hm ³ /an)	Débit exploité 2005 (m ³ /s)	Débit additionnel 2000 ^(SASS) (m ³ /s)	Débit disponible 2005 ^(SASS) (m ³ /s)
Atteuf	08,26	0,295	-	-
Berriane	06,71	0,244	-	-
Bounoura	07,61	0,277	-	-
Daya	03,02	0,169	-	-
Ghardaia	15,46	0,564	-	-
Guerrara	32,82	1,401	1,0	0,573
Hassi F'hel	34,77	1,753	-	-
Mansourah	05,71	0,360	-	-
Meniaa + Hi Gara	51,00	2,316	8,0	7,731
Metlili	13,92	0,494	-	-
Sebseb	03,93	0,175	2,0	1,963
Zelfana	30,75	1,025	2,0	1,655
Total	213,96	6,78	13,00	11,35

⁽¹⁾SASS : Système Aquifère du Sahara Septentrional

⁽²⁾OSS : Observatoire du Sahara et du Sahel

La figure ci-dessous montre les quatres zones ayant encore des disponibilités en eau : Il s'agit de la zone d'El Menéa avec 7,73 m³/s, Zelfana et Seb Seb avec respectivement 1,96 et 1,66 et en dernier lieu Guerrara avec 0,57 m³/s.

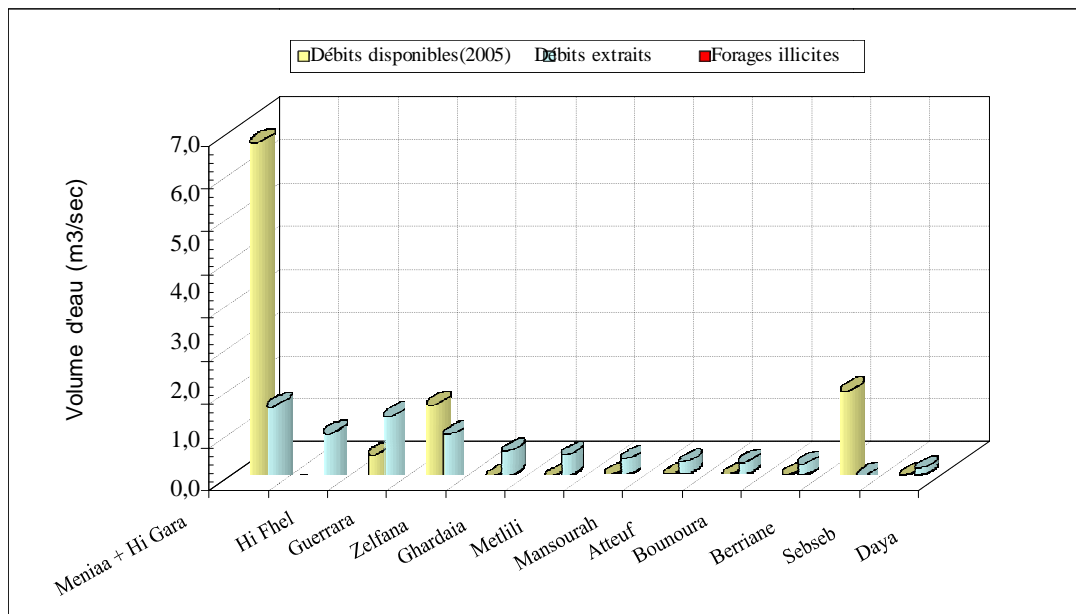


Figure I.10 : Exploitation de la nappe albienne

I.4. Répartition générale des terres

La superficie totale de la wilaya s'étend sur 8 656 000 hectares et se répartit comme suit :

- Surface agricole totale : 1 370 911 Ha
- Terres improductives non affectées à l'agriculture : 7 285 089 Ha

I.4.1. Les terres utilisées par l'agriculture (SAT)

La S.A.T couvre une superficie de : 1 370 911 hectares.

Elle comprend :

- La superficie agricole utile (S.A.U) 21 642 Ha
- Les pacages et parcours 1 349 097 Ha
- Les terres improductives des exploitations agricoles 172 Ha
- (Bâtiments, chemins, pistes etc....).

I.4.2. terres improductives non affectés à l'agriculture :

D'une superficie de 7 285 089 Ha les terres improductives non affectées à l'agriculture concernent les superficies couvertes par les agglomérations, bâtiments divers, voies de communications et les terres non susceptibles d'être cultivées ou transformées en parcours.

Tableau I.5 : Superficies des terres utilisées par l'agriculture

Désignation		Superficies (Ha)
Terres utilisées par l'agriculture	Superficie agricole utile (S.A.U)	21 642
	Pacages et parcours	1 349 097
	Terres improductives des exploitations agricoles	172
Superficie total terres utilisées par l'agriculture (S.A.T)		1 370 911
Autres terres	Terrains improductifs non affectés à l'agriculture	7 285 089
Superficie totale de la wilaya		8 656 000

I.4.3. Occupation des sols :

Dans la wilaya de Ghardaïa, le secteur agricole est limité, il est à vocation phoéniciicole. Sur les 8 656 000 hectares couverts par la superficie de la wilaya 1 370 0911 hectares sont affectés à l'agriculture et la superficie agricole utile (S.A.U) est évaluée à 21 642 hectares.

I.4.4. Situation de la S.A.T, la S.A.U et la mise en valeur par commune

Tableau I.6 : Superficies agricoles totales et utiles

Commune	S.A.T	S.A.U	Mise en valeur			
			Superficie susceptible		Superficie attribuée	Superficie mise en valeur
			Total	Zone favorable		
Ghardaïa	14 743	1 128	2 300	0	2 825,61	957
El-Ménéa	203 463	1 880	15 975	11 150	6 202,00	1 434
Daya	110 583	1 346	8 344	0	1 749,55	1 158
Berriane	113 214	1 471	9 494	1 295	2 203,39	1 199
Metlili	187 863	1 487	17 644	3 272	2 274,50	1 098
Guerrara	35 624	2 452	16 440	2 000	3 831,56	2 170
El-Atteuf	15 503	1 006	2 585	1 486	1 900,69	848
Zelfana	11 143	1 093	15 153	1 590	1 114,35	844
Sebseb	115 083	2 105	17 020	3 900	2 490,34	1 789
Bounoura	38 623	906	3 850	227	1 154,53	784
Hassi-El-F'hel	103 323	4 221	13 175	5 125	9 996,36	4 185
Hassi-El-Gara	339 483	1 187	20 650	6 750	5 572,50	837
Mansoura	82 263	1 360	19 450	3 120	3 387,00	1 193
Total	1 370 911	21 642	162 080	39 394	44 624,00	18 496

En considérant le facteur eau et les faibles précipitations, la S.A.U exploitée se limite aux seules superficies bénéficiant d'une ressource hydrique (forages, puits). Le reste est constitué de pacages et parcours 1 349 097 Ha et de terres improductives des exploitations agricoles 172 Ha. La S.A.U réellement exploitée ne représente qu'une infime partie de la superficie totale de la wilaya soit 0,25 %. Pour une population de 361 137 habitants, la S.A.U par habitant au niveau de la wilaya est de 0,06 Ha.

I.5. Structure des exploitations agricoles :

I.5.1. Systèmes d'irrigations :

Le secteur de l'agriculture de la wilaya de Ghardaïa est caractérisé par deux systèmes d'irrigation :

- L'ancienne palmeraie ;
- La mise en valeur ;

I.5.1.1. Le système oasien de l'ancienne palmeraie :

Couvrant 3 146 hectares, le système oasien de l'ancienne palmeraie est caractérisé par une forte densité de plantation, palmiers âgés, irrigation traditionnelle par seguias, exploitations mal structurées et fortement morcelées (0,5 à 1,5 Ha).

Les étages des palmiers dattiers, arbres fruitiers, maraîchage et fourrages en intercalaire des activités d'élevages familiaux sont souvent pratiquées avec des cheptels de petites tailles.

I.5.1.2. La mise en valeur :

Le système de mise en valeur se scinde en :

- Mise en valeur péri-oasienne : petite mise en valeur, basée sur l'extension des anciennes palmeraies selon un système oasien amélioré, caractérisé par : irrigation localisée, densité optimale, alignement régulier, exploitation structurées. taille moyenne de 2 à 10 Ha
- Mise en valeur d'entreprise : c'est la grande mise en valeur mobilisant d'importants investissements, basée sur l'exploitation exclusive des eaux souterraines profondes et est caractérisée par : structures foncière importante (jusqu'à 500 Ha), mécanisation plus importante, irrigation localisée et/ou par aspersion, pratiquant des cultures de plein champs et vergers phoénicoles et arboricoles. Les cheptels associés aux productions végétales sont importants notamment ovin et bovin.

I.5.2. Production végétale :

Les cultures pratiquées au niveau de la wilaya de Ghardaïa, sont la céréaliculture, le maraîchage, les cultures fourragères et industrielles en plus de l'arboriculture.

Les superficies affectées à chaque culture, les quantités récoltées et les rendements sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau I.7 : Production végétale

Cultures	Superficies réalisées en (Ha)	Superficies récoltées en (Ha)	Quantités récoltées en (Qx)	Rendement moyen en (Qx/Ha)
Céréales	630	630	20 710	32,85
Cultures industrielles	610	610	10 400	17,05
Fourrages	1 600	1 600	310 000	193,75
Maraîchage	2 392	2 392	342 345	143
Pomme de terre	30	30	5 920	197
Arboriculture	1 905	1 905	84 600	44,4

I.5.3. Le secteur agricole :

I.5.3.1. Avantages :

- La wilaya de Ghardaïa bénéficie d'une source d'énergie naturelle considérable produite par une durée d'insolation assez étendue et une température relativement élevée pendant l'année à même de permettre la réalisation d'une gamme variée et de qualité de cultures à maturation précoce.
- Tous les plateaux bas et les Dhayate (grandes dépressions) sont favorables à d'éventuelles mises en valeur agricole et/ou pastorales grâce aux alluvions et éléments fertilisants qui s'y déposent et aux eaux d'infiltration qui s'y accumulent.
- L'Erg occidental renferme une nappe aquifère libre qui alimente la nappe du Continental Intercalaire. Les eaux souterraines telles que les nappes phréatiques (potentiel à préserver), la nappe du continental intercalaire qui couvre l'ensemble du territoire de la wilaya et la nappe du complexe terminal qui recèle d'importantes ressources hydriques inexploitées offrent de grandes possibilités de développement de la wilaya.
- Les parcours du nord de la wilaya disposent des possibilités de régénération grâce à la densité du réseau hydrographique et la diversité des espèces.
- L'élevage par l'importance de ses effectifs constitue une richesse capable de générer une production conséquente par une conduite rationnelle.

I.5.3.2. Les contraintes :

- La pluviométrie caractérisée par la faiblesse des précipitations, la température particulièrement élevée, les vents très fréquents et violents qui contribuent au dessèchement des cultures, l'évaporation très élevée, notamment en été quand les besoins en eau sont à leur maximum, font qu'aucune agriculture ne peut être envisagée sans irrigation ni protection.
- L'Erg occidental qui couvre environ 21 % de la superficie de la wilaya limite l'espace à développer et constitue une source d'ensablement pour les zones environnantes.
- Les plateaux hauts, où la roche calcaire affleure fréquemment, qui couvrent 55 % de la surface de la wilaya se prêtent difficilement à une action de mise en valeur.
- Les sols cultivables sont rares et limités aux zones d'accumulation des eaux et de dépôts alluvionnaires. Pour ce qui est des ressources hydriques, les nappes phréatiques ne peuvent constituer un support suffisant pour le développement agricole.
- La nappe du complexe terminal est mal connue et nécessite une étude. La nappe du continental intercalaire présente les contraintes :
 - ✓ Profondeur élevée du toit
 - ✓ Profondeur importante au niveau statique
 - ✓ Température élevée de l'eau (impropre à l'irrigation en l'état)
 - ✓ Durée de vie limitée des forages
 - ✓ Baisse progressive du niveau de l'eau dans la nappe et retrait progressif d'artésienne.

Toutes ces contraintes font que l'exploitation de cette nappe nécessite des investissements lourds (réalisation de forages, énergie de pompage, refroidissement de l'eau, entretien des équipements,...). La faiblesse de la taille des exploitations agricoles, le mode d'exploitation essentiellement traditionnel, la configuration de la structure foncière, la mauvaise qualité des parcours, l'insuffisante production fourragère débouche sur une production agricole faible orientée vers l'autoconsommation.

Compte tenu des conditions climatiques de la wilaya, les plantations forestières reviennent excessivement chères du fait qu'elles nécessitent impérativement une clôture, une amenée d'eau et une irrigation permanente. Le coût à l'hectare dépasse de loin les normes du nord du pays. La population est fortement concentrée dans les agglomérations urbaines importantes (Ghardaïa, Berriane, Guerrara, Metlili, El Ménéa); une telle structure de population ne favorise guère le développement agricole. Les agglomérations situées au nord de la wilaya sont confrontées aux contraintes du relief qui pose le problème de leur extension. C'est le cas des cités de la vallée du M'Zab (Ghardaïa, Bounoura, Mélika, Beni Izguen).

Conclusion

Le volume théorique annuel destiné à l'irrigation à partir des eaux souterraines nécessite une exploitation de la nappe à cause des investissements lourds (Réalisation de forages, énergie de pompage, entretien des équipements,...).

Donc à quel point ces systèmes sont adaptés à satisfaire les besoins en eau des agriculteurs ?

Pour répondre à cette question, ayant défini les données concernant notre zone d'étude du point de vue géographique, géologique, climatologique, ainsi que hydrologique, nous procédons à l'élaboration d'une étude d'adaptation des systèmes d'exploitations des ressources d'eau par l'utilisation des pompes immergées destinées à satisfaire les exigences en eau d'irrigation.

Chapitre II

Les Pompes Immergées

Dans les régions arides l'eau souterraine est l'unique source pour l'approvisionnement en eau destinée principalement à la consommation et l'irrigation. En termes de contribution, les eaux souterraines constituent la totalité destinée à ces besoins vitaux. Dans la majorité des cas, l'eau est pompée au moyen des pompes immergées installées aux forages.

II.1. Pompe immergée

II.1.1. Définition d'une pompe immergée

Les pompes immergées sont idéalement conçues pour aller chercher l'eau à une profondeur où il est impossible de l'aspirer depuis la surface. On les trouve également dans des puits peu profonds, lorsqu'on veut éviter les amorçages difficiles, le bruit ou les risques de gel. Elles permettent l'alimentation d'une maison ou d'un arrosage automatique et sont souvent accompagnées d'un réservoir qui stabilise les fréquences de fonctionnement tout en régulant le débit et la pression.

II.1.2. Présentation générale d'une pompe immergée

Quelle que soit la pompe immergée, elle est constituée de trois parties distinctes :

- La partie moteur, qui fournit la puissance nécessaire au pompage ;
- La transmission, qui transmet cette puissance à la partie hydraulique ;
- La partie hydraulique, qui transmet cette puissance à l'eau pour la déplacer (l'aspirer et ou la refouler).

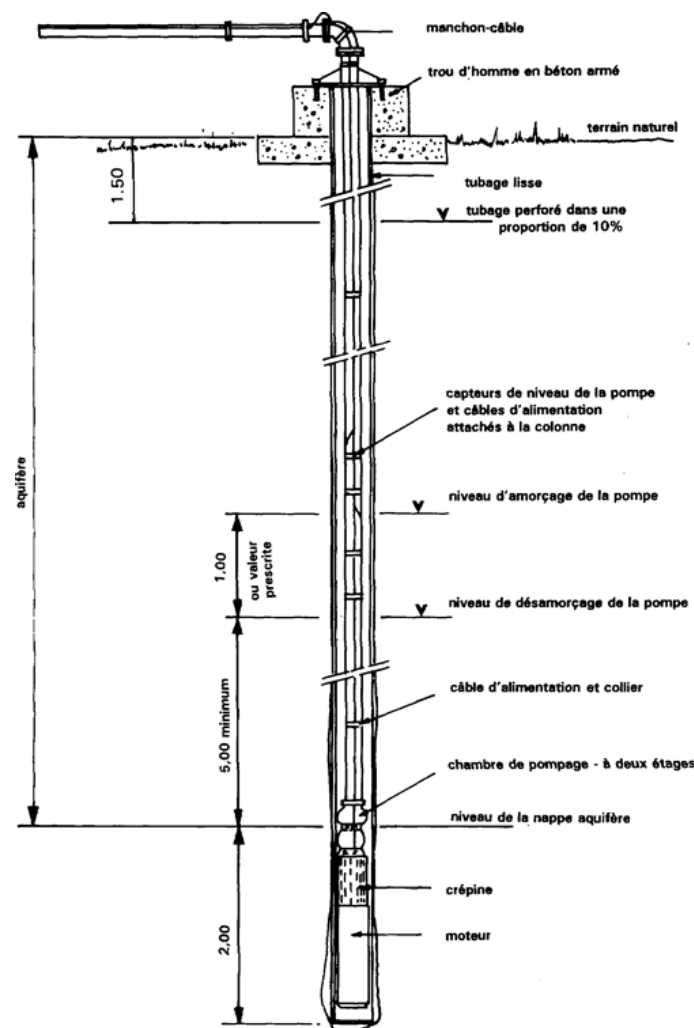


Figure II.1 : schéma général d'une pompe immergée

II.1.3. Constitution d'une pompe immergée

Une pompe immergée est construite pour répondre à des conditions précises de fonctionnement (débit Q à élever à une hauteur H_m). D'une façon générale, une pompe comporte généralement :

- Un couvercle d'aspiration jouant le rôle de distributeur qui donne au fluide une vitesse et une direction convenables, et conduisant ce dernier depuis la section d'entrée de la machine jusqu'à l'entrée de la roue et assurer une répartition uniforme des vitesses à l'entrée de la roue ;
- Une roue, placée sur l'arbre de la pompe qui est l'élément actif de la pompe, son rôle est de transformer l'énergie mécanique appliquée à l'arbre en énergie hydrodynamique (énergie de pression et énergie cinétique) ;
- Corps de la pompe qui joue le rôle de volute, et collecte l'eau à la sortie de la roue et transforme une partie de l'énergie cinétique en énergie de pression.

II.1.4. Principe de fonctionnement des pompes immergées

L'étanchéité au passage de l'arbre vers le corps de la pompe représente le point critique des pompes chimiques conventionnelles. En effet, du liquide fuit toujours au niveau du dispositif d'étanchéité d'arbre, des fuites souvent invisibles.

Une garniture mécanique simple ou double permet de remédier à ce problème. Les pompes à rotor noyé et les pompes à accouplement magnétique offrent une plus grande sécurité, tout simplement parce qu'elles ne possèdent pas ce point faible qu'est le dispositif d'étanchéité au passage d'arbre. On qualifie ces pompes de pompes hermétiquement étanches.

La particularité des pompes à rotor noyé et à accouplement magnétique est le type d'entraînement. Sinon, ces pompes sont des pompes « normales ». Contrairement aux pompes à rotor noyé, les pompes à accouplement magnétique ont un moteur conventionnel placé à l'extérieur. Les rotations du moteur sont transmises sans contact avec l'arbre au travers de la cloche d'entrefer dans la pompe.

L'accouplement magnétique se compose d'un rotor intérieur et d'un rotor extérieur, les deux étant équipés d'aimants permanents. Le rotor intérieur placé sur l'arbre de rotor est entraîné par le rotor extérieur logé sur la couronne de l'arbre moteur. L'attraction magnétique entre les pôles induit l'accouplement des éléments en rotation.

Un moteur électrique se compose de deux pièces principales : le rotor et le stator. Pour la pompe à rotor noyé, le rotor et le stator sont séparés par une chemise statorique.

Le liquide véhiculé se trouve dans cette chemise, cette dernière est donc noyée par le liquide. Elle abrite le rotor et les deux paliers lisses qui supportent l'arbre. Le rotor est raccordé à la roue par l'arbre. Le bobinage de moteur et les raccords électriques sont montés à l'extérieur de la conduite, et donc au sec. Les paliers lisses sont lubrifiés par le liquide pompé.

II.1.4.1. Avantages

- Très efficace, écoulement régulier, capacité constante ;
- Offre une vaste gamme de capacités et de pressions ;
- Peut être utilisée pour les puits de surface et les puits profonds ;
- À l'abri du gel ;
- Silencieuse ;
- Bonne durabilité.

II.1.4.2. Inconvénients

- Le désamorçage peut endommager le moteur ;
- Le sable dans l'eau entraîne l'usure prématurée des pièces ;
- Coûteuse et parfois difficile à réparer.

II.1.5. Différents types d'une pompe immergée

Deux grandes catégories de pompes pour puits profonds se trouvent sur le marché :

- les pompes immergées (communément appelées pompes submersibles)
- les pompes centrifuges à éjecteur pour puits profonds, qui nécessitent l'installation de deux tuyaux.

Contrairement à tous les autres types de pompes dont le moteur est à l'extérieur de l'eau, l'ensemble complet de la pompe immergée, y compris le moteur, est installé dans le puits, sous le niveau de l'eau. Ce type de pompe peut puiser l'eau à des profondeurs allant jusqu'à 300 mètres. Au Québec, la pompe immergée est de loin la plus populaire. Il existe une grande diversité de modèles de pompes immergées pouvant répondre à toutes les conditions de débit, de profondeur d'eau et d'alimentation électrique.

Contrairement aux pompes immergées, le moteur de la pompe à éjecteur pour puits profonds présente la particularité d'être installé à l'extérieur du puits. Cette pompe est constituée d'une unité de pompage située au niveau du sol et d'un ensemble éjecteur situé dans le tubage, juste au-dessus de la prise d'eau. Ce système peut pomper l'eau efficacement jusqu'à une profondeur d'environ 300 mètres, un pompage plus profond entraînant une importante diminution de rendement.

II.1.6. Caractéristiques d'une pompe immergée

II.1.6.1. Caractéristiques débit- vitesse

Le débit d'une pompe immergée est proportionnel à la vitesse de rotation du moteur. Toutefois il faut une vitesse minimale à une H_m donnée pour obtenir un débit.

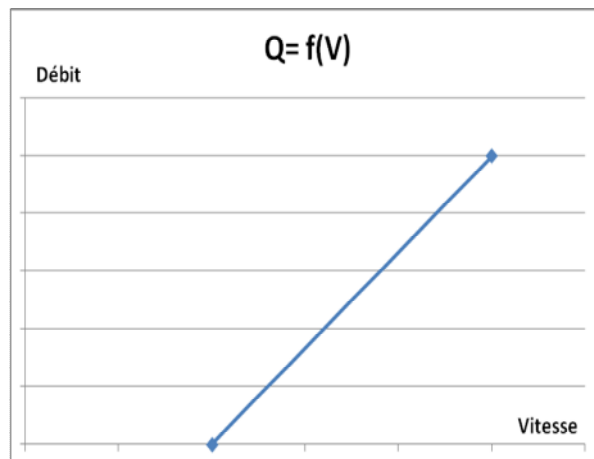


Figure II.2 : Caractéristiques débit- vitesse d'une pompe immergée

II.1.6.2. Caractéristiques couple- vitesse

La couple du moteur augmente très rapidement en fonction de la vitesse et la hauteur de refoulement est fonction du carré de la vitesse du moteur. La vitesse de rotation du moteur devra donc être très rapide pour assurer un bon débit.

Parce que le couple de démarrage est limité au couple de frottement de la pompe à vitesse nulle (qui est plus important qu'en rotation), la pompe requiert une vitesse minimale à une H_m donnée pour obtenir un débit de départ non nul.

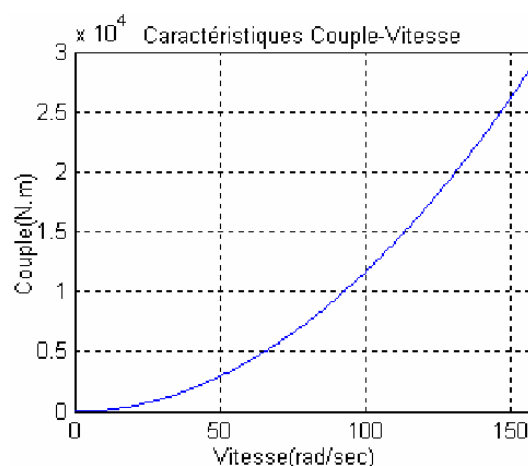


Figure II.3 : Caractéristiques couple- vitesse d'une pompe immergée

II.1.6.3. Caractéristiques débit- hauteur

La courbe débit hauteur, exprime les variations des différentes hauteurs de relèvement en fonction de débit.

Les constructeurs sont en mesure de fournir au client les courbes ($Q-H_m$) maximale et minimale correspondant aux diamètres maximal et minimal possibles de la roue.

Le point de fonctionnement de la pompe est le point d'intersection des deux courbes :

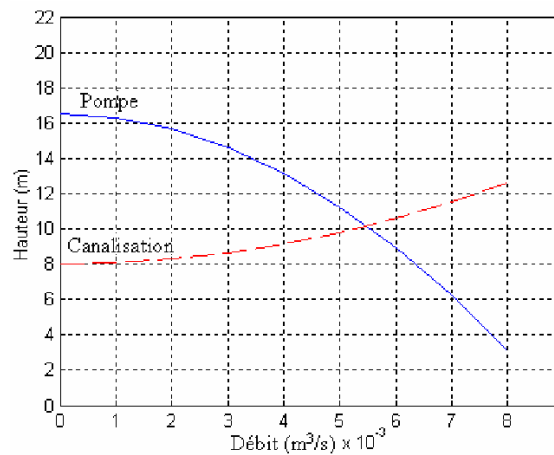


Figure II.4 : Caractéristiques de la pompe (H_m-Q) et de la canalisation

II.1.6.4. Caractéristique de la puissance

Une pompe est une machine qui fournit de l'énergie à un fluide en vue de son déplacement d'un point à un autre.

La courbe de la figure (II.5) des puissances absorbées pour des différents débits est une branche de parabole qui peut présenter un maximum dans la plage utilisable. Cette dernière forme de courbe permet d'éviter une surcharge du moteur si les conditions d'utilisation de la pompe sont appelées à varier.

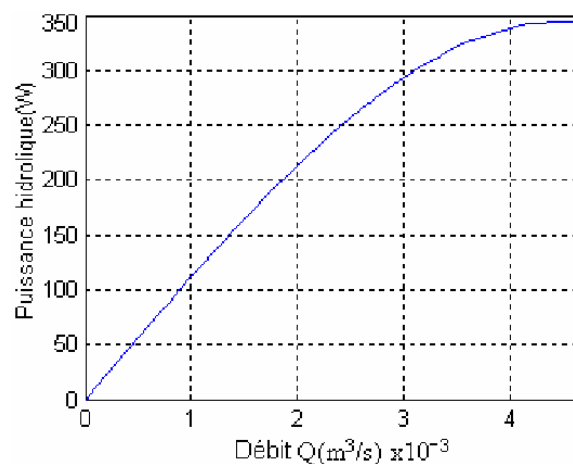


Figure II.5 : Caractéristique de la puissance hydraulique de la pompe immergée

II.1.6.5. Caractéristique de rendement

Pour les groupes électropompes (pompe + moteur), les fabricants donnent généralement la courbe du rendement, généralement le rendement maximal du groupe motopompe ne dépasse pas 72%.

Le schéma de la figure (II.6) présente les valeurs de rendement d'une pompe

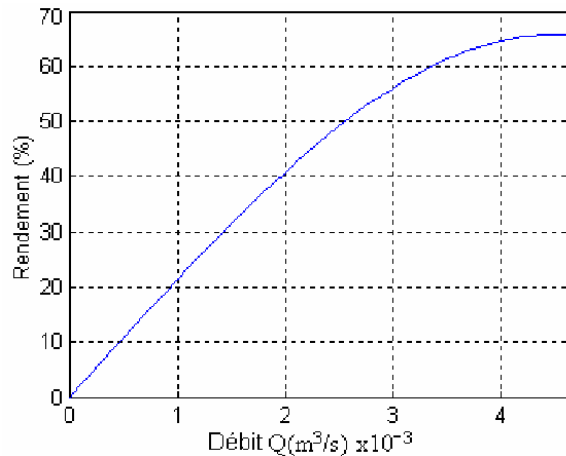


Figure II.6 : Caractéristique de rendement de la pompe immergée

II.1.7. Le NPSH :

Le NPSH est l'abréviation de l'expression anglaise «Net Positive Suction Head», encore appelée : hauteur d'aspiration nette positive ou (hauteur totale de pression de retenue). De même que la hauteur d'élévation, le débit et la puissance absorbée, il représente pour une pompe une des données les plus importantes. On distingue le NPSH de l'installation ($NPSH_{disponible}$) et le NPSH de la pompe ($NPSH_{nécessaire}$), il est possible de déterminer si la pompe choisie pour l'installation concernée est adaptée ou non. Pour que la pompe fonctionne sans cavité on doit avoir:

$$NPSH_{disp} > NPSH_{nécess.}$$

Cette condition doit être remplie sur la totalité du domaine de fonctionnement admissible de la pompe. C'est le cas lorsque le $NPSH_{disp}$ est supérieur d'environ 0,5 m au $NPSH_{nécess.}$

II.1.7.1. Le NPSH de la pompe :

Le $NPSH_{nécess}$ dépend seulement des caractéristiques de la pompe et non de celles de l'installation. Il est variable pour chaque pompe en fonction du débit et de la vitesse de rotation. De plus il est toujours positif.

Le $NPSH_{nécess}$ est indépendant de la nature du fluide transféré. Les valeurs de NPSH mentionnées sur la courbe caractéristiques de chaque pompe résultent de mesures effectuées avec de l'eau froide. Ces valeurs ont été obtenues sur un banc d'essai spécialement conçu pour mesurer le NPSH et peuvent être vérifiées à tout moment. Le $NPSH_{nécess}$ donne une indication sur la possibilité d'aspiration de la pompe en un point précis de la courbe. La capacité d'aspiration de la pompe est d'autant plus grande que la valeur $NPSH_{nécess}$ est faible.

II.1.7.2. Le NPSH de l'installation

Le $NPSH_{disp}$ équivaut à la réserve totale de pression au-dessus de la tension de vapeur du produit qui est disponible à la bride d'aspiration de la pompe. Cette notion résume en un terme toutes les données de l'installation qui ont une influence sur la hauteur d'aspiration de la pompe. Il suffit au constructeur de la pompe de connaître la valeur $NPSH_{disp}$ pour pouvoir garantir un fonctionnement irréprochable de l'installation de pompage.

Les différentes données contenues dans la formule $NPSH_{disp}$ sont:

- la hauteur géodésique d'aspiration [m] : C'est la distance verticale comprise entre le niveau du liquide et l'axe de la pompe.
- la hauteur géodésique de charge [m] : C'est la distance verticale entre le niveau du liquide contenu dans le réservoir en charge et l'axe de la pompe.
- la tension de vapeur du liquide à pomper à une température donnée équivaut à la pression au-dessus de laquelle le liquide commence à bouillir, si cette pression s'exerce sur la surface du liquide [bar].
- la pression gazeuse s'exerçant sur la surface du liquide à l'aspiration [bar].
- poids spécifique du liquide à pomper [kg/m^3].
- Accélération de la chute $g = 9,81 m/s^2$
- perte de charge dans la conduite d'aspiration [m].

II.2. matériaux constitutifs des pompes

Les matériaux les plus utilisés couramment dans la construction des pompes sont les fontes, les aciers, les aciers inoxydables et les alliages de cuivre. Pour des cas particuliers, surtout dans les industries chimiques et pétrolières, des alliages de nickel, d'aluminium, de plomb, de titane...etc. ainsi que des matières non métalliques sont souvent employés. Ces pompes, d'une construction plus spéciale, ne seront pas traitées ici.

II.2.1. Les caractéristiques des métaux

II.2.1.1. Fontes moulées

La fonte grise, matériau relativement économique, est utilisée partout où les exigences mécaniques et la nature de l'eau le permettent.

Les fontes grises non alliées à graphite lamellaire sont celles qui n'ont pas fait l'objet d'addition intentionnelle d'éléments d'alliages. Leur teneur en carbone se situe entre 2,8 et 3,6 %. Leur structure et leur résistance mécanique dépendent non seulement de leur composition chimique, mais aussi de l'épaisseur du moulage (refroidissement du métal dans le moule). Les caractéristiques d'une pièce moulée varient donc selon les épaisseurs, fait donc le constructeur doit tenir compte.

En variant la teneur en carbone, par addition d'autres éléments d'alliages et avec des traitements thermiques appropriés, un large éventail de fontes améliorées, de caractéristiques physiques et mécanique différentes, peut être obtenu : (Fontes perlitiques, fontes à graphite sphéroïdal, fontes austénitiques).

II.2.1.2. Les aciers moulés

Les aciers moulés ordinaires ont une résistance à la corrosion comparable aux fontes grises, mais sont généralement choisis pour leurs caractéristiques mécaniques supérieures. En ajoutant d'autres éléments d'alliages, les propriétés physiques et mécaniques se trouvent fortement améliorées. Les aciers inoxydables à fort pourcentage en chrome et les aciers austénitiques au chrome-nickel sont surtout utilisés pour résister à la corrosion.

II.2.1.3. Les alliages de cuivre

Les alliages cuivreux couramment utilisés sont :

- Bronze : alliage de cuivre et d'étain; utilisés pour les roues et les pièces d'usure, éventuellement pour les corps de pompes susceptibles de résister à la corrosion.
- Laitons : alliage de cuivre et de zinc; avec excellentes caractéristiques mécaniques, une très bonne résistance à la corrosion et une bonne aptitude pour la fabrication de pièces étanches.
- Cupro-aluminium : alliage de cuivre et d'aluminium ont une résistance mécanique et une excellente tenue à la corrosion et à la cavitation.

II.2.2. Résistance

II.2.2.1. Résistance à la corrosion

La fonte est le matériau principal d'une pompe submersible d'assainissement, avec l'acier inoxydable de la boulonnerie et de certaines parties internes. L'arbre de pompe est, soit en acier inoxydable, soit protégé contre l'action des effluents pompés. Lorsque la pompe ou son socle comporte des parties en acier, celles-ci sont galvanisées à chaud. En fonctionnement dans des conditions normales, ces matériaux peuvent durer des dizaines d'années.

Parfois, lorsque le liquide pompé contient des effluents industriels, la résistance à la corrosion de la fonte peut se révéler insuffisante ; c'est particulièrement vrai pour les parties en soumises à une vitesse de liquide importante, par exemple la roue mobile et le corps de pompe, qui seront détériorés par une corrosion érosive. Dans ce type d'application, la couche naturelle d'oxydation qui protège la pompe de la corrosion sera détruite, laissant place à une corrosion rapide. Il est conseillé d'utiliser de l'acier inoxydable pour ces parties sensibles.

La corrosion par l'eau de mer dépend de multiples facteurs tels que la salinité, la teneur en oxygène, la pollution ou la température ; il faudra donc déterminer le matériau adéquat au cas par cas. Dans certains cas, les anodes en zinc peuvent offrir une protection efficace.

II.2.2.2. Résistance à l'usure

La quantité de sable contenue dans les effluents est de l'ordre de 0,002 à 0,003 % (en volume). Cette quantité peut augmenter périodiquement, lors de chutes de pluie ou de neige importantes, dans les stations recueillant à la fois les eaux usées et les eaux de pluie. La fonte est capable de résister pendant des années à l'usure dans la plupart des applications ; mais il

faut recourir à des matériaux particuliers pour le pompage d'effluents très abrasifs, tel que le pompage de liquides provenant de stations de traitement avec piège à sable.

II.2.2.3. Liquides abrasifs

Avec les liquides abrasifs, les performances de la pompe dépendent essentiellement de la quantité de particules dans l'effluent. Les particules les plus communes sont le quartz et la silice, pour lesquelles on pourra appliquer directement ce qui suit.

La quantité de sable contenue dans l'eau peut s'exprimer en volume ou en poids ; la relation entre les deux est la suivante :

$$P_m \approx 3 \cdot P_v$$

Où P_m : Le poids [%]

P_v : Le volume [%]

Par exemple, lorsque $P_v = 5\%$, cela équivaut à $P_m = 15\%$.

La densité augmente rapidement avec la quantité de sable contenue dans l'eau. La puissance absorbée par la pompe est en relation directe avec la densité du liquide pompé. Pour chaque cas où une quantité importante de sable est contenue dans le liquide pompé, il faut s'assurer que la puissance absorbée par la pompe ne dépasse pas celle que peut fournir le moteur. Pour le pompage d'effluents provenant de cuves de dessablage, prévoir une réserve de 30% de puissance est raisonnable.

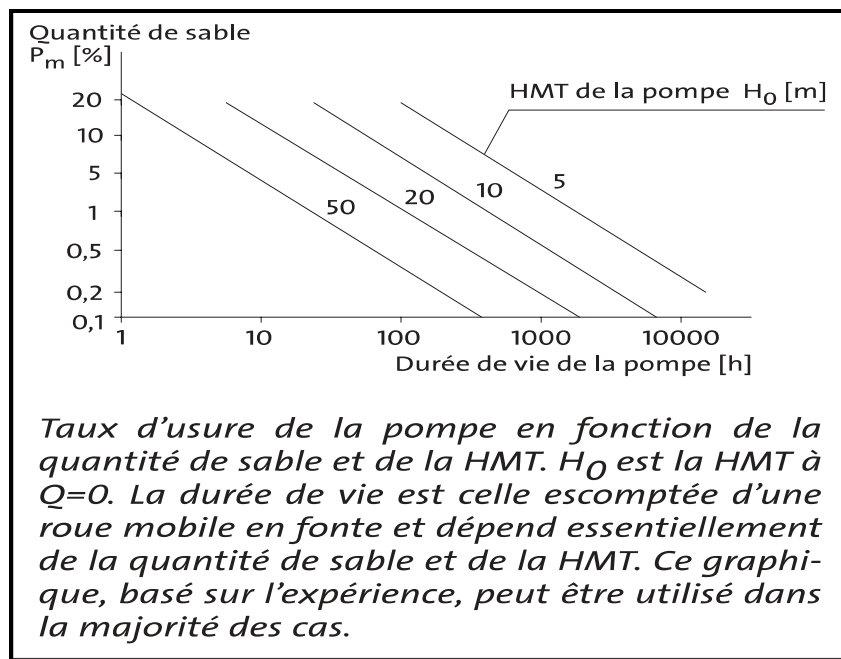


Figure II.7 : Taux d'usure

Le diagramme de la Figure II.7 montre la relation entre le taux d'usure de la pompe et la quantité de sable contenu dans le liquide pompé. Une grande quantité de sable diminuera de façon importante la durée de vie de la pompe. La vitesse d'abrasion du sable contenu dans l'eau est d'autant plus rapide que la HMT est élevée. La durée de vie d'une pompe est conditionnée par la hauteur manométrique totale de la disposition de forage d'une part et les quantités de sable transportant par l'eau pompée, plus la hauteur augmente, les quantités des sables augmentent, la durée de vie de la pompe diminue.

II.2.3. Principales caractéristiques des matériaux utilisés dans la fabrication des pompes

Le tableau (II.1) résume les différents matériaux de fabrication d'une pompe immergée.

Tableau II.1 : Principales caractéristiques des matériaux (FAO, Les machines élévatoires)

Matériau	Résistance mécanique	Résistance à la corrosion dans l'eau	résistance à l'abrasion	Coût	Utilisation type
Acier doux	forte	très faible	moyenne à forte	faible	arbres tiges de pompe écrous et boulons pièces porteuses
Fonte	moyenne	moyenne	moyenne à forte	faible	carters de pompes
Acier inoxydable	forte	très bonne	bonne	élevé	écrous et boulons arbres rotors surfaces frottantes humides pièces de robinetterie
Laiton	moyenne	bonne	moyenne à forte	élevé	rotors cylindres de pompe surfaces frottantes humides
Bronze/bronze au zinc	forte à moyenne	très bonne	moyenne à forte	élevé	rotors pistons de pompes paliers et pièces frottantes humides pièces de robinetterie
Aluminium/ alliages légers	forte à moyenne	moyenne à forte	faible	moyen à élevé	carters de pompe tuyaux d'irrigation
Bois tendres	faible	faible	faible	peu élevé	pièces peu sollicitées
Bambou	moyenne	moyenne	faible	peu élevé	pièces moyennement
Bois durs de bonne qualité	moyenne à forte	moyenne à forte	moyenne à forte	moyen à élevé	ossature
Thermoplastiques, PVC, polyéthylène, etc.	moyenne	très bonne	généralement bonne	moyenne	canalisations et pièces accessoires
Thermoplastiques, plastiques moulés et composites	forte à moyenne	généralement bonne	généralement bonne	moyenne à forte	carters de pompe, pièces, paliers
Bronze phosphoreux	moyenne	bonne	bonne	élevé	châssis, rondelles île butée

II.2.4. Facteurs influant sur l'usure

La dépression au cours de laquelle une pompe donnée commence à usée dépend de plusieurs facteurs :

- la quantité de sable,
- la qualité du sable,
- la H_{MT} de la pompe,
- le type de roue
- Vibration : fréquence et amplitude
- Profondeur de pénétration
- Fluide porteur : nature, conditions de circulation
- Outil : nature du matériau, forme et dimensions
- Pièce : nature du matériau, forme à réaliser
- Chef d'aspiration nette positive requis.
 - ✓ Augmente à mesure que le taux de débit à travers la pompe augmente.
 - ✓ Augmente avec la vitesse de fonctionnement de la pompe.

II.2.5. Les symptômes de l'usure

Les symptômes de l'usure sont causés tant par la présence de ces bulles, ainsi que par leur effondrement ultérieur ou de l'implosion.

Les symptômes comprennent :

- ✓ Une baisse subite de la pression de refoulement.
- ✓ Popcorn bruit d'éclatement.
- ✓ Vibrations, parfois violentes.
- ✓ Un bruit sourd.
- ✓ Perte de grande écoute.
- ✓ Une usure poisson écailles sur la face arrière des aubes de turbine.
- ✓ Besoin fréquent d'ajuster emballage arbre.

II.2.6. Conséquences de l'usure

L'usure est pratiquement toujours source de nuisances lorsqu'elle se produit dans une installation hydraulique, nuisances allant souvent en s'accroissant à mesure que le phénomène se développe.

II.2.6.1. Le bruit

La première manifestation d'une pompe qui cavite c'est le bruit, qui révèle la présence de microbulles dans l'écoulement, ce bruit hydraulique généré par la cavitation excite ensuite les parois de la pompe et des tuyauteries proches de celles-ci, les tuyauteries, à leur tour, rayonnent ce bruit dans le milieu aérien ambiant.

de cette façon, lorsque une pompe cavite de manière importante, on enregistre un bruit, caractéristique de crépitements et claquements quelquefois assimilé au bruit d'agrégats dans une bétonnière ou de concasseur, pour les machines de grandes tailles ou tournant très vite, le bruit aérien généré par la cavitation peut être gênant pour l'utilisateur ou l'environnement, cependant, la part du bruit qui incombe directement à la cavitation ne représente qu'une faible partie du bruit rayonné par la pompe.

Lorsque la cavitation apparaît, on assiste à la formation de petites poches de vapeur dont le grossissement est toujours suivi d'une implosion violente. D'un point de vue acoustique, ces cavités se comportent comme des monopoles, sources de bruits les plus efficaces dans le liquide. Elles sont donc la cause de bruits intenses, caractéristiques, s'étendant dans une plage étendue de fréquences, pouvant aller de quelques centaines de hertz à plusieurs Mégahertz.

II.2.6.2. L'érosion

La cavitation intéresse une partie non négligeable des machines : aubes de turbines, profils de pompes, pales d'hélices. Les bulles de vapeur sont alors de dimensions importantes. Lors de leur collapse, Les chocs produits peuvent être suffisamment violents pour causer des dégâts aux structures voisines. L'aspect de la surface érodée rappelle celle d'une peau d'orange. Par la suite, il arrive que la cavitation se manifeste à percer les matériaux sur des épaisseurs de plusieurs millimètres.

II.2.5.3. Les chutes de performances

Lorsque la cavitation continue de se développer, soit que l'on baisse le niveau général de pression des écoulements, soit que l'on augmente leur vitesse, la vapeur peut entièrement recouvrir les parties actives des machines, limitant ainsi leurs performances.

D'un point de vue général, on peut donc conclure qu'il est intéressant de connaître, pour une machine ou un composant pouvant présenter de la cavitation :

- ✓ Les conditions d'apparition du phénomène ;
- ✓ Le bruit émis en régime cavitaire ;
- ✓ Les érosions éventuelles à attendre ;
- ✓ Les performances optimales et les conditions de leur dégradation.

Conclusion

Le système pompage d'eau par les groupes électropompe (pompe immergée) présente d'innombrables avantages par rapport aux autres types de pompage : il garantit un volume d'encombrement réduit, un service relativement silencieux et une mise en œuvre facile avec tous les types de moteurs électriques disponibles sur le marché. Il s'adapte aussi aisément à tous les problèmes de traitement des liquides puisqu'en l'adaptant aux conditions d'utilisation particulières, il est capable de répondre aux exigences spécifiques des installations de destination.

C'est pourquoi, dans notre cas, la connaissance du lieu géographique de l'installation de pompage, de la qualité des liquides, sa nature, ses caractéristiques physico-chimiques, peuvent contribuer efficacement à la lutte contre l'usure de la pompe qui par la suite, ces pompes bien calées par rapport au plan d'aspiration garantissent une durée de vie maximale et un bon rendement dans le temps. C'est pour cette raison qu'on préfère lutter contre les causes de la cavitation et non pas contre les conséquences.

Chapitre III

Mécanisme d'usure par Abrasion

L'endommagement des pièces mécaniques par usure abrasive présente plus de 50% des cas industriels d'usure. Depuis le dix-huitième siècle, l'usure abrasive a fait l'objet de nombreuses recherches. Pendant ces 60 dernières années, des efforts considérables ont été faites pour mieux appréhender le problème en termes d'estimation, de contrôle et de prévention de dégradation.

III.2. Usure abrasive

III.2.1. Définition de l'usure abrasive

Dans le glossaire de l'organisation de coopération et de développement économique, l'usure abrasive est définie comme étant l'usure par déplacement de matière transporté par des particules dures ou des protubérances dures. Donc l'usure abrasive est le résultat du frottement de glissement par labourage ou par déformation plastique. L'usure peut se faire à deux corps, directement à partir des solides en contact ou bien à trois corps comme l'indique le schéma (figure III.1).

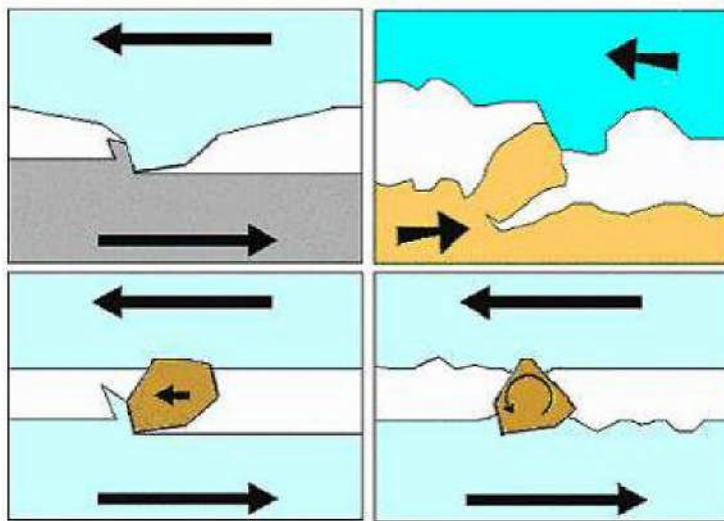


Figure III.1 : Schéma de principe de l'usure abrasive

Il faut noter que l'usure abrasive existe toujours quel que soit le système mécanique. En effet, les débris d'usure générés par les autres modes (adhésions ou fatigue) sont généralement plus durs que les surfaces en contact et par suite participent à l'abrasion, ainsi que les grains abrasifs constitués de poussières ou de sable de fonderie.

III.2.2. Aspects tribologiques de l'usure abrasive

Il convient de distinguer deux processus d'abrasion des surfaces de frottement :

III.2.2.1. Usure abrasive à deux corps

L'usure abrasive à deux corps se fait par les aspérités ou protubérances dures d'une deux surfaces sur l'autre plus tendre, appelée "abrasion à deux corps" (figure III.2). Les sillons sont formés parallèlement à la direction de déplacement des aspérités abrasives.

En général, un matériau mou et malléable conduit à une usure uniforme tandis que pour un matériau plus dur, l'usure est plus localisée dans la région interlamellaire ou les couches d'oxydes forment des points faibles et entraînent le décollement des lamelles.

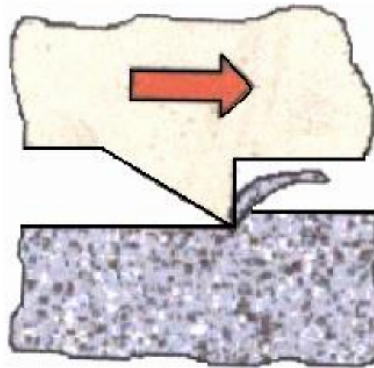


Figure III.2 : Usure abrasive à deux corps.

III.2.2.1. Usure abrasive à trois corps :

L'usure est provoquée par des particules dures (figure III.3) soit véhiculées entre les deux surfaces en contact, soit enchâssées dans l'un d'elles, généralement la plus tendre. L'accumulation de débris d'usure entre les corps finit par constituer une couche intermédiaire, le troisième corps. Selon [JOHNSON, K.L ; 1994], le cisaillement de la couche intermédiaire est la principale source de frottement. Le rodage, le polissage à la pâte ou à la poudre sont des genres d'usure abrasive à trois corps.

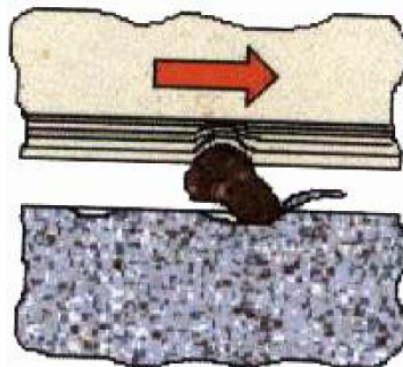


Figure III.3 : Usure abrasive à trois corps.

D'après TABOR, la dureté des particules est en moyenne de 20% supérieure à celle de la surface initiale [B. ARESENAULT, J.G. LEGOUX, H. HAWTHORNE ; 1997].

III.2.3. Schémas des mécanismes d'usure abrasive

En fonction de la sévérité du contact, plusieurs transformations de la surface abrasée se produisent. Elles dépendent des propriétés mécaniques et de la géométrie des matériaux en contact. Si la surface du solide sollicité est considérée comme parfaitement plane, les endommagements suivants peuvent être observés [GEORGES, 2000] (Figure 4) :

- coupe, si l'abrasif est suffisamment aiguisé (Figure 4.a) ;
- repoussage de la matière en surface (Figure 4.b) ;
- fracturation, si le solide est fragile (Figure 4.c) ;
- enlèvement de grains, si le matériau est insuffisamment homogène (Figure 4.d).

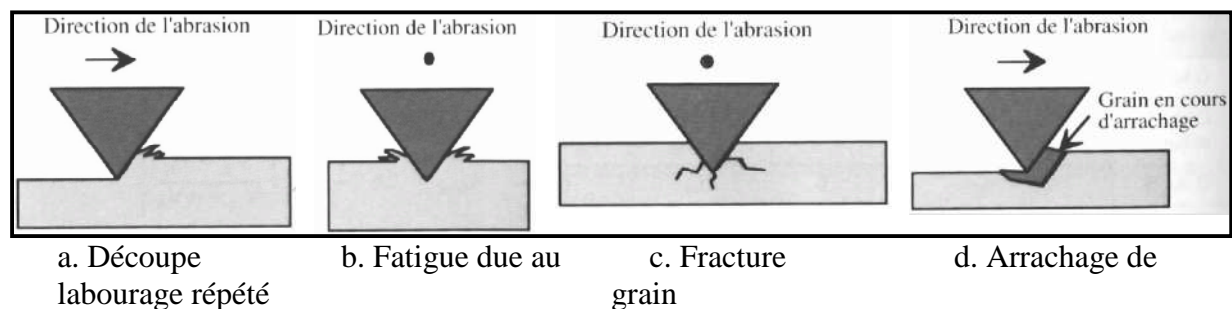


Figure III.4 : Schémas des mécanismes d'usure abrasive : découpe, fracture, fatigue et arrachage [GEORGES, 2000]

La figure III.5.a montré l'effet produit par une aspérité dure ou le grain abrasif peut être assimilée à un outil de coupe élémentaire, il provoque sur la surface sur lequel il frotte une rayure (sillon d'abrasion) comme l'indique la figure III.5.b. [GEORGES SPINLER ; 1997]

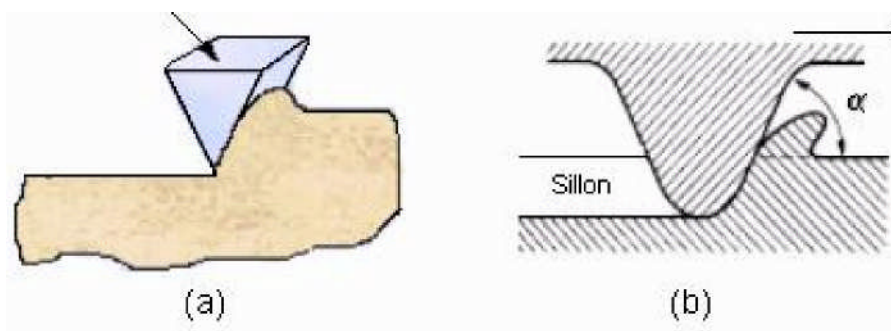


Figure III.5 : Effet d'une aspérité

III.2.4. paramètres influent sur usure abrasive

La quantité du métal du sillon abrasif éliminé de la surface sous forme de particules d'usure par rapport à celle affectée par la déformation plastique est relativement faible, environ 10% à 20% en moyenne. Cette quantité enlevée dépend de nombreux paramètres et plus particulièrement par la dureté et la forme des particules abrasifs.

III.2.4.1. La dureté

La dureté relative de la surface abrasée et de l'abrasif. Lorsque la dureté de la surface rayée approche celle de l'abrasif, celui-ci s'émousse, diminuant son aptitude à la coupe.

III.2.4.2. La forme

La forme de la partie active de l'abrasif, si elle présente des angles vifs, convenablement orientés par rapport au sens de glissement (figure III.6.a), l'abrasion sera analogue à un processus de coupe et la trace laissée sera désignée comme une rayure de micro coupe, contrairement, si elle est arrondie est polie, il y'aura un très peu de matériaux enlevé (figure III.6.b). [J. AYEL ; 1979]

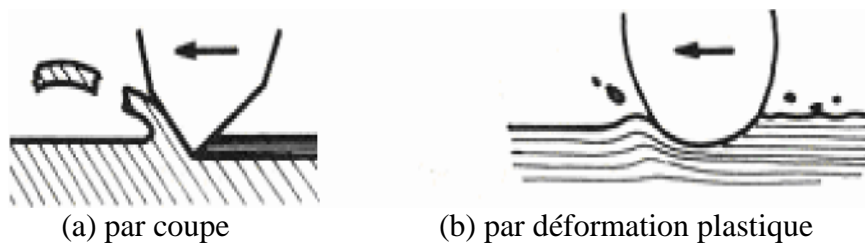


Figure III.6 : Mécanisme de l'abrasion

Si les grains abrasifs roulent entre les deux surfaces provoquent moins d'usure que s'ils glissent ou s'incrudent dans l'une des deux surfaces.

La perte de matière dépend à la fois du matériau utilisé et de l'abrasif et l'aspect des sillons fournit de précieuses indications :

- S'ils sont brillants et très peu profonds, les aspérités de la pièce antagoniste ont raclé les couches d'oxydes.
- S'ils sont isolés, et interrompus, des particules dures introduites entre les surfaces se sont plus ou moins incrustées.
- S'ils sont continus et rayent la pièce dure, des particules abrasives sont enchâssées dans la pièce tendre.
- S'ils sont continus aussi et marquent la pièce tendre, la pièce antagoniste plus dure et sa surface de contact est rugueuse.

Donc pour rayer une surface il suffit d'une autre plus dure de 20% à 25%.

III.2.5. Paramètres du processus d'abrasion

Les acteurs des processus d'abrasion sont essentiellement :

III.2.5.1. Lecorpsabrasif

L'usure abrasive dépend fortement de la dureté, de la géométrie, de la résistance à l'usure et du mode de fragmentation des abrasifs. En effet, la dureté est importante puisqu'elle détermine l'aptitude physique du grain à rayer un matériau plus tendre. En revanche, la forme du grain a une influence évidente sur son agressivité en combinaison avec sa dureté. Mais également sa résistance à la rupture qui pourra favoriser l'arrondissement du grain ou au contraire la création de nouvelles arêtes vives selon le mode de fragmentation,

III.2.5.2. L'environnement

L'environnement comprend essentiellement l'humidité et la corrosivité du milieu. Les effets de l'humidité sont négligeables dès que la vitesse d'usure est importante et concerne un volume du matériau supérieur à ce qui est susceptible d'être modifié par une oxydation ou un échauffement superficiel. En revanche, si l'intensité de l'usure est faible (abrasion sous faibles charges ou avec des grains fins ou sphériques), les propriétés du milieu et de la couche superficielle sont très influentes. En milieu chimiquement très agressif, la corrosion peut se superposer à l'abrasion, dont les effets de coupe sont susceptibles de détruire la couche passive éventuelle, la vitesse d'usure dépend alors de la rapidité de passivation du métal dans le milieu et de l'intensité d'abrasion.

III.2.5.3. Latempérature

La température peut influencer la résistance à l'usure abrasive et suivant ses effets une diminution ou augmentation de la résistance. Une température élevée favorisera l'oxydation ou la corrosion, dans certains cas une couche d'oxyde bien adhérente au métal de base peut le protéger de l'abrasion. Un certain nombre d'aciers réfractaires montrent une bonne résistance combinée à l'abrasion corrosion et leur domaine d'utilisation en température.

III.3. Quantification de l'usure abrasive

Une loi généralisée d'usure par abrasion a été proposée sous la forme suivante [P. DUMON ; 1991] :

$$V = \frac{KFL}{3H} \dots \dots \dots (III. 1)$$

$$K = K'\lambda \left[1 - \exp \left(-\ln 2 * \frac{H_a}{mH} \right)^{1+2m} \right] \dots \dots \dots (III.2)$$

- Avec
- V : Le volume enlevé du matériau par abrasion [m³];
 - F : La force appliquée [N];
 - L : La longueur du contact [m];
 - H : La dureté du matériau soumis à l'abrasion [N/mm²];
 - K' : Coefficient caractéristique de l'écoulement du matériau soumis à l'abrasion.
 - λ : Le facteur de l'angularité de l'abrasif;
 - H_a : La dureté de l'abrasif [N/mm²];
 - m : Le coefficient légal d'abrasion constant.

Actuellement la plupart des spécialistes s'accordent pour considérer que le taux d'usure abrasive d'une surface métallique peut s'exprimer par la relation suivante :

$$\frac{dV}{dl} = K_{abr} \frac{N}{H} \dots \dots \dots (III. 3)$$

- Avec
- $\frac{dV}{dl}$: Le taux d'usure en volume par unité de longueur de glissement ;
 - N : Charge appliquée;
 - H : Dureté de la surface la plus tendre ;
 - K_{abr} : Coefficient d'abrasion.

L'équation III.3 est identique à l'équation d'ARCHARD, mais ici K_{abr} est une constante indépendante du matériau et ne dépendant que de la géométrie des aspérités ou des grains abrasifs.

La série des mesures de K_{abr} est présentée dans le tableau III.1:

Tableau III.1 : Série de mesure de K_{abr} [E. RABINOWICS ; 1966]

Références	Type d'usure abrasive	Taille moyenne des débris	Matériaux	K_{abr} (10^{-3})
Spur et al. (1957)	2 corps	110	Différents	150
Avient et al. (1960)	2 corps	40 – 150	Différents	120
Lopa. (1956)	2 corps	260	Acier	80
Kruschov et al. (1958)	2 corps	80	Multiples	24
Samuels. (1956)	2 corps	70	Laiton	16
Toporov. (1958)	3 corps	150	Acier	6
Rabinowicz et al. (1961)	3 corps	80	Acier	4,5
	3 corps	40	Multiples	2

Du tableau III.1, on déduit que le coefficient K_{abr} de l'usure pour le cas de deux corps est plus important que dans le cas d'usure à trois corps. En effet, dans ce dernier cas (trois corps), environ 90% des particules abrasives ont un mouvement de roulement entre les surfaces alors que seulement 10% d'entre elles glissent et contribuent à l'abrasion des surfaces. Ceci est aussi justifié par la différence qui existe entre les coefficients de frottement où $\mu = 0,25$ dans le cas de trois corps et $\mu = 0,6$ dans l'autre cas.

L'un des plus simples et plus anciens modèles d'usure par abrasion considéré est le cas du rayage de la surface par un unique cône rigide (figure III.7). Toute la matière déplacée par le cône est arrachée sous forme de débris d'usure.

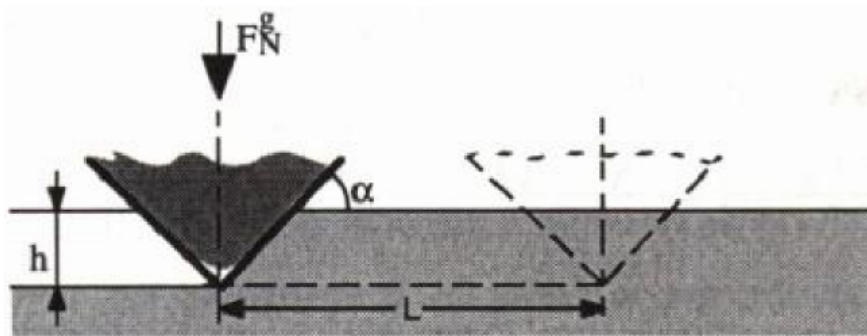


Figure III.7 : Modèle d'usure abrasive pour un unique cône rigide [GERALD ZAMBELLI ; LEO VINCENT ; 1998]

Chapitre III : Mécanisme d'usure par Abrasion

Dans ce modèle [RABINOWICZ, 1965], la force individuelle agissant sur le cône F_N^g est comme suit :

$$F_N^g = 0,5\pi(h \cot g\alpha)^2 H \dots \dots \dots (III.4)$$

Avec h : La profondeur de pénétration [m] ;
 α : L'angle d'attaque du cône de rayage ;
 H : Ladureté de surface la plus tendre [N/mm^2].

Le volume approximatif de matière enlevée V_g est donné par :

$$V_g = L h^2 \cot g\alpha \dots \dots \dots (III.5)$$

Où L : La distance de rayage [m].

Si on remplace h dans l'équation III.5 par son expression dans l'équation III.4 on aura :

$$V_g = \frac{2 L \operatorname{tg} \alpha}{\pi H} F_N^g \dots \dots \dots (III. 6)$$

L'usure totale V_t est la somme des volumes arrachés par chaque grain abrasif est :

$$V_t = \sum V_g = \frac{2 L \operatorname{tg} \alpha}{\pi H} \sum F_N^g \dots \dots \dots (III. 7)$$

Avec F_N : La charge appliquée au contact $F_N = \sum F_N^g$

Donc $V_t = \sum V_g = \frac{2 L \operatorname{tg} \alpha}{\pi H} F_N \dots \dots \dots (III. 8)$

III.4. Influence de l'angle d'attaque sur l'usure abrasive

La particule ou le grain abrasif doit avoir des angles aigus et être convenablement orienté. Cette condition est mise en évidence par l'expérience suivante :

Une tige à pointe pyramidale raye sous une charge donnée la surface plane d'un échantillon métallique (figure III.8).

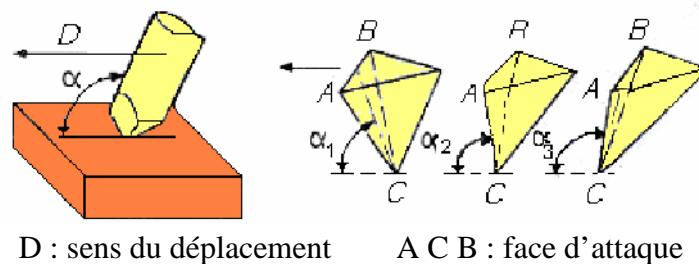


Figure III.8 : Angle d'attaque α d'une particule

Le déplacement de la tige est parallèle à la surface. Les courbes indiquées sur la figure III.9 montrent l'évolution de la section droite de la rayure en fonction de l'angle d'inclinaison de la face d'attaque du frotteur par rapport au plan. On remarque, qu'à partir d'un angle critique α , la largeur de la rayure s'augmente et correspond à l'apparition d'un copeau, c'est-à-dire le passage de la déformation par rayure à la production d'un copeau.

- Si l'angle d'attaque est inférieur à α , il n'y a pas de copeau.
- Si l'angle d'attaque est supérieur à α , il se produit de copeau.

Les deux courbes I et II représentent la formation d'une rayure par enlèvement de métal, par contre, la courbe III donne la production d'une rayure sans enlèvement de métal.

Les facteurs d'usure appliqués sont : la charge est 2N, la vitesse d'abrasion vaut 0,5 mm/s, la nature du matériau de frotteur est le carbure de tungstène et la piste est en plomb.

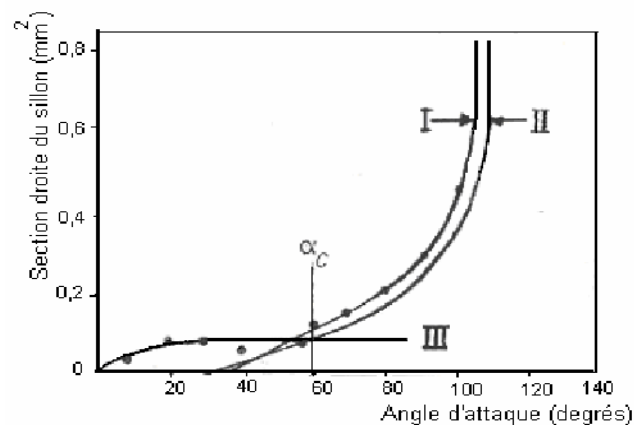


Figure III.9 : Section droite du sillon en fonction de l'angle d'attaque

On peut apprécier expérimentalement et évoluer analytiquement l'aire de la section droite de la rayure dans les deux cas :

- Quand il y a création d'un microsillon sans enlèvement de matière (déformation par rayure), la relation analytique entre l'aire A_s de la section droite d'un microsillon et les caractéristiques géométriques des matériaux en contact est :

$$A_s = \mu \frac{N}{C} (\tau \cot \alpha + \delta_{\text{dyn}}) \dots \dots \dots \text{(III. 9)}$$

- Avec
- N: La force normale ;
 - μ : Coefficient de frottement ;
 - α : L'angle d'attaque ;
 - δ_{dyn} : La contrainte d'écoulement dynamique ;
 - C : Constante géométrique ;
 - τ : La résistance au cisaillement.

- Quand il y a une production de copeau, la relation analytique exprimant l'aire A_{ry} de la section droite d'une micro rayure est :

$$A_{\text{ry}} = \frac{N}{C} \delta_{\text{dyn}} \left[\frac{1 + \mu \text{tg}\alpha}{1 + \text{tg}\alpha} \right] \dots \dots \dots \text{(III. 10)}$$

III.5. Aspect Métallurgique de l'usure abrasive des aciers

Il est à noter que la résistance à l'usure des aciers recuits est proportionnelle à leur dureté, pour chaque type d'aciers trempés, la relation résistance à l'usure-dureté est linéaire mais possède une pente plus faible que celle des métaux recuit (figure III.10).

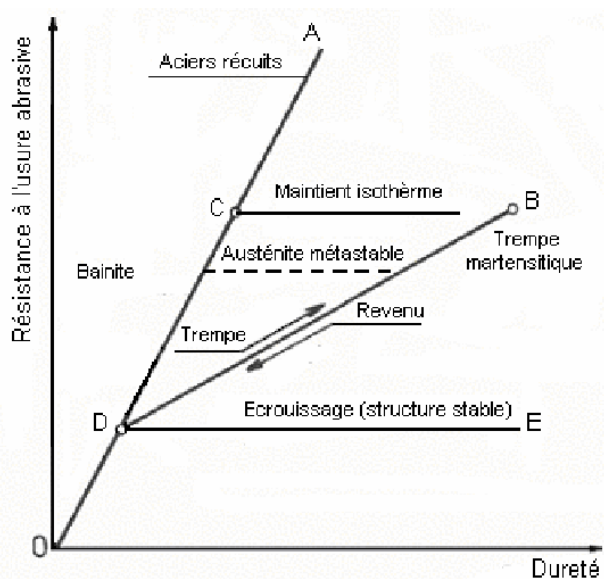


Figure III.10 : La résistance à l'usure abrasive ε en fonction de la dureté due par traitement thermique des aciers au carbone [J. AYEL ; 1979]

- La résistance à l'abrasion des aciers au carbone et des aciers faiblement alliés augmente avec la teneur en carbone indépendamment de celle des autres éléments d'alliage. La résistance à l'usure croît proportionnellement avec la teneur en cémentite pour un acier contenant seulement la ferrite et la cémentite. La structure de l'acier est aussi importante, une structure perlitique a une résistance à l'usure supérieure qu'une structure sphéroïdale.
- Dans les aciers hypoeutectoïdes, la résistance à l'usure augmente, avec la quantité de perlite, c'est-à-dire en carbone et aussi lorsque la distance interlamellaire moyenne de la perlite diminue. Ce qui concerne les aciers hypereutectoïdes, la résistance à l'usure continue son augmentation jusqu'à ce que le réseau de cémentite ne devienne pas continu et fragile.
- L'effet des traitements thermiques sur le comportement des aciers au carbone est représenté sur la figure précédente, où il apparaît que la trempe augmente la résistance à l'usure alors que le revenu la diminue. Les traitements thermiques isothermes, tels que la trempe différée martensitique (martempering) et la trempe bainitique (Austempering) améliorent la ténacité des aciers. Le durcissement par écrouissage préalable des aciers ne conduit à aucune amélioration de leur résistance à l'usure bien que des travaux aient montré que l'écrouissage d'une surface métallique par des grains abrasifs améliorant sa résistance à l'usure.
- Pour les aciers faiblement alliés, la résistance à l'abrasion s'améliore pour les éléments donnant lieu à des carbures dispersables dans la ferrite. L'addition d'une faible teneur en manganèse améliore la résistance à l'usure d'une structure perlitique mais abaisse celle d'une structure martensitique.
- Pour les aciers fortement alliés, la précipitation fine et uniforme de carbures dans la matrice est désirable pour l'augmentation de la résistance à l'usure. La meilleure structure est la structure martensitique. Par contre les aciers possédant une structure austénitique stable et homogène, comme les aciers inoxydables, ne possèdent pas une résistance à l'abrasion très élevée.
- L'acier qui résiste à l'abrasion sous des charges importantes est l'acier austénitique à 12% de manganèse (aciers Hadfield) : qui sont des aciers austénitiques hyperboloïdes au manganèse formant une couche martensitique dure par écrouissage). Sous charge modérée, ses performances sont celle d'un acier au carbone ordinaire, mais sous charge élevée, l'écrouissage transforme l'austénite en martensite très résistante à l'usure abrasive. On améliore aussi la résistance à l'abrasion par l'addition de molybdène ou de niobium qui augmente la limite élastique.

Conclusion

Les phénomènes qui affectent les pompes (dans notre cas l'abrasion), sont très compliqués à comprendre. Le choix du matériau pour la construction de ces pompes immergées, pose un problème délicat parce qu'il faut trouver un compromis entre le prix et la durée de vie de la pompe. Cette optimisation varie d'un cas à l'autre et ne peut se faire que dans le cas d'une collaboration étroite entre le constructeur et l'utilisateur.

Chapitre IV

Adaptation des pompes immergées

Le présent travail constitue une introduction à la connaissance du secteur des pompages privés (utilisations des pompes immergées type POVAL) ou l'usure par abrasion est presque habituel, grâce à un échantillon de 04 agriculteurs.

IV.1. Etude préliminaire

En absence des études spécifiques, il est plutôt qualitatif et vise la compréhension du fonctionnement de ce secteur.

En vue d'atteindre nos objectifs, la démarche suivie consiste en des prospections de plusieurs formes:

- Prospections documentaires : elle est menée auprès des différents services de DHW, ADE, ONA, ANRH et ONID. Ces prospections ont pour objectifs de caractériser la zone d'études et bien cerner la problématique.
- Prospections sur le terrain auprès des agriculteurs, des fournisseurs de matériel de pompage et des entreprises de forage. Les prospections ont été effectuées dans les casiers Hassi El-F'hel (F1, F2, F3 et F4) les plus développés en matière d'exploitation des eaux souterraines.

Le travail dans le cadre du projet nous a permis de s'approcher du contexte socioéconomique et technique des pompes immergées utilisées pour la gestion des eaux souterraine grâce aux stages organisés dans les périmètres.

IV.1.1. L'échantillon

Dans le but d'avoir un échantillon des pompes immergées utilisées par les agriculteurs qui exploitent la nappe, il est nécessaire de partir sur le site et réalise un inventaire qui localise au moins les points de prélèvement (forages des agriculteurs privés).

Des mesures des débits pour les eaux souterraines ont été effectuées sans aucune signalisation des superficies en plus des coordonnées qui ne correspondent pas forcément aux données des agriculteurs.

IV.1.2. Préoccupation

Pour compléter les informations recueillies auprès des agriculteurs, il était nécessaire de consulter les entreprises fournisseurs des équipements et des services. Les principales préoccupations qui nous intéressent sont :

- Caractériser le secteur du pompage privé et les modalités d'intervention dans la prise de décision et pour l'installation ;
- Définir les caractéristiques du matériel de pompage.

IV.1.3. Interview auprès des responsables de POVAL

Il a pour but de recueillir des informations sur les différentes contraintes qui s'opposent au bon fonctionnement des installations de pompage et à une gestion efficiente. L'expérience des ingénieurs et la documentation qui existe étaient très intéressantes et elles nous ont permis d'avoir une idée globale sur le sujet avant de sortir sur le terrain.

IV.2. Les mesures

Pendant notre projet, on a mesuré les débits au refoulement et les conductivités électriques (puisque ce paramètre conditionne le degré d'exploitation des eaux souterraines), et on a effectué des essais de pompage.

IV.2.1. La piézométrie

Le niveau d'eau dans les forages des agricultures pour nos zones d'étude est mesuré à l'aide d'une sonde piézométrique. Son principe de fonctionnement consiste à pénétrer la sonde dans le forage, un signal sonore et un allumage d'une lampe se déclenchent dès qu'un contact s'établit avec le niveau d'eau.

IV.2.2. Le débit

L'estimation des volumes pompés est le point faible de chaque étude hydrogéologique. A partir de ces mesures et les heures de fonctionnement de la pompe dont les agriculteurs se souviennent, on peut estimer les volumes pompés avec une certaine précision puisque la valeur mesurée du débit n'est pas fixe dans le temps et ne correspond pas forcément au vrai débit avec lequel la pompe a fonctionné la campagne précédente.

Suivant que l'eau pompée est refoulée dans le canal tertiaire, dans le canal arroseur ou directement dans le réseau aspersion, la méthode de mesure diffère.

Si l'eau pompée est refoulée dans un réservoir, alors le débit est estimé à partir du volume interne du réservoir divisé par le temps de remplissage.

IV.2.3. La conductivité électrique

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre. La salinité (g/l) est déterminée en multipliant la valeur de la conductivité électrique (ms/cm) par le coefficient 0,64 [Ayerset Westcot, 1988].

IV.2.4. Les essais de pompage

Les essais de pompage constituent une étape préliminaire avant l'exploitation d'un ouvrage donné, ils sont nécessaires pour éviter les interférences entre des ouvrages voisins et pour planifier les débits et les horaires de fonctionnement de pompage pour toute une région à long terme afin d'empêcher les causes d'usures pour la pompe.

Ils consistent à pomper pendant un certain temps jusqu'à la stabilité du niveau d'eau au régime permanent dans l'objectif d'optimiser l'exploitation de l'ouvrage (débit, temps de pompage et la position optimale de la pompe) et d'estimer les caractéristiques hydrologiques de la nappe à exploiter

Les essais s'exécutent sous les hypothèses de base suivantes :

- l'aquifère est homogène et isotrope ;
- le pompage s'est effectué à un débit constant ;

Cette étude a été faite avec un seul piézomètre (ouvrage d'exploitation) et l'interprétation des essais s'est appuyée sur les courbes de remontée en raison de la perturbation du niveau d'eau à la descente par les pertes de charge pendant la traversée des fentes de la crépine et des pores du terrain entourant l'ouvrage d'une part, et des oscillations du niveau résultantes des instabilités de régime de pompe.

IV.2.5. Les méthodes d'analyse des données

Les résultats des prospections ont été traités individuellement puis de façon globale pour déceler les relations qui existent pour atteindre le rendement idéal à l'utilisation de ces pompes immergées de point de vue durée vie (fonctionnement), meilleur rendement à fin d'éviter le plus possible les risques d'usures engendrées par les particules des sables.

Nous avons essayé dans cette étude d'intégrer des facteurs économiques et organisationnels affectant les décisions des agriculteurs pour mieux cerner la problématique.

L'étude économique a été réalisée en s'appuyant sur les itinéraires techniques de chaque culture telles qu'elles sont pratiquées par les agriculteurs et en consultant parfois quelques entreprises. Les élevages ne sont pas traités dans cette étude vu la non fiabilité des résultats des prospections.

IV.2.6. Délimitation de la zone d'étude :

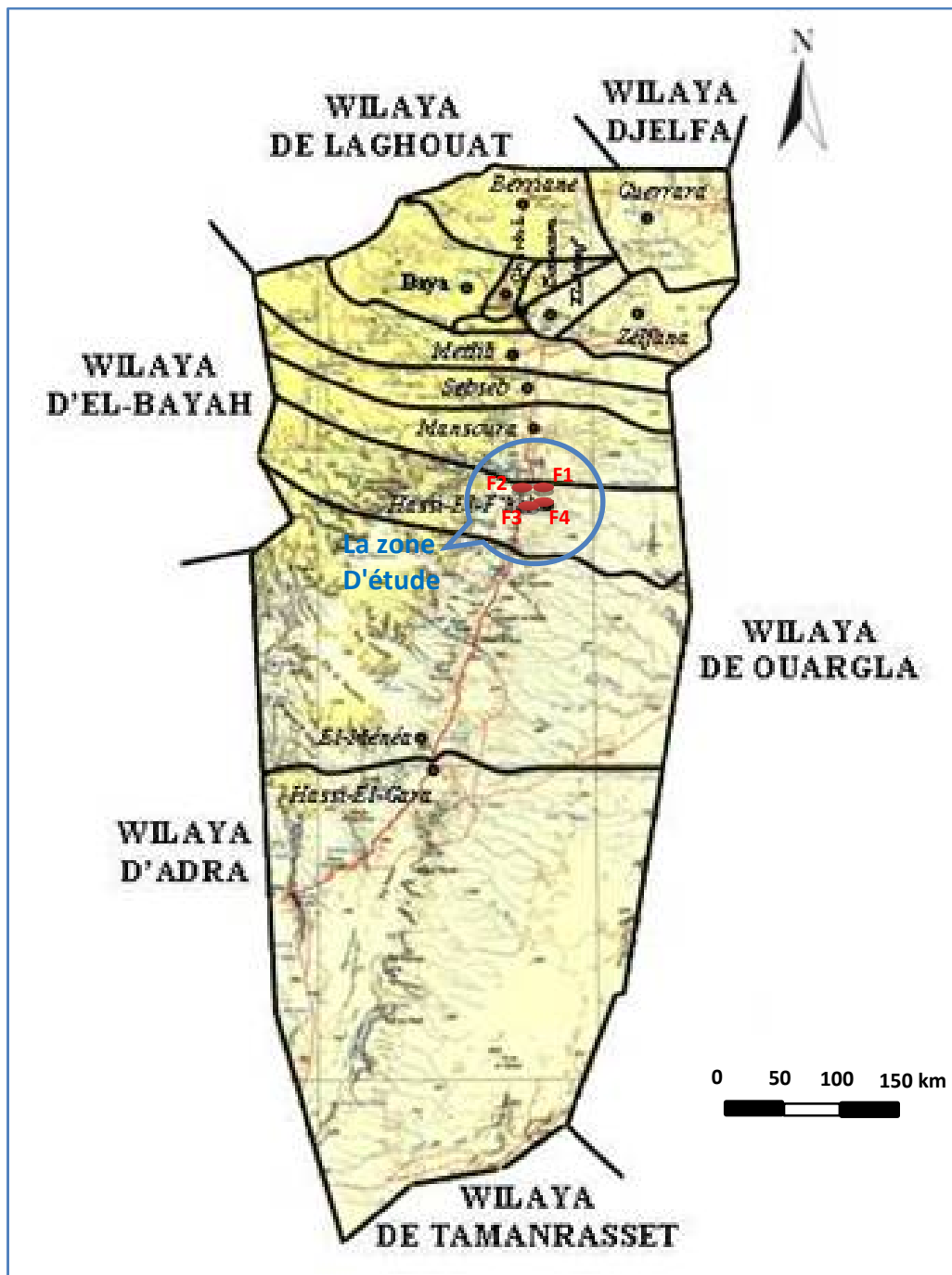


Figure IV.1 : Localisation des échantillons

IV.2.7.Photos sur site :



Figure IV.2.a : Corps de la pompe immergée endommagé par l'abrasion



Figure IV.2.b : Corps de la pompe immergée endommagé par l'abrasion



Figure IV.2.c : Roue fermée d'une pompe immergée endommagée par l'abrasion



Figure IV.2.d : Différents pompes immergées endommagées par l'abrasion



Figure IV.2.e : Roues fermées d'une pompe immergée endommagée par l'abrasion



Figure IV.2.f : Roues fermées d'une pompe immergée endommagée par l'abrasion



Figure IV.2.g : Corps de la pompe immergée endommagée par l'abrasion



Figure IV.2.h : Différents pompes immergées endommagées par l'abrasion



Figure IV.2.i : Pompe immergée multicellulaire endommagée par l'abrasion



Figure IV.2.j : Roues fermées d'une pompe immergée endommagée par l'abrasion

Figure IV.2 : Usure par abrasion des pompes immergées

IV.3. Evolution des rendements

Les agriculteurs distinguent trois périodes successives :

- Période avant les sécheresses caractérisée par la disponibilité de l'eau et des rendements acceptables ;
- Période pendant les sécheresses caractérisée par la chute des rendements ;
- Période de mise en œuvre du pompage qui a permis de combler le déficit en eau et une certaine amélioration des techniques culturales.

IV.3.1. Système d'irrigation

Deux modes d'irrigation (gravitaire et aspersion) sont présentes chez nos agriculteurs.

Tableau IV.1 : Les modes d'irrigation par agriculteur et par source d'eau

forages	Système d'irrigation
F1	Aspersion puis Gravitaire
F2	Gravitaire
F3	Gravitaire
F4	Gravitaire

D'après les observations des parcelles irriguées, on note les faibles efficacités des techniques d'irrigation évaluées qualitativement :

- Aucune parcelle n'est nivelée.
- La faible pression à la sortie de la pompe a amené l'agriculteur F1 à changer la technique d'aspersion en gravitaire.

IV.3.2. L'élevage

La présence de l'élevage dans toutes les exploitations explique l'orientation des agriculteurs vers les cultures fourragères. En effet, l'élevage bovin laitier est commun à toutes les exploitations ainsi que l'élevage ovin surtout l'engraissement des béliers. Ainsi on remarque l'importance accordée à l'élevage ; C'est en quelque sorte la trésorerie de l'exploitation.

IV.3.3. Densité des pompes privées

Le degré d'exploitation des eaux souterraines à Hassi EL-F'hel est le plus élevé. Cette contradiction peut être expliquée par l'influence des zones bour équipés d'une part, et la fragilité des systèmes agricoles dépendants de l'irrigation devant l'inefficacité de l'offre et l'expérience de l'irrigation d'autre part. Ce point mérite d'être détaillé par une étude orientée et plus spécifique.

Tableau IV.2 : Les dates de creusement des forages

forages	Date de creusement
F1	2000
F2	1995
F3	1996
F4	1997 (2002)*

(*) : Puits simple jusqu'à 2002 où le niveau piézométrique a tari ce qui a amené l'agriculteur à l'approfondir en le transformant en forage.

Les agriculteurs ont choisi le dispositif puits approfondi en forage, (puits de diamètre d'environ 1,2m à 1,5m complété par un forage de diamètre ne dépassant pas 0,40m), ils peuvent être creusés successivement ou séparément suite au tarissement de la nappe.

Le recours à la méthode traditionnelle (puits simple) est évident, et puisque le terrain est très fragile surtout s'il est engorgé d'eau, il était très risqué aux puisatiers d'accomplir leur mission, à ce moment, plusieurs entreprises ont été installées sur place en assurant ainsi la continuité des travaux. En résumé, ce type est une conséquence des contraintes techniques.

La méthode utilisée dans le forage dans la totalité des cas est celle qui s'appuie sur le battage (percussion)

D'après ces informations on peut dire que :

- Le choix du type du dispositif et la technique de forage revient essentiellement aux offres des entreprises, des expériences des autres agriculteurs et le niveau de technicité de l'agriculteur.
- Aucune étude n'a été faite avant l'implantation de l'ouvrage. Le choix du site est basé essentiellement sur l'intuition de l'eau de certaines personnes ou les estimations de l'agriculteur lui-même. Quelques agriculteurs rencontrés en dehors de l'échantillon ont essayé de forer plusieurs fois, et à chaque tentative un train de tiges métalliques reste au sol (jusqu'à 5 fois dans une même parcelle).

IV.4. Caractéristiques des pompes immergées

IV.4.1. Equipement

La réalisation d'un abri n'a lieu que pour éviter le vol. La protection de l'installation contre la corrosion se fait par du plastique.

Si l'eau souterraine est utilisée pour des usages domestiques, on constate la présence de réservoirs. Une seule installation (F4) regroupe à la fois un abri et un château.

IV.4.2. Les moteurs électriques

Les moteurs électriques sont de type asynchrone triphasé à 380V. Ces moteurs se caractérisent en général par des rendements très élevés de l'ordre de 90 à 95%, ils demandent moins d'entretien et de réparation. (Annexe 10)

IV.4.3. Les pompes

Toutes les pompes sont de type multicellulaire immergées, le couplage des roues est fait en série, ce type de montage ne permet pas l'augmentation du débit, cependant, la hauteur manométrique est la somme des hauteurs produites par chaque composante. (Annexe 10)

Le débit refoulé ne dépend pas uniquement de la puissance appliquée, mais aussi des caractéristiques de la pompe traduites par le nombre de pouces, le nombre des roues et leur mode de couplage ainsi que par la profondeur d'eau.

Les pompes des installations de pompage bien conçues doivent avoir des caractéristiques (débit, nombre de pouces et de roues) conformes au débit et à la pression appelés qui varient en fonction des besoins en eau des cultures, des superficies à irriguer et les techniques d'irrigation. Cette relation n'apparaît pas dans les installations visitées car on n'a pu établir aucun lien entre le nombre de pouces, les assolements et les superficies.

Les constats précédents du recours récent à l'exploitation de la nappe, de manque d'appui technique et d'études préliminaires, de l'absence des entreprises privées spécialisées, ainsi que l'absence de maîtrise du pompage du point de vue technique nous conduit à constater un déficit énorme. Ceci affecte dans la totalité des cas les rendements des cultures, la rentabilité..., et elle peut être évaluée par plusieurs autres indicateurs qualitatifs (Etat du matériel, mode d'achat,...) et quantitatifs (rendement global de l'installation, coût de pompage, fréquences d'entretien...).

IV.5. Diagnostic du fonctionnement de la pompe

Le HMT (Hauteur Manométrique Totale) est calculée dans les conditions les plus défavorisées et en tenant compte des pertes de charge provoquées par les différents organes de l'installation suivant la formule de Coolbrook.

Tableau IV.3 : Calcul des rendements globaux des installations de pompage

forage	HMT(m)	Q (m ³ /s)	P _F (kW)	P _{moyen} (kW)	R _{global}
F1g	37,95	0,02	5,73	31,32	0,18
F2g	33,15	0,01	2,68	31,32	0,09
F3g	40,14	0,01	4,73	10,00	0,47
F4g	36,43	0,02	6,85	41,76	0,16

Les remarques suivantes ressortent du tableau IV.3 :

- Le rendement global est généralement inférieur au rendement moyen de chaque pompe immergées;
- Le rapport R_g / R_n , avec R_n le rendement normal, mesure l'efficacité du matériel, plus il s'éloigne de l'unité plus le rendement du matériel concerné est anormal. Ce calcul a distingué deux groupes, le premier inclut la pompe F2 ayant des rapports inférieurs à 0,45, et le second concerne le reste des pompes qui ont des rapports au-delà de 0,47. le premier groupe se trouve dans une situation de fonctionnement anormal par rapport au second ;
- les installations alimentées à partir du réseau électrique ont les meilleurs rendements, Le reste des exploitations peuvent être classées suivant la technique d'irrigation adoptée.
- Le rendement des installations les plus âgées est le plus faible.

Le mauvais dimensionnement du matériel de pompage noté chez les installations visitées est l'origine des faibles rendements. Le mauvais état du matériel, les entretiens rares et les réparations (bricolages) qui ne s'exécutent que lorsque les pannes sont sérieuses contribuent de façon importante à réduire les rendements et augmenter le coût de pompage.

IV.5.1. Caractérisation de la nappe

La caractérisation de l'exploitation de la nappe par les forages ne se limite pas au diagnostic du matériel qui sert à l'exploitation.

A ce niveau, on cherche à diagnostiquer la pompe immergée aux points de prélèvements et d'évaluer la productivité des ouvrages (atteindre les meilleurs rendements).

IV.5.1.1. Les résultats

Les résultats des mesures se présentent comme suit :

Tableau IV.4 : Résultats des mesures

Forages	F1	F2	F3	F4
Niveau statique (m)	26,70	23,94	26,50	23,80
Rabatement (m)	02,70	02,70	03,40	10,90
Niveau rabattu (m)	29,40	26,64	29,90	34,70
Débit (l/s)	15,38	08,24	12,00	19,18
Conductivité électrique (ms/cm)	05,25	04,85	03,95	03,75

Les résultats des essais de pompage sont schématisés à l'annexe 06

IV.5.1.2. Interprétation des résultats

1. La profondeur et la salinité

- La profondeur moyenne statique de la nappe du champ Hassi F'hel (zone 'étude) est de 25m,
- La conductivité électrique moyenne du champ Hassi F'hel (zone 'étude) est de 3,93 ms/cm avec un coefficient de variation de 0,34
- Les eaux du puits F1 sont fortement salées et appartiennent à la classe C3, dans ce cas, le drainage et l'adoption de cultures résistantes aux sels sont nécessaires.

Alors que les eaux des autres ouvrages sont très fortement salées (classe C4), leur utilisation est conditionnée par la présence des sols perméables et bien drainés. Les plantes doivent être très résistantes aux sels. (Annexe 08)

2. Le débit spécifique

C'est le rapport entre le débit et le rabattement de la nappe, ce paramètre renseigne sur la productivité de la nappe.

Tableau IV.5 : Les valeurs des débits spécifiques

Forages	F1	F2	F3	F4
Rabattement (m)	02,70	02,70	03,40	10,90
Débit (l/s)	15,38	08,24	12,00	19,18
Débit spécifique (m ² /s)	20,51	10,97	12,71	06,33

Le forage F1 est le plus productif, et offrant ainsi des possibilités d'évolution de l'exploitation en sécurité. Par contre, Le forage F4 est le moins productif, et son exploitation exige une vision plus prudente.

L'hétérogénéité de la répartition des débits spécifiques est une conséquence du nature inter stratifiée de l'aquifère.

3. Conclusions

Le calcul de la marge de profondeur entre la profondeur rabattue et la profondeur totale du puits peut nous renseigner sur « la marge de sécurité », C'est-à- dire la lame d'eau dans le puits.

Tableau IV.6 : La lame d'eau dans les forages

Forages	F1	F2	F3	F4
Profondeur Totale	37	35	43	55
Profondeur Rabattue	29,40	26,64	29,90	34,70
Ecart	7,60	8,36	13,10	20,30

Le mauvais dimensionnement des dispositifs revient essentiellement à l'absence des études préliminaires.

Le calcul de la marge de profondeur entre le point le plus bas de la crépine et le niveau rabattu peut nous offrir quelques indications sur le degré de maîtrise des agriculteurs.

Tableau IV.7 : Ecart entre la profondeur de la crépine et le niveau rabattu

Forages	F1	F2	F3	F4
Profondeur de la crépine	31	31	38	41
Niveau rabattu	29	26,6	30	35
Ecart	1,6	4,36	7,9	6,3

Les agriculteurs ayants un écart réduit se trouvent dans une situation plus au moins critique puisqu'une simple variation de la piézométrie peut engendrer des problèmes majeurs et coûter trop cher (sous fonctionnement de la pompe immergée). Il leur est recommandé de réviser la conception de leur installation en plaçant la pompe ou le groupe électropompe immergé à une distance de (NPSH) au-dessous du niveau rabattu, avec NPSH la charge nette absolue à l'aspiration.

Tableau IV.8 : Le rabattement unitaire

Forages	F1	F2	F3	F4
Durée de pompage (min)	46	102	170	100
Rabattement (m)	2,7	2,7	3,4	10,9
Rabattement Unitaire (m/min)	0,06	0,03	0,02	0,11

D'après le tableau IV.8 on peut extraire les informations disponibles à propos de la nappe qui confirme qu'elle est plus homogène. En effet, dans notre champ d'étude, le régime permanent est rapidement atteint. Les durées de pompage varient de 46 min à 170 min.

Un rabattement unitaire élevé signifie un mouvement rapide du niveau d'eau, dans cette situation, l'exploitation de la nappe nécessite une attention très particulière.

IV.5.2. La Transmissivité et la Perméabilité

Tableau IV.9 : Les valeurs de la Transmissivité et la Perméabilité

Forages	Transmissivité (m²/s)	Transmissivité (m²/j)	Perméabilité (m/s)	Perméabilité (m/j)
F1	1,60 .10 ⁻⁰⁴	139,68	1,00 .10 ⁻⁰⁴	9,31
F2	3,00 .10 ⁻⁰⁴	28,90	2,00 .10 ⁻⁰⁵	1,93
F3	11,0 .10 ⁻⁰⁴	96,46	7,00 .10 ⁻⁰⁵	6,43
F4	2,00 .10 ⁻⁰⁵	13,23	1,00 .10 ⁻⁰⁵	0,89

Les terrains perméables sont présents chez les agriculteurs F1, F2 et F3, alors qu'ils sont peu perméables chez F4 (Annexe 07). Ces derniers ouvrages (F1, F2 et F3) sont plus exposés aux problèmes de colmatage de crépines et nécessitent ainsi un entretien plus intensif. Ces caractéristiques qualifient encore la productivité de l'aquifère de moyenne à faible.

Conclusion

Les résultats de notre travail au niveau du terrain vérifient qu'il y a un mauvais choix de matériaux résistant à l'abrasion et une mauvaise gestion des ouvrages hydrauliques (le moteur électropompe), soit par les usures prématurément le matériel de constitution qui sont responsables par l'infiltration du sable au corps de la pompe d'où le rendement est faible, ce que inquiètent énormément par les agriculteurs; soit par le mauvais dimensionnement du matériel de pompage tel que le calage de la pompe par rapport au niveau d'eau. Donc en conclusion, nous avons remarqué qu'il y a un manque d'agents qualifiés et un service d'entretien certifié.

Chapitre V

Rentabilité de la pompe immergée

Dans ce chapitre, on considère la valorisation économique comme un autre indicateur de fonctionnement des pompes immergées en quantifiant les charges supplémentaires engendrées par le pompage et l'impact des pratiques des pompages sur le bilan économique des exploitations agricoles.

L'appréciation des résultats précédents est plus significative si on les interprète économiquement. Généralement, le bilan économique de n'importe quelle exploitation évalue son efficacité et motive les agriculteurs à développer leurs stratégies s'il est déficitaire.

V.1. Introduction

Le présent chapitre propose la rentabilité économique d'installation de la pompe immergée, La méthode proposée est basée sur la détermination du coût global actualisé du mètre cube (m^3) d'eau pompée, des caractéristiques de la source d'eau et du site d'implantation (hauteur manométrique totale, débit maximal,...). De cette analyse, découlera le choix sur l'investissement à effectuer, car l'analyse des coûts et de la rentabilité est un préalable incontournable avant toute décision d'investissement sur des équipements de captage des eaux que ce soit. L'opportunité de ce travail est double. Il permet d'avoir une idée précise sur les coûts d'investissement en connaissant les besoins de l'utilisateur et le site d'implantation d'une part, et d'autre part optimiser l'installation de captage en fonction des divers éléments.

V.2. Les charges

V.2.1. L'eau souterraine

Les volumes pompés sont estimés sur la base des itinéraires techniques de chaque culture tels qu'ils sont pratiqués par les agriculteurs. Ces itinéraires ont permis d'évaluer la fréquence des irrigations et les heures de fonctionnement de groupe motopompe pour chaque culture chez la plupart des agriculteurs. Si l'agriculteur n'arrive pas à se souvenir des détails, il met des estimations à l'aide de plannings des irrigations; sinon, un volume global peut être estimé à partir des charges des énergies, l'exploitation dans ce cas n'est pas prise en compte dans les calculs détaillés.

Le tableau V.1 récapitule les volumes pompés à l'irrigation

Tableau V.1 : Le calcul de coût de pompage (coûts fixes)

Forages	Investissement de base				Coûts fixes			C1+C2 (DZD)
	Creusement des puits (DZD)	Achat pompe (DZD)	Abri (DZD)	C1 (DZD)	Réparation (DZD)	Entretien (DZD)	C2 (DZD)	
F1	144 000	152 000	20 000	15 600	31 000	8 240	39 240	54 840
F2	41 000	212 000	40 000	16 832	34 800	15 600	50 400	67 232
F3	220 000	200 000	0	20 668	0	10 000	10 000	30 668
F4	289 800	280 000	16 000	28 860	24 000	14 880	38 880	67 740

- C1 : la somme des charges d'investissement de base.
- C2 : la somme des charges fixes.

Les figures (V.1.a,b,c,d) montrent la variation des charges pour la réalisation initiale.

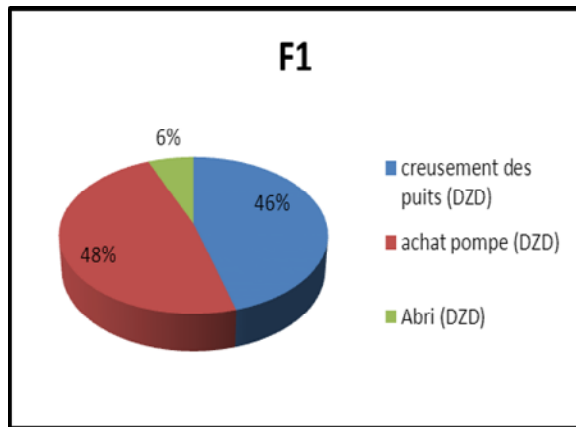


Figure V.1.a

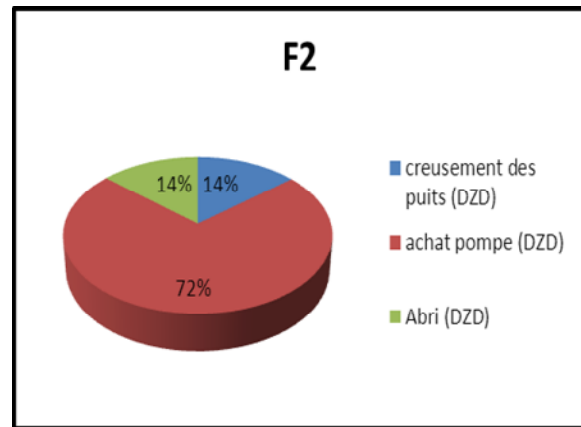


Figure V.1.b

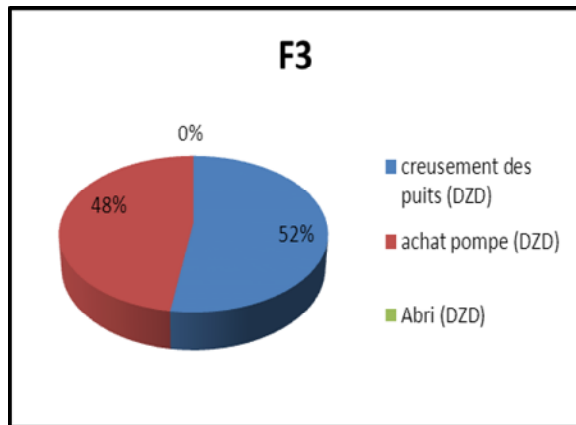


Figure V.1.c

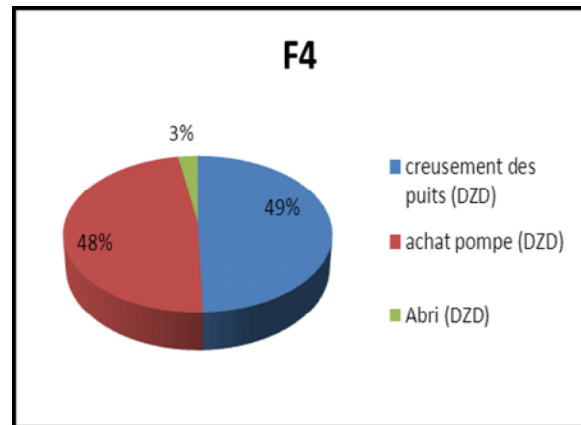


Figure V.1.d

La figure (V.2) montre la variation des coûts fixes de pompage par forage.

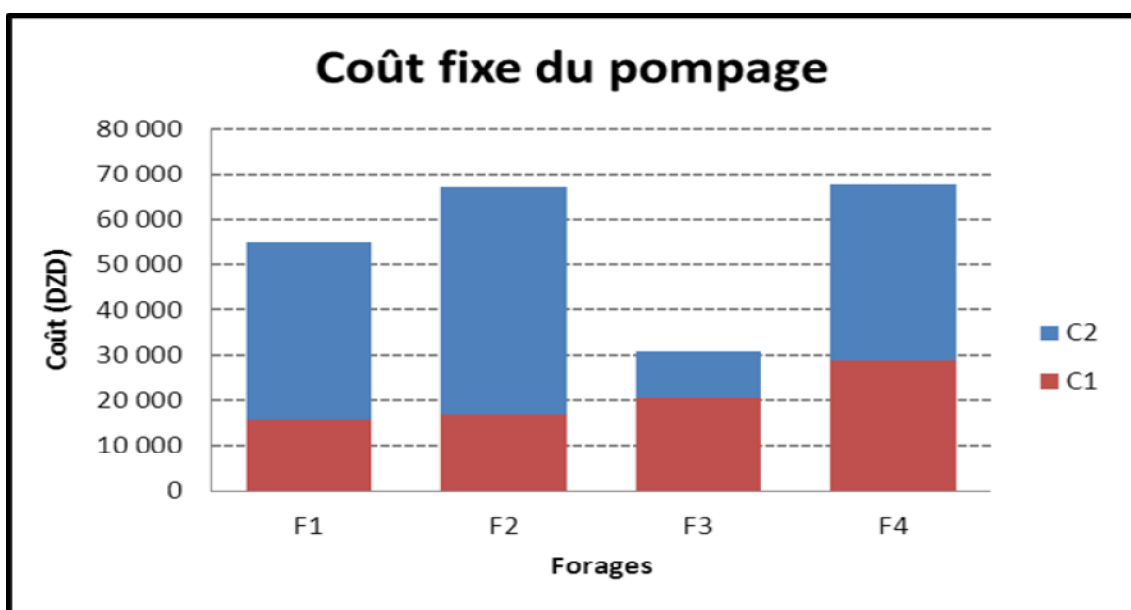


Fig V.2 : coûts fixes de pompage par forage

Tableau V.2 : Le calcul de coût de pompage (coûts variables et coûts fixes de pompage)

	Coûts variables				Volumés pompés m ³ /an	Cf DZD	Cf (DZD/m ³)	COUT DE POMPAGE (DZD/m ³)
	Débit l/s	Prix de l'énergie (DZD/l)	Consommat (l/h)	Cv DZD/m ³				
F1	15,38	21,60	3,00	1,17	100 604	54 840	0,55	1,72
F2	8,24	21,60	3,00	2,18	12 966	67 232	5,19	7,37
F3	12,00	21,60	2,00	1,00	3 496	30 668	8,77	9,77
F4	19,18	21,60	4,00	1,25	48 860	67 740	1,39	2,64

La figure (V.3) présente une comparaison entre les coûts fixes et les coûts variables de pompage.

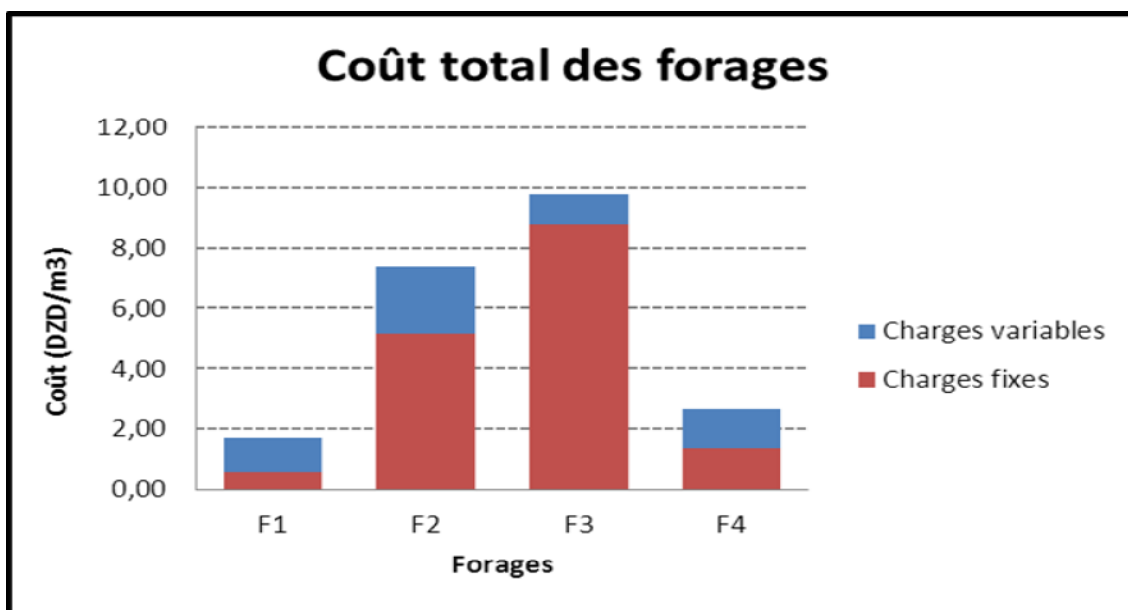


Fig V.3 : Comparaison entre les coûts fixes et les coûts variables

Les coûts de pompage sont très variables,

- Les surcoûts enregistrés reviennent essentiellement aux coûts fixes. En effet, jusqu'à 90% (cas agriculture N°03) de prix de l'eau se constitue des coûts fixes et les volumes pompés;
- Les charges fixes se constituent des investissements de bases variables de 32 à 90% avec une moyenne de 61%, et les charges fixes des travaux d'entretien et de réparation contribuent avec une part de 10 à 68% avec une moyenne de 39% ;

- Le surcoût de pompage ne peut être qu'une conséquence de plusieurs facteurs cités au long de ce travail : usure des roues, faible niveau de technicité des agriculteurs et des entreprises de forage, absence d'encadrement, exploitation récente de la nappe...
- Pour notre échantillon, la qualité des eaux ne contraint pas l'exploitation de même degré que le coût de pompage. Statistiquement, il existe une relation négative et faible entre les volumes pompés et la conductivité électrique alors que le coût de pompage agit positivement sur ces volumes.

V.2.2. Autres utilisations des eaux pompées

Les charges d'eau réservées à l'élevage, à l'usage domestique et aux dons volontaires aux gens de douar pour l'eau potable se présentent dans le tableau qui suit :

Tableau V.3 : Autres usages de l'eau pompée

Agriculteur	Volumes (m ³)	Coût de Pompage (DZD/m ³)	Charges (DZD)
F1	7 739	1,72	13 311
F2	1 230	7,37	9 065
F3	385	9,77	3 761
F4	1 116	2,64	2 946

Les charges supplémentaires dues à l'approvisionnement des élevages et aux autres usages contribuent lourdement dans les charges de pompage.

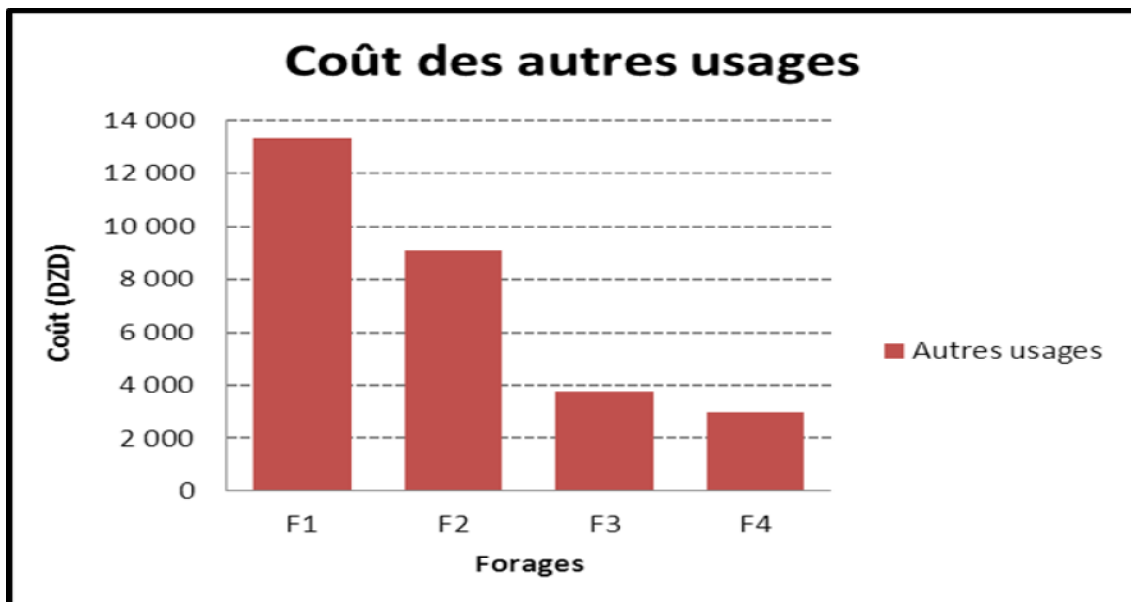


Fig V.4 : variation de coût des autres usages de l'eau pompée

V.2.3. Les charges de production

Elles incluent les charges relatives (Annexe 07)

- à l'achat des semences ;
- à l'achat des fertilisants ;
- aux travaux mécanisés ;
- aux mains d'œuvres.

Le tableau récapitule les résultats

Tableau V.4 : les charges de production

culture	Forages	Charges globales DZD	% charges supplémentaire liée à l'irrigation par rapport charges d'irrigation	% Charges d'irrigation par rapport charges globales	% Frais de pompage par rapport aux globaux
Blé dur	F1	6 914	15	48	83
	F2	2 721	30	3	56
	F3	31 538	23	58	71
	F4	41 196	21	31	73
Orge	F1	1 074	13	7	85
	F2	23 152	5	25	96
	F4	28 287	20	21	75
Tomates	F4	11 896	8	9	92
Maïs fourrages	F1	6 541	13	45	85
	F2	68 272	2	72	95
	F4	52 070	5	39	94

Les figures (V.5.a,b,c,d) montrent la répartition des charges en fonction de type des cultures.

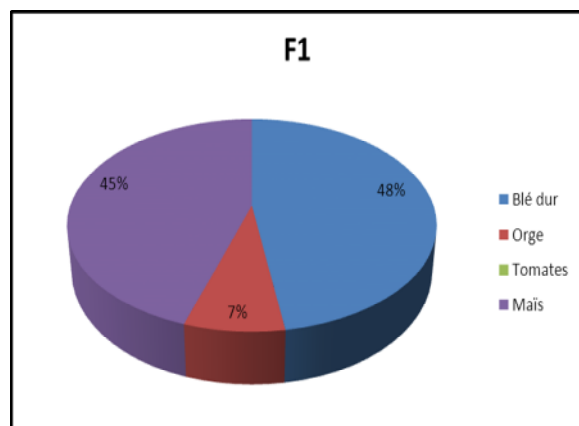


Figure V.5.a

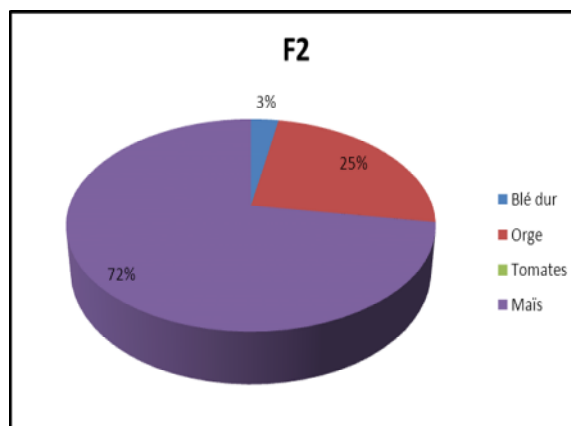


Figure V.5.b

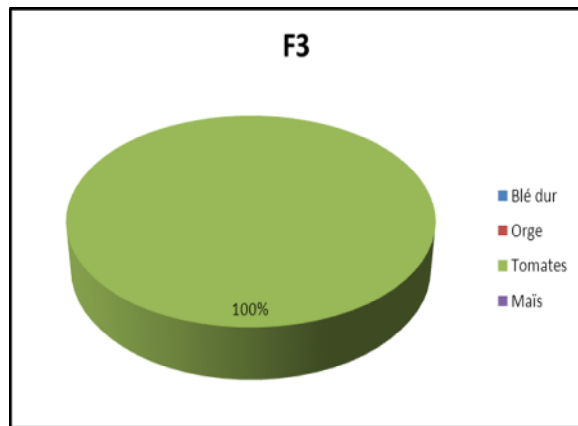


Figure V.5.c

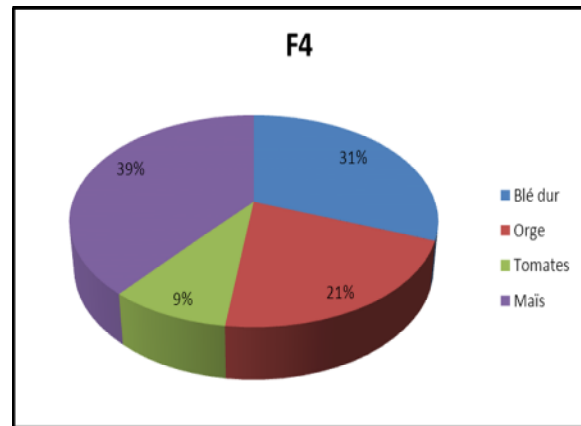


Figure V.5.d

D'après ce calcul, les éléments suivants ressortent :

- **Blé dur**

Les charges d'irrigation varient de 15% dont 83% est constitué par les frais de pompage, à 30% dont le pompage occupe 56%. Les charges supplémentaires attendent 30%.

- **Orge**

Les charges d'irrigation sont plus faibles même s'ils sont prioritaires. Les charges d'irrigation occupent de 07 à 25% dont les frais de pompage représentent de 75 à 96%.

- **Les cultures d'été**

Les autres charges des cultures maraîchères ont dominés les charges d'irrigation ainsi la contribution de l'irrigation a varié entre 09% et 72%. Pour le maïs, l'irrigation a pu atteindre 72% des charges globales dont 95% uniquement constitués par les frais de pompage. Les charges supplémentaires liées à l'irrigation sont plus faibles et ne dépassent pas 13% des charges d'irrigation.

Donc pour les quatre agriculteurs, les charges de pompage sont dominantes ce qui explique l'importance de la maîtrise totale des dispositifs d'exploitations tel que le groupe électropompe.

REMARQUE

Les parcelles non mentionnées sont soit non cultivées où il manque de données.

V.2.4. Les charges d'eau pompée

V.2.4.1. Par rapport aux charges énergétiques

Les frais d'énergie sont supportés directement et uniquement par l'agriculteur. en effet, l'application du tarif général pour l'électricité a augmenté les charges énergétiques qui se paient par période après l'utilisation.

Tableau V.5 : Les charges d'eau pompées par rapport aux charges énergétiques

Forages	Frais de l'eau pompée	Charges énergétiques	% La part des charges énergétiques
F1	186 350	31 440	17
F2	104 624	6 480	06
F3	37 917	3 052	08
F4	131 936	59 756	45

L'énergie représente 06 à 45 % des charges de pompage, elle varie en fonction du coût de pompage, le rendement de groupe électropompe et la consommation en énergie.

La figure V.6 représente l'intervention des coûts des charges énergétiques aux coûts d'eau pompée.

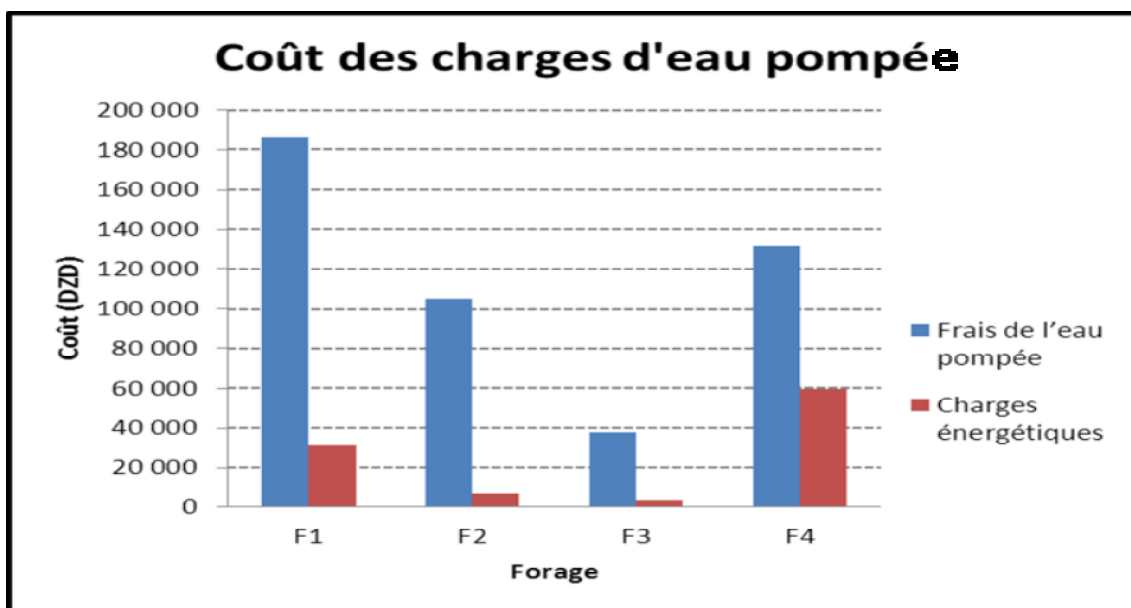


Fig V.6 : les charges d'eau pompée par rapport aux charges énergétiques

V.2.4.2. Par rapport aux charges totales d'irrigation

Tableau V.6 : Les charges d'eau pompée par rapport aux charges totales d'irrigation

Forages	Frais de l'eau pompée	Charges D'irrigation	Charges D'irrigation + Frais de l'eau pompée	% La part des charges d'eau pompée
F1	186 350	65 225	251 575	74
F2	104 624	94 144	198 768	53
F3	37 917	31 538	69 455	55
F4	131 936	130 449	262 385	50

Elles varient entre 50% et 74% suivant la part des eaux souterraines. Donc le coût d'eau pompée est plus dominant par rapport aux charges d'irrigation.

La figure V.7 représente le pourcentage des coûts d'eau pompée par rapport aux charges totales.

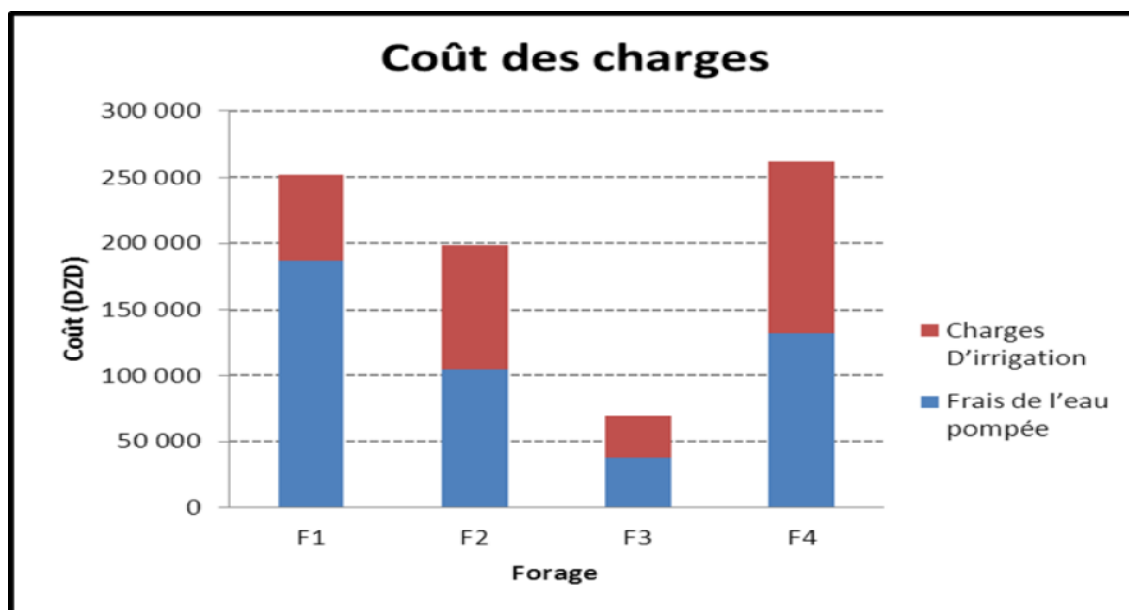


Fig V.7 : les charges d'eau pompée par rapport aux charges totales

V.2.4.3. Par rapport aux charges globales de production

Tableau V.7 : Les charges d'eau pompée par rapport aux charges globales

forages	Frais de l'eau pompée	Les charges globales	% La part des charges d'eau pompée
F1	186 350	601 496	31
F4	131 936	1 146 000	12

Les forts pourcentages des frais d'eau pompée par rapport aux charges globales semblent supportables (jusqu'à 31%). On note aussi des valeurs variables en fonction des superficies dominées.

La figure V.8 représente le pourcentage des coûts d'eau pompée par rapport aux charges globales de productions.

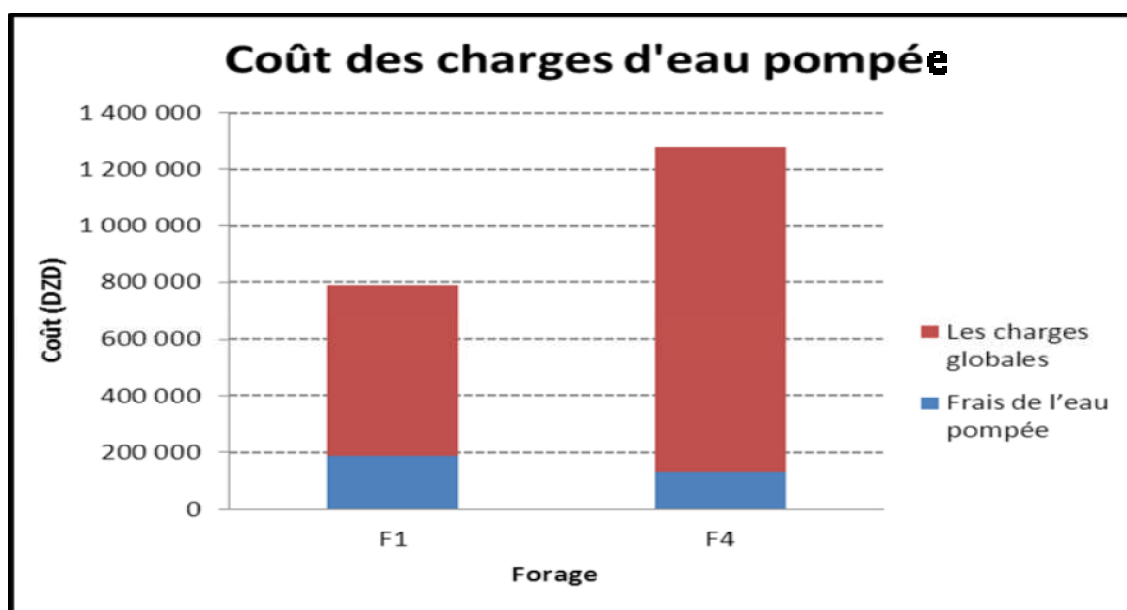


Fig V.8 : les charges d'eau pompée par rapport aux charges globales de production

V.3. Le rapport coûts bénéfiques

Les charges globales de production sont calculées chez deux exploitations agricoles et elles sont illustrées dans le tableau qui suit :

Tableau V.8 : Les charges globales de production

Forages	Superficie ha	Charges globales DZD	Charges par ha DZD/ha
F1	5,80	601 496	103 706
F4	31,00	1 146 000	36 968

Les recettes sont encore récapitulées dans le tableau V.9.

Tableau V.9 : Les recettes globales de production

Forages	Superficie ha	Recettes globales DZD	Recettes par ha DZD/ha
F1	5,80	2 083 680	359 255
F4	31,00	4 679 272	150 944

Ainsi, on calcule le rapport bénéfice/coût dans le tableau V.10.

Les économistes considèrent qu'un projet est rentable si le rapport bénéfice/coût (ou encore coût/bénéfice) est supérieure à l'unité (ou inférieure à l'unité).

Tableau V.10 : Le rapport bénéfice/coût

Forages	Charges globales DZD	Recettes globales DZD	Rapport Recette/Charge
F1	601 496	2 083 680	3,46
F4	1 146 000	4 679 272	4,08

Conclusion

Les discussions avec les agriculteurs ont montré que les fourrages et les blés sont les principales cultures pratiquées depuis longtemps avec l'introduction de temps en temps des cultures maraîchères sur des superficies plus ou moins limitées. D'une façon générale, on peut parler d'une stratégie unique consistant à la culture des mêmes spéculations malgré le recours au pompage, en d'autre terme, généralement le pompage n'est qu'un moyen pour rétablir leurs pratiques culturales avant la sécheresse, S'ajoutent aux deux critères de priorité (blés et fourrages), la maîtrise des pratiques d'une culture (maraîchages) qui incite les agriculteurs à se spécialiser.

En dépend des orientations des exploitations, la catégorie céréalière réalise les rapports les plus faibles puisque les blés sont moins valorisants de l'eau, les autres catégories se bénéficient mieux de leurs cultures.

L'intervention des coûts des eaux pompées sont plus dominantes par rapport aux autres charges d'irrigation, donc la maîtrise de dispositif de pompage tel que l'installation, le calage, l'entretien et la réparation sont les facteurs principaux qui interviennent directement si on parle de la rentabilité de la pompe immergée.

On ne peut que juger la rentabilité des systèmes d'exploitation des eaux souterraines à l'aide des pompes immergées s'ils sont mal maîtriser. D'un autre côté, il semble que les petites exploitations réalisent des rapports plus importants convenablement avec de différents types de culture.

La facture d'irrigation se constitue essentiellement des frais d'eau pompée. La diminution ou l'augmentation de ces charges a un effet très significatif sur le rapport bénéfices/coûts.

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire, porte sur l'étude d'adaptation des pompes immergées destinées à l'irrigation dans les zones arides (Notre exemple c'est le champ Hassi F'hel wilaya de Ghardaïa), comme il montre l'intérêt d'utiliser ces pompes pour évaluer les performances globales et permet d'avoir un aspect technico-économique sur la structure de fonctionnement de la pompe.

Nous avons mené en premier lieu une présentation du site d'étude tel que le cadre géographique, le climat, la géologie et l'hydrologie avec une apparition des ressources d'eau. Avec un aperçu global sur l'agriculture de la zone d'étude qui comprend les structures des exploitations, les systèmes d'irrigations et la production végétale.

En second lieu, une présentation générale sur les pompes immergées et illustré leur constitution, le principe de fonctionnement et les différents matériaux de construction.

En troisième lieu, une synthèse bibliographique très utile à la compréhension du phénomène d'abrasion tel que les processus, paramètres d'influences et les paramètres du processus.

En quatrième lieu, introduction à la connaissance du secteur des pompes privés (utilisation des pompes immergées type POVAL) ou l'usure par abrasion est presque habituelle, grâce à un échantillon de 04 agriculteurs.

En dernier lieu, une étude économique permet d'indiquer la rentabilité d'utilisation des pompes immergées dans les zones arides, en quantifiant les charges supplémentaires engendrées par le pompage et l'impact des pratiques de pompage sur le bilan économique des exploitations agricoles.

Pour éviter les déboires à l'usage des pompes, il faut bien connaître la nature de l'eau à pomper, par conséquent, faire un bon choix de la pompe et les matériaux la constituant. Les pompes ne doivent pas travailler pendant une durée longue sans qu'elles soient soumises aux services d'entretien, aussi elles ne doivent pas s'engorger.

Afin de faire face à ce genre de problème, il faut choisir des éléments hydrauliques des pompes adaptés et des matériaux favorables à la résistance contre les sollicitations abrasives et corrosives. La résistance du matériau à l'abrasion est représentée par les caractéristiques mécaniques telles que la dureté, la ductilité et la structure métallurgiques.

La compréhension des modalités de gestion de l'eau souterraine, leur mode d'exploitation et l'impact de son utilisation ont constitués les principaux objectifs où se sont orientées les activités sur le terrain. Plusieurs indicateurs qualitatifs et quantitatifs ont été pris en considération pour évaluer d'une manière générale l'exploitation de la nappe. A ce niveau, on ne peut que juger la non maîtrise de gestion de l'ensemble des composantes des systèmes de pompage accompagnée par une gestion non rationnelle de l'eau même si elle est chère. Les agriculteurs préfèrent l'eau de surface (si elle est disponible) parce qu'elle est moins chère et

de qualité relativement meilleure en comparaison avec l'eau souterraine qui malgré sa disponibilité n'a pas permis la diversification des assolements ou l'amélioration de l'intensification telles qu'elles ont été avant les sécheresses. L'eau souterraine n'est là que pour combler le déficit en eau de surface chez la plupart des agriculteurs.

D'un autre côté, les sécheresses sont accompagnées par des recharges plus faibles de la nappe par les eaux d'irrigation et des prélèvements plus intenses par pompage, les principaux éléments de l'équation du bilan hydrogéologique, en conséquence, si l'effectif actuel des points de prélèvements est très faible par rapport aux autres périmètres irrigués et que l'exploitation atteint des niveaux aussi importants, la pérennité de la ressource est donc mise en question.

Si l'on admet que le volume d'eau exhaure et les durées de vie des pompes immergées sont des facteurs dont la valeur ne saurait être augmentée, compte tenue de l'expérience passée c'est seulement en faisant baisser le prix des forages qu'il est possible d'envisager une diminution de coût d'un mètre cube d'eau à élever.

La détermination précise des conditions d'exploitation par forage et en particulier, la loi qui donne pour chaque zone le rabattement en fonction de débit est indispensable pour les calculs économiques.

L'accès à l'eau souterraine a eu recourt pour plusieurs raisons résumés dans les servitudes du réseau de surface et les aléas climatiques qui ont amenés les agriculteurs à choisir la possession d'un contrôle individuel sur une ressource en eau, ainsi que de garantir la stabilité de l'approvisionnement. Par conséquent, on estime que l'amélioration de l'efficacité du réseau de l'eau de surface peut contribuer fortement à la diminution de la charge sur la nappe. En outre, la sécheresse est une caractéristique structurelle du climat Algérien et plus précisément dans la région de Ghardaïa, de ce fait, l'application des plans restrictifs devient une stratégie habituelle qu'on doit s'adapter avec, et qu'on doit attendre un développement continu des pompages.

Pour déceler les traits caractéristiques des pratiques de pompage, on a adopté des indicateurs qualitatifs (état du matériel, études préliminaires...) et quantitatifs (rendement global, valorisation économique...) et on a discuté les possibilités d'organisation de ce secteur via une gestion collective de la ressource des eaux souterraines afin de la préserver.

Recommandations

- Au terme de ce travail, on propose d'étaler cette étude sur un échantillon plus représentatif intégrant les élevages à partir d'un inventaire actualisé et élaboré sur la base des objectifs bien définis dans le but de mieux caractériser ce secteur, ainsi de préparer des stratégies d'intervention pour une utilisation efficiente de l'eau de point de vue qualitatif et quantitatif en moyen des campagnes d'encadrement et de vulgarisation ; des recensements périodiques s'avèrent obligatoires pour suivre l'évolution de pompage privé et l'évolution de la nappe dans les zones où la densité est plus élevée.
- Contrôler la qualité de service des entreprises de forage et de fourniture, et de réglementer le secteur des pompages en rendant les autorisations obligatoires et en simplifiant les procédures, et à coordonner avec les autres preneurs de décision pour bien clarifier les relations entre eux, ainsi de subventionner les énergies afin de diminuer les charges de pompage, de planifier les prélèvements à partir de la nappe à l'échelle régionale en moyen d'une gestion collective et participative et d'appuyer les expérimentations afin de trouver des plantes plus tolérantes aux sites.
- Les agriculteurs sont appelés aussi à intervenir pour améliorer leurs systèmes d'exploitation de la nappe, la demande d'un appui technique est une condition indispensable pour améliorer l'efficacité du système à travers le diagnostic de chaque composante, les améliorations demandées sont plus ou moins coûteuses mais leurs prix de revient seraient très encourageants. Chaque économie faite au détriment de la qualité du matériel ne fait qu'augmenter le coût de pompage.
- Orienter le choix des cultures agricoles vers des cultures à rendement optimum vu la quantité d'eau disponible comme la phoeniciculture.
- De concevoir un modèle de gestion des eaux souterraines en faisant jouer le rôle le plus bénéfique possible, cela en prenant en compte en particulier la nature des eaux et les apports solides.
- En période de sécheresse, et pour l'irrigation des cultures, les eaux albiennes peuvent servir uniquement d'appoint aux eaux de la nappe alluvionnaire et pas, comme cela se fait actuellement, de source principale d'alimentation pour l'irrigation des surfaces agricoles.
- Pour éviter l'apparition de phénomène d'abrasion des pompes immergées, il faut bien connaître :
 - ✓ la nature de l'eau à pomper (paramètre physico-chimique), ces eaux peuvent user le matériel prématurément, cela dépend de la quantité des particules, de sa nature minérale, de la grossièreté et la forme des grains par conséquent, faire un bon choix de la pompe et les matériaux constituant les organes principaux(roue).
 - ✓ présence du sable à savoir :
 - ✓ Dureté des matériaux érodés.
 - ✓ Orientation géométrique des particules du sable.
 - ✓ Diamètre des particules.
 - ✓ Vitesse des particules du sable.

Afin de faire face à ce genre de problème, il faut choisir des éléments hydrauliques de pompes adaptés et des matériaux favorables à la résistance contre les sollicitations abrasives et corrosives. Il faut aussi bien caler la pompe immergée selon le niveau dynamique, prendre en considération les côtes de la crépine de la pompe immergée, et de la crépine du tubage. (ne doivent pas être en face les deux crépines). S'assurer que le niveau d'eau soit toujours supérieur à la dernière cellule, pour éviter tout risque de cavitation, et que la pompe fonctionne dans de bonnes conditions, dans la meilleure plage de fonctionnement du débit nominal avec un rendement optimal.

Références bibliographiques

- [01] **WHITE, K.B; TAYLOR, S.E. (1995)**, "Pumping low yielding wells with conventional submersible pumps". Ground water monitoring and remediation (USA).
- [02] **GENETIER B. (1984)**, "La pratique des pompages d'essai en hydrogéologie", Manuels et méthodes du B.R.G.M., N° 9, France.
- [03] **CEMAGREF. (1996)**, "Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation".
- [04] **MABILLOT, A. (1988)**, "Le forage d'eau". Guide pratique.
- [05] **JEAN MARIE GEORGE. (2000)**, "Frottement, usure et lubrification", Eyrolles.
- [06] **GODET, M. (1972)**, "Les fondements mécaniques de la tribologie". In : Mécanique Matériaux Électricité.
- [07] **DERRIEN, JACQUES. (1990)**, "Surface des solides, propriétés électroniques". Paris, Techniques de l'Ingénieur.
- [08] **JEAN DHERS. (1978)**, "Usure, avaries et corrosion". Facteur de destruction des matériels industriels.
- [09] **J. AVEL. (1979)**, "Les lubrifiants, moteur et pertes par frottement et usure". Institut Français du Pétrole.
- [10] **JEAN BLOUET. "Usure et frottement"**, T. ing. A 3139.
- [11] **B. ARESENAULT, J.G. LEGOUX, H. HAWTHORNE. (1997)**, "Slurry Erosion of Arc Sprayed Metal and Composite Coating". A United Forum for Scientific and Technological Advances.
- [12] **JOHNSON, K.L. (1994)**, "The Mechanics of Adhesion, Deformation and Contamination in Friction, Dissipative Processes in Tribology". Elsevier Science B.V, Amsterdam.
- [13] **P. DUMON. (1991)**, "Revêtements par soudage et projection thermique". Tome 1, Usure Produit et procédés, Institut de Soudage.
- [14] **GERALD ZAMBELLI. LEO VINCENT. (1998)**, "Matériaux et contact". Une approche tribologique.
- [15] **A. BOUCHOUCHA. (1988)**, "Contribution à l'étude du comportement en frottement et usure du cuivre dans un contact dynamique cuivre acier traversé par un courant électrique". Thèse de Docteur Ingénieur, Institut National Polytechnique de Lorraine, France.

- [16] **O. KUBASCHEWSKI and B.E. HOPKINS. (1953)**, "Oxidation of metals and alloys". Butterworths Scientific Publications, London.
- [17] **S. FAYEULLE, D. TREHEUX et N. MONCOFFRE. (1987)**, "Microstructure et frottement d'un acier à roulement implanté d'ions d'azote". Journal de chimie physique, 84p, n° 2.
- [18] **A. POUGET. (1987)**, "Conception technologique. Géométrie, Cinématique, Matériaux et demi produits, Pré dimensionnement, Lubrification, Dynamique, Fiabilité des pièces et des liaisons".
- [19] **R. BUTIN, M. PINOT. (1981)**, "Fabrications mécaniques". Technologie, tome 1.
- [20] **L. LAKHTINE. (1986)**, "Métallographie et traitements thermiques des métaux". Traduction française, édition Mir.
- [21] **J. LIGNON, R. MAILLEBUAU. (1983)**, "Métaux ferreux". Etude des matériaux.
- [22] **C. CHAUSSIN, G. HILLY. (1976)**, "Métallurgie". Alliages métalliques, tome 1.
- [23] **R. BUTIN, M. PINOT. (1981)**, "Fabrications mécaniques". Technologie, tome 2.
- [24] **P. GROSTABUSSIAT SOPHIE. (2000)**, "Conséquences mécaniques des transformations structurales dans les alliages ferreux". Thèse de doctorat, INSA Lyon.
- [25] **SALMANE NOUROUZI. (2004)**, "Contribution à l'étude du procédé arc-fil pour la réalisation de dépôts métalliques durs résistants à l'usure abrasive". Thèse de Doctorat, Université de Limoges, France.
- [26] **MICHAEL F. ASHBY. DAVID R.H. JONES. (1991)**, "Matériaux". Microstructure et mise en œuvre.
- [27] **BG engineering conseils & ENHPC. (1996)**, "Etude hydrologique de l'oued M'Zab", 194 pages.
- [28] **UNESCO. (1972)**, "Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional", Rapport sur les résultats du Projet REG-100, UNESCO, Paris.
- [29] **OSS. (2003a et b)**, "Système Aquifère du Sahara Septentrional", Rapport interne. Annexes. Tunis, Tunisie, 229p.
- [30] **BRL ingénierie. (1999)**, "Etude du Plan Directeur Général de Développement des Régions Sahariennes", Lot I. France, 94p.
- [31] **Projet DELTA, (2003)**, "Développement Des Systèmes Culturels Territoriaux, Plan d'action, cas de Ghardaïa".

- [32] **ANRH. (2005)**, "Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la Wilaya de Ghardaïa". Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Ghardaïa, Algérie.
- [33] **BEL F. & DEMARGNE F. (1966)**, "Etude géologique du Continental Terminal", ANRH, Alger, Algérie, 22p.
- [34] **Fernand, Joly, (2006)**, "Les eaux sauvages des régions arides. Notions de base sur l'hydrologie des déserts".
- [35] **Nouh Mefnoue B. (2006)**, "Contribution à la stratigraphie de la barre carbonatée cénomano turonienne de la plateforme saharienne : étude des affleurements de Ghardaïa (Dorsale du M'zab)", Mémoire de projet de fin d'études, USTHB, 136 pages.
- [36] **CONRAD G. (1969)**, "L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien. Centre de recherche sur les zones arides". Série géologie n°10, CNRS, Paris, 527p.
- [37] **FABRE J. (1976)**, "Introduction à la géologie du Sahara algérien". SNED, Alger, Algérie, 422p.
- [38] **GUENDOUZ A. (1985)**, "Contribution à l'étude géochimique et isotopique des nappes profondes du Sahara Nord-Est Septentrional (Algérie)". Thèse 3^é cycle, Univ Paris-Sud.
- [39] **KILIAN C. (1931)**, "Les principaux complexes continentaux du Sahara". C.R. Soc. Géol. Fr. Paris.
- [40] **OSS. (2002)**, "Système Aquifère du Sahara Septentrional de la concertation à la gestion commune d'un bassin aquifère transfrontière". Projet SASS. Rapport interne. Tunis, Tunisie, 58p.

Annexe 05 : Etat des forages

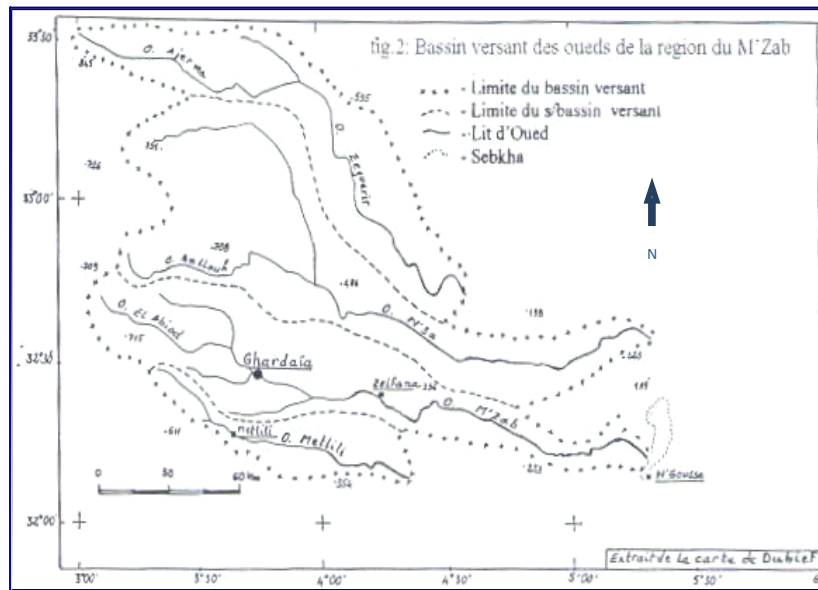
l'inventaire des infrastructures et équipements hydrauliques au 31/12/2008								
Chaîne d'AEP	Localisation	N° du Forage	Profondeur du forage	Caractéristiques du groupes électropompes GEP				
				nature	marque	Débit (m3/h)	HMT (m)	Puissance (kw)
Albien	GHARDAIA	AIN LEBEAU	416	Immergée	H6 - POVAL	110	94,2	45
Albien	GHARDAIA	KARKOURA	525	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	GHARDAIA	BOUCHEMDJANE	503	Immergée	H8 -POVAL	110	125,5	55
Albien	GHARDAIA	HADJ MESSAOUD	450	Immergée	G12 - POVAL	95	183,6	63
Albien	GHARDAIA	BABA SAAD	430	Immergée	B8-ATURIA	110	125,5	55
Albien	GHARDAIA	CHAABET NICHANE	475	Immergée	H6 - POVAL	110	94,2	45
Albien	GHARDAIA	BEN GHANEM	500	Immergée	H10- POVAL	110	157	75
Albien	GHARDAIA	BEN DJABLINE	500	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	GHARDAIA	TOUZOUZ (BEN AOUDA)	500	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	GHARDAIA	TOUZOUZ(COUNÉTRE)	500	Immergée	H8 -POVAL	110	125,5	55
Albien	GHARDAIA	BOUCHENE	540	Immergée	H8 -POVAL	90	140	63
Albien	GHARDAIA	CHAABET TELLI	490	Immergée	G12 - POVAL	95	183,6	63
Albien	GHARDAIA	MELIKA	394	Immergée	D9 SAER	144	169	92
Albien	GHARDAIA	BEN SMARA N°1	500	Immergée	D7 SAER	108	148	90
Albien	GHARDAIA	BEN SMARA N°2	490	Immergée	NGC 170 PANELI	110	180	92
Albien	GHARDAIA	ZONE ICON (BOUHRAOUA)	447	Immergée	G12- POVAL	95	183,6	63
Albien	GHARDAIA	TEM	530	Immergée	G11- POVAL	96	158	63
Albien	GHARDAIA	OUED NECHOU	500	Immergée	G 12-POVAL	95	183,6	63
Albien	GHARDAIA	OUED NECHOU 2	500	Immergée	G 12-POVAL	95	183,6	63
Albien	GHARDAIA	MELIKA (2)	433	Immergée	D7 - SAER	144	128	67
Albien	GHARDAIA	BOUHRAOUA	437	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	GHARDAIA	Tidefte RTA N°2	530	Immergée	H11 - POVAL	108	172	75
Albien	GHARDAIA	SIDI ABBAZ N°2	500	Immergée	G12 - POVAL	95	183,6	63
Albien	GHARDAIA	SIDI ABBAZ VILLE	500	Immergée	B6 - SAER	96	108	45

Chaîne d'AEP	Localisation	N° du Forage	Profondeur du forage	Caractéristiques du groupes électropompes GEP				
				nature	marque	Débit (m3/h)	HMT (m)	Puissance (kw)
Albien	GHARDAIA	BOUNOURA	437	Immergée	H11 - POVAL	108	172	75
Albien	GHARDAIA	GARAT ATTAM	560	Immergée	C11 - SAER	114	200	92
Albien	GHARDAIA	ZONE INDUSTRI N°2	500	Immergée	G12 - POVAL	95	183,6	63
Albien	GHARDAIA	BOUNOURA 02 (BRICHE)	500	Immergée	H10 POVAL	110	157	75
Albien	GHARDAIA	BENI ISGUEN N'TISSA	500	Immergée	G13 - POVAL	110	160	55
Albien	GHARDAIA	BENI ISGUEN (MOUMOU)	344	Immergée	H8 -POVAL	110	125,5	55
Albien	GHARDAIA	BENI ISGUEN (BAB ELGHARBI)	500	Immergée	D9 SAER	144	169	92
Albien	GHARDAIA	EL JAMIAA	580	Immergée	H8 -POVAL	110	125,5	55
Albien	GHARDAIA	EL ATTEUF (AOULAOUNE)	450	Immergée	H6 - POVAL	110	94,2	45
Albien	GHARDAIA	EL ATTEUF 100LOGEMENTS	500	Immergée	H8 -POVAL	110	125,5	55
Albien	GHARDAIA	ZONE D'ACTIVITE NAFTAL	487	Immergée	H8 -POVAL	110	125,5	55
Albien	GHARDAIA	AMMI HAMMO(ATTEUF)	423	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	GHARDAIA	EL ATTEUF	450	Immergée	B7 ATURIA	110	94,2	45
Albien	GHARDAIA	COMP, SPORTIF NOUMRAT	580	Immergée	B8 POVAL	110	125,5	55
Albien	GHARDAIA	HAY REZEG EL ATTEUF	500	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	GHARDAIA	BOUNOURA SENF Nouveau	500	Immergée	G12 - POVAL	95	183,6	63
Albien	GHARDAIA	DAIA N°1	467	Immergée	H11 - POVAL	108	172	75
Albien	GHARDAIA	SIDI AEK (DAIA)	500	Immergée	H8 -POVAL	110	125,5	55
Albien	GHARDAIA	SIDI M'HAMMED	500	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	GHARDAIA	BOUBRIK	500	Immergée	H9 -POVAL	155	90	100
Albien	GHARDAIA	LAADIRA	500	Immergée	H8 -POVAL	110	125,5	55
Albien	METLILI	AEP METLILI	540	Immergée	B9 ATURIA	110	141,3	63
Albien	METLILI	METLILI N°2	500	Immergée	B9 ATURIA	110	141,3	63
Albien	METLILI	TIMEKRAT	500	Immergée	H10 - POVAL	110	157	75
Albien	METLILI	OUED NOUMERAT	500	Immergée	PANELLI	110	94,2	90

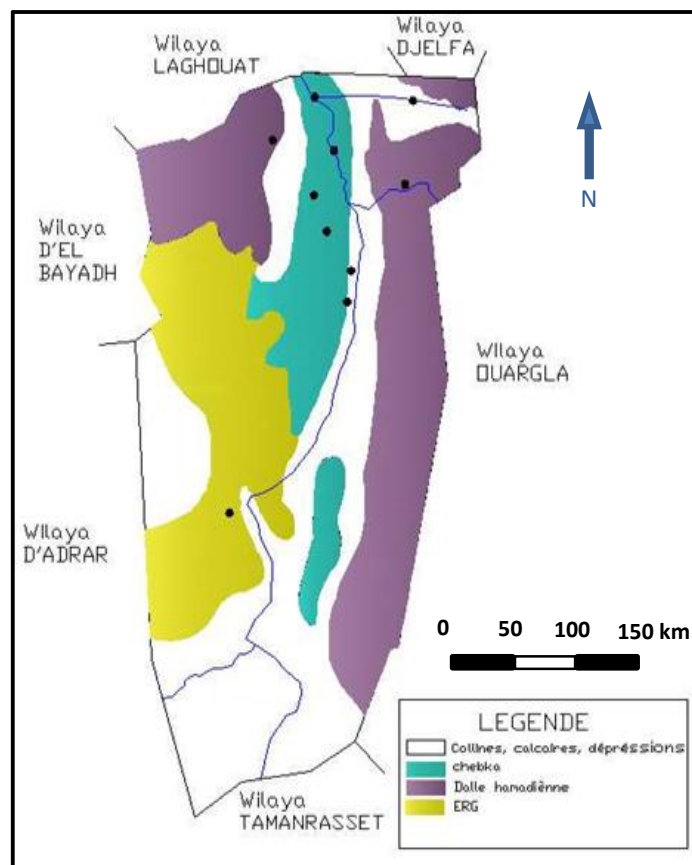
Chaîne d'AEP	Localisation	N° du Forage	Profondeur du forage	Caractéristiques du groupes électropompes GEP				
				nature	marque	Débit (m3/h)	HMT (m)	Puissance (kw)
Albien	METLILI	ZERAIB METLILI	500	Immergée	G 12-POVAL	95	183,6	63
Albien	METLILI	SIDI KADOUR	540	Immergée	H8 - POVAL	110	125,5	55
Albien	METLILI	METLILI N°8	550	Immergée	A10 ATURIA	96	114	63
Albien	METLILI	GUEMGUOUMA N°10	500	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	METLILI	METLILI N°1	560	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	METLILI	METLILI N°5	550	Immergée	H8 - POVAL	110	125,5	55
Albien	METLILI	LAADADJA	500	Immergée	G 12-POVAL	95	183,6	63
Albien	METLILI	METLILI N°3	540	Immergée	H8 - POVAL	110	125,5	55
Albien	METLILI	METLILI N°9	500	Immergée	B06 ATURIA	110	125,5	55
Albien	METLILI	GUEMGUOUMA	540	Immergée	H8 - POVAL	110	125,5	55
Albien	METLILI	SOUAREG	540	Immergée	H6 -POVAL	110	94,2	45
Albien	METLILI	S . CHEIKH	540	Immergée	H8 ATURIA	110	125,5	55
Albien	METLILI	HAY EL BORDJ	500	Immergée	H6 -POVAL	110	94,2	45
Albien	METLILI	SEBSEB N°3	540	Immergée	H6 - POVAL	110	94,2	45
Albien	METLILI	CHAAB EL ARGOUB	500	Immergée	H6 - POVAL	110	94,2	45
Albien	METLILI	SEBSEB	600	Immergée	H6 - POVAL	110	94,2	45
Albien	METLILI	SEBSEB N°2	600	Immergée	H6 - POVAL	110	94,2	45
Albien	METLILI	ZAOUI	500	Immergée	H6 - POVAL	110	94,2	45
Albien	METLILI	MANSOURA	500	Immergée	H6 - POVAL	110	94,2	45
Albien	METLILI	GHOUZALET	450	Immergée	G 04-POVAL	110	94,2	45
Albien	METLILI	IRRIGATION MANSOURA	450	Immergée	H7 - POVAL	96	101	45
Albien	METLILI	218 PIVOT O GHEZ	450	Immergée	H4 - POVAL	108	63	26
Albien	METLILI	Chaab ouargla	450	Immergée	H4 - POVAL	108	63	26
Albien	MENEA	MENIA	190	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	MENEA	MENIA N°3	206	Immergée	LOUARA - franklin)	180	136	60
Albien	MENEA	BADRIANE	147,62	Immergée	D3-SEAER	160	49	30
Albien	MENEA	OULED ZID	200	Immergée	D4-OUVEL	160	67	37
Albien	MENEA	ZONE INDUSTRIELLE	260	Immergée	G12 - POVAL	95	183,6	63
Albien	MENEA	MENIA N°2	176	Immergée	D9 - SAER	144	169	92

Chaîne d'AEP	Localisation	N° du Forage	Profondeur du forage	Caractéristiques du groupes électropompes GEP				
				nature	marque	Débit (m3/h)	HMT (m)	Puissance (kw)
Albien	MENEA	HADJA HLIMA	200	Immergée	H4 - POVAL	108	63	26
Albien	MENEA	ZONE INDUSTRIELLE N°2	300	Immergée	H08- POVAL	110	125,5	55
Albien	MENEA	DJERAMANA	200	éruptif	/	/	/	/
Albien	MENEA	BEL BACHIR	155,48	Immergée	D3-SEAER	160	49	30
Albien	MENEA	TIN BOUZID	200	Immergée	H4- POVAL	108	63	26
Albien	BERRIANE	BAHMED OULHADJ	500	Immergée	H10 - POVAL	110	157	75
Albien	BERRIANE	BASSA	540	Immergée	D9 - SAER	144	169	92
Albien	BERRIANE	BERRIANEN°6	500	Immergée	H11 - POVAL	108	172	75
Albien	BERRIANE	EL MADAGH	500	Immergée	H9 -POVAL	110	141,3	63
Albien	BERRIANE	SIDI AEK	540	Immergée	B8 ATURAI	110	125,6	55
Albien	BERRIANE	BALLOUH	540	Immergée	B8 ATURAI	110	125,6	55
Albien	GERRARA	S'HANE	1000	Immergée	H08- POVAL	110	125,5	55
Albien	GERRARA	SAGULAT EL DJENIA	1000	Immergée	H4- POVAL	108	63	26
Albien	GERRARA	SIDI ABDEL KADER	980	Immergée	H4- POVAL	108	63	26
Albien	GERRARA	FOUSSAA	1000	éruptif	/	/	/	/
Albien	GERRARA	RAHMANIYATE	903	éruptif	/	/	/	/
Albien	GERRARA	SIDI BELKHEIR	1000	Immergée	H4- POVAL	108	63	26

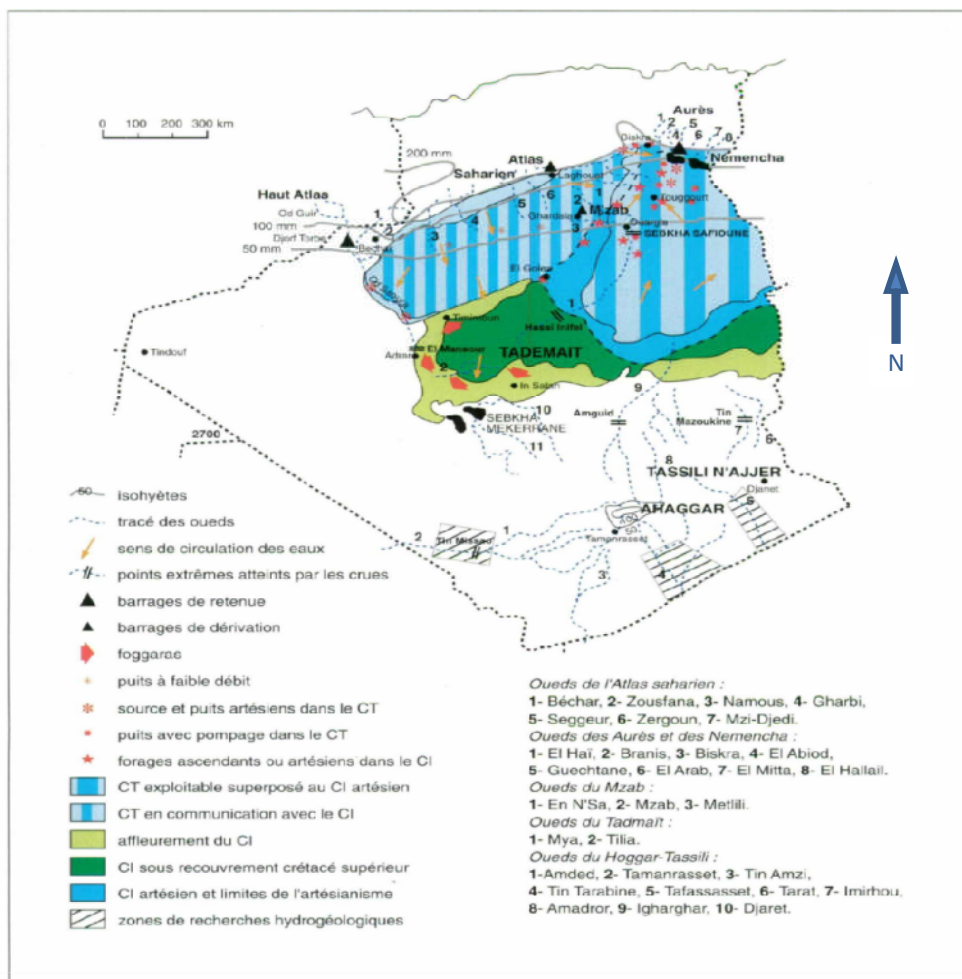
Annexe 01 : Bassin versant des Oueds de la région du M'Zab



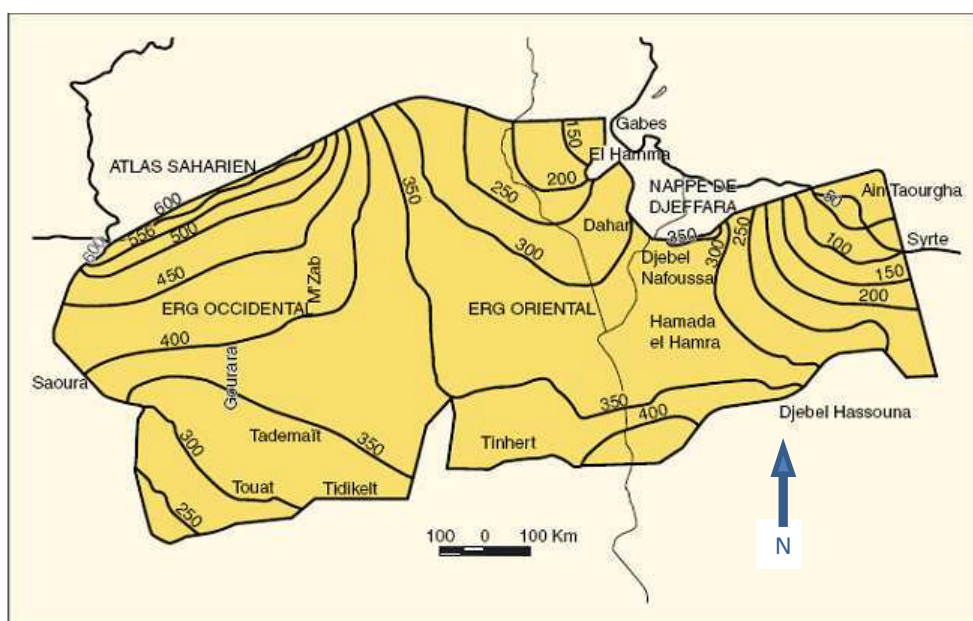
Annexe 02 : Les régions naturelles (ANRH, 2003)



Annexe 03 : Aquifères du Sahara Algérienne.



Annexe 04 : Carte piézométrique du Continental Intercalaire (CI) en 2000



Annexe 5 : Classification des eaux d'irrigation suivant leur salinité

Classe	CE (ms/cm)	Qualification	Commentaire
C1	00 - 0,25	Faiblement salées	Utilisées sans aucun danger
C2	0,25 - 0,75	Moyennement salées	Utilisées s'il se produit un lessivage modéré. Les plantes cultivées doivent avoir une résistance modérée
C3	0,75 - 2,25	Fortement salées	Nécessité de drainage Les plantes cultivées doivent avoir une forte résistance aux sels
C4	> 2,25	Tres fortement salées	Ne sont utilisées que pour de sols perméables et bien drainés et des cultures tres résistantes au sel

Source : Rapport de la commission relatif à l'étude de zones touchées par la salinité (D'après le diagramme de Durand, 1983)

Annexe 6 : Les valeurs approximatives de la perméabilité de divers terrains selon G. CASTANY

Perméabilité (cm/s)	10^2	10	10^{-3}	10^{-6}	10^{-8}
Terrain	Galets Graviers Gravillons Dépourvus d'éléments fins	Sables purs Sables et graviers dépourvus d'éléments fins	Sables très fins Silt et mélanges de sable et d'argile	Argiles homogènes	
Qualification	Très perméables	perméables	Peu perméables	impermeables	

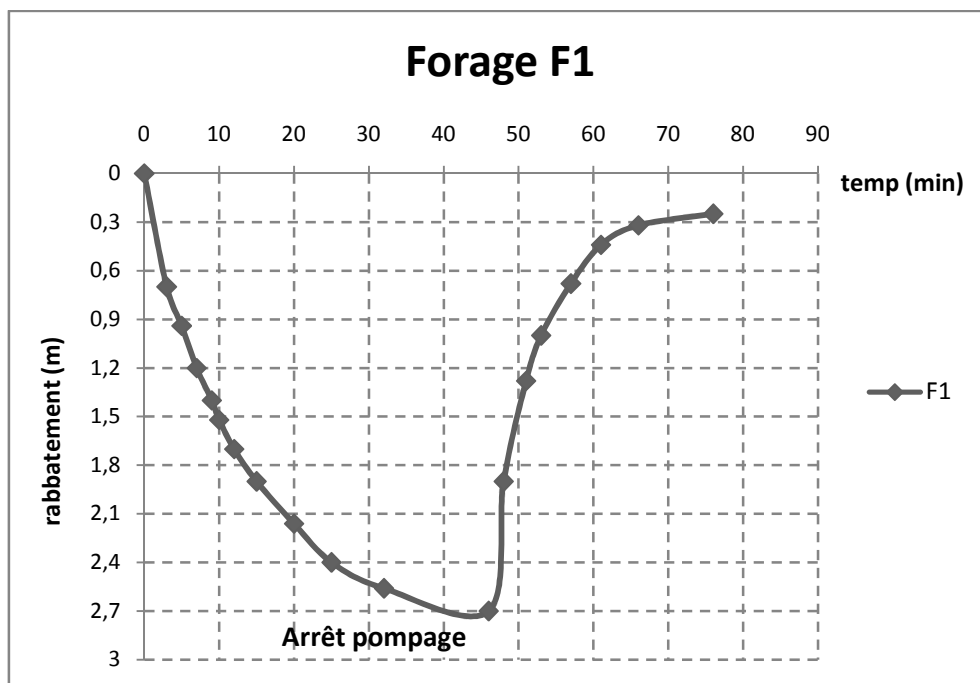
Source : MABILLOT, A. 1988

Annexe 07 : Résultats des calculs

Forage N°01

N°	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
T(min)	0	3	5	7	9	10	12	15	20	25
H(m)	0	0,7	0,94	1,2	1,4	1,52	1,7	1,9	2,16	2,4

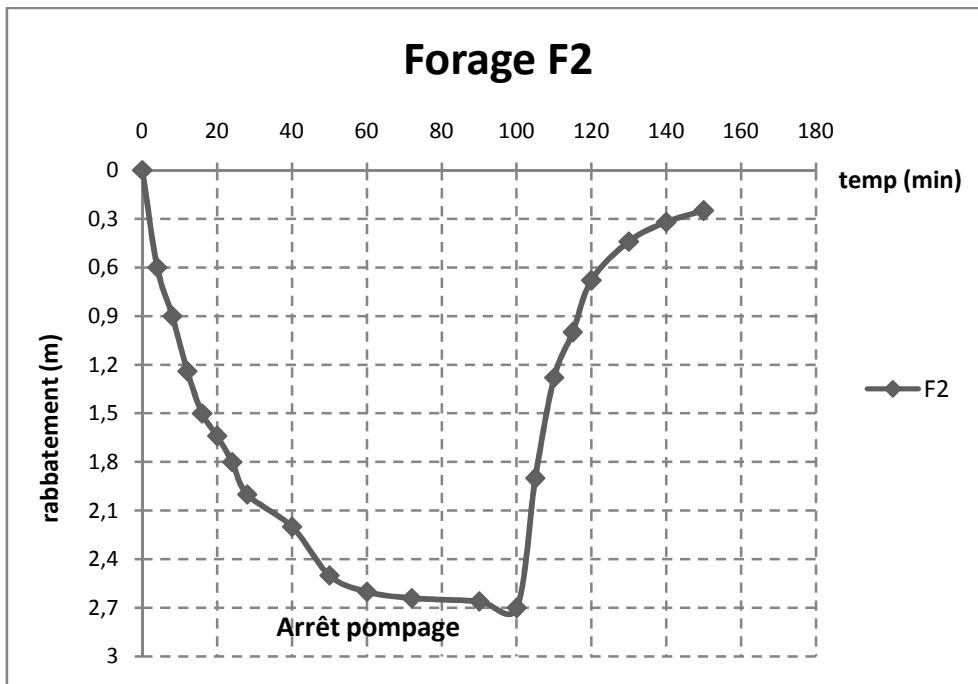
N°	11	12	13	14	15	16	17	18	19
T(min)	32	46	48	51	53	57	61	66	76
H(m)	2,56	2,7	1,9	1,28	1	0,68	0,44	0,32	0,25



Forage N°02

N°	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
T(min)	0	4	8	12	16	20	24	28	40	50
H(m)	0	0,6	0,9	1,24	1,5	1,64	1,8	2	2,2	2,5

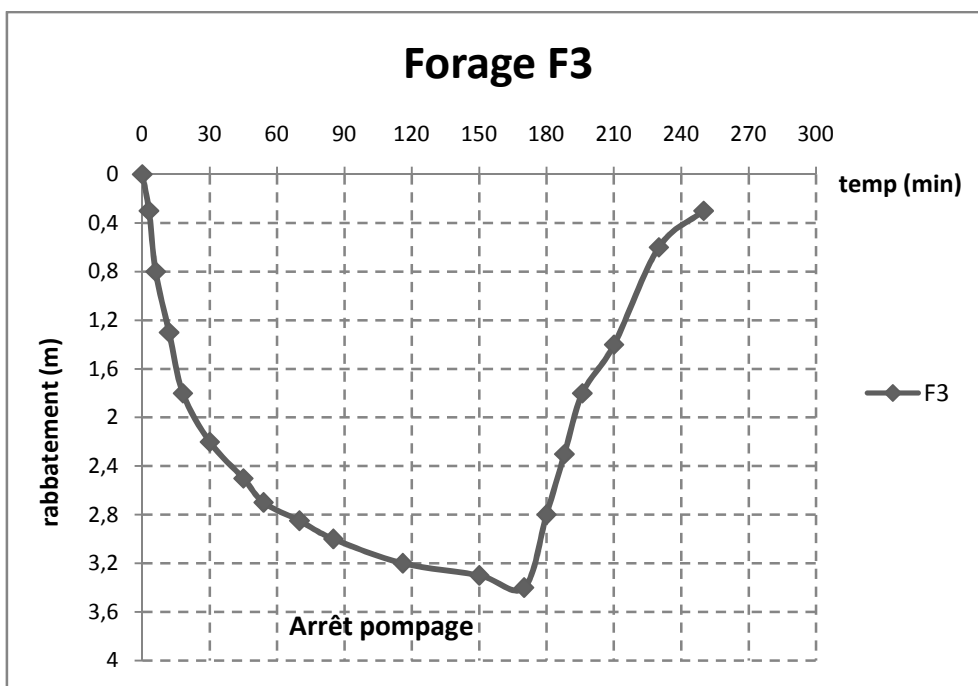
N°	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T(min)	60	72	90	100	105	110	115	120	130	140
H(m)	2,6	2,64	2,66	2,7	1,9	1,28	1	0,68	0,44	0,32



Forage N°03

N°	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
T(min)	0	3	6	12	18	30	45	54	70	85
H(m)	0	0,3	0,8	1,3	1,8	2,2	2,5	2,7	2,85	3

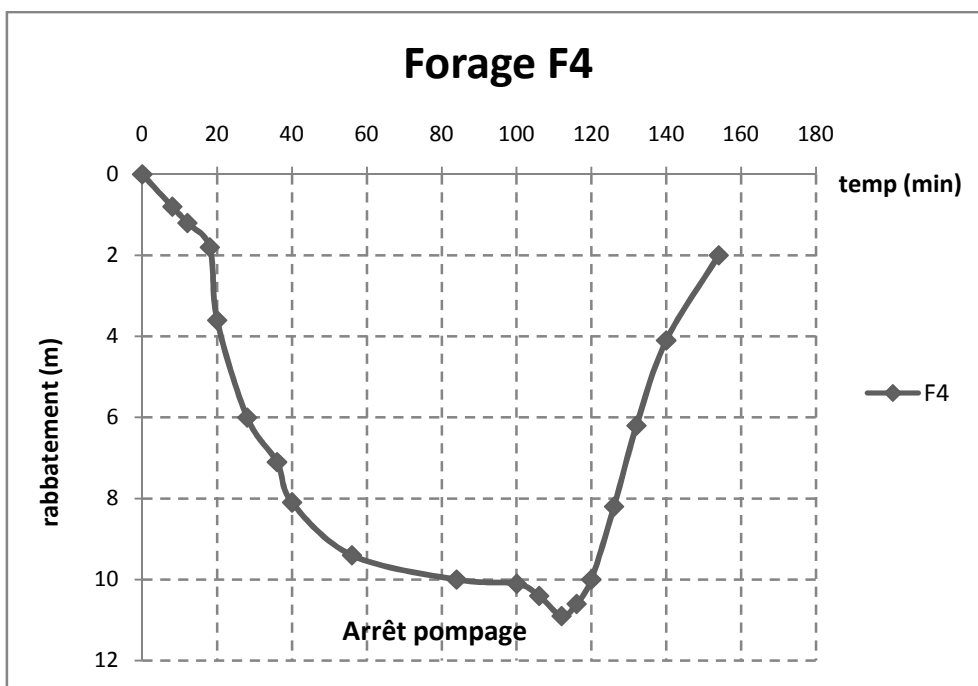
N°	11	12	13	14	15	16	17	18	19
T(min)	116	150	170	180	188	196	210	230	250
H(m)	3,2	3,3	3,4	2,8	2,3	1,8	1,4	0,6	0,3



Forage N°04

N°	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
T(min)	0	8	12	18	20	28	36	40	56	84
H(m)	0	0,8	1,2	1,8	3,6	6	7,1	8,1	9,4	10

N°	11	12	13	14	15	16	17	18	19
T(min)	100	106	112	116	120	126	132	140	154
H(m)	10,1	10,4	10,9	10,6	10	8,2	6,2	4,1	2



Annexe 07 : Détail des charges des cultures**Blé dur**

N°	Eaux souterraines		Charges d'eau (DZD)	Charges supplémentaire de l'irrigation (DZD)	Charges totales de l'irrigation (DZD)
	Volume pompé (m ³)	Coût de pompage (DZD/m ³)			
F1	3 322,04	1,72	5 713,91	1 200,00	6 913,91
F2	207,71	7,37	1 530,82	1 190,00	2 720,82
F3	2 282,26	9,77	22 297,68	9 240,00	31 537,68
F4	11 362,10	2,64	29 995,94	11 200,00	41 195,94

Orge

N°	Eaux souterraines		Charges d'eau (DZD)	Charges supplémentaire de l'irrigation (DZD)	Charges totales de l'irrigation (DZD)
	Volume pompé (m ³)	Coût de pompage (DZD/m ³)			
F1	531,49	1,72	914,16	160,00	1 074,16
F2	3 026,00	7,37	22 301,62	850	23 151,62
F4	8 035,37	2,64	21 213,38	7 074,00	28 287,38

Tomates

N°	Eaux souterraines		Charges d'eau (DZD)	Charges supplémentaire de l'irrigation (DZD)	Charges totales de l'irrigation (DZD)
	Volume pompé (m ³)	Coût de pompage (DZD/m ³)			
F4	4 127,43	2,64	10 896,42	1 000,00	11 896,42

Mais fourrages

N°	Eaux souterraines		Charges d'eau (DZD)	Charges supplémentaire de l'irrigation (DZD)	Charges totales de l'irrigation (DZD)
	Volume pompé (m ³)	Coût de pompage (DZD/m ³)			
F1	3 221,41	1,72	5 540,83	1 000,00	6 540,83
F2	8 802,12	7,37	64 871,62	3 400,00	68 271,62
F4	18 586,95	2,64	49 069,55	3 000,00	52 069,55

Annexe 8 : Classification des eaux d'irrigation suivant leur salinité

Classe	CE (ms/cm)	Qualification	Commentaire
C1	00 - 0,25	Faiblement salées	Utilisées sans aucun danger
C2	0,25 - 0,75	Moyennement salées	Utilisées s'il se produit un lessivage modéré. Les plantes cultivées doivent avoir une résistance modérée
C3	0,75 - 2,25	Fortement salées	Nécessité de drainage Les plantes cultivées doivent avoir une forte résistance aux sels
C4	> 2,25	Tres fortement salées	Ne sont utilisées que pour de sols perméables et bien drainés et des cultures tres résistantes au sel

Source : Rapport de la commission relatif à l'étude de zones touchées par la salinité (D'après le diagramme de Durand, 1983)

Annexe 9 : Les valeurs approximatives de la perméabilité de divers terrains selon G. CASTANY

Perméabilité (cm/s)	10^2	10	10^{-3}	10^{-6}	10^{-8}
Terrain	Galets Graviers Gravillons Dépourvus d'éléments fins	Sables purs Sables et graviers dépourvus d'éléments fins	Sables très fins Silt et mélanges de sable et d'argile	Argiles homogènes	
Qualification	Très perméables	perméables	Peu perméables	impermeables	

Source : MABILLOT, A. 1988

Annexe 10 : Caractéristiques des pompes immergées

SERIE-XN14_XN8 & BGN18

PARAMETRES HYDRAULIQUES ET ELECTRIQUES

Electro-Pompe	MOIN (l/s)						DEBIT (m³/h)						P _{mot} (kW)						
	18	21	24	27	30	36	21	24	27	30	36	42	18	21	24	27	30	36	42
XN14 D2	3.3	4.2	5.0	5.8	6.7	7.5	8.3	9	10	12	15	18	21	24	27	30	36	42	50
XN14 D3	21	26	31	37	43	49	55	61	67	74	81	88	95	102	110	118	126	135	144
XN14 D4	31	38	45	52	60	68	76	84	92	101	110	119	128	137	147	156	165	174	183
XN14 D5	41	49	58	67	76	85	94	103	112	122	131	140	149	158	167	176	185	194	203
XN14 D6	51	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
XN14 D7	62	72	83	94	105	116	127	138	149	160	171	182	193	204	215	226	237	248	259
XN14 D8	72	83	95	107	119	131	143	155	167	179	191	203	215	227	239	251	263	275	287
XN14 D9	83	95	108	121	134	147	160	173	186	199	212	225	238	251	264	277	290	303	316
XN14 D10	95	108	122	136	150	164	178	192	206	220	234	248	262	276	290	304	318	332	346
XN14 D11	108	122	137	152	167	182	197	212	227	242	257	272	287	302	317	332	347	362	377
XN14 D12	122	137	153	169	185	201	217	233	249	265	281	297	313	329	345	361	377	393	409
XN14 D13	137	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	357	374	391	408	425	442
XN14 D14	153	170	188	206	224	242	260	278	296	314	332	350	368	386	404	422	440	458	476
XN14 D15	170	188	207	226	245	264	283	302	321	340	359	378	397	416	435	454	473	492	511
XN14 D16	188	207	227	247	267	287	307	327	347	367	387	407	427	447	467	487	507	527	547
XN14 D17	207	227	248	269	290	311	332	353	374	395	416	437	458	479	500	521	542	563	584
XN14 D18	227	248	270	292	314	336	358	380	402	424	446	468	490	512	534	556	578	600	622
XN14 D19	248	270	293	316	339	362	385	408	431	454	477	500	523	546	569	592	615	638	661
XN14 D20	270	293	317	341	365	389	413	437	461	485	509	533	557	581	605	629	653	677	701
XN14 D21	293	317	342	367	392	417	442	467	492	517	542	567	592	617	642	667	692	717	742
XN14 D22	317	342	368	394	420	446	472	498	524	550	576	602	628	654	680	706	732	758	784
XN14 D23	342	368	395	422	450	478	506	534	562	590	618	646	674	702	730	758	786	814	842
XN14 D24	368	395	424	453	482	511	540	569	598	627	656	685	714	743	772	801	830	859	888
XN14 D25	395	424	454	484	514	544	574	604	634	664	694	724	754	784	814	844	874	904	934

HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE (m)

Electro-Pompe	MOIN (l/s)						DEBIT (m³/h)						P _{mot} (kW)						
	18	21	24	27	30	36	21	24	27	30	36	42	18	21	24	27	30	36	42
XN14 D2	18	21	24	27	30	36	21	24	27	30	36	42	18	21	24	27	30	36	42
XN14 D3	31	38	45	52	60	68	31	38	45	52	60	68	31	38	45	52	60	68	75
XN14 D4	41	49	58	67	76	85	41	49	58	67	76	85	41	49	58	67	76	85	93
XN14 D5	51	60	70	80	90	100	51	60	70	80	90	100	51	60	70	80	90	100	109
XN14 D6	62	72	83	94	105	116	62	72	83	94	105	116	62	72	83	94	105	116	125
XN14 D7	72	83	95	107	119	131	72	83	95	107	119	131	72	83	95	107	119	131	140
XN14 D8	83	95	108	121	134	147	83	95	108	121	134	147	83	95	108	121	134	147	156
XN14 D9	95	108	122	136	150	164	95	108	122	136	150	164	95	108	122	136	150	164	173
XN14 D10	108	122	137	152	167	182	108	122	137	152	167	182	108	122	137	152	167	182	191
XN14 D11	122	137	153	169	185	201	122	137	153	169	185	201	122	137	153	169	185	201	210
XN14 D12	137	153	170	187	204	221	137	153	170	187	204	221	137	153	170	187	204	221	230
XN14 D13	153	170	188	206	224	242	153	170	188	206	224	242	153	170	188	206	224	242	251
XN14 D14	170	188	207	226	245	264	170	188	207	226	245	264	170	188	207	226	245	264	273
XN14 D15	188	207	227	247	267	287	188	207	227	247	267	287	188	207	227	247	267	287	296
XN14 D16	207	227	248	269	290	311	207	227	248	269	290	311	207	227	248	269	290	311	320
XN14 D17	227	248	270	292	314	336	227	248	270	292	314	336	227	248	270	292	314	336	345
XN14 D18	248	270	293	316	339	362	248	270	293	316	339	362	248	270	293	316	339	362	371
XN14 D19	270	293	317	341	365	389	270	293	317	341	365	389	270	293	317	341	365	389	398
XN14 D20	293	317	342	367	392	417	293	317	342	367	392	417	293	317	342	367	392	417	426
XN14 D21	317	342	368	394	420	446	317	342	368	394	420	446	317	342	368	394	420	446	455
XN14 D22	342	368	395	422	450	478	342	368	395	422	450	478	342	368	395	422	450	478	487
XN14 D23	368	395	424	453	482	511	368	395	424	453	482	511	368	395	424	453	482	511	520
XN14 D24	395	424	454	484	514	544	395	424	454	484	514	544	395	424	454	484	514	544	553
XN14 D25	424	454	485	515	545	575	424	454	485	515	545	575	424	454	485	515	545	575	584

Sous réserve de modification

UPG 23

Unité Pompes Berronaghia

POVAL SPA
Entreprise Publique Economique

SERIE-XN14_XN8 & BGN18

PERFORMANCES HYDRAULIQUES à 2900 tr/

POMPES IMMERGEES

Sous réserve de modification

UPG 24

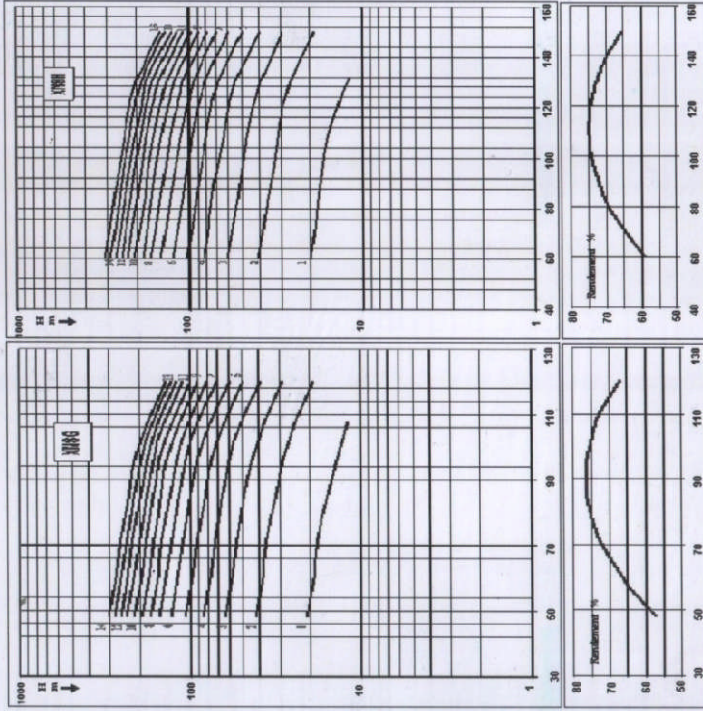
Unité Pompes Berronaghia

POVAL SPA
Entreprise Publique Economique

SERIE-XN14_XN8 & BGN18

POMPES IMMERGEES

PERFORMANCES HYDRAULIQUES à 2900 tr/m'



Sous réserve de modification

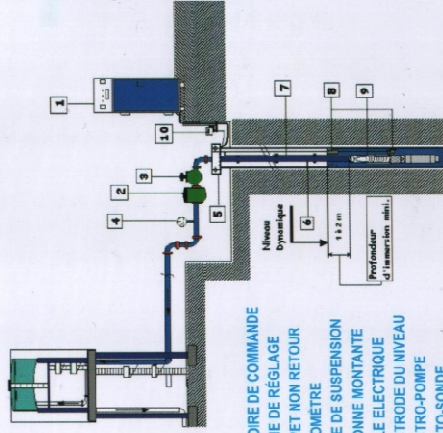
SERIE-XN14_XN8 & BGN18

POMPES IMMERGEES

PARAMETRES HYDRAULIQUES ET ELECTRIQUES

Electro-Pompe	DEBIT (m³/h)						P _{mot} KW Cv	Electro-Pompe	DEBIT (m³/h)						P _{mot} KW Cv						
	13	15	17	20	23	27			30	33	33	37	42	47		50					
XN85 1A	21	20	18	16	15	12	9	5,5	1	XN8H 1A	20	19	18	17	16	14	10	9	7,5	10	
XN85 2A	42	40	38	36	32	29	24	11	10	XN8H 2A	41	38	36	33	31	29	25	19	13	17	
XN85 3A	64	61	58	54	49	41	37	20	18,5	25	61	57	53	50	47	43	38	29	22	30	
XN85 4A	85	81	77	72	66	50	39	22	30	44	84	78	74	69	64	59	53	39	26	35	
XN85 5A	108	103	98	91	83	75	63	40	35	50	105	98	92	86	80	74	66	49	37	50	
XN85 6A	131	124	118	110	101	91	76	59	37	50	128	118	110	104	97	89	79	59	45	60	
XN85 7A	162	145	139	129	118	106	89	69	37	50	147	137	129	121	113	104	92	69	45	60	
XN85 8A	198	187	178	165	151	137	114	86	55	75	183	171	167	158	148	138	118	106	78	55	75
XN85 9A	218	208	198	184	168	152	127	99	50	75	201	210	202	190	177	163	145	106	75	100	
XN85 10A	240	229	218	202	185	167	140	110	83	85	232	225	217	208	195	178	168	116	80	125	
XN85 11A	281	249	238	221	201	182	152	119	83	85	273	266	259	249	235	209	192	172	127	90	125
XN85 12A	283	270	257	239	218	197	165	128	75	100	294	274	256	242	225	207	185	137	90	125	
XN85 13A	305	291	277	257	235	213	179	136	75	100	315	293	276	259	241	222	188	146	110	150	
XN85 14A																					

Schéma d'installation



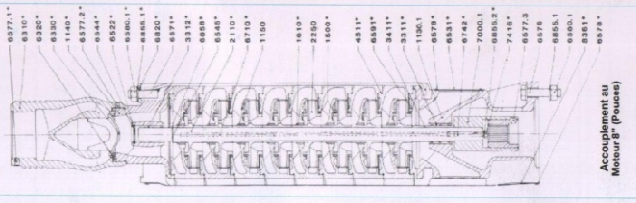
1. ARMOIRE DE COMMANDE
2. VANNE DE REGLAGE
3. CLAPET NON RETOUR
4. MONOMETRE
5. BRIDE DE SUSPENSION
6. COLONNE MONTANTE
7. CABLE ELECTRIQUE
8. ELECTRODE DU NIVEAU
9. ELECTRO-POMPE
10. ELECTRO-SONDE

SERIE-XN14_XN8 & BGN18

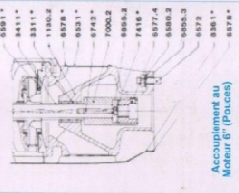
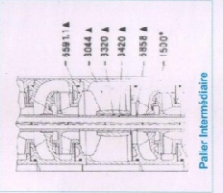
POMPES IMMERGEES

VUE EN COUPE ET NOMENCLATURE série BGN18

- MATIERE**
1. Acier
 2. Acier Inox
 3. Fonte
 4. Cuivre
 5. Laton
 6. Bronze
 7. Graphite
 8. Mat. Plastique
 9. Caoutchouc
- Nbre de pièces égal au nombre de roues



N° Rep.	Designations Pièces	Matière	Nbre Pcs
1140	Corps de refoulement	3	*
1500	Bague d'usure	6	* x 2
1610	Douilles entre étages	6	*
2110	Altre de pompe	2	1
3311	Coussinet côté aspiration	6	1
3312	Coussinet côté refoulement	6	1
3411	Chemise d'arbre côté aspiration	1	1
4511	Joint de corps d'étage	9	* + 1
6310	Corps de clapet	3	1
6320	Siège de soupape	8	1
6330	Soupape de clapet de retenue	6	1
6822	Filler	2	1
6831	Crépine d'arrêt	2	1
6844	Segment d'arrêt	6	1
6845	Segment d'arrêt sur arbre	2	1
6871	Trent	1	6
6877.1	Vis M10 x 10 UNI 6117	2	1
6877.2	Vis M8 x 10 UNI 5139	2	1
6878	Vis M4 x 6 UNI 5588	2	6
6890.1	Ecrou M16 UNI 5588	2	6
6891	Bague de centrage	3	1
6892	Clavette de roue	2	1
6893	Clavette 8x7x58 UNI 6804	2	1
6820	Rondelle spéciale	1	6
6855.1	Rondelle 17x30 UNI 6892	2	6
6855.2	Rondelle A 6 UNI 1751	1	1
6856	Rondelle de compensation	2	1
7416	Vis M8 x 12 UNI 5931	2	1
8361	Protège câble	2	1



Accouplement au Moteur 6" (Pouces)

1130.2	Corps d'aspiration	3	1
6572	Goujon spécial	2	4
6577.4	Vis pour accouplement	2	1
6890.2	Ecrou M12 UNI 5188	2	4
6855.3	Rondelle 13 x 24 UNI 6592	2	4
7000.1	Accouplement	2	1

Accouplement au Moteur 6" (Pouces)

1130.1	Corps d'aspiration	3	1
6576	Vis M16 x 65 UNI 5737	2	4
6577.3	Vis pour accouplement	2	1
6890.3	Ecrou M16 UNI 5188	2	4
6855.3	Rondelle 17 x 30 UNI 6592	2	4
7000.1	Accouplement	2	1

Accouplement au moteur N6

1130.2	Corps d'aspiration	3	1
6572	Goujon spécial	2	4
6577.4	Vis pour accouplement	2	1
6890.2	Ecrou M12 UNI 5188	2	4
6855.3	Rondelle 13 x 24 UNI 6592	2	4
7000.1	Accouplement	2	1

Accouplement au moteur N6

1130.1	Corps d'aspiration	3	1
6576	Vis M16 x 65 UNI 5737	2	4
6577.3	Vis pour accouplement	2	1
6890.3	Ecrou M16 UNI 5188	2	4
6855.3	Rondelle 17 x 30 UNI 6592	2	4
7000.1	Accouplement	2	1

Exécution BGN 18A

1150	Corps d'étage	3	*
2250	Roue	3	*

Exécution BGN 18A

1160	Corps d'étage	3	*
2250	Roue	3	*

Exécution avec palier intermédiaire (Plus de 10 roues)

3041	Palier intermédiaire	3	1
3320	Coussinet intermédiaire	6	1
3420	Chemise d'arbre sous coussinet	1	1
6591.1	Bague de centrage	3	1

Exécution avec palier intermédiaire (Plus de 20 roues)

3044	Palier intermédiaire	3	2
3320	Coussinet intermédiaire	6	2
3420	Chemise d'arbre sous coussinet	1	2
6591.1	Bague de centrage	3	2

Sous réserve de modification



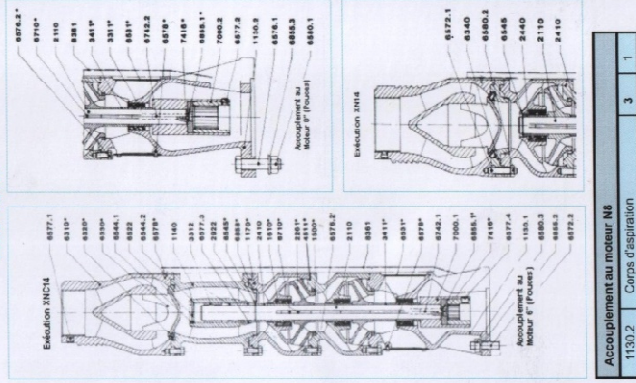
Unité Pompes Berronaghia UPG

SERIE-XN14_XN8 & BGN18

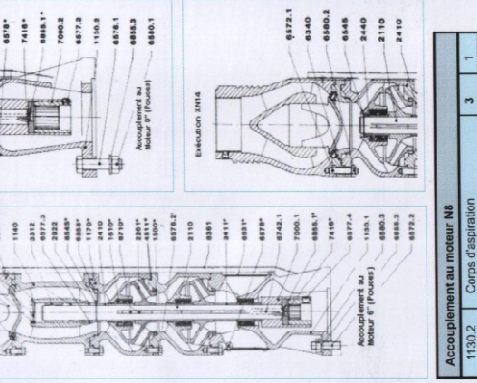
POMPES IMMERGEES

VUE EN COUPE ET NOMENCLATURE série XN14

- MATIERE**
1. Acier
 2. Acier Inox
 3. Fonte
 4. Cuivre
 5. Laton
 6. Bronze
 7. Graphite
 8. Mat. Plastique
 9. Caoutchouc
- Nbre de pièces égal au Nombre de roues



N° Rep.	Designations Pièces	Matière	Nbre Pcs
1170	Corps recesseur	3	*
1500	Bague d'usure	6	*
1610	Douille entre étages	1+6	*
2261	Soup	3	*
3311	Coussinet côté aspiration	1+9	1
3411	Chemise d'arbre côté aspiration	1	2
6310	Corps de clapet	9	* + 1
6320	Siège de soupape	3	1
6330	Soupape de clapet de retenue	6	1
6531	Crépine d'arrêt	2	1
6845	Segment d'arrêt sur arbre	1	1
6877.1	Vis M8 x 20 UNI 5739	2	* x 8
6877.2	Vis M10 x 10 UNI 6117	2	1
6878	Vis M4 x 6 UNI 5107	2	6
6890	Clavette de roue UNI 7510	2	6
6855.1	Rondelle A 6,4 UNI 1751	1	1
6856	Rondelle de compensation	2	1
7416	Vis M8 x 12 UNI 5931	2	1



Accouplement au moteur N6

1130.2	Corps d'aspiration	3	1
6576.1	Vis M16x65 UNI 5737	2	4
6577.2	Vis pour accouplement	2	1
6890.1	Ecrou M16 UNI 5588	2	4
6742.2	Clavette 8x7x58 UNI 6804	2	1
6855.3	Rondelle 17 x 30 UNI 6592	2	4
7000.2	Accouplement	2	1
8361	Protège câble	2	1

Accouplement au moteur N6

1130.1	Corps d'aspiration	3	1
6572.2	Goujon spécial	2	4
6577.4	Vis M10 x 11	2	1
6860.3	Ecrou M12 UNI 5588	2	4
6742.1	Clavette 8x7x36 UNI 6804	2	1
6855.2	Rondelle 13 x 24 UNI 6592	2	4
7000.1	Accouplement	2	1
8361	Protège câble	2	1

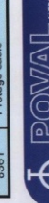
Exécution XN 14

2110	Altre de pompe	2	1
2410	Chemise entrelaie	1	* - 1
2440	Chemise entrelaie dernier étage	1	1
6340	Bague de raccordement clapet	3	1
6872.1	Goujon M8 x 35 UNI 5911	2	8
6880.2	Ecrou M8 UNI 5588	2	8

Exécution XN 14

1140	Corps de refoulement	3	1
2110	Altre de pompe (N6)	2	1
2110	Altre de pompe (N8)	2	1
2410	Chemise entrelaie	1	*
2922	Clouche anti-sable	6	2
3312	Coussinet côté refoulement	6	2
6522	Filtre de purge d'air	2	1
6544.1	Segment d'arrêt	6	1
6544.2	Segment d'arrêt	1	1
6576.2	Vis M8 x 20 UNI 5739	2	16
6577.3	Vis M8 x 6 UNI 6113	2	1

Sous réserve de modification



Unité Pompes Berronaghia UPG 29