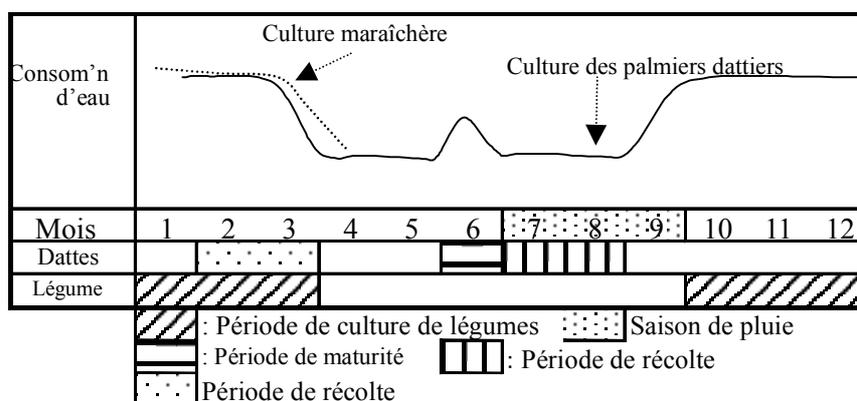


ANNEXE F
IRRIGATION

ANNEXE F : IRRIGATION

F.1 Situation actuelle d'irrigation

La culture des palmiers dattiers occupe la position centrale de l'agriculture oasienne et l'irrigation est ainsi fait principalement aux palmiers. La **Fig. F.1.1** suivante montre le cycle de la demande en eau dans une oasis. L'irrigation des palmiers est effectuée environ 4 fois par mois pendant la période de la pluie et l'irrigation régulière des palmiers est commencée une fois terminée la saison de pluie. Et elle est effectuée 2-3 fois par semaine pendant 6-7 mois jusqu'à la période de fleuraison après laquelle le volume d'eau est diminué.



Source: Mission d'étude

Fig. F.1.1 Schéma d'utilisation d'eau

Le **Tableau F.1.1** montre les méthodes d'exhaure et d'irrigation généralement effectuées dans les oasis.

L'eau obtenue à partir d'un puits traditionnel est arrosée manuellement sur les champs ou irriguée par des canaux en terre avec gravitation naturelle. D'autre part, l'eau pompée est retenue dans un bassin en terre et l'irrigation est faite par des canaux en terre avec gravitation naturelle. Bien que l'exhaure avec motopompe soit bien répandue ces dernières années, on voit assez souvent les pompes qui ne fonctionnent plus par faute de pièces de rechange ou de carburant. Et la production a été augmentée avec l'introduction de la motopompe, mais le revenu ainsi augmenté est utilisé pour le remboursement du crédit et ne contribue donc pas à l'augmentation de revenu des fermiers.

La distribution d'eau d'irrigation est effectuée en général avec les canaux en terre qui provoque la perte d'une grande partie, plus de 50% par l'infiltration. De ce fait, l'économie d'eau en empêchant cette perte par des canaux ou par l'utilisation efficace de cette eau perdue sera primordiale pour l'existence de l'agriculture oasienne ou à sa productivité.

Tableau F.1.1 Conditions existantes d'irrigation

Niveau d'eau (-m depuis la surface du sol)	Utilisation	Méthode d'exhaure	Méthode d'irrigation	Réservoir
6m ou moins	Irrigation	Manuelle avec delou Manuelle avec shadouf	Manuelle Canaux en terre	Existe Sans
de 6 à 20m	Irrigation Irrigation Irrigation	Motopompe Motopompe Energie solaire	Canaux en terre Canaux en terre/béton Canaux en terre	Existe Existe Existe
Plus de 20m	Ménagère	Force animale	-	-

Source: Mission d'étude

Ci-dessous est le résumé des caractéristiques des méthodes d'exhaure et d'irrigation actuelles.

1) Irrigation avec l'exhaure manuelle

L'exhaure d'eau est effectuée manuellement avec un seau en caoutchouc (delou) etc. dans un puits peu profond d'environ 1-2m et l'irrigation sur les champs est aussi manuelle. La surface d'irrigation est limitée à environ 20 palmiers par un puits bien que l'entretien et la gestion soient peu coûteux.

2) Irrigation avec l'exhaure d'eau par shadouf (puits traditionnel)

L'exhaure est effectuée en principe manuellement mais le travail est tout de même allégé. La surface irrigable est limitée à environ 20 palmiers par un puits étant donné que l'irrigation est effectuée manuellement.

3) Irrigation avec l'exhaure éolienne

On voit cette forme d'irrigation au long d'un oued ou le vent stable peut être obtenu et la profondeur d'eau souterraine relativement profonde. L'eau souterraine ainsi puisée est retenue dans un bassin et distribuée aux palmiers par les canaux en terre. Bien que l'entretien et la gestion de cette méthode soient peu coûteux, le problème de cette méthode est qu'elle nécessite un temps long étant donné que la capacité d'exhaure est plus petite que la motopompe. Elle permet d'irriguer environ 50 palmiers par jour.

4) Irrigation avec l'exhaure d'eau avec motopompe

Cette méthode permet d'avoir un volume d'exhaure stable même si l'eau souterraine est profonde et d'irriguer environ 50-70 palmiers par un puits. Toutefois, elle nécessite un coût d'entretien et gestion pour les pièces de rechanges etc. et pose certain problème de fonctionnement à long terme.

5) Irrigation avec l'énergie solaire

Cette méthode permet l'irrigation de 70-120 palmiers par un système. Mais le coût de construction élevé de cette méthode pose un problème d'entretien.

A part ces méthodes ci-dessus, on peut citer d'un exemple d'utilisation d'une pompe

immergée avec le système d'irrigation goutte-à-goutte avec la distribution d'eau par des tuyaux PVC à une ferme d'un particulier à Toueizikt dans l'Adrar ou d'un cas de prise d'eau de source pour l'irrigation à Tougad.

F.2 Volume d'irrigation

F.2.1 Evaporation d'eau des plantes

Le volume d'évaporation d'eau des plantes peut être obtenu à partir des données climatologiques d'Atar et de Tidjikja par le point de vue d'évaluer le volume actuel d'irrigation. Le volume d'évaporation d'eau des plantes (ETcrop) est calculé en multipliant le volume d'évapotranspiration (ETO) par le coefficient des plantes kc.

(1) Volume d'évapotranspiration (ETO)

Le **Tableau F.2.1** montre le résultat de calcul du volume d'évapotranspiration (ETO) mensuel par des méthodes de Blaney/Criddle, de radiation, de Pan-evaporation, de Penman modifiée et de Penman-Monteith.

Tableau F.2.1 Référence d'évapotranspiration des plantes (ETO)

Unité : mm/jour

Atar	jan.	féb.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sep.	oct.	nov.	déc.
Blaney / Criddle	5,2	6,0	6,9	7,6	8,8	9,8	9,9	9,3	9,0	7,4	6,1	5,3
Radiation	5,7	6,2	7,9	8,7	8,8	8,7	8,3	8,3	7,5	7,2	6,4	5,2
Pan-evaporation	8,5	8,8	10,2	10,5	11,5	14,1	12,9	11,0	10,7	10,3	8,1	7,6
Penman modifiée	7,0	7,8	8,5	9,5	10,6	11,2	12,5	12,0	10,9	9,4	7,5	6,5
Penman-Monteith	6,6	7,6	9,1	10,1	10,9	11,8	10,9	10,1	9,4	8,4	6,9	6,2

Unité : mm/jour

Tidjikja	jan.	féb.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sep.	oct.	nov.	déc.
Blaney / Criddle	5,5	6,0	6,9	8,1	9,0	10,0	8,0	7,7	7,2	7,4	6,3	5,5
Radiation	5,5	6,5	7,9	8,8	8,9	7,7	8,0	8,9	8,1	7,8	6,3	4,9
Pan-evaporation	7,2	8,0	8,9	9,8	11,1	11,9	9,0	8,7	8,2	8,9	7,7	6,7
Penman modifiée	6,8	8,1	8,1	9,1	10,0	11,4	11,0	9,3	10,1	9,5	7,5	6,5
Penman-Monteith	6,3	7,5	8,4	9,2	9,9	10,1	9,1	8,1	8,1	7,9	6,9	6,2

(2) Coefficient de plante

Selon le document de FAO, le coefficient de plante du palmier dattier adulte est 0,8 - 1,0 suivant la période de croissance. De même, ce coefficient devient maximum à mi-stade de croissance chez les légumes, ainsi 1,1 pour la carotte, 1,05 pour la betterave et 1,2 pour la tomate parmi les principales légumes.

(3) Volume nécessaire d'eau des plantes

Le **Tableau F.2.2** suivant montre le résultat du calcul des valeurs maximums du volume nécessaire d'eau des plantes théorique (ETcrop mm/jour) calculés avec les valeurs maximums de l'ETO et du kc.

Tableau F.2.2 Evapotranspiration maximum des plantes

Emplacement	Espèce	ETcrop	ETcrop x 3
Atar	Palmier dattier	14,1	42
	Carotte	11,3	34
	Betterave	10,8	32
	Tomate	12,4	37
Tidjikja	Palmier dattier	11,9	36
	Carotte	10,5	32
	Betterave	10,0	30
	Tomate	11,4	34

Le volume d'irrigation de pointe à l'état actuel avec l'intermittence d'une irrigation chaque 3 jours est environ 50mm au palmier et 30mm pour les légumes. Elle est proche de la pointe du volume nécessaire d'eau des plantes théorique si on ne tient pas compte du changement de l'humidité du sol. Bien que l'augmentation/diminution du volume d'irrigation suivant la période de croissance des plantes puisse amener la diminution de l'ensemble du volume d'eau, la maîtrise du volume d'eau est difficile étant donné qu'elle est faite visuellement et manuellement en endiguant les canaux.

F.2.2 Humidité du sol

Afin d'acquérir les informations pour la comparaison du volume d'eau d'irrigation actuel et du volume de besoin en eau des plantes, une mesure de l'humidité du sol et les études relatives ont été procédés aux 3 points (la ferme d'essai, en amont et en aval de la ferme) des fermes de culture maraîchère ou des palmiers en effectuant la méthode d'arrosage actuellement pratiquée.

(1) Humidité disponible du sol

L'humidité du sol nécessaire à la croissance normale des plantes est répartie entre la capacité capillaire du sol et le point de flétrissement et décrit par l'humidité disponible du sol (A.M.). La capacité capillaire du sol (F.C.) est l'humidité du sol (volume %) 24 heures après l'arrosage, et le point de flétrissement (W.P.) est l'humidité du sol aux alentours de pF 3,0 et le **Tableau F.2.3** montre le résultat de mesure au niveau de chaque ferme dans les oasis.

Tableau F.2.3 Résultat de mesure de l'humidité du sol

Unit : volume %

Region	Adrar						Tagant								
Oasis	Tawaz			Toungad			Nimlane			Lehoueitatt			Tidjikja		
Item	F.C.	W.P.	A.M.	F.C.	W.P.	A.M.	F.C.	W.P.	A.M.	F.C.	W.P.	A.M.	F.C.	W.P.	A.M.
Depth in cm	Vegetable Field														
0 - 10	16	2	14	10	4	6	23	3	20	19	3	16	21	3	18
10 - 20	14	2	12	14	4	10	21	3	18	22	3	19	20	3	17
20 - 30	10	2	8	17	4	13	17	3	14	5	3	2	17	3	14
30 - 40	37	2	35	14	4	10	5	3	2	4	3	1	7	3	4
Depth in cm	Dates Field														
0 - 25	14	2	31	17	4	32	22	3	48	9	3	15	-	-	-
25 - 50	56	2	136	35	4	79	10	3	18	7	3	10	-	-	-
50 - 75	78	2	190	18	4	35	8	3	13	4	3	3	-	-	-
75 - 100	78	2	190	9	4	13	8	3	13	4	3	3	-	-	-

Le résultat de mesure montre que la moyenne de la capacité capillaire du sol des fermes est de 14%. Ceci est une valeur élevée par rapport à la valeur générale du sol sableux qui est moins de 10%. On peut supposer que ceci est le résultat de mélange des engrais ou de buttage et que ces sols contiennent plus de limon par rapport au sol sableux général. Le point de flétrissement désigne une humidité du sol de pF_{3,0} en général. Mais ce point de flétrissement pour cette étude a été déterminé en mesurant l'humidité et la valeur de pF du sol de surface dont son degré d'assèchement est élevé, étant donné que l'essai à l'intérieur de la salle du sol n'est pas prévu. La valeur de pF du point de flétrissement dans le tableau ci-dessus correspond à 2,86-2,72.

(2) Profondeur effective du sol et profondeur de limite du sol

La profondeur effective du sol d'environ 40cm depuis la surface du sol pour les fermes et de 1,0m pour les palmiers ont été déterminées à partir du changement de l'humidité du sol mesurée 24, 48 et 72 heures après l'arrosage au niveau des fermes d'essai de chaque oasis (voir la **Fig. F.2.1**).

La profondeur de limite du sol est la couche du sol qui donne le volume d'irrigation net (l'humidité disponible du sol rapide totale) minimal de chaque arrosage calculée de l'humidité disponible du sol et le type de consommation d'humidité du sol. Le type de consommation d'humidité du sol adopté ici est celui de Shockley "lorsqu'on divise en quatre la profondeur effective du sol, la consommation d'eau est de 40, 30, 20 et 10% à partir de la couche supérieure".

Le **Tableau F.2.4** montre le résultat du calcul de la profondeur de limite du sol est la couche du sol qui donne le volume d'irrigation net (l'humidité disponible du sol rapide totale). Dans le tableau, signifie respectivement ; A.R. est le taux d'absorption d'eau, F.C./W.P./A.M. est le point d'humidité avec le % du rapport de capacité, CU1 est le volume de consommation d'eau avec la consommation d'eau de chaque couche comme base, des valeurs des cases colorées sont les valeurs de l'humidité disponible du sol rapide totale et CU2 est le volume de consommation d'eau de chaque couche en cas d'alimentation en eau de quantité de valeur de l'humidité disponible du sol rapide totale. Le volume de consommation et des valeurs de l'humidité disponible du sol rapide total sont calculés en mm.

Tableau F.2.4 Résultat de calcul de valeurs de l'humidité disponible du sol rapide totale

Region		Adrar														
Oasis		Tawaz														
Location		Downstream (BOA)					Pilot Field					Upstream (AOC)				
Item		FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2
Depth in cm	A.R. in %	Vegetable Field														
0 - 10	40	12	2	10	25	10	16	2	14	35	14	16	2	14	35	14
10 - 20	30	16	2	14	47	8	14	2	12	40	11	17	2	15	50	11
20 - 30	20	14	2	12	60	5	10	2	8	40	7	13	2	11	55	7
30 - 40	10	20	2	18	180	3	37	2	35	350	4	11	2	9	90	4
Depth in cm	A.R. in %	Dates Field														
0 - 25	40	33	2	77	191	23	14	2	31	78	31	18	2	40	100	40
25 - 50	30	32	2	76	252	17	56	2	136	453	23	22	2	50	167	30
50 - 75	20	7	2	12	58	12	78	2	190	950	16	12	2	25	125	20
75 - 100	10	9	2	18	175	6	78	2	190	1900	8	12	2	25	250	10

Region		Adrar														
Oasis		Toungad														
Location		Downstream (AON)					Pilot Field					Upstream (WOA)				
Item		FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2
Depth in cm	A.R. in %	Vegetable Field														
0 - 10	40	8	4	4	10	4	10	4	6	15	6	9	4	5	13	5
10 - 20	30	8	4	4	13	3	14	4	10	33	5	9	4	5	17	4
20 - 30	20	17	4	13	65	2	17	4	13	65	3	17	4	13	65	3
30 - 40	10	13	4	9	90	1	14	4	10	100	2	5	4	1	10	1
Depth in cm	A.R. in %	Dates Field														
0 - 25	40	13	4	27	68	11	17	4	32	79	32	9	4	12	29	5
25 - 50	30	7	4	9	28	8	35	4	70	262	262	7	4	8	27	4
50 - 75	20	8	4	11	55	4	18	4	35	173	173	5	4	3	13	3
75 - 100	10	14	4	25	250	3	9	4	13	125	125	5	4	3	25	1

Region		Tagant														
Oasis		Nimlane														
Location		Downstream					Pilot Field					Upstream				
Item		FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2
Depth in cm	A.R. in %	Vegetable Field														
0 - 10	40	9	3	6	15	6	23	3	20	50	8	8	3	5	13	5
10 - 20	30	13	3	10	33	5	21	3	18	60	6	10	3	7	23	4
20 - 30	20	7	3	4	20	3	17	3	14	70	4	7	3	4	20	3
30 - 40	10	9	3	6	60	2	5	3	2	20	2	9	3	6	60	1
Depth in cm	A.R. in %	Dates Field														
0 - 25	40	20	3	43	106	42	22	3	48	119	23	9	3	15	36	5
25 - 50	30	21	3	44	147	32	10	3	18	58	19	10	3	17	57	4
50 - 75	20	14	3	27	135	21	8	3	13	63	12	4	3	3	13	3
75 - 100	10	13	3	25	250	11	8	3	13	125	6	4	3	3	25	1

Region		Tagant														
Oasis		Lehoueitatt														
Location		Downstream					Middlestream					Upstream				
Item		FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2
Depth in cm	A.R. in %	Vegetable Field														
0 - 10	40	7	3	4	10	4	10	3	7	40	4	19	3	16	40	4
10 - 20	30	11	3	8	27	3	9	3	6	63	3	22	3	19	63	3
20 - 30	20	7	3	4	20	2	11	3	8	10	2	5	3	2	10	2
30 - 40	10	4	3	1	10	1	6	3	3	10	1	4	3	1	10	1
Depth in cm	A.R. in %	Dates Field														
0 - 25	40	7	3	10	24	3	10	3	19	46	18	9	3	15	38	5
25 - 50	30	5	3	6	18	4	16	3	32	105	14	7	3	10	33	4
50 - 75	20	4	3	3	13	3	22	3	49	243	9	4	3	3	13	3
75 - 100	10	4	3	3	25	11	36	3	83	825	5	4	3	3	25	1

Region		Tagant														
Oasis		Tidjikja														
Location		Downstream					Pilot Field					Upstream				
Item		FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2	FC	WP	AM	CU1	CU2
Depth in cm	A.R. in %	Vegetable Field														
0 - 10	40	8	3	4	10	4	21	3	18	45	16	8	3	5	13	5
10 - 20	30	12	3	8	27	3	20	3	17	57	12	17	3	14	47	4
20 - 30	20	4	3	4	20	2	17	3	14	70	8	16	3	13	65	3
30 - 40	10	4	3	1	10	1	7	3	4	40	4	16	3	13	130	1
Depth in cm	A.R. in %	Dates Field														
0 - 25	40	11	3	19	48	6	-	-	-	-	-	31	3	70	175	70
25 - 50	30	11	3	21	68	5	-	-	-	-	-	38	3	88	292	53
50 - 75	20	4	3	3	15	3	-	-	-	-	-	38	3	88	438	35
75 - 100	10	5	3	5	50	2	-	-	-	-	-	38	3	88	875	18

Le résultat du calcul montre que les valeurs de l'humidité disponible du sol rapide totale sont moins de 20mm aux fermes de Toungad dans l'Adrar, Nimlane et Lehoueitatt dans le Tagant ou les terrains de culture se développent sur les dunes au long d'un oued et la culture des palmiers dattiers y est pratiquée principalement. D'un autre côté, à Tawaz de l'Adrar ou la culture maraîchère est principalement pratiquée et le mélange de terre ou du compost sont souvent effectués, ou à Tidjikja du Tagant qui est utilisée depuis longtemps pour la culture maraîchère, les valeurs sont d'ordre de 25 à 40mm. Ce qui montre que l'amélioration de terre est avancée et ainsi la capacité portante de l'eau du sol est modifiée.

En ce qui concerne la valeur de l'humidité disponible du sol rapide totale des palmiers, elle d'ordre de 50 à 100mm au niveau des adultes dont les racines sont bien développées et reste au même niveau que les fermes des légumes avec des jeunes palmiers.

(3) Taux d'admission

Le taux d'admission est un indice de la perméabilité d'eau du sol non saturé et il peut être un facteur pour déterminer la méthode ou la fréquence d'irrigation. Un essai du taux d'admission avec cylindre a été effectué au même endroit que la mesure de l'humidité du sol dans le cadre de la présente étude. La **Fig. F.2.2** montre la courbe d'invasion de chaque point. Le taux d'admission de base est calculé avec la courbe d'invasion comme le montre le **Tableau F.2.5** suivant.

Tableau F.2.5 Taux d'admission de base

Unité : mm/heure

Région	Adrar		Tagant		
Oasis	Tawaz	Toungad	Nimlane	Lehoueitatt	Tidjikja
Amont	47	252	138	90	90
Ferme pilote	90	95	55	161	36
Aval	106	206	55	239	92

En général, si le taux d'admission de base n'est pas inférieur à 7,6mm/heure, l'irrigation sur la surface du sol tel que la méthode d'irrigation par bassin ou par inter-billonnage n'est pas recommandée par le point de vue de l'utilisation efficace d'eau. Les taux d'admission à chaque point d'essai étaient entre 40 et 250mm, donc aucun point n'a montré les conditions favorables à la méthode d'irrigation par bassin actuellement pratiquée.

F.2.3 Volume actuel d'irrigation

(1) Culture de palmiers dattiers

1) Période d'irrigation et nombre de jours d'intermittence

Le total du volume d'eau d'irrigation d'une saison de culture dépend de nombre de jours d'irrigation de l'année et le volume d'eau d'irrigation de chaque fois en ce qui concerne le volume d'eau d'irrigation de la culture durant toute l'année de palmiers dattiers. Les 3 types d'irrigation que montre le **Tableau F.2.6** peuvent être modélisés suivants le nombre de jours d'intermittence des palmiers dattiers (2 types dont l'intermittence est régulier durant toute l'année et 1 type dont l'intermittence est réduit pendant la saison de fleuraison et de la maturité) sur la base du résultat de l'étude effectuée dans les oasis concernées par les Essais de l'Etude Pilote dans l'Adrar et dans le Tagant.

Tableau F.2.6 Programme d'Irrigation de la Culture des Palmiers Dattiers

Type	Jan.	Féb.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
1	1 fois / 1 à 3 jours											
2	1 fois / 7 à 10 jours											
3	1 fois / 7 à 10 jours			1 fois / 1 à 3 jours						1 fois / 7 à 10 jours		

Le tableau ci-dessus montre le résumé de l'intermittence d'irrigation effectuée actuellement dans les deux régions.

- L'irrigation est effectuée une fois tous les 7-10 jours toute l'année au niveau des fermes concernées par notre essai dans l'Adrar. On a constaté des cas d'augmentation de fréquence d'irrigation à une fois tous les 3 jours pendant la période de la fleuraison, de la maturité et de la récolte.
- L'intermittence d'irrigation aux alentours des fermes de notre essai dans le Tagant est une fois chaque 2 ou 3 jours, et l'irrigation est effectuée même tous les jours au cas où le volume d'exhaure par le puits qui est la source d'eau est suffisant.

Si le volume d'une fois d'irrigation est à peu près même dans les deux régions, on peut dire que le volume disponible dans les puits dans chaque oasis est reflété à la différence du nombre de jours d'intermittence. Les types 2 et 3 sont utilisés principalement pour la culture des palmiers à Tawaz dans l'Adrar où la baisse du niveau d'eau souterraine est notable. Et le type 2 est souvent utilisé en zone moyenne et aval de Toungad où l'eau est tirée dans les puits même si le niveau d'eau souterraine est haut en en zone amont de cette oasis qui permet la culture sans arrosage. D'un autre côté, le type 1 est principalement utilisé dans les oasis concernées du Tagant étant donné que l'exhaure est effectué manuellement dans les puits peu profonds. Cependant, l'irrigation est effectuée quotidiennement si le débit d'eau de puits le permet.

2) Volume d'irrigation d'une fois

L'irrigation des palmiers est effectuée actuellement avec le billonnage autour de palmier pour faire retenir l'eau. La hauteur des billons est environ 15-20cm et la profondeur d'eau de retenue est environ 10cm.

Dans le cadre de la présente étude, il a été effectuée une méthode d'irrigation directe aux pieds des palmiers avec les raccords flexibles reliés aux réservoirs qui sont alimentés par les puits dans les oasis de Toungad, de Nimlane et de Lehoueitatt à la place de la méthode traditionnelle de retenir l'eau de puits dans les bassin en terre et d'irriguer avec les canaux en terre. Les cas de l'irrigation de 200 litres pour jeunes palmiers et 400 litres pour les palmiers adultes ont été observés à Toungad, l'intervalle d'irrigation était une fois chaque 15 jours. Ce qui donne même volume d'irrigation avec l'irrigation d'intervalle d'une fois tous les 7 jours.

3) Efficience d'irrigation

Actuellement, retenir provisoirement l'eau dans les bassins situés juste au-dessous de margelle de puits d'exhaure et distribuer l'eau aux pieds des palmiers une fois rempli le bassin avec l'écoulement naturel. Ceci a pour but de diminuer la perte de transport et alléger les efforts d'irrigation en distribuant l'eau par gravité étant donné que les canaux sont en terre. La perte de transmission de 10 à 50% au niveau des canaux a été calculée sur la base du résultat de la comparaison des débits en mesurant la vitesse d'écoulement et la section d'écoulement en amont et en aval des canaux lors de l'étude de la phase 1.

Le résultat de mesure du taux d'admission effectuée au niveau des fermes et des canaux a montré de la perméabilité de dans le sol non saturé. Par conséquent, on peut considérer la perte d'eau de transmission comme l'ensemble de volume d'eau infiltré dans le sol non-saturé des canaux et des fermes lors de la distribution. On va donc calculer la perte de la distribution au niveau des canaux dans la ferme et la perte applicable au pieds des palmiers en suivant la formule du volume d'infiltration d'accumulation introduite par le résultat de l'essai du taux d'admission. Les conditions de base de calcul du volume d'eau de la perte sont les suivantes.

- La largeur des canaux dans les fermes est en moyenne 0,40m pour permettre de marcher dans les canaux. Les valeurs moyennes de la mesure de la profondeur d'eau pendant la transmission est de 5cm et la vitesse d'écoulement est 0,2m/s.
- La longueur des canaux varie de 5m à proximité du bassin et à 40m pour les endroits les plus éloignés.
- La longueur totale d'irrigation au pieds des palmiers est 5m et la largeur est 0,5m.
- Le temps d'écoulement au niveau des canaux (T1), le temps d'écoulement au pieds du palmier (T2) et le temps de retenue au pieds de palmier (T3) utilisés pour la formule de peuvent être calculé du volume d'infiltration d'accumulation peuvent être calculés comme suit (voir **Tableau F.2.7**).

Tableau F.2.7 Temps nécessaire à l'équation

Longueur de canaux (L m)	Au canal		Au pieds de palmier			
	Vitesse (V m/sec)	Temps d'écoulement (T1) (L/V/60 min.)	Temps d'écoulement (T2) (L/V/60=3/0,2/60)	Time to store (T3)		
				Volume (VM)	Décharge (Q)	Time (VM/Q/60)
5	0,2	0,42	0,21 min.	0,2 m ³	0,004 m ³ /s	0,83 min.
10	0,2	0,83				
20	0,2	1,67				
30	0,2	2,50				
40	0,2	3,33				

Le **Tableau F.2.8** suivant montre le résultat du calcul du taux du volume de la perte (efficience d'irrigation) à partir du rapport du volume d'infiltration obtenu par la formule du volume d'infiltration d'accumulation et le volume total de l'irrigation. La perméabilité du sol et le taux de volume perdu par l'extension du canal différent dans chaque oasis, mais on peut considérer qu'environ 15-30% du volume total sont les volumes de perte de la distribution et de l'application.

Tableau F.2.8 Rendement d'irrigation

Oasis	Equation of Accumulated Inversion Volume (mm)	Invasion Volume					Loss of Water Volume					Total Water Volume					Ratio						
		D1=h (mm)					D2=h (mm)	D3=h (mm)	Vloss (m ³)					Vtotal (m ³)					Vloss/Vtotal*100 (%)				
		5	10	20	30	40			5	10	20	30	40	5	10	20	30	40	5	10	20	30	40
Talaba	$D = 3.069 T^{0.825}$	4.28	5.24	7.06	8.79	10.45	3.27	2.63	0.023	0.035	0.065	0.104	0.150	0.273	0.335	0.465	0.604	0.750	8.3	10.3	14.0	17.2	20.0
Tawaz	$D = 4.741 T^{0.804}$	6.56	7.99	10.68	13.21	15.63	5.04	4.08	0.04	0.05	0.10	0.16	0.23	0.285	0.353	0.499	0.657	0.827	12.3	15.0	19.9	23.9	27.5
	$D = 4.870 T^{0.711}$	6.49	7.72	9.99	12.06	13.99	5.14	4.27	0.04	0.05	0.10	0.15	0.21	0.286	0.353	0.497	0.650	0.813	12.5	15.1	19.5	23.1	26.2
	$D = 3.742 T^{0.863}$	5.30	6.55	8.95	11.25	13.48	4.00	3.19	0.03	0.04	0.08	0.13	0.19	0.278	0.343	0.481	0.631	0.791	10.0	12.4	16.8	20.7	24.1
	$D = 4.960 T^{0.737}$	6.68	8.00	10.44	12.70	14.81	5.25	4.32	0.04	0.05	0.10	0.16	0.22	0.286	0.355	0.500	0.656	0.822	12.7	15.4	20.0	23.8	27.0
	Average																		11.9	14.5	19.0	22.9	26.2
Toungad	$D = 6.436 T^{0.769}$	8.78	10.60	14.00	17.16	20.16	6.83	5.58	0.05	0.07	0.13	0.21	0.30	0.297	0.371	0.532	0.708	0.898	15.9	19.2	24.8	29.4	33.2
	$D = 8.481 T^{0.840}$	11.90	14.63	19.82	24.76	29.52	9.05	7.25	0.06	0.10	0.18	0.29	0.42	0.313	0.396	0.581	0.790	1.022	20.1	24.2	31.2	36.7	41.3
	$D = 12.503 T^{0.813}$	17.35	21.19	28.43	35.26	41.80	13.31	10.75	0.09	0.14	0.26	0.42	0.61	0.342	0.440	0.663	0.918	1.205	27.0	31.9	39.7	45.6	50.2
	Average																		18.7	22.5	28.7	33.6	37.7
Nimlane	$D = 8.019 T^{0.666}$	10.49	12.35	15.72	18.75	21.55	8.44	7.08	0.06	0.09	0.16	0.24	0.33	0.309	0.387	0.556	0.739	0.935	19.0	22.5	28.0	32.3	35.8
	$D = 6.627 T^{0.817}$	9.21	11.26	15.13	18.79	22.29	7.06	5.69	0.05	0.07	0.14	0.22	0.32	0.299	0.374	0.540	0.723	0.922	16.4	19.9	25.9	30.8	34.9
	$D = 9.337 T^{0.647}$	12.12	14.21	17.95	21.31	24.40	9.81	8.28	0.07	0.10	0.18	0.27	0.38	0.318	0.401	0.580	0.774	0.983	21.4	25.1	31.0	35.4	39.0
	Average																		18.9	22.5	28.4	33.0	36.9
Lehoueitatt	$D = 6.408 T^{0.762}$	8.71	10.51	13.84	16.93	19.86	6.80	5.56	0.05	0.07	0.13	0.21	0.29	0.297	0.371	0.531	0.706	0.894	15.9	19.1	24.7	29.2	32.9
	$D = 5.454 T^{0.870}$	7.75	9.59	13.14	16.54	19.85	5.83	4.64	0.04	0.06	0.12	0.19	0.28	0.291	0.362	0.518	0.691	0.880	13.9	17.2	22.8	27.7	31.8
	$D = 5.430 T^{0.934}$	7.91	9.95	13.95	17.87	21.73	5.83	4.56	0.04	0.06	0.12	0.20	0.30	0.291	0.363	0.522	0.701	0.899	14.0	17.3	23.4	28.7	33.3
	Average																		15.7	19.0	24.8	29.6	33.7
Tadjikja	$D = 6.557 T^{0.637}$	8.48	9.91	12.48	14.78	16.88	6.89	5.82	0.05	0.07	0.13	0.19	0.27	0.298	0.371	0.525	0.691	0.866	16.1	19.0	23.9	27.6	30.7
	$D = 4.639 T^{0.811}$	6.43	7.85	10.53	13.05	15.46	4.94	3.99	0.03	0.05	0.10	0.15	0.22	0.284	0.352	0.497	0.655	0.824	12.1	14.8	19.6	23.7	27.2
	$D = 4.001 T^{0.828}$	5.59	6.85	9.24	11.50	13.68	4.26	3.43	0.03	0.05	0.08	0.14	0.20	0.280	0.345	0.485	0.636	0.797	10.6	13.1	17.5	21.3	24.7
	Average																		13.6	16.5	21.4	25.6	29.1
	Average (Total)																		15.4	18.6	24.0	28.4	32.1



4) Volume annuel d'utilisation d'irrigation

Comme le montre le **Tableau F.2.9** suivant, on peut calculer le volume annuel total d'irrigation pour un palmier adulte qui se situe à 20m du puits d'exhaure et qui est alimenté par le bassin et les canaux traditionnels avec le volume d'utilisation d'eau actuel ci-dessus mentionné.

Tableau F.2.9 Volume annuel total d'irrigation pour la culture des palmiers dattiers

Intervalle d'irrigation		Nombre de jours d'irrigation de l'année	Volume annuel d'eau d'irrigation (m ³)	Perte d'eau d'irrigation (24%)	Volume total d'eau d'irrigation
Type 1	1 fois par jour (1/1)	365 jours	73,0 m ³	17,5 m ³	90,5 m ³
	1 fois chaque 3 jours (1/3)	122 jours	24,4 m ³	5,9 m ³	30,3 m ³
Type 2	1 fois chaque 7 jours (1/7)	53 jours	10,6 m ³	2,5 m ³	13,1 m ³
	1 fois chaque 10 jours (1/10)	37 jours	7,4 m ³	1,8 m ³	9,2 m ³
Type 3	1 fois chaque 7 et 3 jours (1/7,1/3)	31+51=82 jours	16,4 m ³	3,9 m ³	20,3 m ³
	1 fois chaque 10 et 3 jours (1/10,1/3)	22+51=73 jours	14,6 m ³	3,5 m ³	18,1 m ³

Le cas de type 1 dont l'irrigation est effectuée quotidiennement et le cas de l'irrigation chaque 10 jours donnent un écart d'environ 10 fois en ce qui concerne le volume total de l'irrigation. Les valeurs approximatives du volume annuel d'irrigation sont 10 – 20 m³ dans l'ADRAR où les types 2 et 3 sont courants et 30 – 90 m³ dans le Tagant où l'irrigation du type 1 est principalement effectué.

(2) Culture maraîchère

1) Période d'irrigation et nombre de jours d'intermittence

La période d'irrigation et nombre de jours d'intermittence pour la culture maraîchère peuvent être résumés en deux types suivants du **Tableau F.2.10** suite à l'enquête effectuée auprès des agriculteurs des oasis concernées par notre Etude Pilote dans l'Adrar et le Tagant.

Tableau F.2.10 Programme d'irrigation de la culture maraîchère

Type	Jan.	Féb.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
1	1 fois / 2 jours								1 fois / 2 jours			
2	1 fois / 8 jours								1 fois / 3 jours		1 fois / 8 jours	

Les variétés cultivées sont les carottes, les navets, les tomates, les oignons, les patates, les aubergines, les betteraves, les laitues, les gombos et les menthes dans les deux régions, et le tableau ci-dessus montre le cas des carottes. Si on prend l'exemple de carotte, la période nécessaire depuis le semis jusqu'à la récolte est 3-4 mois et le semis est effectué du mois de septembre jusqu'au janvier.

Régionalement, le nombre de jours d'intermittence dans le Tagant est le type 1 et type 2 pour la région de l'Adrar.

2) Volume d'irrigation d'une fois

Construire des bassins avec les billons d'hauteur d'environ 10cm sur le long de canaux et distribuer l'eau à ces bassins avec les canaux en terre avec la méthode d'irrigation avec bassin. Un bassin se remplit avec l'eau de la profondeur égale aux canaux d'environ 50 - 70mm et l'eau est transférée à un autre bassin en aval. Par conséquent, le volume moyen d'une fois de l'irrigation avec la méthode actuelle avec bassin est 60mm. Les réservoirs d'eau ont été installés à proximité des bassins existants dans le cadre de la présente étude. Bien qu'ils soient utilisés pour la culture maraîchère lorsque la dimension du champs est réduite (arrosage avec arrosoir), la plupart des champs sont irrigués par les bassins situés juste au-dessous des puits d'exhaure avec la méthode traditionnelle.

Par contre, l'arrosage est effectué 2 fois par jour (matin et soir) avec les arrosoirs de capacité de 11 litres pour la culture avec le billonnage introduite dans le cadre de notre Etude Pilote. La longueur d'un billon est entre 2 et 6m et on arrose l'eau d'un arrosoir au-dessus d'un billon. Le volume quotidien d'irrigation d'un billon à longueur de 5m et largeur de 0,5m est $11 \times 2 / 1000 / 2,5 = 0,009m$, c'est-à-dire, 9mm.

3) Efficience d'irrigation

Dans les oasis où les sources d'eau sont limitées aux puits, on utilise les mêmes puits et les canaux dans la plupart des cas pour l'irrigation des palmiers et des champs qui

se développent entre les palmiers. Les canaux qui relient les palmiers et les champs depuis les bassin de retenue d'eau situés juste à coté des puits et les champs se développent aux deux rives des canaux depuis le bassin. La superficie de la zone d'irrigation de palmier est $1\text{ m} \times 2\text{ m} = 2,0\text{ m}^2$ - $1,5\text{ m} \times 3,5\text{ m} = 5,0\text{ m}^2$ la longueur maximum des canaux est d'environ 20m. La perte de transmission au niveau des canaux et la perte d'application au niveau de la zone d'irrigation sont identiques que le résultat du calcul ci-avant. Cependant, la longueur maximum des canaux est environ 20m pour les cas des champs de la culture maraîchère et environ 20% du volume total de l'irrigation est estimé en général comme le volume d'eau perdu à partir du tableau de calcul ci-avant.

4) Volume total d'irrigation

A l'exception de la monoculture à grande échelle des carottes, la culture maraîchère consiste à cultiver plusieurs variétés de légumes dans les parcelles avoisinantes et on effectue l'irrigation de même manière à toutes les plantes. Ici, on calcule les volumes totaux d'irrigation d'une campagne avec l'exemple de carotte. Le volume total d'irrigation par chaque type est celui que montre le **Tableau F.2.11** suivant avec des conditions telles que la superficie de la parcelle est de 4 m^2 , le volume d'irrigation d'une fois est en moyenne 60mm (240 litres), la période de semis au début octobre et la période d'irrigation est 105 jours. Les volumes totaux d'irrigation avec la méthode du billonnage sont mentionnés à titre indicatif.

Tableau F.2.11 Volume annuel total d'irrigation pour la culture maraîchère

Intervalle d'irrigation		Jours d'irrigation en une campagne	Total net du volume d'irrigation	Perte d'eau d'irrigation (20%)	Total brut du volume d'irrigation
Type 1	1 fois chaque 2 jours (1/2)	52 jours	11,4 m ³	2,3 m ³	13,7 m ³
Type 2	1 fois chaque 3 et 8 jours (1/3,1/8)	7+11=18 jours	4,3 m ³	0,9 m ³	5,2 m ³
Billonnage	2 fois par jour	105 jours	3,8 m ³	0,0 m ³	3,8 m ³

Comme le cas de la culture des palmiers dattiers, le type 1 qui a le nombre de jours d'intermittence plus court avec la consommation d'eau environ 3 fois plus supérieure au type 2 est pratiqué principalement dans le Tagant. Avec la méthode du billonnage, le volume d'eau utilisé devient environ 70% du type 2.

F.2.4 Volume de consommation et volume d'irrigation obtenu par l'humidité disponible du sol rapide totale (TRAM)

Ici, on va comparer le volume actuel d'irrigation précédemment calculé à celui théorique déterminé par les conditions climatiques et du sol par le point de vue de l'évaluation du volume actuel avec la méthode traditionnelle d'irrigation.

(1) Volume d'irrigation déterminé par les conditions climatiques

Dans la phase précédente de notre étude, le volume de consommation d'eau théorique

des plantes a été déterminé avec la méthode de Penman-Monteus en l'appliquant aux données disponibles tels que la température d'air, l'humidité, les heures d'ensoleillement et la vitesse de vent, de la station météorologique d'Atar comme représentatifs de la région de l'Adrar et celles de Tidjikja pour la région du Tagant. Le **Tableau F.2.12** suivant montre ce volume de consommation d'eau théorique.

Tableau F.2.12 Consommation d'eau des plantes

Unité : mm/jour

Région	Jan.	Féb.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Adrar	6,6	7,6	9,1	10,1	10,9	11,8	10,9	10,1	9,4	8,4	6,9	6,2
Tagant	6,3	7,5	8,4	9,2	9,9	10,1	9,1	8,1	8,1	7,9	6,9	6,2

Les volumes d'eau d'irrigation de la culture des palmiers dattiers et de la culture maraîchère sur la base du volume d'eau consommation des plantes sont comme suit.

1) Culture des palmiers dattiers

Le volume d'eau d'irrigation des palmiers dattiers sur la base du volume d'eau consommation des plantes est calculés avec les conditions de base suivantes comme le case de la situation actuelle.

Zone d'irrigation : zone en forme de rondelle avec diamètre externe de 2m et interne de 1m (environ 2,4m²)

Coefficient de plante : entre 0,8 et 1,0 suivant les conditions climatiques mais on prend la valeur maximum de 1,0 (plus grande quantité d'eau).

Le **Tableau F.2.13** montre le résultat du calcul de volume net d'irrigation pour un palmier dans la région de l'Adrar et du Tagant.

Tableau F.2.13 Besoin en eau d'irrigation des palmiers dattiers

Unit Crop Water Requirement for date palm (Adrar)													
Item	Unit	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Basic Data	(Atar)												
ETo	mm/month	204	212	281	302	337	354	338	314	282	261	208	192
Dates													
1 Cropping Pattern													
2 Crop coefficient	Kc-1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3 Days of irrigation	days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
4 ETcrop net (Eto x Kc)	mm	204	212	281	302	337	354	338	314	282	261	208	192
5 Net requirement	mm/day	6.6	7.6	9.1	10.1	10.9	11.8	10.9	10.1	9.4	8.4	6.9	6.2
6 Wetted area	m ²	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36
7 Net requirement in volume	l/day	15.5	17.8	21.4	23.8	25.6	27.8	25.7	23.9	22.2	19.9	16.4	14.6
	l/month	481	500	662	714	795	835	797	741	666	616	491	452
Unit Crop Water Requirement for date palm (Tagant)													
Item	Unit	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Basic Data	(Tidjikja)												
ETo	mm/month	196	211	260	275	307	304	282	251	244	245	208	193
Dates													
1 Cropping Pattern													
2 Crop coefficient	Kc-1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3 Days of irrigation	days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
4 ETcrop net (Eto x Kc)	mm	196	211	260	275	307	304	282	251	244	245	208	193
5 Net requirement	mm/day	6.3	7.5	8.4	9.2	9.9	10.1	9.1	8.1	8.1	7.9	6.9	6.2
6 Wetted area	m ²	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36
7 Net requirement in volume	l/day	14.9	17.8	19.8	21.6	23.4	23.9	21.5	19.1	19.2	18.7	16.3	14.7
	l/month	463	498	613	648	724	718	665	592	576	579	490	457

Dans l'Adrar, le volume net nécessaire à l'irrigation quotidien est 15-28 litres et le volume total annuel est 7,8m³. D'autre part, dans le Tagant où la vitesse de vent est plus faible, le volume quotidien est 15-24 litres et le volume total annuel est 7,0m³. Dans le cas de l'irrigation à l'intervalle de chaque 10 jours durant toute

l'année, montré dans le tableau du volume annuel d'utilisation d'irrigation (type 2), le volume total annuel d'irrigation est 7,4m³, ce qui veut dire que dans le cas de l'irrigation dont le volume d'irrigation est le moindre, ce volume d'irrigation correspond à peu près à celui net total annuel du calcul.

2) Culture maraîchère

Le volume d'eau d'irrigation de la culture maraîchère (ici on prend l'exemple de carotte) sur la base du volume d'eau consommation des plantes est calculés avec les conditions de base suivantes comme le case de la situation actuelle.

Zone d'irrigation : 1 parcelle (4m²)

Période de culture : 105 jours (20/30/30/25), semis en mi-octobre, récolte en janvier
Coefficient de plante : on a pris les valeurs déterminées dans le document technique de la distribution d'eau de l'irrigation de FAO (No.24), 0,81 au début de la croissance par le volume de consommation de la plante, 1,1 au milieu de la croissance, 0,97 au stade de grandissement et 0,8 à la fin de la croissance.

Le **Tableau F.2.14** montre le résultat du calcul de volume net d'irrigation pour une parcelle de carotte (4m²) dans la région de l'Adrar et du Tagant.

Tableau F.2.14 Besoin en eau d'irrigation de la culture maraîchère

Unit Crop Water Requirement for vegetable (Atar)													
Item	Unit	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mav	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Basic Data	(Atar)												
ETo	mm/month	204	212	281	302	337	354	338	314	282	261	208	192
1 Cropping Pattern		-----											
2 Crop coefficient	Kc-1	0.80									0.81	0.96	1.10
3 Days of irrigation	days	24									20	30	31
4 ETcrop net (Eto x Kc)	mm	163									211	200	211
5 Net requirement	mm/day	6.8									10.6	6.7	6.8
6 Wetted area	m ²	4.0									4.0	4.0	4.0
7 Net requirement	l/day	27.2									42.3	26.6	27.2
	l/month	653									846	798	843

Unit Crop Water Requirement for vegetable (Tidjikia)													
Item	Unit	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mav	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Basic Data	(Tidjikia)												
ETo	mm/month	196	211	260	275	307	304	282	251	244	245	208	193
1 Cropping Pattern		-----											
2 Crop coefficient	Kc-1	0.80									0.81	0.96	1.10
3 Days of irrigation	days	24									20	30	31
4 ETcrop net (Eto x Kc)	mm	157									199	199	213
5 Net requirement	mm/day	6.5									9.9	6.6	6.9
6 Wetted area	m ²	4.0									4.0	4.0	4.0
7 Net requirement	l/day	26.2									39.7	26.6	27.5
	l/month	628									794	797	851

Le volume net d'irrigation d'une parcelle (4m²) est 27-42 l/jour dans l'Adrar et 26-40 l/jour dans le Tagant. Dans les deux régions, le volume net total annuel est 3,1 m³. Le cas de l'irrigation à l'intervalle de tous les 3 jours au début de la croissance et tous les 8 jours pendant les autres périodes de croissance précédemment montré dans les paragraphes du volume annuel d'utilisation d'irrigation, le volume net total annuel est 4,4 m³, ce qui veut dire que même avec le cas avec le moindre volume d'irrigation, le volume d'irrigation dépasse celui total annuel nécessaire de calcul.

(2) Volume d'irrigation déterminé par les conditions du sol

La condition du sol tenue en compte pour l'irrigation est la capacité de retenue d'eau

du sol qui est l'un des facteurs principaux de la détermination de nombre de jour d'intermittence (l'intervalle) de l'irrigation. Le nombre de jours d'intermittence est calculé en divisant la capacité de retenue d'eau du sol du champ objet de l'irrigation par le volume journalier d'irrigation nécessaire. La capacité de retenue d'eau du sol est indiquée avec la valeur du TRAM (volume d'irrigation obtenu par l'humidité disponible du sol rapide totale - volume total d'eau consommé au point ou le volume d'eau moyen du sol a baissé de la capacité capillaire du sol des fermes jusqu'au point de flétrissement). Les valeurs de TRAM mesurées et calculées lors de l'étude précédente sont utilisées pour le calcul du nombre de jours d'intermittence d'irrigation.

1) Culture des palmiers dattiers

Tableau F.2.15 Intermittence d'irrigation des palmiers dattiers

Irrigation interval for date palm (Adrar)													
Item	Unit	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Basic Data (Atar)													
ETo	mm/month	204	212	281	302	337	354	338	314	282	261	208	192
Dates													
1 Cropping Pattern													
2 Crop coefficient	Kc-1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3 Days of irrigation	days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
4 ETcrop net (Eto x Kc)	mm	204	212	281	302	337	354	338	314	282	261	208	192
5 Net requirement	mm/day	6.6	7.6	9.1	10.1	10.9	11.8	10.9	10.1	9.4	8.4	6.9	6.2
6 Irrigation interval													
TRAM Tawaz	78 mm	days	12	10	9	8	7	7	7	8	8	9	11
TRAM Tougad	79 mm	days	12	10	9	8	7	7	7	8	8	9	11
Irrigation interval for date palm (Tagant)													
Item	Unit	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Basic Data (Tidjikja)													
ETo	mm/month	196	211	260	275	307	304	282	251	244	245	208	193
Dates													
1 Cropping Pattern													
2 Crop coefficient	Kc-1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3 Days of irrigation	days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
4 ETcrop net (Eto x Kc)	mm	196	211	260	275	307	304	282	251	244	245	208	193
5 Net requirement	mm/day	6.3	7.5	8.4	9.2	9.9	10.1	9.1	8.1	8.1	7.9	6.9	6.2
6 Irrigation interval													
TRAM Nimplane	58 mm	days	9	8	7	6	6	6	7	7	7	8	9
TRAM Lehoeitatt	46 mm	days	7	6	5	5	5	5	6	6	6	7	7

Le nombre de jours d'intermittence actuel aux palmiers à proximité des fermes de notre Essai dans l'Adrar est en général 7~10 jours. Si on le compare avec celui calculé à partir du volume de consommation des plantes et de la valeur de TRAM du sol, on constate l'apparition d'eau inutilement infiltrée dans le sol sans être retenue dans le sol pendant la période d'hiver. Contrairement en été, avec l'intermittence de 10 jours, le manque par rapport au volume d'eau nécessaire est constaté. D'un autre côté, à proximité des fermes d'essai du Tagant où l'intermittence est en général 2-3 jours, la valeur de TRAM est basse par rapport à l'Adrar, mais l'irrigation inutile (plus de 2fois supérieur à la valeur de calcul) est effectuée.

2) Culture maraîchère

Tableau F.2.16 Intermittence d'irrigation de la culture maraîchère

Irrigation interval for vegetable (Adrar)													
Item	Unit	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Basic Data (Atar)													
ETo	mm/month	204	212	281	302	337	354	338	314	282	261	208	192
1	Cropping Pattern	-----											
2	Crop coefficient	Kc-1	0.80										
3	Days of irrigation	days	24								0.81	0.96	1.10
4	E/crop net (Eto x Kc)	mm	163								211	200	211
5	Net requirement	mm/day	6.8								10.6	6.7	6.8
6	Irrigation interval												
TRAM	Tawaz	35 mm	days	5							3	5	5
	Toungad	15 mm	days	2							1	2	2

Irrigation interval for vegetable (Tagant)													
Item	Unit	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Basic Data (Tidjikia)													
ETo	mm/month	196	211	260	275	307	304	282	251	244	245	208	193
1	Cropping Pattern	-----											
2	Crop coefficient	Kc-1	0.80										
3	Days of irrigation	days	24								0.81	0.96	1.10
4	E/crop net (Eto x Kc)	mm	157								199	199	213
5	Net requirement	mm/day	6.5								9.9	6.6	6.9
6	Irrigation interval												
TRAM	Nimlane	20 mm	days	3							2	3	3
	Lehoitatt	10 mm	days	2							1	2	1
	Tidjikia	40 mm	days	6							4	6	6

Le nombre de jours d'intermittence actuel dans les fermes avoisinantes des fermes de notre essai dans l'Adrar est en général 3 jours au début de la période de croissance et 8 jours pour les autres périodes de croissance. Si on le compare avec celui déterminé par le volume de consommation des plantes et la valeur de TRAM du sol, le manque du volume d'irrigation qui n'atteint pas au volume de consommation par les plantes à l'exception du début de la croissance. D'un autre coté, dans les fermes à proximités de notre essai, le nombre de jours d'intermittence est en général 2 jours, ce qui correspond à peu près à la valeur de calcul.

F.2.5 Comparaison du volume d'irrigation

Le **Tableau F.2.17** suivant montre le résultat de comparaison du volume net d'irrigation actuel mensuel par rapport à celui déterminé par la consommation d'eau qui a été fait pour clarifier la relation entre le volume actuel d'utilisation d'eau et le volume de consommation d'eau des plantes. Le volume d'utilisation actuel est calculé à partir du nombre de jours d'intermittence et du volume net d'irrigation.

Tableau F.2.17 Volume d'eau d'irrigation de base mensuel

Date Palm Cultivation													Unit: m ³		
Source	Type	Interval	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
Conventional Method	Type 1	(1/1)	6.20	5.60	6.20	6.00	6.20	6.00	6.20	6.20	6.00	6.20	6.00	6.20	73.00
	Type 2	(1/3)	2.20	1.80	2.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	24.40
	Type 3	(1/7)	1.00	0.80	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00	10.60
Irrigation Requirement	Adrar	(1/7,1/3)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	7.40
	Tagant	(1/10,1/3)	0.80	0.60	0.60	0.60	2.00	2.00	2.00	2.20	2.00	0.60	0.60	0.60	14.60
			0.48	0.50	0.66	0.71	0.79	0.83	0.80	0.74	0.67	0.62	0.49	0.45	7.75
			0.46	0.50	0.61	0.65	0.72	0.72	0.67	0.59	0.58	0.58	0.49	0.46	7.02

Vegetable Cultivation (Carrot)													Unit: m ³		
Source	Type	Interval	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
Conventional Method	Type 1	(1/2)	2.64									2.20	3.30	3.30	11.44
	Type 2	(1/3,1/8)	0.66									1.54	0.88	0.88	3.96
	Ridge	(1/1)	0.69									0.58	0.86	0.89	3.02
Irrigation Requirement	Adrar		0.65								0.85	0.80	0.84	3.14	
	Tagant		0.63								0.79	0.80	0.85	3.07	

Si on compare le volume d'eau de consommation des plantes et le volume actuel d'utilisation, l'excès d'irrigation est constatée à l'exception de l'intervalle de 10 jours dans le cas de la

culture des palmiers en ce qui concerne le volume net total d'irrigation. Même à l'intervalle de 10 jours, le volume d'irrigation est excédentaire en hiver et déficitaire en été et le nombre de jours d'intermittence n'est pas adapté à la valeur perpétuelle d'eau du sol de la région. Et dans le Tagant où le type 1 d'irrigation est principalement effectué, le volume d'irrigation inutile atteint le niveau excessif. Pour la culture maraîchère, le volume d'irrigation et le nombre de jours d'intermittence correspondent à peu près au volume d'eau de consommation des plantes dans l'Adrar où l'irrigation de type 2 est effectuée principalement. Par contre, l'excès d'irrigation est constaté comme le cas des palmiers dans le Tagant. Le volume d'irrigation correspond au celui de consommation d'eau pour la culture avec le billonnage.

Si on évalue le volume actuel d'irrigation par le point de vue du volume de consommation d'eau, la possibilité d'économie d'eau par l'ajustement de l'intermittence (intervalle) d'irrigation est très importante. La perte d'eau actuelle sur les bassins et canaux est estimée à 20-30% du volume total d'irrigation et l'ajustement d'intermittence à partir du volume consommation d'eau des plantes et des valeurs de TRAM a la possibilité de diminuer le volume total d'irrigation à 1/2-1/3. Par conséquent, la détermination du volume de consommation d'eau déterminés par les conditions climatiques et des valeurs perpétuelles du sol et la proposition de repère de nombre de jours d'intermittence aux agriculteurs a un grand sens à l'économie et à l'utilisation efficace des ressources. Cependant, le manque des matériels d'observation météorologique pour la détermination de ces valeurs ou les valeurs perpétuelles d'eau du sol est crucial. De ce fait, il sera nécessaire d'examiner l'installation des stations météorologiques qui permettent la détermination des conditions de base plus microscopiques non régionales de la situation actuelle (une station météo pour plusieurs oasis qui ont les conditions météorologiques similaires au lieu d'une station météo par région) par l'aménagement en matériel et en système.

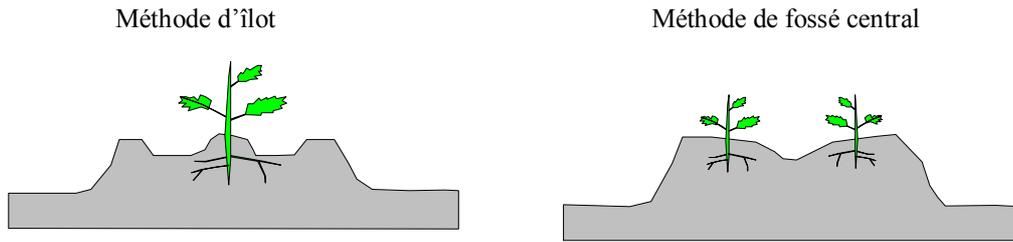
F.2.6 Gestion de l'humidité du sol dans les fermes de maraîchage

Comme le montre la figure ci-dessus, l'arrosage dans les ferme de culture maraîchère actuel est procédé par la méthode de l'irrigation par bassin qui limite le volume d'eau par la hauteur des billons qui entourent les planches.

Vu par le point de vue de la gestion de l'humidité du sol, cette méthode de l'irrigation contient des problèmes de la pourriture de racine par l'arrosage surabondant ou de la perte des pépinières. Une méthode de culture maraîchère avec le billonnage et la nouvelle méthode d'arrosage au-dessus des billons ont été testés dans les fermes pilotes de culture maraîchère afin d'essayer de résoudre ces problèmes de la méthode d' arrosage actuelle.

- Le billonnage a pour objectif de maintenir une humidité du sol adéquate nécessaire à l'absorption d'eau et des éléments nutritifs, et de maintenir la bonne circulation d'air dans le sol sans saturation même lors d'arrosage.
- En ce qui concerne la méthode d'arrosage, on procède à l'arrosage avec les deux méthodes suivantes de la **Figure F.2.3** étant donné que les billons s'écroulent facilement même par l'arrosage avec arrosoir.

Fig. F.2.3 Méthodes d'irrigation



Le **Tableau F.2.18** montre le résultat de mesure de l'évolution de l'humidité du sol avec la méthode traditionnelle de bassin et avec celle du billonnage (les valeurs moyennes de 12cm par rapport à la surface du sol et les volumes %).

Tableau F.2.18 Evolution de l'humidité du sol

Méthode de culture	Juste après l'arrosage (7h30)	Juste avant l'arrosage (17h30)
Billonnage	21%	14%
Bassin	37%	30%

La capacité capillaire du sol au point de mesure est de 23%. Avec la méthode de bassin l'interstice non-capillaire dans le sol est saturé donc le sol est dans l'état de surabondance d'humidité. D'autre part, l'humidité du sol est maintenue au niveau adéquat avec le billonnage, donc l'effet de la méthode par le billonnage est constaté.

F.2.7 Autres conditions de culture

Nous avons effectué une analyse par tamis (0,425mm et 0,25mm) des résidus qui ont été pris au hasard et ont passés le tamis de 2mm mais restaient dans le tamis $75 \mu m$. La **Fig. F.2.4** montre la courbe de distribution des dimensions des grains obtenue par cette analyse. Les valeurs sont celles de moyennes des 3 échantillons.

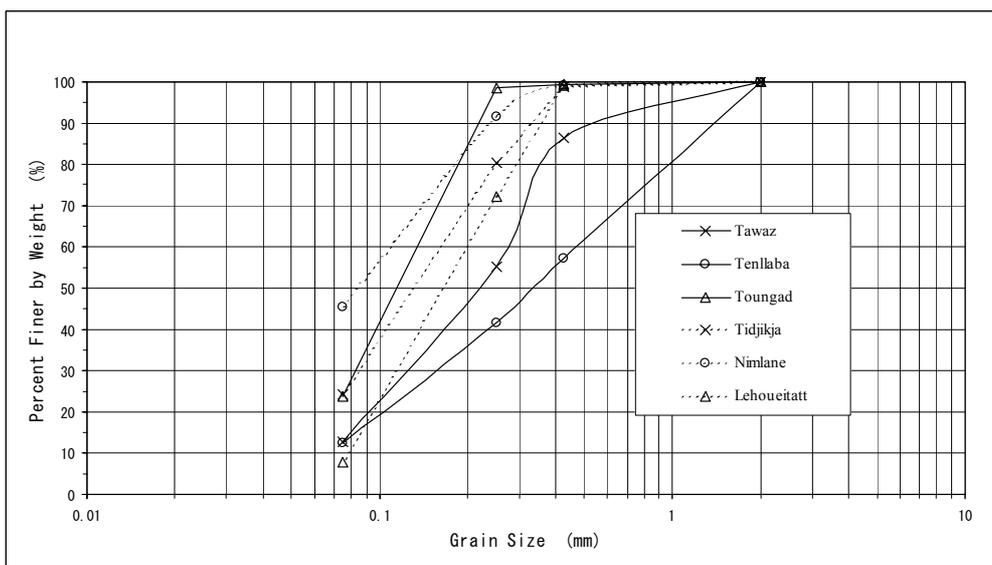


Fig. F.2.4 Courbe de taille des dimensions des grains

Les échantillons du sol de toutes les fermes ont passé le tamis de 2mm. Ayant moins de 50% du limon ($5 \mu\text{m}$ - $75 \mu\text{m}$), on peut les classer comme sable. Si on les divise en sable fin ($75 \mu\text{m}$ - $425 \mu\text{m}$) et sable grossier ($425 \mu\text{m}$ - 2mm), les sables fins sont dominants.

Les effets des mesures de température à l'ombre et contre les vents ont été vérifiés en même temps que l'amélioration des méthodes de culture et d'arrosage au niveau des fermes pilotes. Le **Tableau F.2.19** montre le résultat de mesure de l'évolution de la température à l'ombre (mesure effectuée dans le Tagant le 20 mai à 15h).

Tableau F.2.19 Evolution de Température

Description	Température d'air	Température de la surface du sol	
		Sans arrosage	Avec arrosage
Sans ombre	48°C	50°C	36°C
Avec ombre	34°C	41°C	29°C

L'écart de température de la surface du sol avec et sans l'ombre est d'environ 10°C et l'écart maximum de température avec les conditions avec et sans arrosage devient 20°C.

La luminosité du soleil direct vers midi avec beau temps est de 150000 à 120000 lux donc dépasse largement celle optimale de 10000 à 20000 lux nécessaire au début de croissance des plantes ou de 50000 à mi-parcours de leur croissance. Si on couvre les fermes avec les feuilles de palmiers, la luminosité sera de 10000 à 20000 lux. Par conséquent, une gestion de la luminosité adéquate qui corresponde à chaque période de croissance des plantes devient un facteur important.

La vitesse moyenne annuelle du vent est d'environ 3,0m/sec dans les deux régions de l'Adrar et du Tagant. On doit donc tenir compte de l'augmentation du volume d'eau nécessaire aux plantes ou au problème du renversement des plantes. Si on calcul le volume de consommation d'eau des plantes avec le vent d'1,0m/sec au lieu de 3,0m/sec, on obtient un effet d'économie d'eau d'environ 30%. La construction du brise-vent au périmètre de la ferme ou la protection des arbres fruitiers avec des bâtons de supports donnent des grands effets de la protection contre les vents.

F.3 Qualité d'eau d'irrigation

Les **Tableaux F.3.1** et **F.3.2** montrent respectivement les normes de base de la conductivité électrique (EC) et du rapport d'absorption de sodium (SAR) qui sont les éléments importants de la qualité d'eau d'irrigation.

Tableau F.3.1 Normes de conductivité électrique de l'eau d'irrigation

Catégorie		EC*	Plantes applicables
C1	Salinité basse	0 - 250	Presque toute sorte du sol et des plantes
C2	Salinité moyenne	250 - 750	Plantes tolérant la salinité modérée
C3	Salinité élevée	750 - 2250	Plantes résistantes à la salinité et le sol bien drainé
C4	Salinité extrêmement élevée	2250 - 5000	Plantes à haute résistance à la salinité et le sol bien drainé perméable

*: μ s/cm 25°C Source : USDA

Tableau F.3.2 Normes du SAR de l'eau d'irrigation

Catégorie	SAR	Applicabilité à l'irrigation
S1	0 ~ 10	Pas de risque de condensation du sel
S2	10 ~ 18	Pas de risque de condensation du sel si le sol est perméable
S3	18 ~ 26	Utilisable avec infiltration et drainage
S4	plus de 26	Applicable uniquement aux plantes spéciales à haute résistance

Source : USDA

$SAR = Na / \sqrt{((Ca+Mg)/2)}$ Unité: me/litre

Le **Tableau F.3.3** suivant montre le résultat de l'analyse de la qualité d'eau de notre inventaire. Les 62 puits en Adrar, les 78 puits au Tagant ont été analysés.

Tableau F.3.3 Qualité d'eau des puits d'irrigation

Classe	SAR				EC			
	S1	S2	S3	S4	C1	C2	C3	C4
Adrar	40	6	3	12	0	18	31	9*
Tagant	62	5	3	8	15	33	29	2

Source: Etude inventaire par la Mission d'étude

* Quelques puits peuvent être classés en dessous de C3

Le niveau d'eau des puits en Adrar était maximum 10m depuis la surface du sol. Les eaux souterraines utilisées ont toutes la valeur de pH de 7,1 ~ 8, 7 à l'exception de Toueizikt montrent donc l'alcalinité est peu élevée à élevée. La valeur moyenne du SAR d'eau d'irrigation était de 13,6 et les 15 échantillons (qui représente 25% de l'ensemble) sont classés en S3 et S4. Lors de l'étude sur place, un échantillon d'eau de classe S3 à été observé à Azougui dont la valeur de la conductivité électrique était supérieure à 10 000. Cette eau a été classée en S4 lors de l'étude inventaire. Tout cela fait supposer que les eaux souterraines dont les valeurs du SAR et de l'EC sont très élevées se trouvent localement.

La valeur de ph des eaux souterraines utilisées dans chaque oasis du Tagant se situe entre 7,0 et 8,5 donc montre un peu d'alcalinité. Une partie des eaux ont les valeurs de EC un peu élevée comme le cas de l'Adrar, mais la valeur moyenne du SAR est de 9,8 donc un peu basse par rapport à l'Adrar. Les échantillons classés en S3 ou S4 sont 11 qui représentent seulement 14%. On peut donc juger que la qualité des eaux est relativement bonne.

Dans les localités où la salinité est élevée comme Azougui, les palmiers ne présentent pas de problèmes liés à la haute salinité, mais la productivité et la qualité sont basses ainsi que le rendement. Il sera nécessaire de faire attention au sur-arrosage ou au drainage dans ces zones afin de ne pas provoquer les problèmes liés à la salinité élevée.

F.4 Système d'irrigation de goutte-à-goutte simplifié

L'introduction du système d'irrigation goutte-à-goutte simplifié a été projetée en élargissant l'utilisation des fûts introduits précédemment dans le cadre de l'Etude Pilote. Ce système se résume comme suit.

(1) Objectif d'introduction

A Tawaz qui est une zone majeure de production des carottes du pays, l'augmentation du volume d'exhaure suite à l'élargissement des superficies de culture provoque la baisse notable des niveaux d'eau des puits existants. Face à ce problème, l'association agricole de cette oasis considère l'exploitation des nouvelles nappes profondes et l'établissement de la méthode de culture économe en eau par le système goutte-à-goutte comme solution dans l'avenir. Sur la base de cette situation, et par l'objectif de cette étude qui vise la production agricole stable et durable dans les oasis, le système d'irrigation goutte-à-goutte qui tient compte de la conscience des agriculteurs, de la facilité d'introduction et surtout des coûts a été introduit à Tawaz .

(2) Méthode d'irrigation

Le système d'irrigation goutte-à-goutte est une méthode d'irrigation avec la pression d'eau. On utilise en général une motopompe pour obtenir une pression nécessaire stable pour la gestion efficace du système. Avec la méthode de l'irrigation goutte-à-goutte simplifiée introduite cette fois-ci, un fût (capacité de 200 litres) introduit précédemment est utilisé comme réservoir d'eau et l'eau est distribuée par la pression par gravité naturelle afin de diminuer les coûts de fonctionnement. Le point le plus important de l'irrigation goutte-à-goutte est d'homogénéiser les gouttes des différents points des plantes. Il faut donc utiliser un tuyau commercial de goutte-à-goutte en polyéthylène à basse pression (hauteur nominale d'eau est de 3 à 5m) pour l'irrigation de la ferme afin d'assurer l'homogénéité de la puissance d'irrigation.

(3) Composition de l'installation

Le système est composé d'un réservoir d'eau, des tuyaux goutte-à-goutte et des connecteurs. Les pièces disponibles au marché local sont utilisées par le point de vue de la facilité d'approvisionnement, à l'exception des tuyaux goutte-à-goutte et ses accessoires. En ce qui concerne les tuyaux d'irrigation goutte-à-goutte et les accessoires, même s'il s'agit d'un matériel spécial, l'approvisionnement est possible étant donné qu'il existe une agence revendeur à Nouakchott. La **Fig. F.4.1** montre le schéma du système.

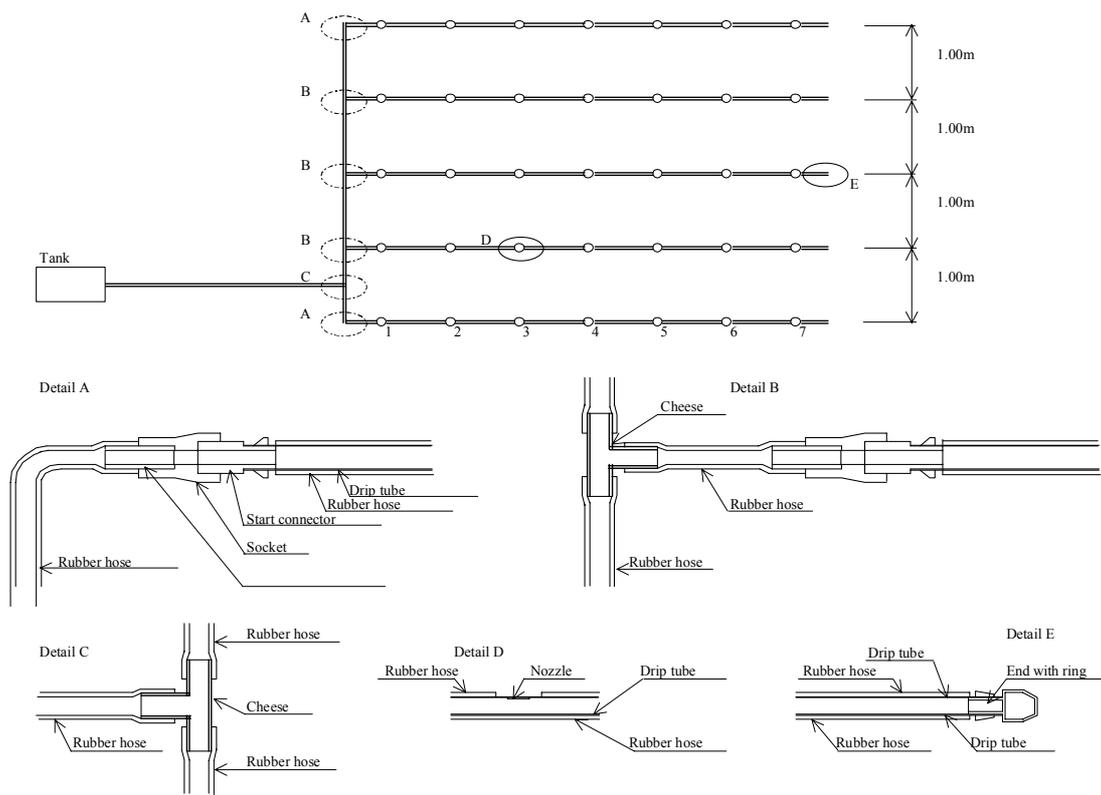


Fig. F.4.1 Schéma du système d'irrigation goutte-à-goutte

(4) Prix

Le tableau suivant récapitule les coûts du système ci-dessus mentionné. En ce qui concerne le tuyau d'irrigation goutte-à-goutte commercialisé en rouleau de 250m non pas vendu en détail en longueur souhaitée, le prix mentionné est celui converti au prix unitaire d'1m dans ce tableau.

Tableau F.4.1 Coût d'installation du système d'irrigation goutte-à-goutte (Unité : 25 m)

Articles	Nombre	Unité	Spécification	Prix unitaire (UM)	Prix
Fût de gasoil	1	pc	200 litres équipé de robinet	2000	2000
Vanne	1	pc	Vanne de plomberie de ϕ 16	400	400
Raccord caoutchouc en	30	m	Raccord de plomberie ϕ 19	250/m	7500
Fixation de raccord	18	pcs		125	2250
Tuyau de goutte-à-goutte	25	m	En polyéthylène équipé de buses	16.000/250m	1600
Adaptateur réducteur	5	pcs	Accessoire du tuyau de goutte-à-goutte	300	1500
Bout équipé de rondelle	5	pcs	Accessoire du tuyau de goutte-à-goutte	250	1250
Douille	5	pcs	3/4	600	3000
Embout	5	pcs		200	1000
Raccord en T (métal)	4	pcs	ϕ 16	200	800
Fixation métallique	11	pcs	ϕ 9mm, traitement de crochet d'un coté	100	1100
Total					22400

(5) Installation du système et les points d'attention

Les sites d'installation du système ont été sélectionnés par la concertation de l'AGPO de chaque oasis et les propriétaires de fermes ou les groupements des femmes procèdent à la gestion et l'entretien de chaque installation. Le **Tableau F.4.2** montre le résumé des sites d'installation.

Tableau F.4.2 Systèmes d'irrigation goutte-à-goutte introduits

Endroit	Personne en charge	Date d'installation	No. de ligne	Culture
Nouakchott	Projet Oasis	01/06/2003	6	Légumes
Atar	Projet Oasis Atar	21/11/2003	4	Légumes
	Cheikh ould Moustapha Chabarnoux	20/02/2004	6	Légumes
Tawaz	Mohamed Hassan	16/12/2002	10	Arbres fruitiers et légumes
	Yashin ould Baha	04/07/2003	6	Arbres fruitiers, légumes et palmiers
	Sidi ould Moctar	04/07/2003	6	Arbres fruitiers, légumes et palmiers
	Mohamed Salem ould Habad	04/07/2003	6	Arbres fruitiers, légumes et palmiers
Toungad	Groupement féminin	08/02/2003, 24/09/2003	5 et 4	Légumes
	Cheikh Tidjane ould Ali	06/07/2003	5	Légumes
	Kaza ould Mabroe	06/07/2003	5	Légumes
	Ahmed ould Sidi Mohamed	06/07/2003	5	Légumes
	Abeid ould Mabrouk	16/02/2004	5	Légumes
	Mouhamed ould Samba	16/02/2004	6	Légumes
	Salma mint Louhrouf	16/02/2004	5	Légumes
	Waled ould Amar Mowloud ou	16/02/2004	5	Légumes
	Mouhamed ould Moctar ould Saghair	16/02/2004	6	Légumes
Tenllaba	Ahmed ould Chadda Voum Adzar	01/06/2003	6	Légumes
	Ely ould Abeid Tahahaity	01/06/2003	5	Légumes
	Yeslem ould Mohamed	01/06/2003	5	Légumes
	Groupement féminin	01/06/2003	10	Légumes
	Mohamed Saleck ould Beichar	01/07/2003	8	Arbres fruitiers et légumes
Nimlane	Groupement féminin	25/05/2003	10	Légumes
	Yenje ould M'Barka	26/05/2003	10	Légumes
Tidjikja	Groupement féminin	11/02/2004	6	Légumes

Les points d'attention lors de l'installation sont les suivants.

- Préparer les billons en mélangeant le sol de la ferme (sable) et le composte en arrosant l'eau, comme les autres billons de la culture maraîchère de l'Essai de l'Etude Pilote.
- Utiliser un fût de gasoil de capacité de 200 litres comme le cas de la culture des palmiers dattier économe en eau. Le nombre possible de plantes sera de 50, si l'intermittence d'irrigation en pleine saison d'été est 1 irrigation tous les 2 jours. Par conséquent, un système de base d'irrigation goutte-à-goutte est composé de 5 lignes de billons dont chacune contient 10 plantes (intervalle de 0,4m chacune).
- Le volume et l'intermittence d'irrigation ; le volume qui garantie le rayon d'humidité de 0,4m pour chaque plante avec intervalle de 0,4m entre chaque plante et de 1m entre chaque ligne est déterminé sur la base du volume de consommation d'eau des plantes calculé avec la méthode Penman-Monteus. L'intermittence d'irrigation est déterminée en tenant compte de la capacité du réservoir et de la valeur moyenne de TRAM du sol au niveau de la ferme.

Le manuel sur le système (réparation du tuyau goutte-à-goutte quand il ne donne plus d'eau, remplacement du tuyau, nettoyage du système ou la gestion des billons), un

tableau de l'intermittence d'irrigation et les tuyaux de rechange ont été distribués à chaque personne en charge de la gestion. Le système a fonctionné sans incident pendant tout au long de la campagne hivernale mais les remarques suivantes peuvent être citées par le point de vue de la gestion.

- Tuyau goutte-à-goutte qui est le composant essentiel du système est un tuyau en polyéthylène d'épaisseur de 0,3mm équipé des buses d'émission d'eau. Il est facile à le percer avec des choses pointues. Par exemple, il a été constaté à Tougad que les enfants ont perçu les tuyaux avec les bouts de feuilles de palmier, et par conséquent nous avons été obligés de remplacer des tuyaux de quelques billons. Il y a eu des cas où les feuilles de palmiers utilisées pour couvrir les billons afin de baisser la température ont troué les tuyaux quand il s'agit des feuilles pas bien séchées.
- Un cas des tuyaux ensevelis par la tempête de sable a été observé à Tawaz sur les billons dont l'hauteur est basse (moins de 15cm).
- La concentration du sel a été observée autour des buses d'eau ou sur le côté des billons à l'oasis de Tawaz dans laquelle le degré de salinité d'eau d'irrigation est élevé. On peut nettoyer les tuyaux en arrosant avec arrosoir une fois par mois mais ce phénomène ne pose pas de problème de faire tomber les gouttes d'eau.
- Les fûts de gasoil de 200 litres de capacités sont utilisés comme réservoir d'eau. Quelques problèmes de rouille qui se mélangent en eau d'irrigation ont été observés. Le nettoyage des réservoirs et le drainage des rouilles par le bout des tuyaux ont été recommandés.
- Sur le sol limoneux, quand la partie supérieure du billon juste en bas de buse d'émission devient un bassin, forme une flaque d'eau. Les oiseaux viennent ainsi boire l'eau et quelque fois mangent les plantes. Il est donc recommandé d'éviter de faire former les flaques d'eau sur les billons.
- A Tenllaba, un cas de modification de volume d'irrigation supérieur au celui de calcul (raccourcissement d'intermittence) en l'adoptant aux conditions climatiques de l'oasis.

La croissance des arbres fruitiers et des légumes était bonne lors de la culture d'hiver, surtout chez les tomates dont la récolte par l'unité de surface de culture était 10 fois supérieure par rapport à la culture traditionnelle avec bassin.

Lors de la culture en été, la plupart des carottes et les betteraves est flétrie à cause de la suffisance d'irrigation, du problème des insectes ou du manque de l'ombre malgré leur germination et la croissance des feuilles observée. Par contre, les plantes plus adéquates à la saison d'été comme le melon ou le pastèque continuent à grandir et commencent à donner des fruits dans presque tous les systèmes bien que quelques écarts soient observés suivant le degré de soin d'entretien. Pour les plantes cultivées en général en saison normale telles que carotte ou betterave nécessitent une bonne gestion d'irrigation ou de l'ombrage pour les cultiver en été même avec le système goutte-à-goutte. Il est donc difficile avec le niveau actuel des agriculteurs. D'un autre côté, les plantes comme melon ou pastèque sont résistantes à la température élevée ou l'ensoleillement, peuvent être cultivées facilement si elles sont correctement arrosées donc recommandées pour la culture en été. Toutefois, ces plantes ont les coulants qui

se développent bien, il faut bien choisir les endroits et nécessitent des travaux de pollinisation.

F.5 Analyse du volume utilisable d'eau

L'eau utilisée dans les oasis concernées de la présente étude dépend entièrement à l'eau souterraine. L'utilisation stable d'eau souterraine signifie l'utilisation d'eau adéquate par rapport au volume rechargé de la région. Il est facile à supposer que le volume total de recharge soit bien limité étant donné que l'eau souterraine de cette zone provient de l'eau de surface qui apparaît plusieurs fois dans les oueds pendant l'année. Concernant le volume utilisable dans les oasis concernées par notre Etude Pilote, nous avons établi un modèle de simulation afin de montrer les remarques quantitatives et qualitatives relatives à l'utilisation de l'eau souterraine comme le volume de recharge ou la fluctuation du niveau d'eau souterraine sur la base d'une étude des cas avec ce modèle.

(1) Méthode d'analyse

Avec la simulation des eaux souterraines régionales, on calcule le comportement des eaux souterraines en tant que comportement non-permanent qui donne la fluctuation de hauteur piézoélectrique avec l'écoulement du temps à partir de la formule de mouvement comme formule dominatrice introduite par le principe de conservation et la loi de Darcy. Comme méthode de calcul, il a été développé de l'analyse deux dimensionnelle à tridimensionnelle en passant par celle de semi-tridimensionnelle en tenant compte d'épaisseur d'aquifère et de la profondeur des eaux souterraines. Dans le cadre de la présente étude, les données de base nécessaires telles que la section géologique, la constante d'aquifère, le niveau d'eau ou la mesure d'observation de hauteur piézoélectrique ne peuvent être obtenus en quantité suffisante dans les oasis concernées et leur degré de précision n'est pas élevé. Il est donc jugé par ces facteurs que les valeurs quantitatives obtenues par l'analyse deux dimensionnelle soient suffisantes pour l'évaluation du comportement des eaux souterraines actuel et futur.

(2) Conditions de base de l'analyse

Les conditions pour la simulation des eaux souterraines régionales avec l'analyse deux dimensionnelle sont les suivantes.

- Utiliser la méthode PLASM (Prikkett and Longnquist) de la méthode résiduelle pour le calcul des valeurs de formule dominatrice.
- Utiliser les niveaux d'eau d'une période stable pendant laquelle il n'y a pas d'impact de pluie etc. Et pour le niveau d'eau souterrain, utiliser celui mesuré réellement dans le cadre de la présente étude. A partir du coefficient de retenue etc. obtenus par le résultat de l'essai de pompage des puits de production de l'aquifère, on peut dire que l'eau souterraine de la zone concernée est celle souterraine sans pression et le niveau d'eau est libre.
- Les conditions limites seront le niveau statique d'eau, le débit constant d'eau, la couche imperméable et la pente permanente.

Les conditions limites du niveau statique d'eau peuvent être reconnues en donnant à un point de tangence donné une valeur facultative du niveau d'eau souterrain. Le débit d'entrée et de sortie d'écoulement nécessaire pour maintenir le niveau d'eau souterraine prédéterminée peut être calculée au point où les conditions limites sont fixées. On peut citer comme exemples d'application les frontières hydrologiques qui possèdent la capacité illimitée de recharge d'eau souterraine tel que les cours d'eau ou les étangs.

Les conditions limites du débit constant d'eau peuvent être reconnues en donnant à un point donné une valeur facultative du débit constant d'eau d'entrée ou de sortie. La valeur du niveau d'eau souterraine produit à partir du débit d'entrée et de sortie prédéterminée peut être calculée au point où les conditions limites sont fixées. On peut citer comme exemples d'application les frontières hydrologiques qui possèdent la capacité constante de recharge d'eau souterraine tel que les cours d'eau, les étangs, les frontières des montagnes et des plateaux ou les frontières des extrémités amont et aval sur le talus des montagnes etc.

Les conditions limites de la couche imperméable peuvent être reconnues en donnant à un point donné une valeur zéro du débit d'eau d'entrée ou de sortie. La continuité d'eau souterraine est coupée à un point où ces conditions sont données. On peut citer comme exemples d'application les couches de roches ou les couches du sol argileux, c'est-à-dire des couches imperméables.

Les conditions limites de la pente permanente peuvent être reconnues en donnant à un point donné une valeur constante de la pente du déplacement d'eau. La valeur du niveau d'eau souterraine produit par la pente prédéterminée à un point où ces conditions sont données. On peut citer comme exemples d'application les frontières hydrologiques qui possèdent une capacité constante de recharge de nappe que l'intérieur du plateau etc.

- La validation du modèle sera effectuée par la comparaison du niveau d'eau de calcul et du niveau d'eau des puits suivis. En principe, la tolérance sera plus de 0,8 concernant le coefficient de la corrélation et l'erreur relative est moins de 30%.

(3) Spécification de base de l'analyse

1) Niveau d'eau de puits

Une étude sur le niveau d'eau des puits et le volume d'utilisation d'eau a été réalisée dans les oasis où nous avons effectué les Essais de la culture maraîchère et des palmiers économe en eau. Les agriculteurs ont effectué le monitoring du niveau d'eau de puits et du volume d'utilisation d'eau d'une manière continue pour l'Essai de la culture économe en eau des palmiers, et la Mission d'étude a effectué l'étude sur le niveau d'eau et la qualité d'eau au niveau des puits suivis d'une manière complémentaire. Pour les puits sources d'eau pour la culture maraîchère, la Mission a effectué le monitoring de la qualité et du niveau d'eau d'une manière continue. Ainsi, nous avons pu obtenir le résultat d'observation du niveau d'eau des puits pour

une longue période dans toutes les 6 oasis concernées par notre Etude Pilote.

Il est supposé que la plupart de la recharge de la nappe souterraine de cette zone est réalisée par l'écoulement d'eau de surface qui apparaît par la précipitation. En effet, l'existence de l'eau de surface sur les oueds apparaît immédiatement sur le changement du niveau d'eau des puits. La **Fig. F.5.1** montre l'évolution du niveau d'eau de puits dans chaque oasis depuis le commencement de l'observation du niveau (le niveau montré par l'altitude provisoire). Selon l'enregistrement des stations météorologique de Tidjikja et d'Atar qui représentent respectivement les régions du Tagant et de l'Adrar, la pluviométrie annuelle en 2002 à Tidjikja était 70mm et 54,2mm à Atar. D'après les interviews des habitants, l'apparition de l'eau de surface n'a pas été observée. En 2003, la pluviométrie a enregistré plus de 50mm du début août au début septembre dans les deux régions et l'eau de surface a été observée. La montée du niveau d'eau a été enregistrée au niveau de tous les puits suivis des oasis concernées.

Les puits et la période d'observation utilisés pour la validation (le calibrage) du modèle ont été déterminés comme le montre le **Tableau F.5.1** sur la base de l'examen de la période d'observation du niveau d'eau des puits, des emplacements des puits et de la fluctuation du niveau d'eau.

Tableau F.5.1 Puits et période utilisés pour le calibrage du modèle

Oasis	Niveaux d'eau de puits utilisés pour la vérification	Période
Lehoueitatt	Le-1,Le-2,Le-3,Le-4,Le-5,Le-6-1&2	20/06/2002 ~ 25/07/2003
Tidjikja	Ti-1,Ti-2	16/12/2002 ~ 03/07/2003
Nimlane	Ni-1,Ni-2,Ni-3-2,Ni-4-1&2,Ni-5,Ni-7&8	23/10/2002 ~ 10/08/2003
Tawaz	Ta-1	08/12/2002 ~ 20/06/2003
Tenllaba	Te-1,Te-2,Te-3	29/12/2002 ~ 24/07/2003
Toungad	To-1,To-2,To-4,To-10	05/11/2002 ~ 05/08/2003

2) Constante de l'aquifère

Comme le montre le **Tableau F.5.2**, les constantes de l'aquifère dans chaque oasis sont déterminées à partir du résultat de l'étude hydrogéologique réalisée dans le cadre de la présente étude sont comme suit. D'après le résultat de la mesure du coefficient de retenue, l'eau souterraine de cette zone est celle non compressée et les niveaux d'eau sont la surface libre.

Tableau F.5.2 Constante de l'aquifère

Oasis	Transmissivité $T(m^2/sec)$	Coefficient de retenue S
Lehoueitatt	$2,72 \times 10^{-4}$	$1,88 \times 10^{-1}$
Tidjikja	$4,70 \times 10^{-4}$	$2,10 \times 10^{-1}$
Nimlane	$4,98 \times 10^{-4}$	$5,58 \times 10^{-1}$
Tawaz	$4,23 \times 10^{-4}$	$3,50 \times 10^{-1}$
Tenllaba	$3,87 \times 10^{-4}$	$3,50 \times 10^{-1}$
Toungad	$3,68 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-1}$

3) Division en maille et répartition des puits

La zone pour le calcul du comportement d'eau souterraine dans les oasis concernées par la présente étude a été déterminée sur la base du résultat du levé topographique simple des oasis (les hauteurs sont indiquées en altitude provisoire) et de l'étude de l'état des puits. Ainsi la zone a été divisée en maille de 100m x 100m comme le montre la **Fig. F.5.2**. Et les **Tableaux F.5.3** et **F.5.4** récapitule et synthétise le nombre de puits existant, le type d'exhaure et le volume dans les mailles ainsi déterminées.

Tableau F.5.4 Récapitulation du nombre de puits, du type de d'exhaure et du volume dans les mailles

Oasis	Nombre de puits			Q (m ³ /jour)		
	Avec pompe	Manuelle	Total	Avec pompe	Manuelle	Total
Lehoueitatt	0	32	32	0	64	64
Tidjikja	1	18	19	2	36	38
Nimlane	1	63	64	2	126	128
Tawaz	9	0	9	742	0	742
Tenllaba	44	25	69	1893	50	1943
Toungad	142	151	293	1138	76	1214

Le volume d'exhaure de chaque puits est déterminé à partir du résultat de l'enquête des utilisateurs et de l'étude relative. Le volume d'exhaure d'un puits à l'exhaure manuelle est en général de 2m³/jour (200 litres par un palmier qui correspond à 10 palmiers par jour) à partir du résultat du monitoring des puits. La plupart des puits à l'exhaure manuelle de Toungad étant utilisée pour l'irrigation des jeunes rejets des palmiers dont la fréquence d'irrigation est une fois tous les 10 jours, on applique le volume d'exhaure de 0,5m³/jour. Quant à l'irrigation par pompe, la fréquence et les heures d'irrigation diffèrent selon la taille de ferme, le niveau d'eau souterraine ou les plantes cultivées. Le **Tableau F.5.5** montre la situation d'exhaure des oasis de Tawaz, de Tenllaba et de Toungad dans lesquelles l'irrigation est effectuée principalement avec des pompes.

Tableau F.5.5 Utilisation des pompes dans chaque oasis

Oasis	Capacité de pompe	Irrigation par heure	Fréquence d'irrigation
Tawaz	600~930 lit./min.	1,0 heure	2~4 fois/jour
Tenllaba	600~970 lit./min.	1,0 heure	1~2 fois/jour
Toungad	600 lit./min.	0,25~0,40 heure	2 fois/jour

Lors du calcul, le volume d'exhaure obtenu par l'interview des habitants a été pris comme base. Et le volume d'exhaure en saison d'été pendant laquelle l'irrigation est effectuée uniquement pour les palmiers, est 1/2 de celui de la période d'hiver avec la culture maraîchère.

(4) Calibrage du modèle

Le calibrage du modèle de simulation a été fait par la comparaison du niveau d'eau de calcul par le modèle et celui des puits réellement mesurés. Les essais de calcul ont été répétés en prenant les conditions limites de l'extrémité de la maille et le niveau d'eau de calcul initial de la zone à l'exception de la maille dans laquelle le puits d'observation existe pour le calcul du calibrage. Ainsi, les valeurs dont l'écart entre le niveau de calcul et réel entre dans la marge de tolérance (plus de 0,8 pour le coefficient de corrélation et l'erreur relative moins de 30%) ont été pris comme paramètres de constante du modèle.

Le calcul a été fait avec la méthode de différence par unité de 10 jours, et la marge de tolérance de calcul est 0,001m (0,002m pour Toungad uniquement). Le **Tableau F.5.6** montre les niveaux initial, du milieu et de la fin du calcul. Et la **Fig. F.5.3** montre la comparaison du niveau d'eau de calcul pour chaque maille et celui mesuré réellement. Et le **Tableau F.5.7** montre le résultat de l'évaluation du niveau d'eau de calcul et réel avec les erreurs relatives et le coefficient de la corrélation.

Tableau F.5.7 Résultat d'évaluation entre les niveaux d'eau d'observation et de la simulation

Oasis	Point d'évaluation	Puits d'observation							
Lehoueita tt	Nom de puits	Le-1	Le-2	Le-3	Le-4	Le-5	Le-6- 1	Le-6- 2	-
	Erreur relative (%)	0,038	0,079	0,157	0,087	0,041	0,116	0,234	-
	Coefficient de corrélation	0,806	0,846	0,843	0,894	0,989	0,992	0,971	-
Tidjikja	Nom de puits	Ti-1	Ti-2	-	-	-	-	-	-
	Erreur relative (%)	0,390	0,055	-	-	-	-	-	-
	Coefficient de corrélation	0,815	0,813	-	-	-	-	-	-
Nimlane	Nom de puits	Ni-1	Ni-2	Ni-3- 2	Ni-4- 1	Ni-4- 2	Ni-5	Ni-7	Ni-8
	Erreur relative (%)	0,119	0,214	0,046	0,221	0,722	0,027	0,283	0,414
	Coefficient de corrélation	0,874	0,864	0,912	0,974	0,936	0,925	0,855	0,898
Tawaz	Nom de puits	Ta-1	-	-	-	-	-	-	-
	Erreur relative (%)	0,347	-	-	-	-	-	-	-
	Coefficient de corrélation	0,840	-	-	-	-	-	-	-
Tenllaba	Nom de puits	Te-1	Te-2	Te-3	-	-	-	-	-
	Erreur relative (%)	1,067	0,230	0,272	-	-	-	-	-
	Coefficient de corrélation	0,861	1,000	1,000	-	-	-	-	-
Toungad	Nom de puits	To-1	To-2	To-4	To-10	-	-	-	-
	Erreur relative (%)	0,353	0,630	0,179	0,637	-	-	-	-
	Coefficient de corrélation	0,835	0,923	0,833	0,878	-	-	-	-

Tous les résultats montrent l'erreur relative de moins de 2% et le coefficient de la corrélation de plus de 0,8. C'est-à-dire que le modèle de simulation de l'eau souterraine vaste dans chaque oasis peut reproduire le comportement actuel de l'eau souterraine avec une précision suffisante.

(5) Examen de l'utilisation d'eau

Concernant l'utilisation d'eau dans les oasis concernées, nous pouvons résumer le volume total d'utilisation d'eau (volume total d'exhaure) et le volume de fluctuation d'eau souterraine de la période pendant laquelle il n'y avait pas de recharge d'eau

(de la fin juin 2002 jusqu'à l'arrivée de pluie) de la zone divisée en maille pour l'analyse d'eau souterraine sur la base du résultat d'analyse de l'eau souterraine et de l'observation du niveau d'eau de puits comme le montre le **Tableau F.5.8**.

Tableau F.5.8 Volume d'eau d'utilisation et fluctuation de l'eau souterraine

Oasis	Période	Zone de maille (m ²)	Volume total d'utilisation (m ³)	Fluctuation de l'eau souterraine		Ratio d'utilisation d'eau A/B
				Tête (m)	Volume(m ³)	
			A	B		
Lehoueitatt	20/06/02~410 jours	600 000	26 240	0,359	215 400	0,12
Tidjikja	16/12/02~200 jours	160 000	7 600	0,226	36 160	0,21
Nimlane	23/10/02~290 jours	1 000 000	37 120	0,067	67 000	0,55
Tawaz	08/12/02~190 jours	300 000	149 340	1,343	402 900	0,37
Tenllaba	29/12/02~210 jours	330 000	408 030	3,533	1 165 890	0,35
Toungad	05/11/02~270 jours	1 400 000	327 537	1,462	2 046 800	0,16

Par ci-dessus, nous pouvons citer les points suivants.

- Dans le Tagant où l'exhaure est effectuée manuellement, la fluctuation d'eau souterraine est moins de 0,5m, et elle dépasse 1,0m en Adrar où l'exhaure est effectuée avec les motopompes. Dans l'Adrar, la fluctuation du niveau des puits à Toungad et à Tenllaba est respectivement moins de 0,5m et moins de 1,0m comme les facteurs de gradient géographique influencent le calcul de la fluctuation du niveau. Ces écarts sont dus au fait que le facteur de gradient géographique influence le calcul de la fluctuation du niveau d'eau lorsque le puits se situe sur une pente ou sur une colline.
- Si on compare le volume d'exhaure par pompe dans la zone de maille, 15 000m³ à Tawaz, 8 400m³ à Tenllaba et 1 600m³ à Toungad. Si on compare la superficie dominante par une pompe, par rapport à 0,75ha de Tenllaba et de Toungad, elle devient 3,3ha à Tawaz. Si on voit le volume par ha, 4 550m³ à Tawaz, 11 200 m³ à Tenllaba et 2 150m³ à Toungad.
- La fluctuation d'eau souterraine des oasis concernées varie suivant la situation géographique, la méthode d'exhaure ou la méthode d'irrigation. L'utilisation d'eau ne dépasse pas la limite qui ne donne pas d'impact à la fluctuation d'eau souterraine au Tagant où l'exhaure est principalement effectuée manuellement. Par contre, en Adrar où l'exhaure est faite par les motopompes, à l'exception de Toungad où l'utilisation d'eau est stable et la fluctuation d'eau est faible au niveau des puits grâce à la recharge d'eau qui se fait dans les montagnes de proximité, la fluctuation d'eau souterraine montrant un gradient hydraulique en baisse importante, l'utilisation devra être limitée.

L'eau de surface a été observée dans les cours d'eau par la pluie tombée au mois d'août 2003, et la montée du niveau d'eau souterraine par la recharge d'eau a été observée dans tous les puits comme le montre la **Fig. F.5.1**. Si on prend le volume du changement d'eau souterraine qui accompagne la montée du niveau comme le volume de recharge d'eau souterraine, nous pouvons résumer le volume de recharge dans la zone de maille comme indique le **Tableau F.5.9**.

Tableau F.5.9 Recharge d'eau souterraine par l'eau de surface des cours d'eau

Oasis	Zone de maille (m ²)	Recharge d'eau souterraine	
		Tête (m)	Volume (m ³)
Lehoueitatt	600 000	0,84	504 000
Tidjikja	160 000	7,50	1 200 000
Nimlane	1 000 000	1,01	1 010 000
Tawaz	300 000	6,00	1 800 000
Tenllaba	330 000	0,87	287 100
Toungad	1 400 000	1,78	2 492 000

Examiner la fluctuation de l'eau souterraine en cas de changement de mode d'utilisation d'eau actuel avec le modèle d'analyse d'eau souterraine. Les deux cas de figure suivants sont à examiner.

- i) Irriguer avec le volume théorique (le volume théorique sera la moitié du volume actuel d'utilisation au Tagant comme le nombre de jour actuel de l'intermittence d'irrigation est deux fois élevé par rapport à la valeur de calcul et il sera multiplié par 0,8 (3,14/3,96) en Adrar en tenant compte que le volume actuel est 1,26 fois supérieur de la valeur théorique).
- ii) Doubler le volume d'irrigation d'eau par rapport à celui actuel par l'élargissement d'utilisation d'eau.

La **Fig. F.5.4** montre le résultat de l'examen des points représentatifs de chaque oasis avec l'utilisation d'eau actuelle. On peut citer les points suivant à partir de ce résultat.

- A Nimlane et à Tidjikja du Tagant ou l'exhaure est effectuée manuellement en principe, la baisse du niveau au bout de 300 jours reste maximum 30cm par rapport à l'état actuel même si on double le volume d'utilisation. Donc l'utilisation actuelle ne donne pas d'impact aux ressources en eau souterraine. Pour le cas de Lehoueitatt, même si cette oasis se situe au Tagant, le fait de doubler le volume actuel va provoquer la baisse d'environ 60cm, ce qui amènera la nécessité d'approfondissement des puits.
- En Adrar ou l'exhaure par pompe est principalement effectuée, le fait de doubler le volume actuel d'utilisation provoque la baisse du niveau de 2,5-4,5m au bout de 300 jours, il sera donc nécessaire d'approfondir tous les puits. Surtout, comme le gradient de baisse de niveau à Tenllaba est important, il est souhaitable de garder le niveau actuel d'utilisation par le point de vue de

l'utilisation durable des ressources en eau.

- Au cas où on économiserait l'eau au niveau des puits d'exhaure par pompes, il est possible de retarder environ 1 mois la baisse du niveau par rapport à l'utilisation actuelle.

F.6 Composantes d'irrigation dans le cadre du plan de développement des oasis

Les principaux projets et programmes proposés dans le cadre du plan du développement des oasis sont contenus dans les programmes intégraux d'agriculture. Ci-dessous sont les projets et programmes qui n'ont pas de chevauchement avec d'autre secteur.

F.6.1 Protection de l'environnement, utilisation efficace des ressources

(1) Aménagement du réseau d'observation météorologique

1) Objectif

Aménager le réseau d'observation météorologique.

2) Contenu

Revoir le contenu d'observation météo jusqu'à présent, améliorer les installations et équipements d'observation existants et installer les nouvelles stations d'observation.

3) Envergure

Il s'agit de la revue des rubriques d'observation et du renouvellement des équipements des stations existantes d'Atar et de Tidjikja. Les 3 et 4 stations d'observation pluviométrique respectivement en Adrar et au Tagant (Chinguetti, Aoujeft et Ouadane en Adrar et Achram, Moudjeria, N'beika et Tichit au Tagant) seront celles d'observation météorologique générales en ajoutant les rubriques d'observations. Le coût estimatif du projet est 90 millions UM.

(2) Aménagement d'installation de contrôle des crues

1) Objectif

Protéger les terrains agricoles et d'habitation par les dégâts de pluies torrentielle et d'inondation.

2) Contenu

Protéger les terrains agricoles et d'habitation par les dégâts d'inondation avec l'amélioration ou la construction des digues de protection ou des barrage.

3) Envergure

Dans le premier lieu, effectuer les travaux de réparation des oueds de Ain Ehl Tayaa et N'beika qui ont été endommagés par les inondations d'oueds survenus après la pluie d'août 2003. On peut penser les travaux des digues, de revêtement ou de contrôle d'écoulement de la partie faible des rives ou des talus d'attaques. Secondairement, effectuer les travaux de digues ou de contrôle d'écoulement de la partie d'oueds avoisinante aux terrains de culture de Tenllaba, Atar, Toungad, Rachid, Lehoueitatt ou Tidjikja qui ont été endommagés par les inondations récentes par le point de vue de la protection des terrains agricoles. Le coût estimatif du projet est 700 millions UM.

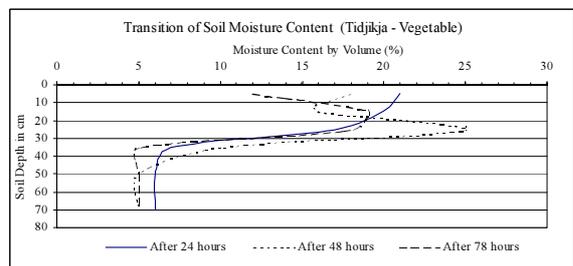
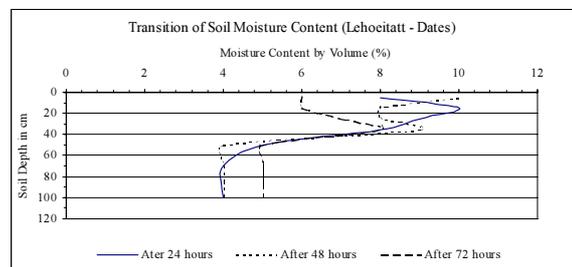
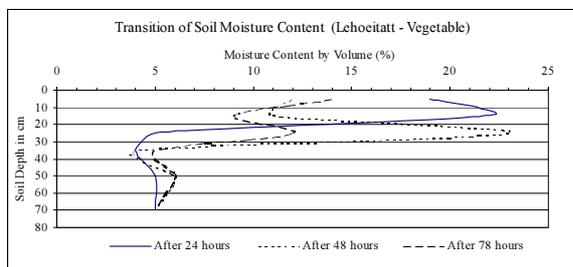
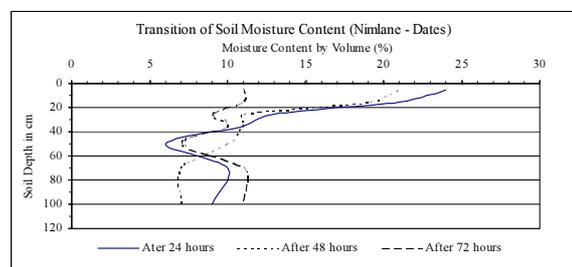
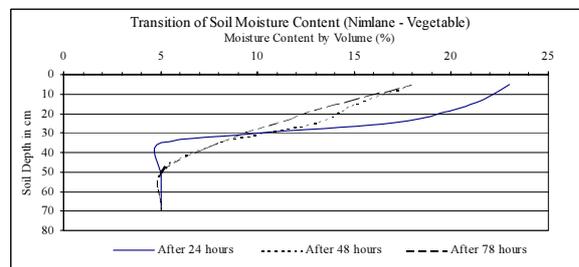
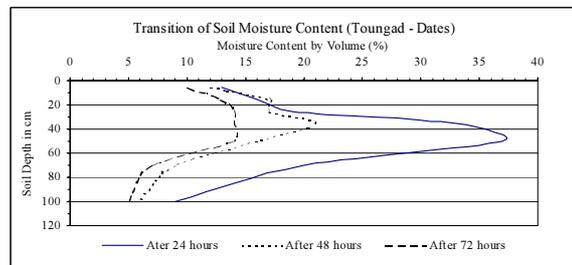
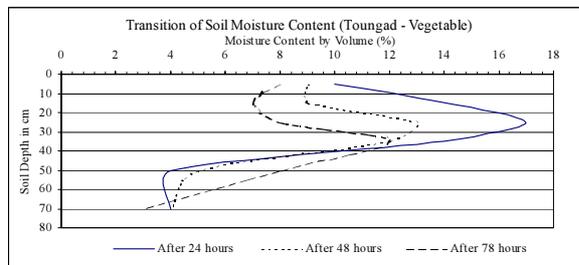
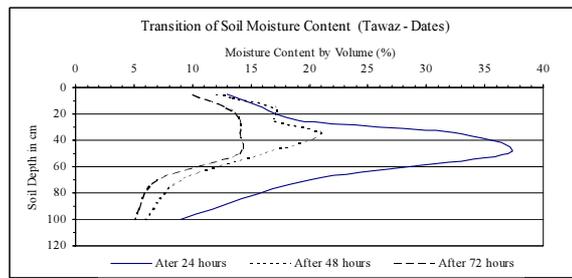
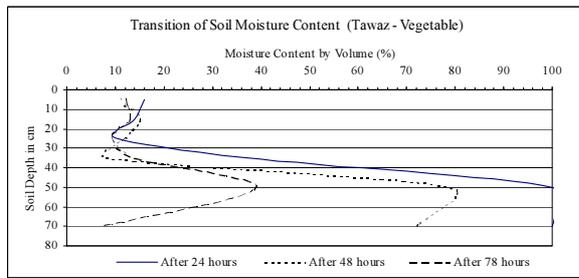


Fig. F.2.1 Transition de l'humidité du sol

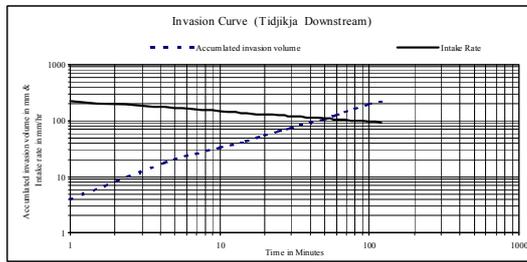
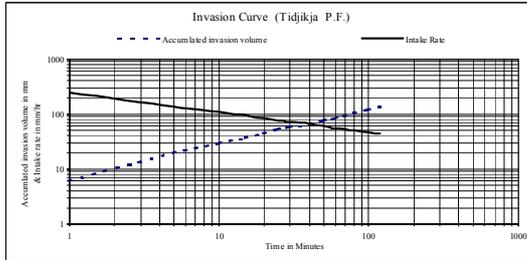
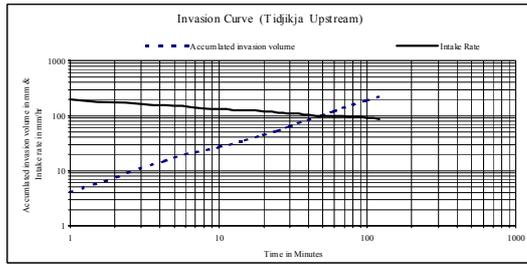
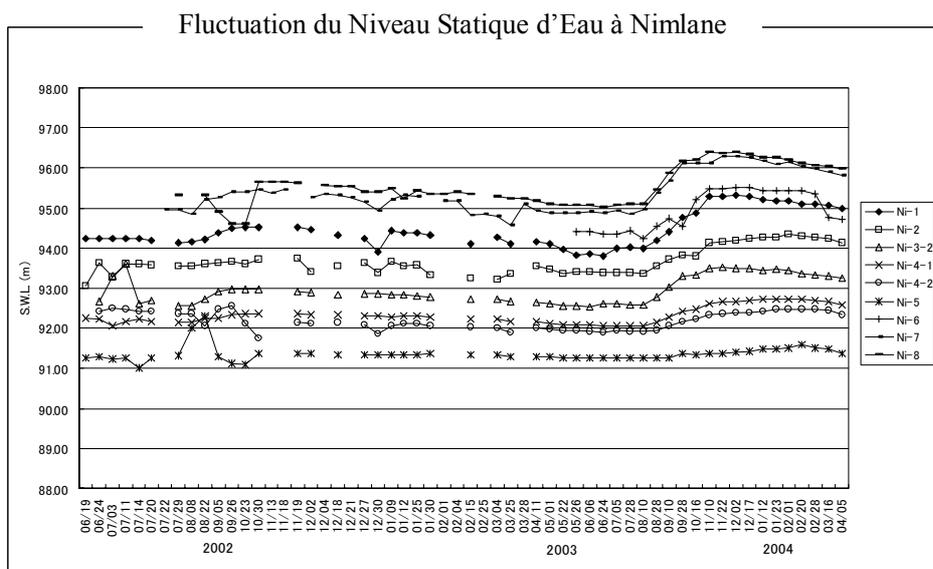
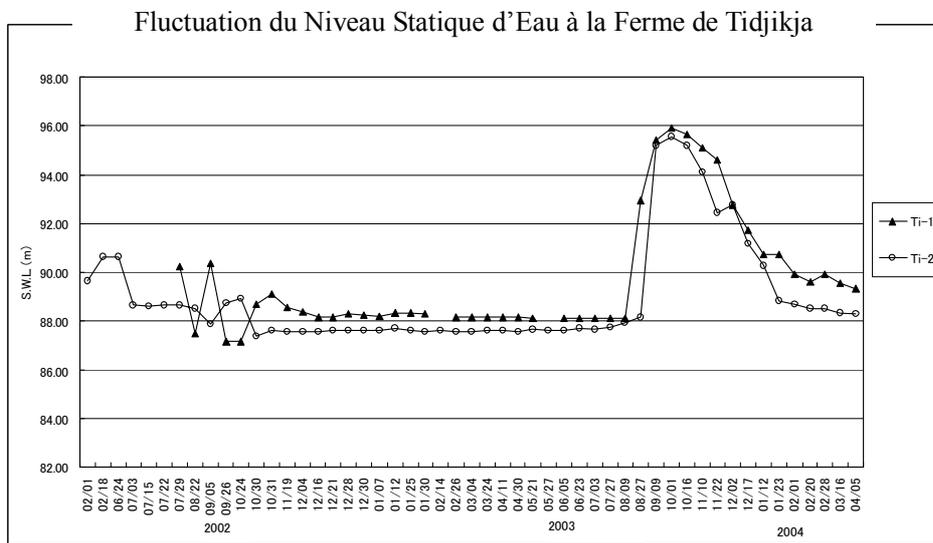
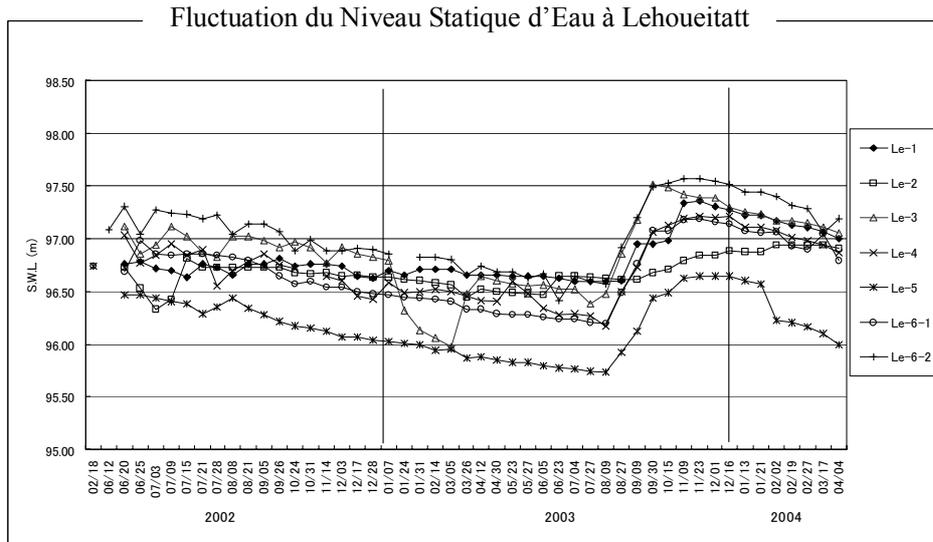


Fig. F.2.2 Courbe d'invasion (2/2)



Source : The Study Team

Fig. F.5.1 Fluctuation du Niveau Statique d'Eau (2/2)

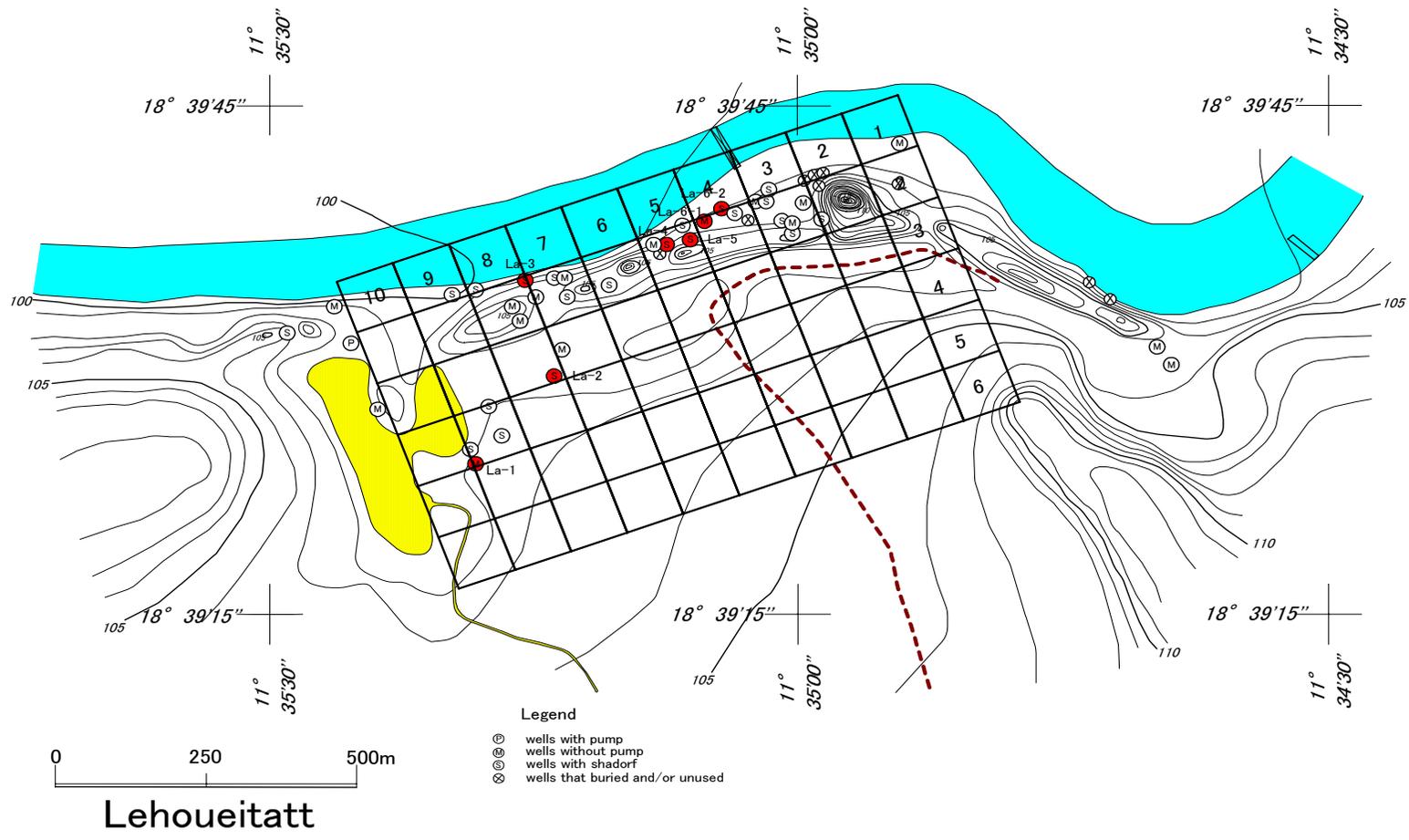


Fig. F.5.2 Plan en maille (1/6 Lehoueitatt)

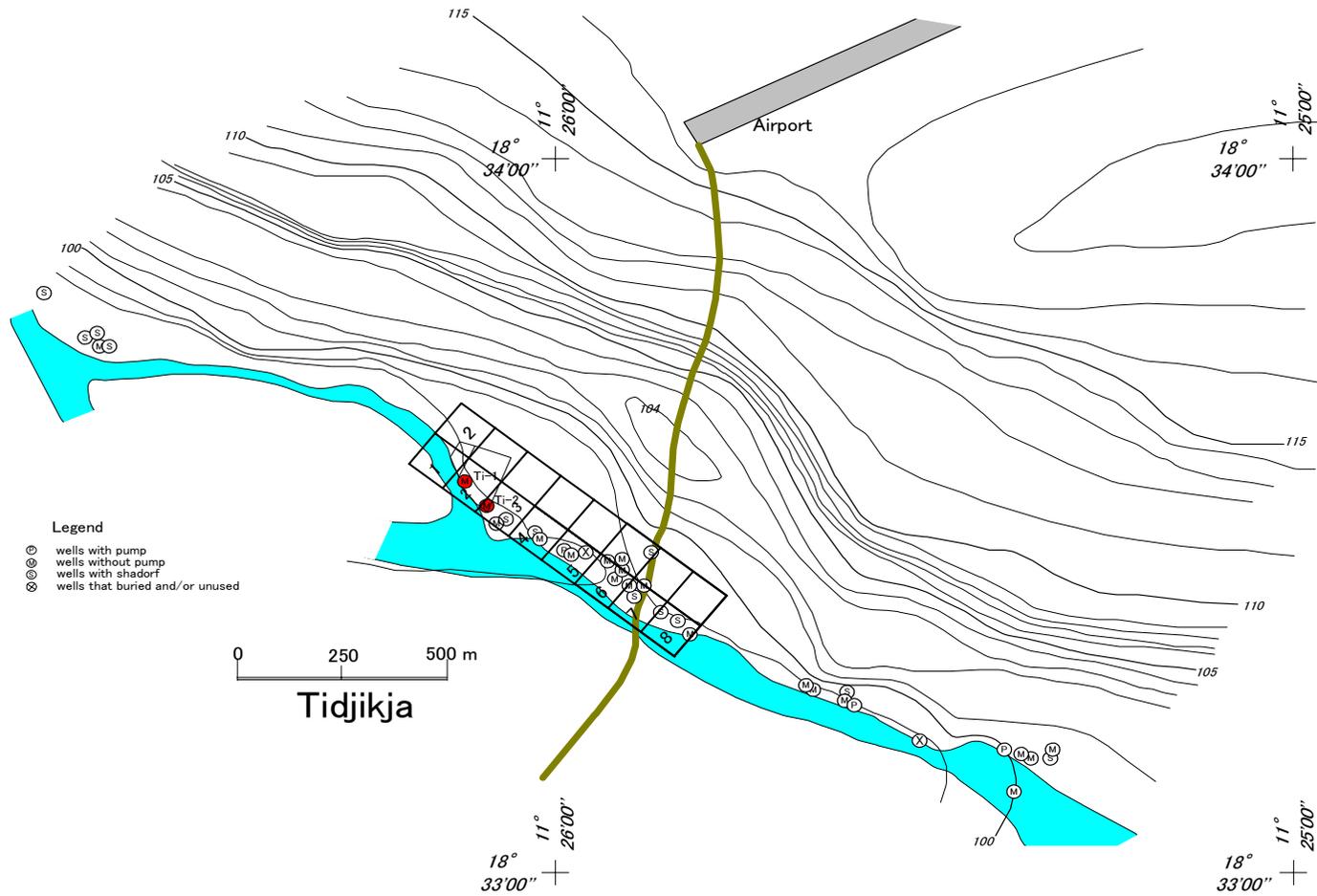


Fig. F.5.2 Plan en maille (2/6 Tidjikja)

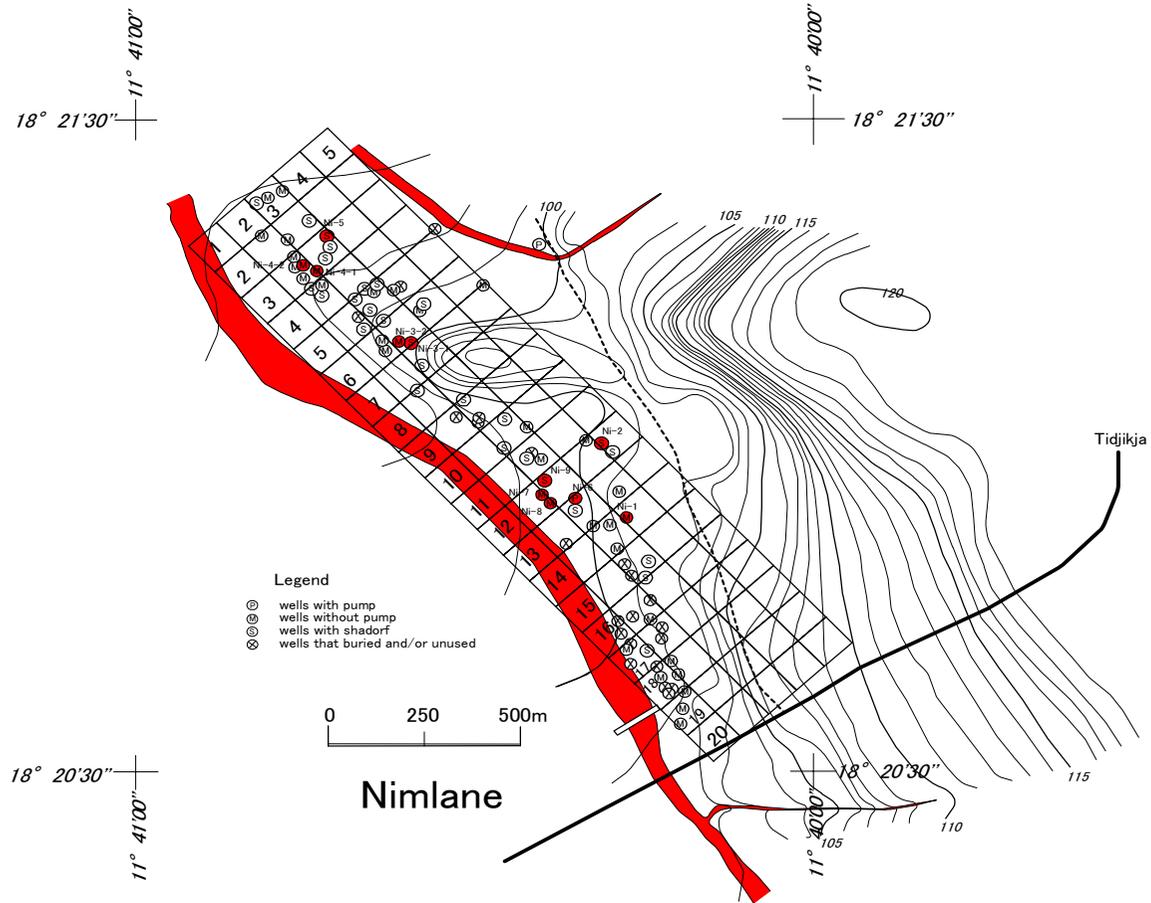


Fig. F.5.2 Plan en maille (3/6 Nimlane)

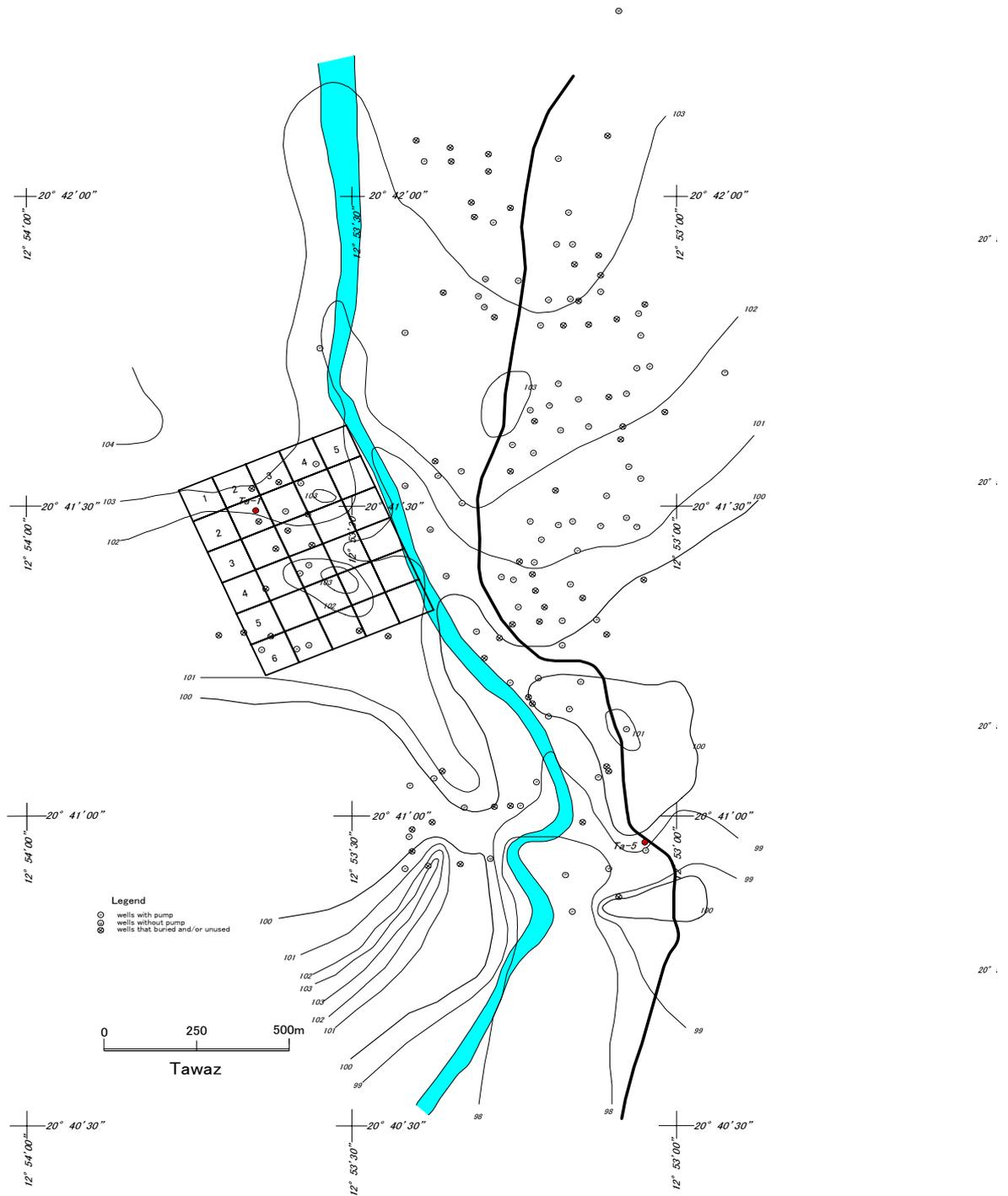


Fig. F.5.2 Plan en maille (4/6 Tawaz)

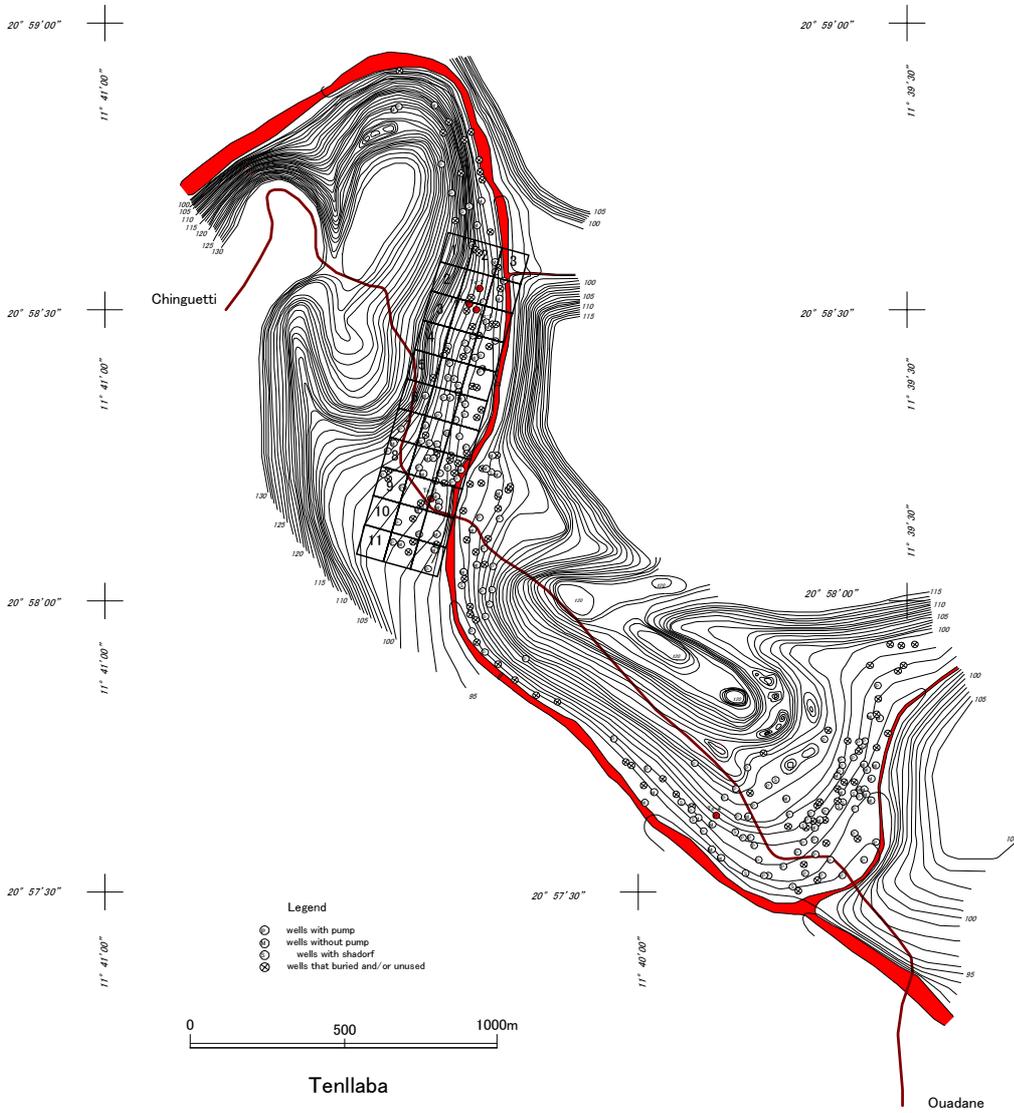


Fig. F.5.2 Plan en maille (5/6 Tenllaba)

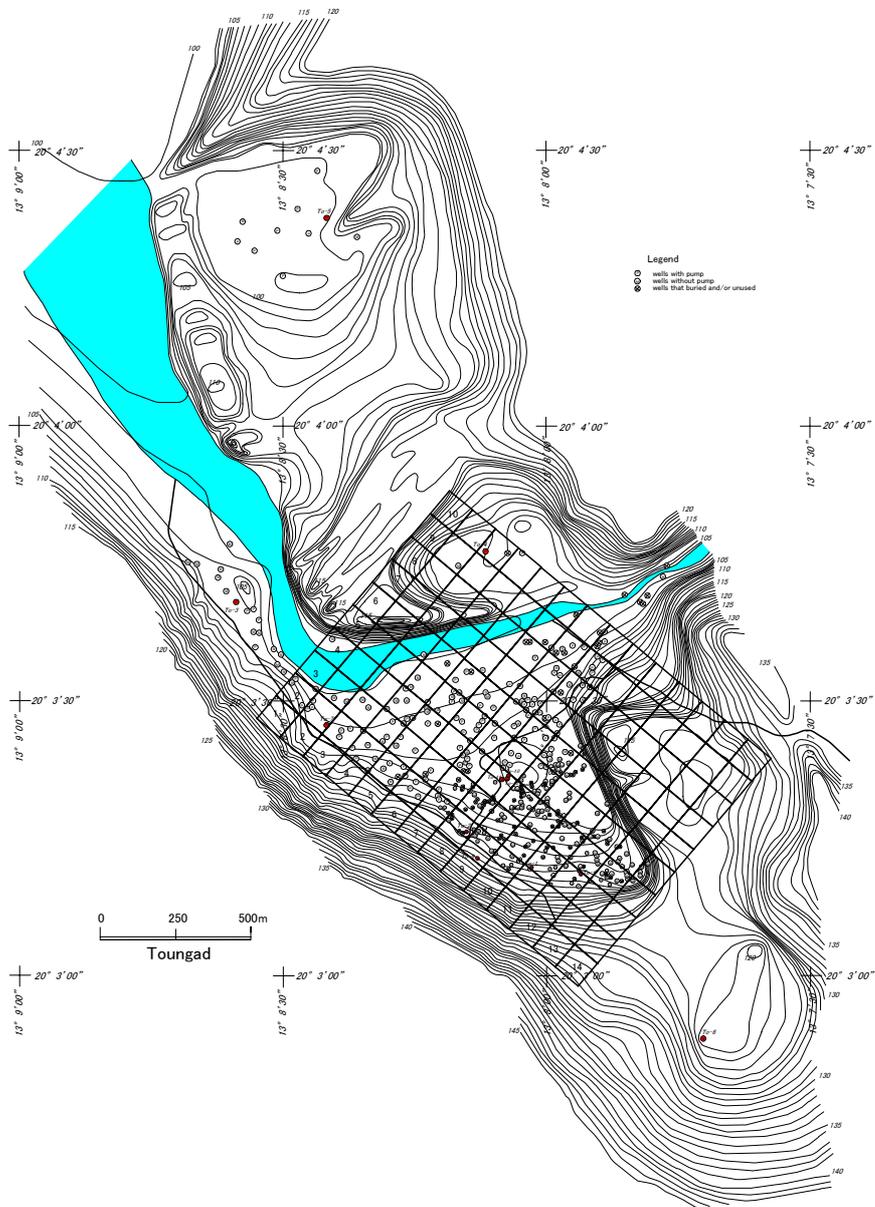


Fig. F.5.2 Plan en maille (6/6 Toungad)

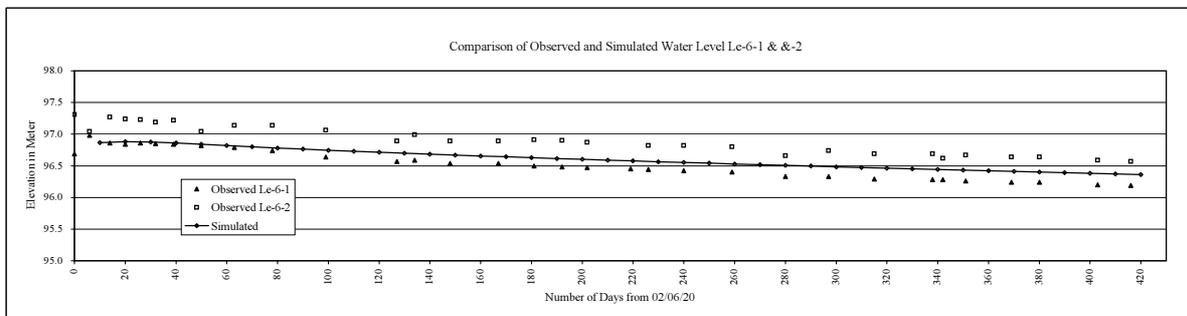
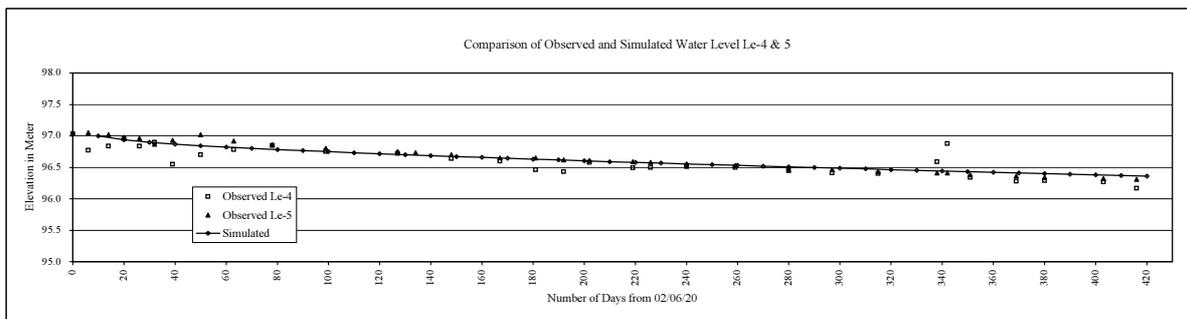
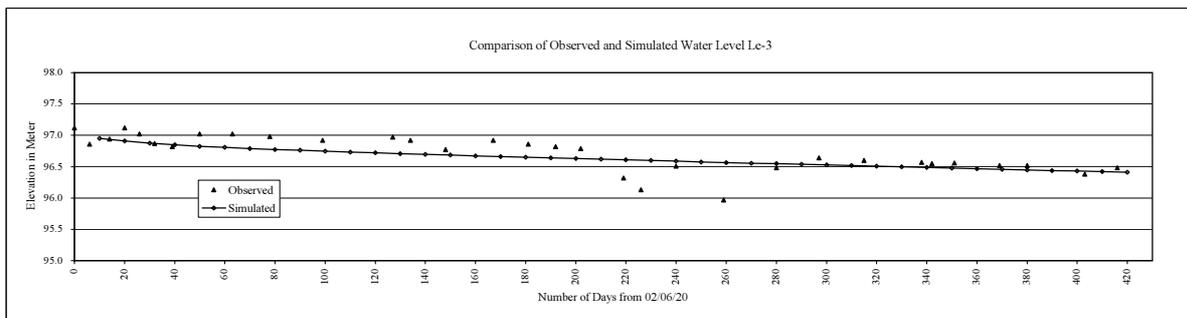
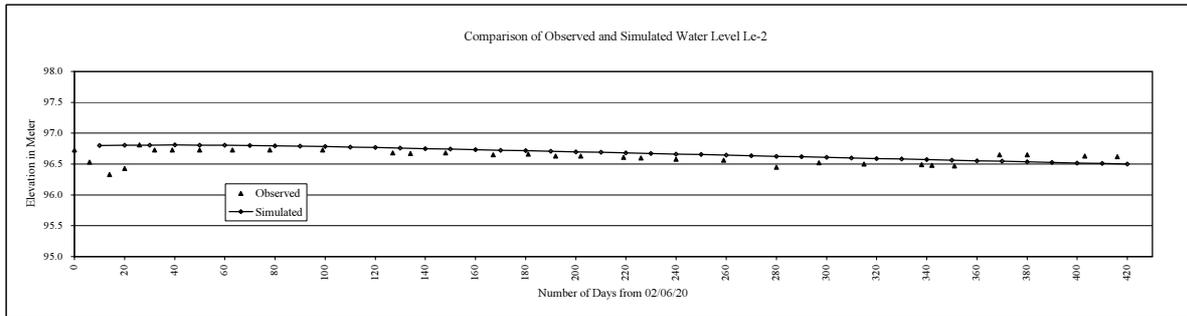
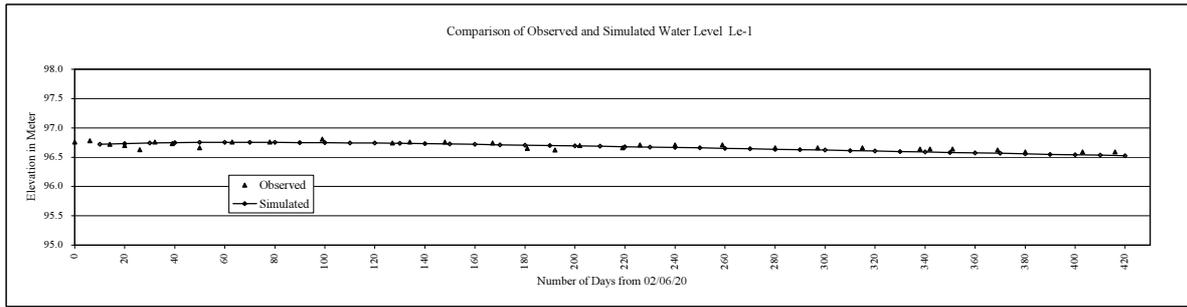


Fig. F.5.3 Comparaison des niveaux d'eau d'observation et de simulation (Lehoueitatt)

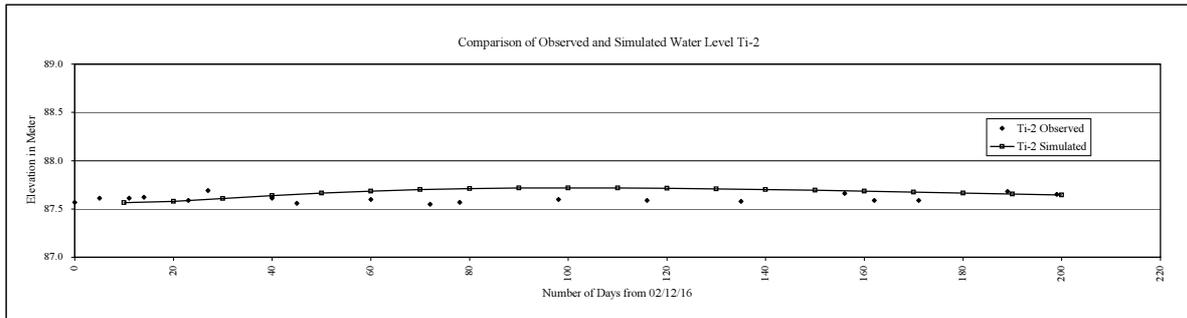
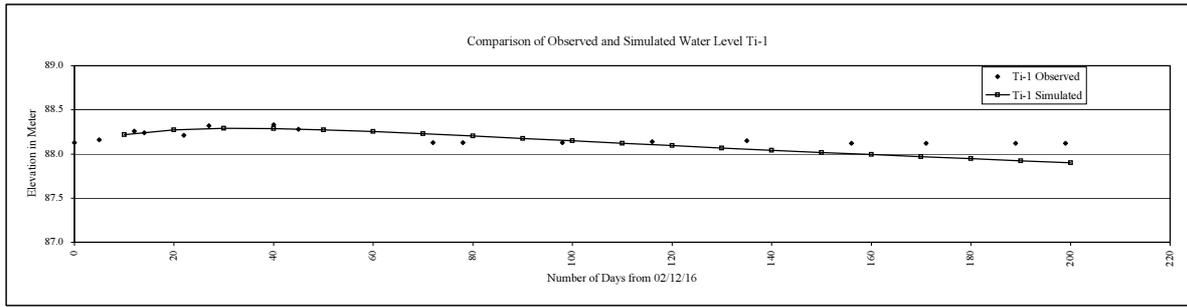


Fig. F.5.3 Comparaison des niveaux d'eau d'observation et de simulation (Tidjikja)

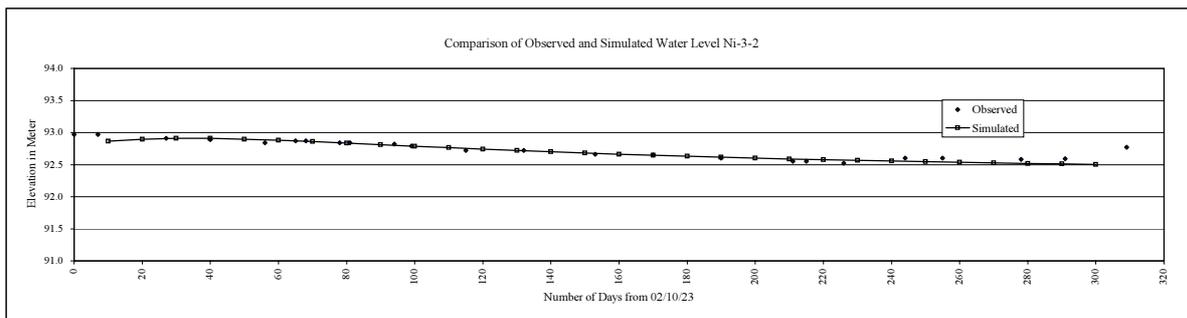
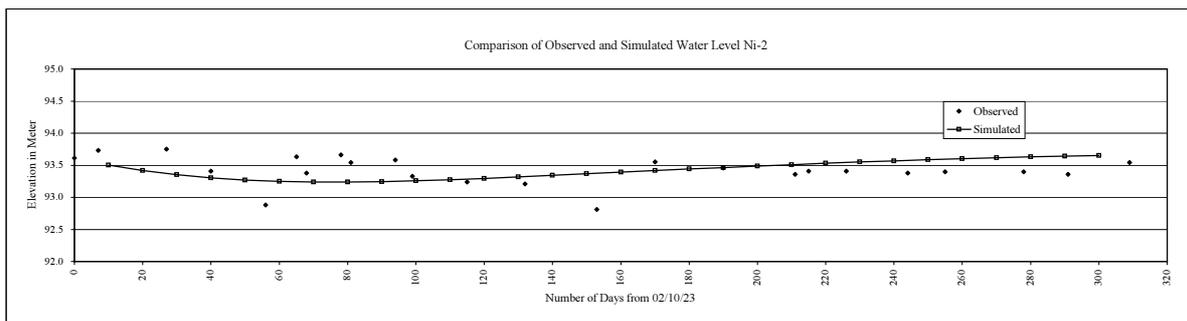
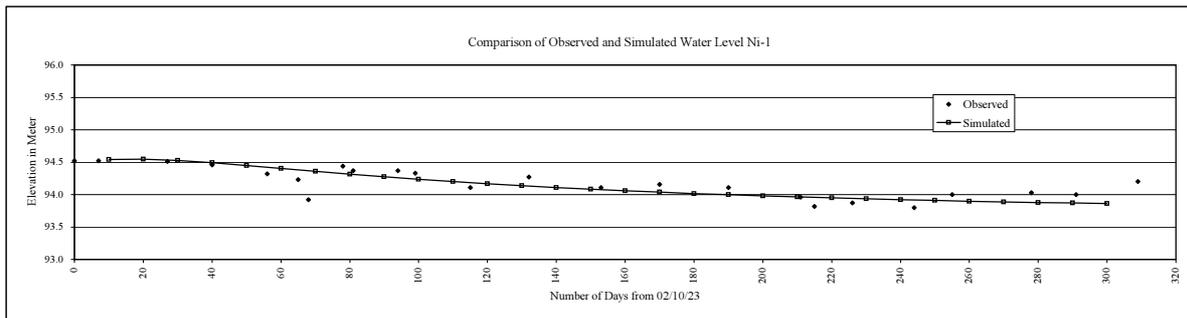


Fig. F.5.3 Comparaison des niveaux d'eau d'observation et de simulation (Nimlane 1/2)

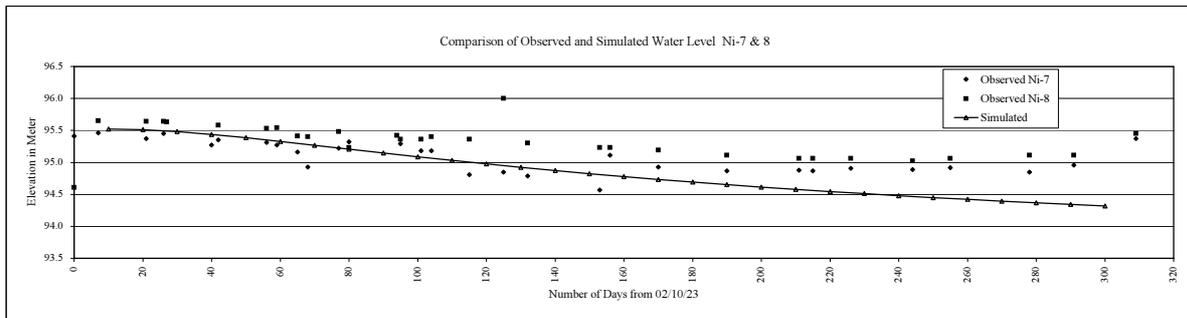
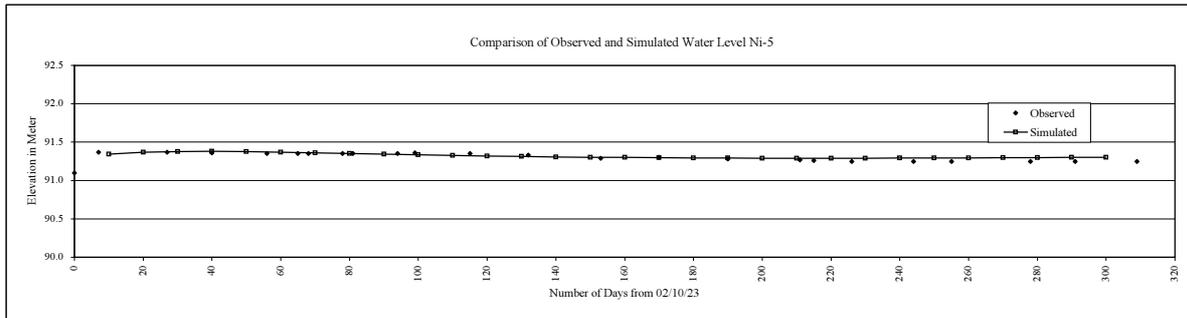
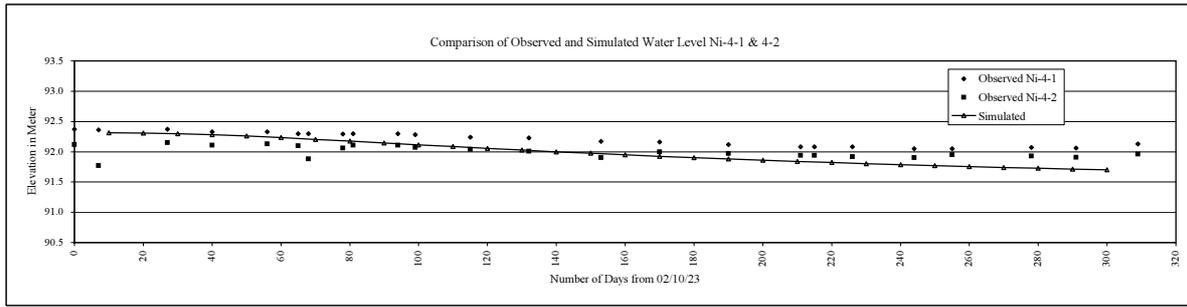


Fig. F.5.3 Comparaison des niveaux d'eau d'observation et de simulation (Nimlane 2/2)

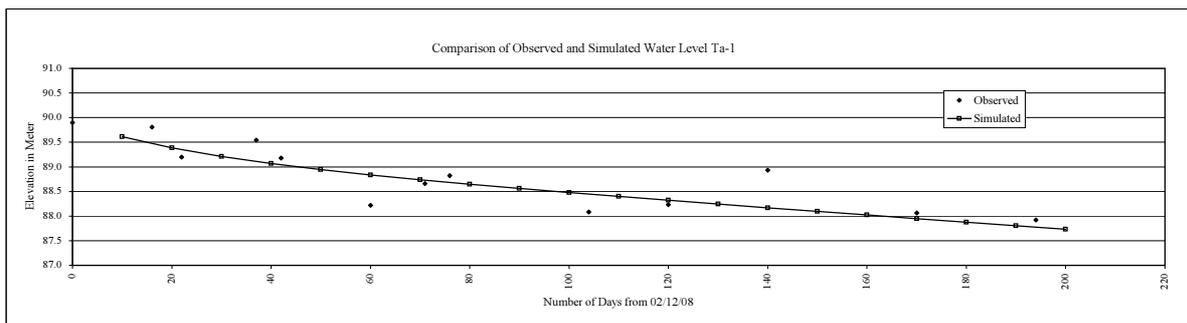


Fig. F.5.3 Comparaison des niveaux d'eau d'observation et de simulation (Tawaz)

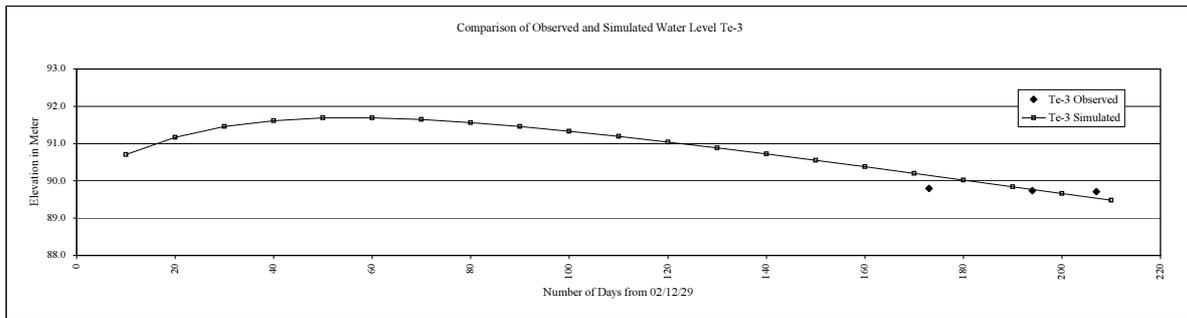
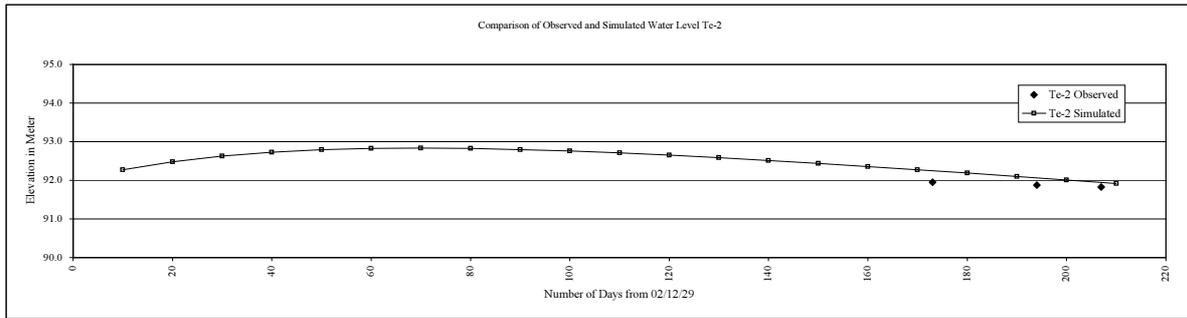
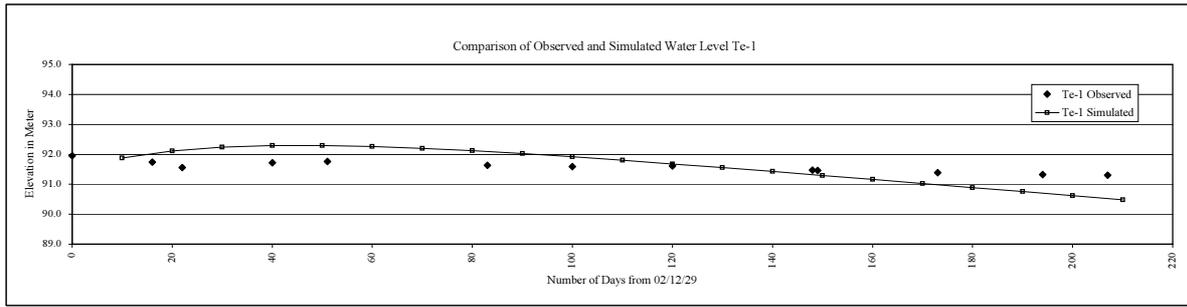


Fig. F.5.3 Comparaison des niveaux d'eau d'observation et de simulation (Tenllaba)

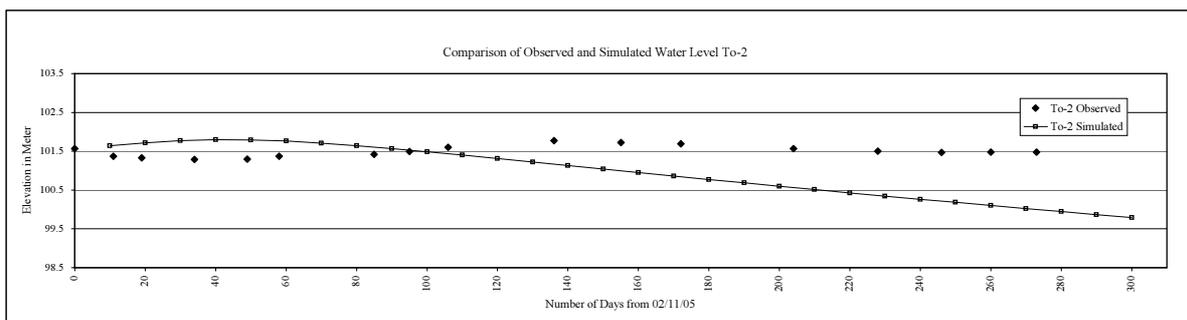
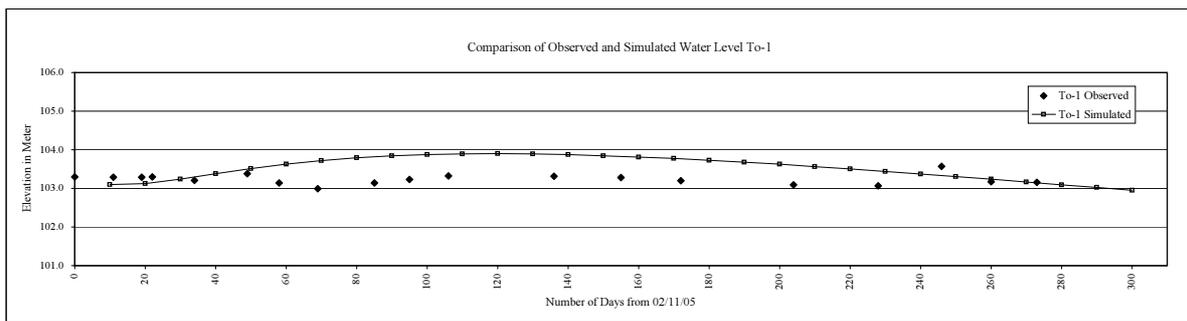


Fig. F.5.3 Comparaison des niveaux d'eau d'observation et de simulation (Toungad 1/2)

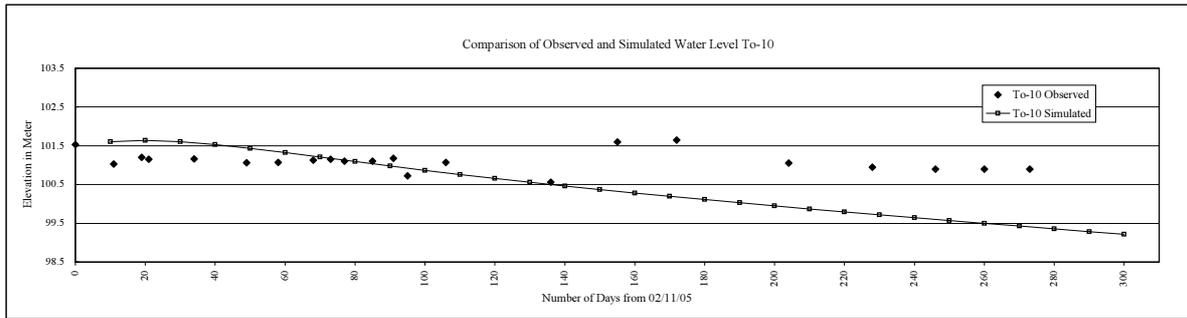
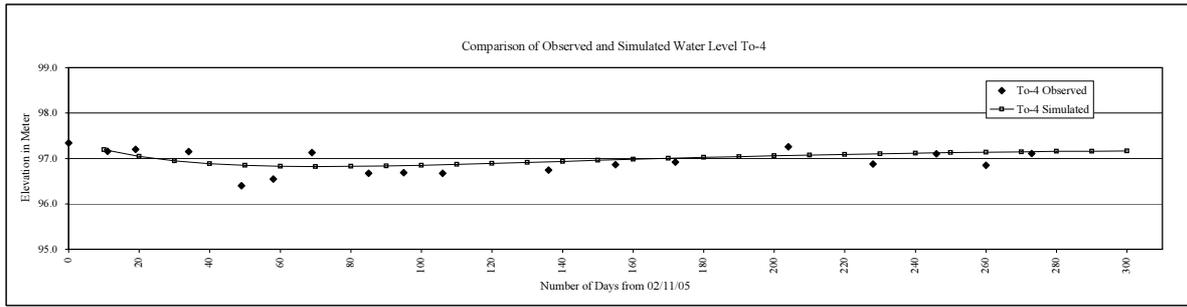


Fig. F.5.3 Comparaison des niveaux d'eau d'observation et de simulation (Toungad 2/2)

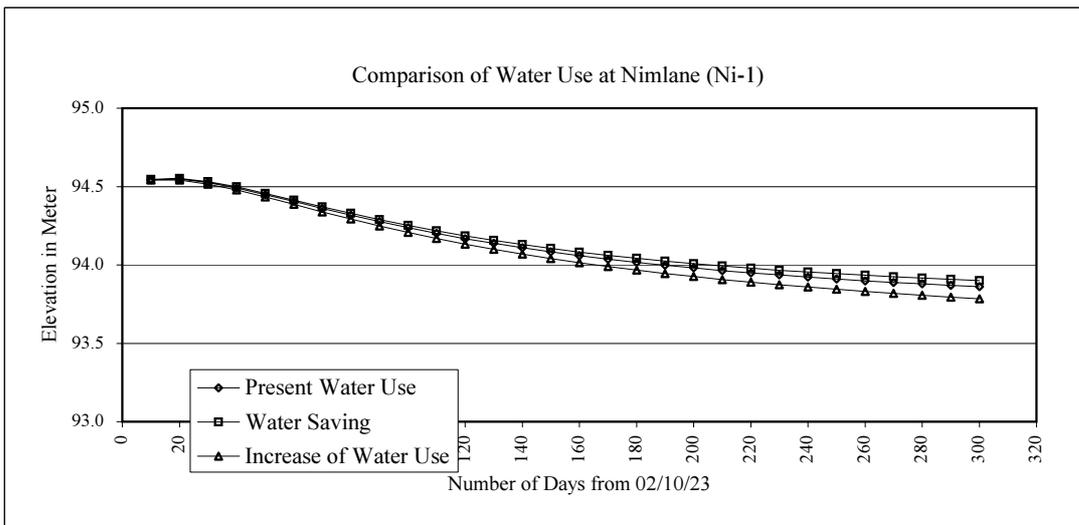
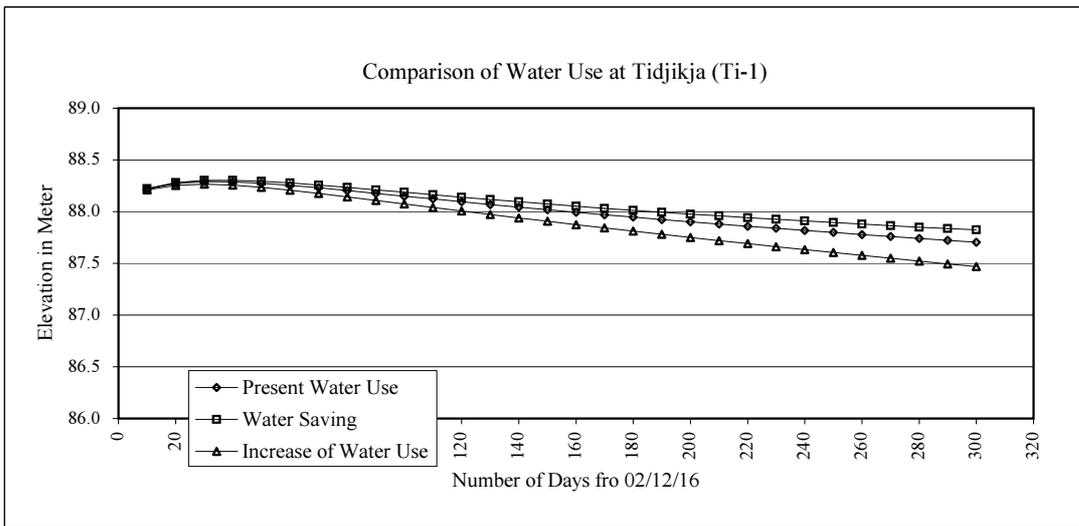
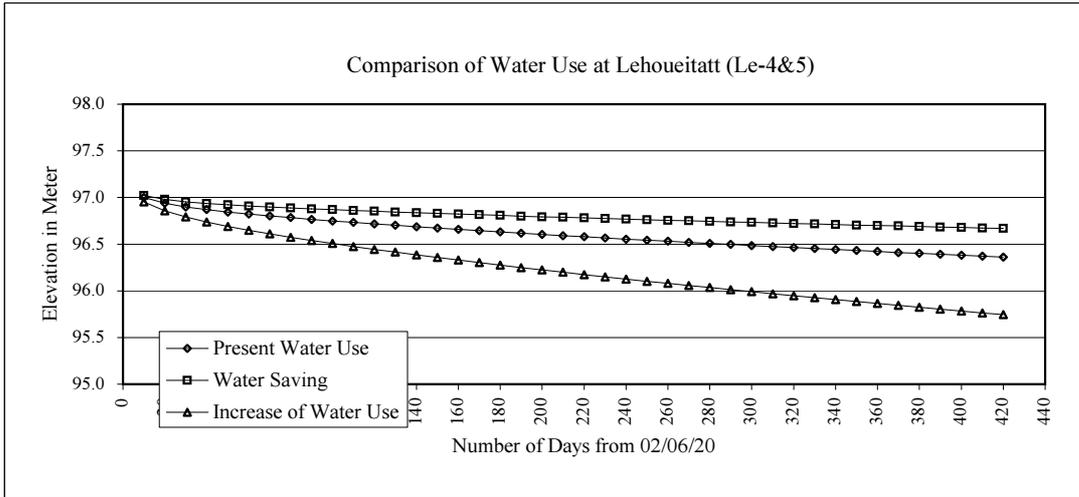


Fig. F.5.4 Comparaison de l'utilisation d'eau (1/2)

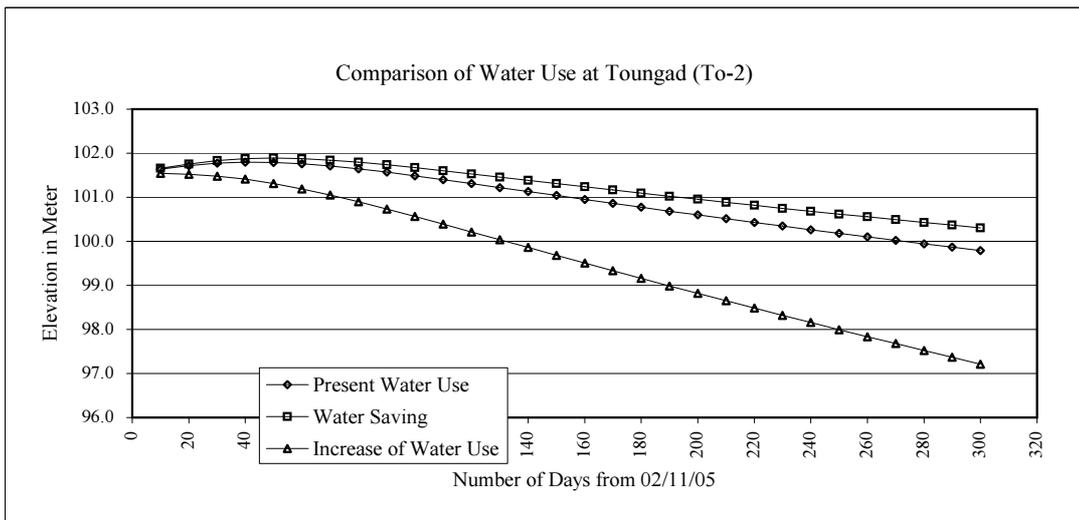
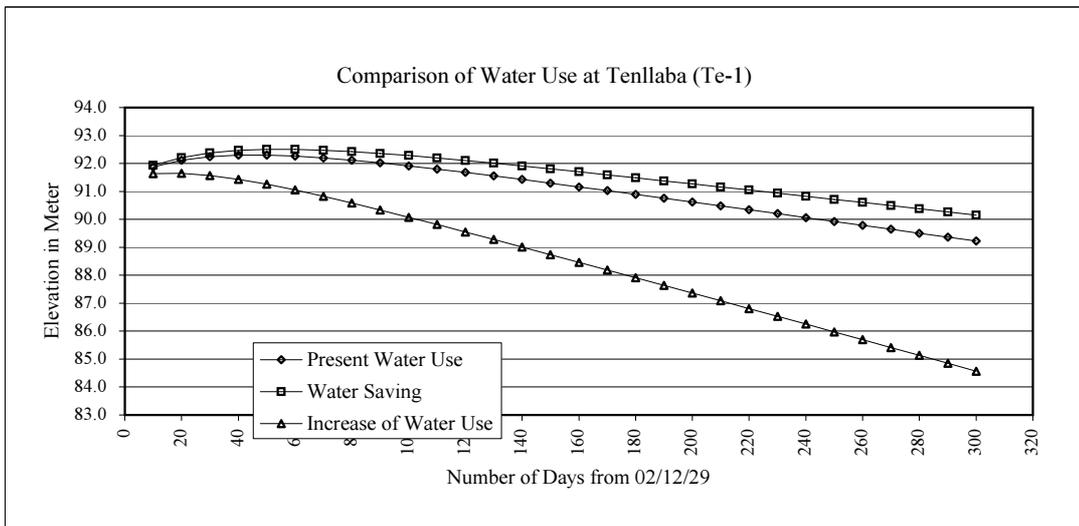
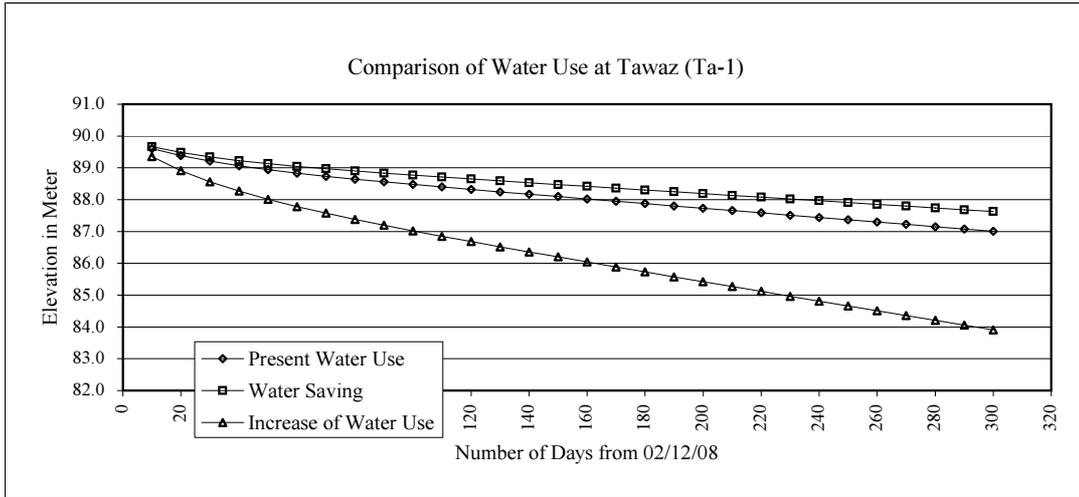


Fig. F.5.4 Comparaison de l'utilisation d'eau (2/2)

Tableau F.5.3 Nombre de puits, méthode et volume d'exhaure dans les mailles (1/3)

Lehoueitatt

Maille		No. De puits			Q (m ³ /jour)			Remarques
Rang	Colonne	Pompe	Manuelle	Total	Pompe	Manuelle	Total	
1	1	0	1	1	0	2	2	
3	1	0	1	1	0	2	2	
3	2	0	7	7	0	14	14	
4	2	0	3	3	0	6	6	Le-6-1&2
5	2	0	4	4	0	8	8	Le-4&5
6	2	0	1	1	0	2	2	
7	2	0	4	4	0	8	8	
7	3	0	1	1	0	2	2	
8	1	0	1	1	0	2	2	
8	2	0	3	3	0	6	6	Le-3
8	3	0	1	1	0	2	2	Le-2
9	1	0	1	1	0	2	2	
9	4	0	4	4	0	8	8	Le-1
Total		0	32	32	0	64	64	

Nimlane

Maille		No. De puits			Q (m ³ /jour)			Remarques
Rang	Colonne	P	M	Total	P	M	Total	
1	3	0	3	3	0	6	6	
2	2	0	1	1	0	2	2	
2	3	0	2	2	0	4	4	
3	2	0	5	5	0	10	10	Ni-4-1&2
3	3	0	3	3	0	6	6	Ni-5
4	2	0	3	3	0	6	6	
5	2	0	1	1	0	2	2	
5	3	0	6	6	0	12	12	
5	4	0	1	1	0	2	2	
6	2	0	2	2	0	4	4	
6	3	0	2	2	0	4	4	Ni-3-1&2
6	4	0	2	2	0	4	4	
6	5	0	1	1	0	2	2	
7	3	0	1	1	0	2	2	
8	2	0	1	1	0	2	2	
9	3	0	1	1	0	2	2	
10	3	0	3	3	0	6	6	
11	3	0	2	2	0	4	4	
12	2	0	2	2	0	4	4	Ni-7&8
12	3	0	1	1	0	2	2	Ni-9
12	4	0	1	1	0	2	2	
12	5	0	2	2	0	4	4	Ni-2
13	3	1	2	3	2	4	6	Ni-6
13	4	0	1	1	0	2	2	
14	3	0	2	2	0	4	4	
14	4	0	1	1	0	2	2	Ni-1
15	3	0	2	2	0	4	4	
16	2	0	1	1	0	2	2	
17	1	0	2	2	0	4	4	
18	1	0	1	1	0	2	2	
18	2	0	2	2	0	4	4	
19	1	0	3	3	0	6	6	
Total		1	63	64	2	126	128	

Tableau F.5.3 Nombre de puits, méthode et volume d'exhaure dans les mailles (2/3)

Tidjikja

Maille		No. De puits			Q (m ³ /jour)			Remarques
Rang	Colonne	Pompe	Manuelle	Total	Pompe	Manuelle	Total	
2	1	0	1	1	0	2	2	Ti-1
3	1	0	3	3	0	6	6	Ti-2
4	1	0	2	2	0	4	4	
5	1	1	1	2	2	2	4	
6	1	0	3	3	0	6	6	
6	2	0	2	2	0	4	4	
7	1	0	3	3	0	6	6	
8	1	0	3	3	0	6	6	
Total		1	18	19	2	36	38	

Tawaz

Maille		No. De puits			Q (m ³ /jour)			Remarques
Rang	Colonne	P	M	Total	P	M	Total	
1	4	1	0	1	115	0	115	
2	2	1	0	1	115	0	115	Ta-1
2	3	1	0	1	134	0	134	
2	4	1	0	1	44	0	44	
4	3	2	0	2	180	0	180	
6	1	1	0	1	44	0	44	
6	2	2	0	2	110	0	110	
Total		10	21	31	744	42	786	

Tenllaba

Maille		No. De puits			Q (m ³ /jour)			Remarques
Rang	Colonne	P	M	Total	P	M	Total	
1	1	0	1	1	0	2	2	
1	2	0	1	1	0	2	2	
1	3	1	0	1	30	0	30	
2	1	0	0	0	0	0	0	
2	2	2	0	2	27	0	27	Te-2
2	3	0	2	2	0	4	4	
3	1	0	0	0	0	0	0	
3	2	2	0	2	93	0	93	Te-1,5
3	3	1	1	2	19	2	21	
4	1	0	0	0	0	0	0	
4	2	5	0	5	233	0	233	
4	3	2	1	3	93	2	95	
5	1	0	0	0	0	0	0	
5	2	3	2	5	140	4	144	
5	3	1	0	1	43	0	43	
6	1	0	1	1	0	2	2	
6	2	2	1	3	93	2	95	
6	3	3	1	4	140	2	142	
7	1	1	0	1	29	0	29	
7	2	4	1	5	186	2	188	
7	3	2	0	2	93	0	93	
8	1	1	1	2	46	2	48	
8	2	2	3	5	93	6	99	
8	3	4	2	6	186	4	190	
9	1	2	0	2	93	0	93	
9	2	0	1	1	0	2	2	
9	3	2	2	4	93	4	97	Te-3
10	1	0	0	0	0	0	0	
10	2	2	1	3	93	2	95	
10	3	0	1	1	0	2	2	
11	1	0	0	0	0	0	0	
11	2	1	1	2	24	2	26	
11	3	1	1	2	46	2	48	
Total		44	25	69	1893	50	1943	

Tableau F.5.3 Nombre de puits, méthode et volume d'exhaure dans les mailles (3/3)

Toungad

Maille		No. De puits			Q (m ³ /jour)			Remarques
Rang	Colonne	Pompe	Manuelle	Total	Pompe	Manuelle	Total	
1	2	2	1	3	14.4	0.5	14.9	
1	3	0	1	1	0.0	0.5	0.5	
1	4	0	1	1	0.0	0.5	0.5	
2	2	4	0	4	28.8	0.0	28.8	To-7
2	3	0	2	2	0.0	1.0	1.0	
2	9	0	1	1	0.0	0.5	0.5	
3	2	3	1	4	21.6	0.5	22.1	
3	3	0	2	2	0.0	1.0	1.0	
3	6	0	1	1	0.0	0.5	0.5	
3	10	1	0	1	12.0	0.0	12.0	To-4
4	2	3	2	5	21.6	1.0	22.6	
4	3	2	1	3	14.4	0.5	14.9	
4	4	4	3	7	28.8	1.5	30.3	
4	5	0	2	2	0.0	1.0	1.0	
4	10	1	0	1	12.0	0.0	12.0	
5	2	2	2	4	14.4	1.0	15.4	
5	3	2	1	3	14.4	0.5	14.9	
5	4	1	2	3	7.2	1.0	8.2	
5	5	4	2	6	28.8	1.0	29.8	
5	6	2	1	3	24.0	0.5	24.5	
5	7	1	0	1	12.0	0.0	12.0	
6	2	4	0	4	28.8	0.0	28.8	
6	3	2	0	2	14.4	0.0	14.4	
6	4	1	0	1	7.2	0.0	7.2	
6	5	8	0	8	57.6	0.0	57.6	
6	6	4	1	5	28.8	0.5	29.3	
6	7	1	0	1	7.2	0.0	7.2	
6	8	1	0	1	12.0	0.0	12.0	
7	2	5	0	5	36.0	0.0	36.0	
7	3	2	2	4	14.4	1.0	15.4	
7	4	5	2	7	36.0	1.0	37.0	
7	5	3	0	3	21.6	0.0	21.6	
7	6	3	1	4	21.6	0.5	22.1	
7	7	8	2	10	57.6	1.0	58.6	
7	8	2	1	3	24.0	0.5	24.5	
7	9	4	1	5	48.0	0.5	48.5	
8	2	2	1	3	14.4	0.5	14.9	To-2
8	3	0	3	3	0.0	1.5	1.5	
8	4	2	2	4	14.4	1.0	15.4	To-11,12,13
8	5	7	0	7	50.4	0.0	50.4	
8	6	4	0	4	28.8	0.0	28.8	
8	7	4	1	5	28.8	0.5	29.3	
8	8	3	3	6	21.6	1.5	23.1	
8	9	6	1	7	43.2	0.5	43.7	
8	10	1	1	2	7.2	0.5	7.7	
9	2	6	3	9	43.2	1.5	44.7	To-9
9	3	0	5	5	0.0	2.5	2.5	
9	4	2	9	11	14.4	4.5	18.9	
9	5	3	10	13	21.6	5.0	26.6	
9	6	3	11	14	21.6	5.5	27.1	
9	7	1	1	2	7.2	0.5	7.7	
10	2	5	1	6	36.0	0.5	36.5	
10	3	1	2	3	7.2	1.0	8.2	
10	4	0	10	10	0.0	5.0	5.0	
10	5	0	7	7	0.0	3.5	3.5	
10	6	0	2	2	0.0	1.0	1.0	
11	2	1	0	1	7.2	0.0	7.2	
11	3	4	3	7	28.8	1.5	30.3	To-1
11	4	0	5	5	0.0	2.5	2.5	
11	5	0	2	2	0.0	1.0	1.0	
11	6	0	1	1	0.0	0.5	0.5	
12	3	3	2	5	21.6	1.0	22.6	To-6
12	4	1	6	7	7.2	3.0	10.2	
12	5	0	5	5	0.0	2.5	2.5	
13	3	1	0	1	7.2	0.0	7.2	
13	4	4	7	11	28.8	3.5	32.3	
13	5	0	5	5	0.0	2.5	2.5	
14	4	1	1	2	7.2	0.5	7.7	
14	5	0	5	5	0.0	2.5	2.5	
Total		150	151	301	1137.6	75.5	1213.1	

Tableau F.5.6 Résultats de la simulation (extraits) (1/6 Lehoueitatt)

Temps=	0						02/06/20
	1	2	3	4	5	6	
1	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	
2	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	
3	97.000	97.300	97.000	97.000	97.000	97.000	
4	97.000	96.800	97.000	97.000	97.000	97.000	
5	97.000	97.100	97.000	97.000	97.000	97.000	
6	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	
7	97.000	97.000	96.700	96.800	97.000	97.000	
8	97.200	97.000	96.800	96.800	96.900	97.000	
9	97.000	97.000	96.700	96.700	96.900	97.000	
10	97.000	97.000	96.800	96.900	96.900	97.000	

Temps=	130	Erreur= 0.4730225E-03				ITER= 2	02/10/27
	1	2	3	4	5	6	
1	96.858	96.898	96.938	96.968	96.984	96.991	
2	96.843	96.842	96.907	96.954	96.978	96.988	
3	96.757	96.656	96.848	96.932	96.969	96.982	
4	96.777	96.699	96.840	96.919	96.959	96.974	
5	96.789	96.702	96.833	96.906	96.946	96.963	
6	96.801	96.750	96.823	96.886	96.926	96.945	
7	96.780	96.684	96.769	96.849	96.898	96.923	
8	96.774	96.708	96.759	96.809	96.868	96.900	
9	96.842	96.812	96.792	96.735	96.841	96.884	
10	96.876	96.854	96.830	96.814	96.854	96.883	

Temps=	260	Erreur= 0.9078979E-03				ITER= 1	03/03/06
	1	2	3	4	5	6	
1	96.703	96.757	96.822	96.880	96.920	96.940	
2	96.678	96.692	96.784	96.861	96.909	96.932	
3	96.579	96.494	96.714	96.829	96.892	96.920	
4	96.591	96.529	96.699	96.811	96.876	96.905	
5	96.601	96.531	96.691	96.795	96.859	96.889	
6	96.617	96.584	96.686	96.778	96.840	96.870	
7	96.606	96.528	96.643	96.749	96.816	96.848	
8	96.613	96.566	96.644	96.718	96.790	96.827	
9	96.696	96.683	96.688	96.651	96.767	96.812	
10	96.740	96.734	96.732	96.733	96.781	96.811	

Temps=	410	Erreur= 0.7476807E-03				ITER= 1	03/08/03
	1	2	3	4	5	6	
1	96.543	96.605	96.685	96.759	96.813	96.841	
2	96.515	96.538	96.644	96.737	96.800	96.832	
3	96.414	96.337	96.571	96.703	96.780	96.816	
4	96.423	96.370	96.554	96.682	96.761	96.799	
5	96.432	96.371	96.545	96.666	96.743	96.781	
6	96.452	96.426	96.543	96.650	96.724	96.762	
7	96.446	96.376	96.503	96.624	96.703	96.742	
8	96.459	96.420	96.509	96.597	96.680	96.723	
9	96.548	96.542	96.558	96.533	96.659	96.710	
10	96.596	96.596	96.605	96.618	96.675	96.711	

Tableau F.5.6 Résultats de la simulation (extraits) (2/6 Tidjikja)

TIME= 0 02/12/16

	1	2
1	89.000	89.500
2	88.100	89.000
3	87.600	88.000
4	86.000	87.500
5	87.000	87.000
6	87.000	87.000
7	87.500	87.500
8	87.500	87.500

TIME= 50 ERROR= 0.7247925E-03 ITER= 2 03/02/04

	1	2
1	88.701	88.827
2	88.274	88.435
3	87.665	87.850
4	87.156	87.348
5	87.021	87.128
6	87.063	87.115
7	87.228	87.286
8	87.319	87.378

TIME= 100 ERROR= 0.1754761E-03 ITER= 2 03/03/26

	1	2
1	88.435	88.469
2	88.149	88.203
3	87.718	87.799
4	87.363	87.435
5	87.154	87.214
6	87.082	87.128
7	87.128	87.193
8	87.176	87.246

TIME= 150 ERROR= 0.1525879E-03 ITER= 2 03/05/05

	1	2
1	88.226	88.240
2	88.017	88.051
3	87.694	87.755
4	87.417	87.471
5	87.210	87.260
6	87.087	87.128
7	87.068	87.133
8	87.078	87.149

TIME= 200 ERROR= 0.2059937E-03 ITER= 2 03/07/04

	1	2
1	88.064	88.074
2	87.901	87.931
3	87.643	87.701
4	87.416	87.467
5	87.221	87.269
6	87.077	87.117
7	87.023	87.088
8	87.009	87.080

Tableau F.5.6 Résultats de la simulation (extraits) (3/6 Nimlane)

Temps=	0					02/10/23
	1	2	3	4	5	
1	93.000	93.000	90.500	89.500	88.000	
2	93.000	92.500	92.000	91.000	89.000	
3	93.000	92.300	91.300	90.500	88.500	
4	93.000	93.000	91.500	89.500	88.000	
5	92.300	92.800	92.300	92.300	90.000	
6	91.500	92.300	92.800	93.300	92.800	
7	91.300	92.300	94.800	94.800	93.300	
8	91.500	92.000	95.000	97.500	96.000	
9	92.000	92.500	94.500	96.000	97.500	
10	95.500	95.500	93.000	91.000	89.000	
11	96.000	95.500	94.000	91.000	91.000	
12	96.000	95.500	96.000	96.000	93.600	
13	96.000	95.500	94.000	94.000	92.500	
14	94.000	94.500	95.500	94.500	94.500	
15	93.000	93.000	94.500	95.500	94.000	
16	92.700	92.700	92.700	92.700	92.700	
17	93.000	93.000	93.000	93.000	93.000	
18	93.200	93.200	93.200	93.200	93.200	
19	93.500	93.500	93.500	93.500	93.500	
20	94.000	94.000	94.000	94.000	94.000	

Temps=	150					Erreur= 0.67138 67E-03	ITER= 2	03/03/22
	1	2	3	4	5			
1	92.454	91.968	91.076	90.196	89.558			
2	92.443	91.984	91.194	90.358	89.730			
3	92.414	91.974	91.303	90.541	89.940			
4	92.391	92.088	91.583	90.935	90.411			
5	92.331	92.255	92.016	91.711	91.378			
6	92.298	92.474	92.681	92.721	92.605			
7	92.426	92.814	93.357	93.707	93.751			
8	92.777	93.179	93.809	94.268	94.401			
9	93.418	93.614	93.884	94.076	94.103			
10	94.254	94.122	93.810	93.475	93.202			
11	94.879	94.585	94.022	93.412	92.973			
12	95.102	94.824	94.359	93.804	93.366			
13	94.881	94.717	94.396	94.041	93.737			
14	94.309	94.297	94.219	94.083	93.924			
15	93.677	93.748	93.827	93.859	93.792			
16	93.256	93.316	93.420	93.469	93.449			
17	93.129	93.186	93.249	93.281	93.279			
18	93.243	93.265	93.316	93.336	93.338			
19	93.438	93.484	93.509	93.519	93.521			
20	93.650	93.665	93.676	93.680	93.682			

Temps=	290					Erreur= 0.72479 25E-03	ITER= 2	03/08/09
	1	2	3	4	5			
1	92.006	91.656	91.070	90.555	90.210			
2	92.015	91.674	91.152	90.668	90.342			
3	92.043	91.713	91.301	90.902	90.621			
4	92.132	91.897	91.609	91.303	91.090			
5	92.278	92.161	91.967	91.853	91.755			
6	92.494	92.494	92.511	92.527	92.526			
7	92.796	92.899	93.048	93.187	93.248			
8	93.167	93.275	93.455	93.606	93.676			
9	93.595	93.636	93.683	93.738	93.751			
10	94.025	93.955	93.809	93.717	93.636			
11	94.367	94.218	93.960	93.739	93.581			
12	94.519	94.342	94.084	93.825	93.643			
13	94.443	94.316	94.084	93.900	93.780			
14	94.168	94.101	93.967	93.870	93.809			
15	93.808	93.791	93.744	93.732	93.710			
16	93.498	93.509	93.535	93.550	93.550			
17	93.315	93.362	93.406	93.432	93.440			
18	93.310	93.339	93.396	93.424	93.434			
19	93.381	93.437	93.474	93.494	93.502			
20	93.501	93.525	93.548	93.561	93.567			

Table F.5.6 Simulated Results (extracted) (4/6 Tawaz)

Temps=	0					02/12/08
	1	2	3	4	5	
1	90.000	90.000	90.000	90.000	91.000	
2	89.000	89.900	90.000	90.000	91.000	
3	90.000	90.000	90.000	90.000	91.000	
4	90.000	90.000	90.000	91.000	91.000	
5	90.000	90.000	90.000	91.000	91.000	
6	90.000	90.000	90.000	91.000	91.000	

Temps=	50					Erreur= 0.30517 58E-03	ITER= 3	03/01/27
	1	2	3	4	5			
1	89.749	89.680	89.603	89.243	90.432			
2	89.447	88.943	88.907	89.627	90.534			
3	89.784	89.703	89.653	90.161	90.682			
4	89.896	89.754	89.009	90.375	90.808			
5	89.849	89.807	89.970	90.631	90.888			
6	89.408	89.132	90.029	90.685	90.911			

Temps=	100					Erreur= 0.40435 79E-03	ITER= 2	03/03/18
	1	2	3	4	5			
1	89.533	89.283	89.083	88.672	89.887			
2	89.327	88.478	88.315	89.157	90.089			
3	89.592	89.347	89.218	89.854	90.371			
4	89.683	89.425	88.542	89.988	90.532			
5	89.566	89.492	89.685	90.337	90.682			
6	88.932	88.662	89.779	90.443	90.743			

Temps=	150					Erreur= 0.22125 24E-03	ITER= 2	03/05/07
	1	2	3	4	5			
1	89.263	88.896	88.599	88.159	89.378			
2	89.076	88.096	87.847	88.697	89.646			
3	89.337	89.000	88.812	89.476	90.017			
4	89.409	89.093	88.169	89.643	90.229			
5	89.242	89.157	89.367	90.048	90.435			
6	88.529	88.283	89.476	90.186	90.530			

Temps=	190					Erreur= 0.28991 70E-03	ITER= 2	03/06/16
	1	2	3	4	5			
1	89.018	88.594	88.239	87.776	88.992			
2	88.838	87.803	87.506	88.344	89.296			
3	89.103	88.724	88.504	89.169	89.719			
4	89.167	88.827	87.888	89.373	89.975			
5	88.976	88.889	89.108	89.810	90.217			
6	88.233	88.001	89.226	89.968	90.334			

Tableau F.5.6 Résultats de la simulation (extraits) (5/6 Tenllaba)

Temps=	0			02/12/29
	1	2	3	
1	95.000	92.000	93.000	
2	95.000	92.000	94.000	
3	95.000	91.500	95.000	
4	95.000	93.000	95.000	
5	95.000	93.000	95.000	
6	95.000	93.000	94.000	
7	94.000	94.000	94.000	
8	95.000	94.000	95.000	
9	95.000	94.000	90.000	
10	95.000	94.000	95.000	
11	95.000	94.000	95.000	

Temps=	70	ERROR= 0.2288818E-03	ITER= 3	03/03/09
	1	2	3	
1	93.914	93.004	92.756	
2	93.871	92.833	93.160	
3	93.710	92.200	93.082	
4	93.573	91.306	92.437	
5	93.685	91.881	92.643	
6	93.606	92.049	91.757	
7	93.173	91.589	91.722	
8	93.196	92.170	91.134	
9	93.201	92.916	91.645	
10	94.078	93.151	93.320	
11	94.415	93.792	93.672	

Temps=	140	Erreur= 0.3433228E-03	ITER= 2	03/05/18
	1	2	3	
1	93.391	92.922	92.523	
2	93.209	92.514	92.571	
3	92.772	91.425	91.899	
4	92.297	89.950	90.695	
5	92.313	90.360	90.742	
6	92.194	90.442	89.796	
7	91.685	89.798	89.642	
8	91.621	90.464	89.233	
9	91.866	91.756	90.719	
10	93.082	92.206	92.342	
11	93.663	93.015	92.674	

Temps=	210	Erreur= 0.3128052E-03	ITER= 2	03/07/27
	1	2	3	
1	92.898	92.528	92.126	
2	92.554	91.916	91.929	
3	91.838	90.479	90.855	
4	91.071	88.649	89.259	
5	90.904	88.842	89.074	
6	90.686	88.811	88.016	
7	90.133	88.131	87.850	
8	90.134	88.921	87.628	
9	90.597	90.502	89.479	
10	92.043	91.175	91.303	
11	92.772	92.102	91.714	

Tableau F.5.6 Résultats de la simulation (extraits) (6/6 Toungad)

Temps=	0									02/11/05
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100.000	97.000	96.000	96.000	97.000	105.000	100.000	98.000	97.000	97.000
2	100.000	97.000	96.000	96.000	96.000	105.000	100.000	97.000	97.000	97.000
3	97.000	97.000	97.000	96.000	96.000	96.000	96.000	97.000	97.000	97.400
4	100.000	97.000	97.000	97.000	97.000	96.000	96.000	96.000	96.500	97.000
5	101.000	100.000	97.000	97.000	97.000	97.000	96.000	96.000	96.000	97.000
6	105.000	103.000	103.000	103.000	103.000	101.000	100.000	97.000	96.000	96.000
7	103.000	100.000	103.000	100.000	104.000	101.000	100.000	98.000	97.000	97.000
8	103.000	101.600	103.000	101.500	104.000	102.000	99.000	98.000	98.000	97.000
9	103.000	100.000	103.000	100.000	103.000	103.000	102.000	104.000	104.000	104.000
10	108.000	102.500	102.500	103.000	103.000	105.000	105.000	110.000	110.000	110.000
11	108.000	102.500	103.300	103.000	103.000	104.000	108.000	110.000	110.000	110.000
12	108.000	102.500	102.500	105.000	105.000	108.000	110.000	110.000	110.000	110.000
13	113.000	108.000	105.000	108.000	108.000	108.000	110.000	110.000	110.000	110.000
14	113.000	110.000	110.000	108.000	108.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000

Temps=	140	Erreur= 1.21307E-03									ITER= 3	03/03/25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	97.452	97.167	97.304	97.504	97.779	97.983	97.971	97.765	97.508	97.339		
2	97.549	97.159	97.326	97.480	97.685	97.832	97.804	97.614	97.372	97.197		
3	97.877	97.460	97.474	97.474	97.571	97.629	97.578	97.412	97.189	96.936		
4	98.453	97.960	97.714	97.446	97.510	97.495	97.432	97.307	97.133	96.913		
5	99.234	98.727	98.354	98.003	97.526	97.398	97.405	97.394	97.311	97.247		
6	100.039	99.436	99.116	98.666	97.900	97.796	97.779	97.708	97.721	97.804		
7	100.819	100.189	99.923	99.356	98.949	98.692	98.311	98.415	98.320	98.781		
8	101.617	101.131	100.941	100.462	99.945	99.960	99.972	100.100	100.076	100.501		
9	102.409	101.787	101.845	101.612	101.495	101.701	102.143	102.521	102.739	102.941		
10	103.432	102.851	102.849	102.952	103.213	103.676	104.233	104.724	105.063	105.253		
11	104.677	104.250	103.874	104.164	104.629	105.247	105.910	106.481	106.878	107.080		
12	105.949	105.589	105.097	105.219	105.767	106.460	107.149	107.726	108.120	108.314		
13	107.040	106.706	106.242	106.038	106.634	107.314	107.965	108.497	108.854	109.028		
14	107.688	107.377	106.980	106.789	107.175	107.775	108.373	108.862	109.187	109.344		

Temps=	270	Erreur= 1.44959E-03									ITER= 2	03/08/02
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	97.147	96.972	97.209	97.377	97.491	97.546	97.541	97.487	97.408	97.346		
2	97.211	96.928	97.203	97.357	97.456	97.505	97.504	97.453	97.365	97.281		
3	97.421	97.108	97.242	97.294	97.371	97.419	97.442	97.416	97.326	97.147		
4	97.762	97.366	97.247	97.074	97.203	97.280	97.369	97.426	97.399	97.256		
5	98.245	97.822	97.564	97.322	96.968	97.018	97.267	97.511	97.627	97.667		
6	98.825	98.284	98.049	97.692	97.059	97.177	97.461	97.705	97.966	98.182		
7	99.559	98.974	98.763	98.254	97.948	97.885	97.786	98.194	98.344	98.940		
8	100.462	100.022	99.879	99.427	98.948	99.066	99.249	99.573	99.717	100.239		
9	101.395	100.844	100.970	100.751	100.603	100.780	101.224	101.632	101.893	102.129		
10	102.486	102.015	102.123	102.246	102.424	102.742	103.145	103.513	103.784	103.950		
11	103.666	103.386	103.167	103.502	103.868	104.283	104.710	105.085	105.362	105.513		
12	104.725	104.543	104.254	104.460	104.934	105.436	105.897	106.287	106.571	106.722		
13	105.522	105.390	105.169	105.099	105.673	106.215	106.695	107.094	107.382	107.533		
14	105.956	105.859	105.731	105.710	106.117	106.625	107.100	107.500	107.788	107.938		

ANNEXE G
RESSOURCES EN EAU

ANNEXE G : RESSOURCES EN EAU

G.1 Description Sommaire des Eaux Souterraines

Dans la zone d'étude à part les eaux souterraines aucune ressource en eau utilisable n'existe. Les eaux de surface qui sont incertaines et rares et quantitativement dérisoires ne peuvent être considérées comme ressources utilisables et exploitables.

Les eaux souterraines peuvent être divisées en 2 catégories, l'une les eaux souterraines peu profondes tirées au travers les puits et l'autre celles profondes tirées au travers les forages.

G.1.1 Eau souterraine peu profonde

Les eaux souterraines peu profondes sont réparties soit i) le long des oueds, soit ii) dans les dunes, soit iii) dans les substrats rocheux. Les eaux souterraines réparties le long des oueds sont les eaux de pluies tombées dans le bassin-versant pendant la saison des pluies qui sont percolées dans le sol et se déplacent le long des oueds. Quant aux eaux souterraines dans les dunes il s'agit des eaux retenues grâce aux dunes qui couvrent les oueds et qui empêchent la perte par évaporation. Les eaux souterraines dans les roches d'assis sont les eaux de fissures contenues aux niveaux de lignes faibles ou de côtes lithologiques de structures géologiques.

(1) Répartition, propriétaire et usage des puits

Les eaux souterraines peu profondes sont les ressources en eau indispensables pour la vie des oasis puisées par les puits. Selon l'étude inventaire que la Mission d'étude a effectué en juin-juillet 2001, total 24 479 puits ont été recensés en 2000 dans les deux régions dont 15 644 en Adrar et 8 835 au Tagant. Le nombre de puits a une tendance à augmenter dans les deux régions, en effet, on constate l'augmentation de 40% et 44% par rapport à l'année 1990, 22% et 21 par rapport à l'année 1995 respectivement en Adrar et au Tagant. Le phénomène notable concernant l'évolution du nombre de puits est l'augmentation des puits à l'usage domestique et d'irrigation qui accompagne la concentration de la population dans les grandes oasis. Par contre, dans les petites oasis reculées et enclavées qui se situent loin de la capitale régionale ou la route principale, la tendance est inverse, donc le nombre de puits est en baisse en suivant la diminution de la population. Toutefois, le nombre de puits pour bétail ne montre pas de grand changement.

82% et 74% des puits en Adrar et au Tagant appartiennent aux particuliers. Ensuite, 18% et 26% des puits appartiennent à la Délégation de l'autorité ou la société de l'eau potable et l'assainissement comme ces puits ont été réalisés par les mains de la Direction de l'hydraulique, des bailleurs de fonds ou des ONG.

Les puits peu profonds sont utilisés pour ; l'irrigation (71% en Adrar et 47% au Tagant), l'usage multiple (23% et 50%), l'usage domestique (5% et 2%) et le bétail (1% et 1%). Selon l'étude inventaire, l'augmentation du nombre de puits consiste essentiellement ceux pour l'irrigation, comme ces puits sont en augmentation de 42% par rapport en 1990, suivi des puits à l'usage multiple, les puits domestiques et pour bétail (voir les

Tableau G.1.1-G.1.2).

(2) Mode d'exhaure

Les méthodes d'exhaure varient selon les régions comme les caractéristiques des eaux souterraines sont différentes dans une oasis à l'autre. Il existe nombreux puits équipés de motopompes par des raisons que ; i) le niveau d'eau est profond, ii) la culture commerciale y est pratiquée et iii) la taille de ferme est importante. D'un autre coté, l'exhaure est en général effectuée manuellement dans le Tagant par des raisons que ; i) le niveau d'eau n'est pas profond et ii) la taille de ferme est petite. En outre on voit très rarement les puits équipés de pompes solaires immergées ou les pompes éoliennes.

Motopompe

En Adrar, 51% des puits sont équipés de motopompes appartenant aux particuliers. La plupart de ces pompes est la fabrication japonaise à l'exception d'un petit nombre fabriqué en Chine. Malgré leur prix trois fois plus élevés que les pompes chinoises, les pompes japonaises sont bien répandues par des raisons de leur bon rendement, peu de panne, le système de fourniture de pièces de rechange bien établi ou de leur longévité. Toutefois, on peut dire que les modèles, les types et les marques répandus sont assez homogène comme on ne voit pas beaucoup de variation. Le carburant principalement utilisé est l'essence et les pompes diesel et butane sont utilisés rarement. Les spécifications sont comme suit (les valeurs soulignées sont les spécifications les plus courantes).

Diamètre de connexion: 50, 80mm

Pression totale : 26, 28, 32m

Débit max. ; 330, 520, 600, 930, 970, 1000 litres/min

Hauteur d'aspiration max.: 8, 9m

Puissance max. : 2000, 2600, 3600rpm

Ci-dessous sont les indices économiques par l'utilisation de la pompe obtenus par les fermes de la superficie de 3000m² (50m x 60m) pendant la période de l'irrigation.

Fréquence de mise en service de pompe/heures : 2 fois/jour, 30 minutes/fois

Quantité du carburant par jour/prix : 2,3 litres/300UM

Quantité d'huile par jour/prix : 0,14 litres/35UM

Durée de vie moyenne de pompe : 5 ans

Shadouf

Bien que la méthode d'exhaure la plus simple soit l'exhaure manuelle avec un sceau en caoutchouc (delou), l'exhaure avec Shadouf est observée très souvent dans les fermes d'irrigation.

Le Shadouf est un moyen d'exhaure d'eau traditionnel utilisé sur l'ensemble du territoire de la Mauritanie. Les puits ont en moyenne une profondeur de 6-8m à partir de la surface du sol ayant une ouverture de grande diamètre de 60-100cm et sans

margelle. Dans la zone de l'étude, on observe beaucoup de Shadouf au niveau des puits d'irrigation du Tagant.

Comme le montre la **Fig. G.1.1**, ce dispositif est composé de ; deux troncs d'arbres en forme de Y enfoncés en parallèle pour servir de support, un tronc d'arbre droit pour le point d'appui et d'un tronc d'arbre long fixé par les fils métalliques sur le point d'appui d'une manière in-symétrique sur lequel une branche plutôt mince et flexible est fixée au coté du puits et un grand tronc d'arbre en Y à l'autre coté. Fixer deux ou trois roches sur Y du tronc pour servir de contrepoids. Le tronc d'exhaure est en général celui de palmier dattier coupé en deux et séché. Une corde équipée de sceau en caoutchouc est noué sur la branche fixée sur le bout du tronc droit.

L'effort physique est allégé quand on utilise ce dispositif par rapport à l'exhaure manuelle avec un sceau. Le point fort de ce dispositif est le coût peu élevé pour l'installation comme on utilise les matériaux locaux et la facilité d'installation et d'entretien. Et par le point de vue de l'hygiène, on peut citer un point que les saletés telles que les déjections animales n'entrent pas dans le puits comme la corde ou le sceau ne touche pas le sol. On doit citer comme points faibles la vie assez limitée de 2-3 ans ou la difficulté d'installation sur un puits équipé de margelle. Toutefois, ce dispositif permet de puiser environ une dizaine de litres d'eau chaque fois.



Photo : Exhaure par "Shadouf" à Lahoueitatt

(3) Structure et construction de puits

Il existe deux types de puits, ceux en béton et ceux traditionnels. Ceux en béton ont la paroi en béton tandis que ceux traditionnels ont la paroi en maçonnerie ou nue et les deux ont une forme cylindrique avec un diamètre de 0,8 à 2,0 m et la plupart d'entre eux ont une profondeur de moins de 10 m. Ce sont les derniers qu'on appelle les puits traditionnels. Le **Tableau G.1.3** récapitule le registre des puits recensés par la Direction de l'hydraulique du MHE (**Tableau G.1.2**) par région et par type de puits.

Les puits en Adrar ont une tendance d'avoir plus de profondeur que ceux du Tagant. La plupart des puits du Tagant ont moins de 12m de profondeur (voir la **Fig. G.1.2**).

Tableau G.1.3 Caractéristiques des puits peu profonds

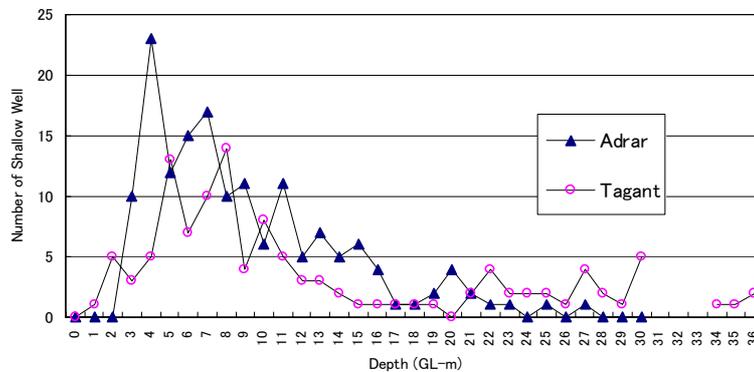
	Sample Number	Well Type		Depth (GL-m)	S.W.L. (GL-m)	Production (m ³ /day)
Adrar	100	Cement	Mean	12.9	8.8	
			Range	(3.4~27.5)	(2.0~21.3)	(2.0~3.0)
		Traditional	Mean	9.3	7.5	-
			Range	(3.2~23.4)	(1.6~19.1)	-
Tagant	58	Cement	Mean	23.0	16.7	1.9
			Range	(4.6~43.0)	(4.0~35.0)	(0.6~4.0)
		Traditional	Mean	10.3	7.4	1.2
			Range	(6.0~18.0)	(4.0~13.6)	(0.2~2.5)

Source : MHE, Direc.de l'Hydraulique, 2002

Dans les oasis de Tawaz ou Tengharada de la région de l'Adrar où les eaux souterraines contenues dans les substrats rocheux sont tirées, souvent les puits sont équipés d'un contre-puits destiné à contenir la pompe motorisée. Dans la plupart des cas les puits ne sont pas équipés de margelle et sont du type rudimentaire encadrés juste au niveau de la surface du sol avec des pierres en plaque, d'où le sable et les matières organiques y peuvent s'introduire facilement.



Photo: Puits avec deux trous à Tawaz



Source : Enquête sur les foyers et étude inventaire par la Mission d'étude

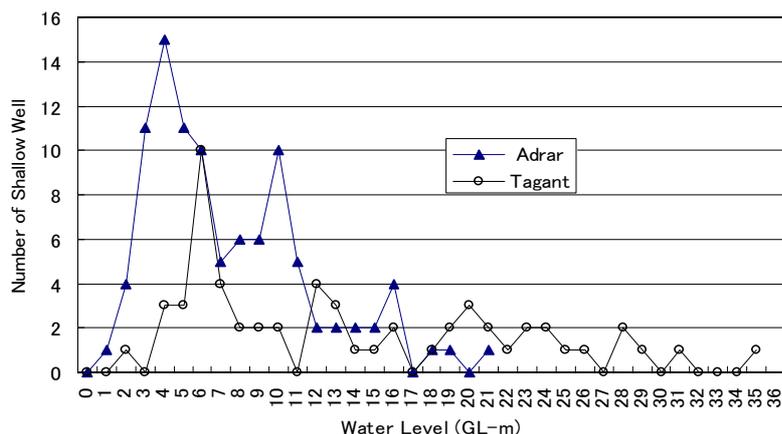
Fig. G.1.2 Fréquence de répartition de profondeurs des puits peu profonds

Comme entretien de ces puits, lorsque le débit d'eau diminue en raison de l'introduction de sable ou du colmatage de la nappe aquifère, les sables sont éliminés ou le puits est re-excavé. L'enlèvement des sables ou le re-creusage sont effectués pour la plupart des puits pendant la période vacante d'irrigation d'avril-septembre étant donné que la baisse de productivité est observée. On observe assez souvent la panne des motopompes par l'entrée du sable à l'intérieur ou par l'utilisation d'huile de mauvaise qualité en Adrar. Le service après-vente des points de vente n'étant pas répandu et le contrôle périodique n'est pas effectué. La panne des pompes cause des dégâts à l'agriculture irriguée comme elles sont amenées jusqu'à la capitale régionale quand elles n'arrivent plus à tirer l'eau.

Deux types de construction des puits des eaux peu profondes ont été constatés pour tous les types de sol. La construction de puits en béton consiste à creuser environ 1 m à partir de la surface du sol, construire la paroi en béton armé moulée sur place en forme de cercle avec deux moules en forme de demi-cercle chaque 1 m creusé, afin d'éviter l'écroulement de la paroi. Cette méthode a un avantage par le point de vue de la sécurité mais a aussi un désavantage du temps long pour le curage. D'autre part, la méthode traditionnelle consiste à creuser tout d'abord en forme de carré (4 m x 4 m), ensuite, une fois atteint au niveau où l'eau commence à jaillir, creuser un fossé rond de diamètre de 0,7~2 m et de largeur de 30~60 cm et installer la fondation de puit en béton armé après avoir mis en place des armatures de fer. Construire la paroi avec les pierres concassées ou le béton et en même temps creuser jusqu'à la nappe en drainant l'eau qui jaillit avec le Shadouf. Une fois la paroi est achevée, remblayer autour de la paroi et procéder aux travaux de finition. Pour finir, on construit la margelle pour une partie de puits. En tout cas, il est difficile de creuser dans l'ensemble de la nappe aquifère avec ces deux méthodes et difficile de tirer suffisamment de productivité d'eau souterraine. En outre, on utilise les piolets ou les explosifs sont utilisés pour les puits d'exploitation des eaux de fissure dans les roches de socle.

(4) Niveau d'eau souterraine

Les niveaux d'eaux souterraines diffèrent suivant la situation hydrogéologique de l'oasis ou les types de nappe souterraine mais sont entre 3 m et 7 m depuis le niveau du sol dans les deux régions, et peu de puits montrent la profondeur de plus de 10 m depuis le sol (voir la **Fig. G.1.3**). Toutefois, les puits qui puisent l'eau de fissure à l'intérieur de roches de socle ont leur niveau d'eau bas, et certains atteignent plus de 30 m depuis la surface du sol. Le niveau le plus profond de l'eau souterraine peu profonde observé par la Mission d'étude est 32,35 m de l'oasis de Lekcheb du Tagant (le 5 juillet 2003), l'exhaure y est effectuée manuellement à l'aide de poulie.



Source : Enquête sur les foyers et étude inventaire par la Mission d'étude

Fig. G.1.3 Répartition de niveau hydrostatique dans les puits peu profonds

La tendance des eaux peu profondes diffère en saison de pluie et en saison sèche montre une légère hausse en saison de pluie et la légère baisse en saison sèche. Selon l'interview des chefs de villages étant donné que le suivi des niveaux d'eau n'est pas effectué, il existe nombreux puits à tendance de baisse du niveau dans les derniers 40ans. Cette tendance de baisse est devenue plus nette depuis le début des années 1970, la période pendant laquelle les années de faible précipitation ont succédées presque continuellement. D'après notre étude inventaire, les puits qui ont encore une tendance de baisse sont environ 60% dans l'Adrar et seulement 20% dans le Tagant. Ceci dit que la baisse de niveau de nappes peu profonde progresse plus nettement dans l'Adrar.

Dans beaucoup d'oasis de l'Adrar, l'exhaure d'eau manuelle et avec force animale devenant de plus en plus difficile plus la baisse du niveau d'eau progresse, l'introduction des motopompes a été commencée à partir des années 1960. Cette tendance de baisse progresse depuis les années 1970 quand la culture maraîchère d'une grande envergure a été commencée. L'approfondissement de la position d'installation des motopompes dans les contre-puits, le remplacement de la pompe par une autre plus puissante ou le creusage d'un autre puits à proximité sont maintenant les choses courantes à cause du manque de pression d'aspiration. Depuis l'introduction des motopompes. La baisse du niveau est accélérée progressivement quand l'état sans contrôle d'exhaure devient banal. D'autre part, dans la même région, les habitants de l'oasis de Taizent qui se situe à 12km sud-ouest d'Atar ont décidé unanimement l'interdiction d'introduction des motopompes en craignant que leur utilisation provoque l'épuisement des ressources en eau souterraines. Ainsi, il existe d'exemple de maintenir le niveau élevé d'environ 3 à 4m depuis la surface du sol.

Nous avons effectué une enquête sur le degré quantitatif de satisfaction pour chaque usage des eaux souterraines dans le cadre de l'étude des foyers, plus de moitié des gens enquêtés sont satisfaits en ce qui concerne les eaux à l'usage domestique mais souvent sentent l'insuffisance d'eau d'irrigation. Selon le résultat de l'enquête des foyers, les oasisiens sont conscients de l'existence d'une certaine limite du volume utilisable des ressources en eau ou de la nécessité de l'économie d'eau mais restent sans mesure

concrète pour l'économie d'eau.

G.1.2 Eaux souterraines profondes

Les eaux souterraines profondes signifient les eaux de fissures retenues dans les failles à l'intérieur des roches de socle ou dans les zones cisailées et les nappes captives au long d'oued. Ce genre de puits sont les puits en tube creusés par les dispositifs de sondage à l'endroit où les plusieurs linéaments répartis ou au long d'un grand oued. Le **Tableau G.1.5** récapitule le registre des forages recensés par la Direction de l'hydraulique du MHE (**Tableau G.1.4**) par région et par type de forages.

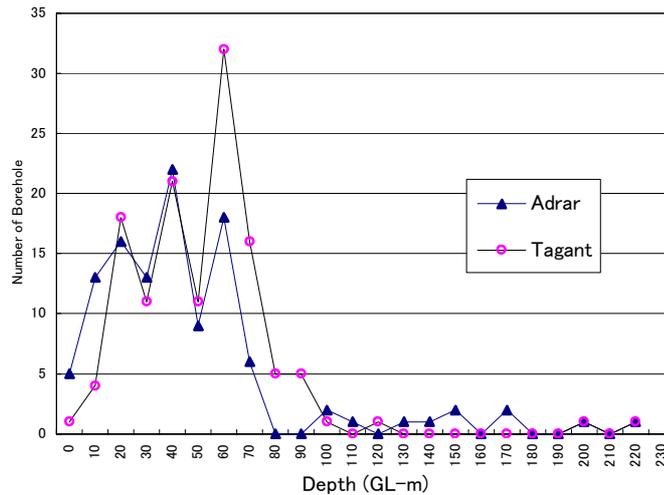
La profondeur de forages atteint à plus de 200m, et la valeur moyenne par région est 52,6m en Adrar et 45,0m au Tagant. Le diamètre des forages est plus grand en Adrar. Beaucoup de forages ont leur niveau statique d'eau moins de 13m de la surface du sol. Le volume d'exhaure journalier était entre 8,5 et 14,0m³/jour (voir le **Tableau G.1.5**).

Table G.1.5 Caractéristiques des forages

	Sample Number		Depth (GL-m)	Diameter (cm)	S.W.L. (GL-m)	Production (m ³ /day)
Adrar	100	Mean	52.6	52.8	9.6	14.0
		Range	(6.0~220.0)	(10.0~203.0)	(0.3~44.6)	(1~50)
Tagant	58	Mean	45.0	19.7	13.3	8.5
		Range	(10.0~200.0)	(10.0~72.0)	(2.4~33.0)	(1.0~80.0)

Source : MHE, Direction de l'Hydraulique, 2002

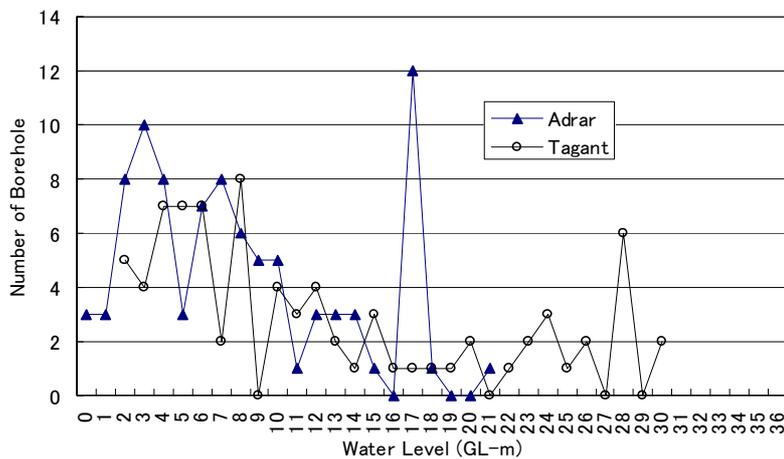
Selon l'étude de la Mission, il n'y a pas de grand écart concernant la profondeur. Toutefois, les forages en Adrar ont une tendance d'être profonds de plus de 100m (voir la **Fig. G.1.4**). En ce qui concerne les niveaux d'eau, il existe beaucoup de forages en Adrar dont le niveau d'eau est environ 18m de profondeur (voir la **Fig. G.1.5**).



Source : Enquête sur les foyers et étude inventaire par la Mission d'étude

Fig. G.1.4 Fréquence de répartition de la profondeur des forages

L'exhaure d'eau est effectuée par les pompes immergées motorisées par les générateurs ou l'électricité de la ville, les pompes solaires, les pompes éoliennes ou les pompes manuelles. Les motopompes sont utilisées principalement en Adrar et les pompes solaires au Tagant. Les forages sont conçus principalement pour alimentation des zones urbaines (voir le **Tableau G.1.6**). La plupart appartient aux autorités locales ou à la compagnie des eaux. Les volumes d'exhaure et des niveaux ne sont pas enregistrés même pour ce genre de puits qui sont importants.



Source : Enquête sur les foyers et étude inventaire par la Mission d'étude

Fig. G.1.5 Répartition des profondeurs des forages

Tableau G.1.6 Nombre de forages par source d'énergie et par usage d'eau

Region	Power Source of Pump		Water Use	
Adrar	Generator	24	Domestic	14
	Solar	1	Irrigation	6
	Eolian	1	Multi-purpose	6
Tagant	Generator	2	Domestic	13
	Solar	10	Irrigation	0
	Eolian	3	Multi-purpose	2

Source : Etude inventaire par la Mission d'étude

Par l'étude inventaire, les 54 forages en Adrar et les 65 forages au Tagant ont été recensés. L'Union Européenne a creusé deux forages (l'un a une profondeur de 210m, débit d'eau 20m³/heure l'autre a une profondeur de 534m et le débit de 16m³/heure) sur la base des photos de satellite Spot et de la prospection électrique. Et le GTZ a réalisé 14 et 10 forages respectivement dans l'Adrar et dans le Tagant. Toutefois, seulement quelques-uns de ces forages peuvent fournir un débit d'eau prévu et contribuer à l'intérêt public. Actuellement, l'Union Européenne prévoit le creusement des 12 forages dont la profondeur moyenne est de 350m en Adrar dans le cadre de l'étude de développement des eaux souterraines suite à la requête présentée par le MDRE.

L'exploitation des eaux de nappe profonde dépend beaucoup du progrès des techniques de télédétection et de prospection géophysique. Toutefois ces méthodes de prospection ont des points faibles qu'elles saisissent la situation hydrogéologique par les méthodes indirectes et ont leur limite pour saisir la situation hydrogéologique en détail par le problème de manque de précision, et souvent les volumes d'exhaure planifiés ne peuvent être assurés après la réalisation des puits. De ce fait, il sera nécessaire d'établir des projets de développement bien détaillés avec un point de vue à long terme. Il faut tout d'abord aménager les documents relatifs aux ressources en eau sur l'ensemble du pays, établir les plans de linéaments et les cartes hydrogéologiques sur la base des données d'étude sur place afin d'établir le plan de développement tels que la détermination de la zone à développer en priorité. Si on peut avoir les données précises sur la structure géologique pour les directions d'extension et les dimensions des failles et des zones cisailées en utilisant la technique de la prospection géophysique, de la géotomographie ou la méthode du radar souterrain, une exploitation des ressources en eau avec une précision bien élevée sera possible.

Le service public ne pourra pas être épargné de l'accusation qu'il n'offre pas un service responsable par le fait que les forages à l'utilisation publique ne sont pas suivis quantitativement et qualitativement et que le comportement des ressources en eau n'est pas saisi. Nous proposons ici d'effectuer le suivi (monitoring) de ces eaux profondes comme le fait qu'un certain type d'eau souterraine profonde présente une valeur de la conductivité électrique relativement élevée selon le rapport des forages réalisés par l'Union Européenne.

G.2 Hydrogéologie

Bien que les cartes hydrogéologiques qui couvrent l'ensemble de la zone de l'étude soient incomplètes, il existe néanmoins les cartes hydrogéologiques (échelle 1/200 000) publiées en 1966 par le Ministère de la Construction, des Travaux Publics et du Transport pour une partie de l'Adrar (Atar, Aoujeft Chinguetti).

La structure géologique étroitement liée à la répartition de nappes phréatiques dans la zone d'étude est constituée entre autres des substrats rocheux durs de l'âge précambrien telles que roches calcaires, roches métamorphiques et roches sédimentaires qui constituent les substrats et les sédiments éoliens et sédiments alluviaux de la période quaternaire accumulés dans les bas-fonds paléogéomorphologiques. Il y a deux types de retenue des eaux souterraines : les sédiments non consolidés et les roches dures.

G.2.1 Eau souterraine libre à l'intérieur de la couche non-consolidée

Ces eaux souterraines qu'on rencontre fréquemment dans la zone d'étude sont utilisées par les oasis pour l'usage quotidien. Les eaux de pluies qui apparaissent très rarement pendant la saison de pluie de juillet à octobre s'écoulent sous forme des eaux de surface le long d'oueds et inondent parfois les plaines d'inondation et forment les flaques d'eau de différente taille dans les bas-fonds. Les nappes phréatiques sont rechargées d'une manière concentrée lors de ces occasions rares. Les nappes aquifères sont constituées des sédiments perméables ayant leur origine dans les oueds et se répartissent notamment le long de cours d'eau et dans les plaines d'inondation situées à leur voisinage.

Jugé à partir des colonnes géologiques (voir la **Fig. G.5.1**) obtenues par l'observation des parois des puits nouvellement creusés, les couches de sables à grains fin et moyen qui englobe une couche accompagnée des feuilletés visibles ou la stratification croisée situent à une profondeur d'environ 2-5 m et les couches de sable à grain fin, de sable fin limoneux et limon mélangée ou des sables grains moyen-grossier sont mélangées. Les couches supérieures sont les couches perméables formées lors des crues et alimentées par l'eau de pluie et présentent l'effet d'écoulement le plus rapidement. On voit les lentilles limoneuses imperméables à l'intérieur de couches perméables. Les eaux souterraines sont contenues dans une couche de sables à grains fin et moyen située à une profondeur d'environ 6 m couverte par une couche non perméable de limon sableux très dense. La réparation de substrats rocheux se trouvant de part et d'autre d'oueds laisse faire penser que l'épaisseur de sédiments varie de quelques mètres à plus de 10 mètres.

Nous pensons que la recharge de l'eau souterraine est faite aussi à l'intérieur des dunes de sable qui sont à côté des oueds. L'oued étant enseveli par une dune avançant, et la pluie s'infiltrant en amont, l'eau souterraine qui coule au long de l'oued est rechargée sous la dune sans être perdue par l'évaporation. Par ailleurs, du fait que la couche superficielle de sables humides et lourds reste là où il est sans être transportée par le vent, les terrains plats entre les dunes sont maintenus. Ainsi le niveau d'eau souterraine se situe à un niveau peu profond.

Ce type d'eau souterraine a été observé dans l'oasis de Toungad de l'Adrar. La zone des dunes de sable a été formée par les sables emportés de l'amont par suite d'un changement géographique du à la sédimentation des sables étant donné que la vallée de l'oued se situe à

un endroit étroit. L'eau de surface a formé un autre cours d'eau à cause des dunes développant toute la largeur de la vallée. La frontière des dunes atteint la partie étroite de la vallée maintenant, et l'oasis se développe en aval. Il existe des sources au bout des dunes et le niveau d'eau souterraine est élevé comme on peut le constater par l'élargissement de terrains humides et existe une forêt des palmiers sans irrigués.



Photo: Puits situant dans la dune de sable de Toungad

G.2.2 Eaux de fissure dans les substrats rocheux

Il existe deux types des eaux de fissures dans les substrats rocheux; l'un les eaux de pluie qui se sont déplacées le long de fissure, fente, stratification, axe de plis, plan de structure fluidale ou clivage de flux des roches sédimentaires ou métamorphiques dans un long cycle hydraulique et l'autre celles qui se sont déplacées le long du système de failles ou de la zone de fractures. Toutefois il est difficile de les classer catégoriquement.

Dans l'oasis de Tawaz les eaux de fissure jaillissent de clivage de flux à faible inclinaison ou de fente (fosse de corrosion) dans les roches calcaires massives ou de schistes boueux fissiles (phyllites) de la couche imperméable. Comme il existe une corrélation entre la zone de répartition des roches calcaires et la répartition des eaux souterraines, il est possible que les retenues d'eau sont formées dans les fentes formées par l'érosion de roches calcaires. Dans l'oasis de Ouadane et de Tidjikja les eaux souterraines jaillissent de fente de grès siliceux qui se développe sur le long de l'oued.

Le système de failles et la zone de fractures de grande envergure apparaissent sur la situation géographique sous forme du linéament. En Adrar ils se développent sur le long des principaux oueds de la direction NE-SO et NNE-SSO. Les eaux de fissure au long de ces lignes fragiles atteignent souvent la profondeur de quelques dizaines de mètre à centaine de mètre. L'eau est tirée dans les forages creusés mécaniquement et alimente en eau potable les capitales régionales et les principaux villages. Depuis les années 1950, les prospections se font dans la plupart des cas au moyen de l'analyse des linéaments obtenus par les images satellites ou au moyen de certains types de prospections géophysiques (sondage électrique). Cependant, le fait de construire les forages avec seulement les données géologiques dans les zones où les études hydrogéologiques de base ne sont pas encore réalisées et les cartes

hydrogéologiques ne sont pas encore aménagées. Dans la zone de l'étude, bien que beaucoup de forages pour la production d'eau ou de sondage soient réalisés principalement en Adrar, ne donnent pas de débit d'eau de projet.

Pour la capitale régionale de l'Adrar, l'eau potable est puisée dans les deux forages qui se trouvent à Azougui et alimente la ville d'Atar à travers les conduits d'une longueur d'environ 14 km. Pour la ville de Tidjikja, l'eau est puisée de 4 forages qui se situent à environ 5km ESE sur l'oued Tidjikja. Tous ces forages sont sous contrôle de SONELEC. Il est supposé que la nouvelle construction continue successivement étant donné qu'on doit compter sur ce type d'eau souterraine pour alimenter les villes et les villages. Toutefois, il reste nombreux problèmes à résoudre tels que le coût élevé de construction, la précision de la prospection géophysique ou la qualité d'eau.

G.3 Demandes en eau souterraine

G.3.1 Volume de besoin en eau souterraine

Les besoins en eau souterraine de l'année 2000 pour l'ensemble du pays sont estimés environ à 1,7 milliards de m³. Les eaux d'irrigation occupent environ 94% de l'ensemble et les besoins en eaux se concentrent pendant la période chaude des pluies du mois de juillet au octobre (voir le **Tableau G.3.1**).

Tableau G.3.1 Besoins nationaux en eau de l'année 2000

(Million de m³)

Usage	jan.	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	Total
Domestique	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	31,0
Abreuvement	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	78,0
Irrigation	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	392,0	392,0	392,0	392,0	5,9	5,9	1617,0
Total	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	401,0	401,0	401,0	401,0	15,0	15,0	1726,0

Source: Processus de Réflexion, Concertations et Propositions sur la Maîtrise de l'eau pour une agriculture Productive et durable au Sahel, Bilan- Diagnostic & Stratégies de Gestion de Ressources en eau - MDRE

Selon le document de SONELEC (2002), les besoins en eau potable sont environ 39 000 m³/mois à Atar et environ 30 000 m³/mois à Tidjikja.

Selon les prévisions des besoins en eau jusqu'à l'an 2025, les besoins connaîtront une croissance d'environ 55% en comparaison de l'année 2000. L'eau utilisée pour l'irrigation connaîtra une croissance de 48% et représentera 89% de l'ensemble national. L'eau potable et celle d'abreuvement de cheptel connaîtront une nette croissance de 147% et 170% respectivement en 2025 mais seront insignifiantes en comparaison avec l'eau pour l'irrigation (voir le **Tableau G.3.2**).

Tableau G.3.2 Projection de la demande en eau (2000-2025)(Million m³)

Année	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Domestique	31,0	43,3	49,9	57,6	66,5	76,7
Abreuvement	78,0	93,3	112,9	137,8	170,0	211,4
Irrigation	1610,0	1716,8	1841,5	1989,2	2166,3	2382,1
Total	1719,0	1853,4	2003,3	2184,6	2402,8	2670,2

Source: Processus de Réflexion, Concertations et Propositions sur la Maîtrise de l'eau pour une agriculture Productive et durable au Sahel, Bilan- Diagnostic & Stratégies de Gestion de Ressources en eau - MDRE

Le volume de base de consommation d'eau par personne au niveau du plan de développement des eaux souterraines est 10-20litre/jour dans les zones oasiennes et 30 litres/jour dans les zones urbaines.

G.3.2 Installation d'alimentation en eau potable

Dans la zone de l'étude, il existe 31 oasis dans lesquelles les installations d'eau potable existent. Ce nombre correspond à 26% de l'ensemble de la zone oasienne. Cependant, ce service d'alimentation en eau potable ne bénéficie qu'une partie de la population. Les habitants non-bénéficiaires ou les ceux qui habitent dans une oasis sans équipée de l'eau courante, doivent tirer l'eau à partir des puits à proximité et transporter dans des réservoirs en plastique ou des tubes de pneu manuellement ou par l'aide des ânes. Les travaux d'exhaure ou de transport sont essentiellement tenus par les enfants et les femmes.

Les installations existantes de l'alimentation en eau potable ont été réalisées par les mains des entreprises étrangères dans le cadre de l'aide non-remboursable de l'Arabie Saoudite avec participation du GTZ en tant qu'organisation d'exécution. Elles ont été achevées en 1985 en Adrar et en 1987 au Tagant. Toutes ces installations ont une spécification identique et n'ont pas de modification d'une oasis à une autre.

Toute l'eau de ville est puisée par les forages. Quelques forages ont été réalisés en creusant une autre fois les puits existants. Ces forages ont la profondeur de 40-90m et deux ou trois filtres sont installés dans chaque forage. L'eau est puisée par une pompe immergée de la fabrication allemande installée à l'intérieur de forages. La source d'énergie est l'électricité générée par les plaques solaires et retenue dans les batteries. Il existe quelques forages dont l'eau est puisée par les générateurs diesel ou l'énergie éolienne. Ces forages se trouvent tous sur les oueds ou les écoulements d'eau. Une fois puisée, l'eau est conduite au château d'eau situé sur un endroit haut de l'oasis par les conduits en dactyle de diamètre de 50mm. Ces installations ne sont pas équipées du système de purification d'eau. Les conduits en acier ou en PVC relie le château d'eau et les bassins de points d'eau en béton fermés à clé et équipé du robinet, du compteur. La gestion et la maintenance de ces installations d'eau potable sont à la charge des communautés locales, de SONELEC ou la SNDE.

Le **Tableau G.3.3** montre le résumé de ces installations en eau potable dans les oasis de l'Etude Pilote.

Tableau G.3.3 Profil des installations d'alimentation en eau

Oasis	O/M Organization	Number of Borehole	Tank Capacity	Beneficiary	Charge (UM/m ³)	Const. Year
Tawaz	AGPO	2	15m ³	150 families	140.0	1985
Toungad	AGPO	1	15m ³ x2units	200families	205.0	1985
Lehoueitatt	AGPO	1	15m ³	75prs(5%)	100.0	1987
Tidjikja	S.N.D.E.	3	300m ³ ,60m ³ x2units	1500 prs.	93.5	
Nimlane	AGPO	1	25m ³	250prs(10%)	100.0	1987

Source : Mission d'étude, 2003

Les heures d'alimentation de la journée sont limitées dans toutes les oasis. Plusieurs familles partagent les frais étant donné qu'elles utilisent un point d'eau ensemble.

Nous pouvons résumer les problèmes relatifs à l'eau potable comme suit.

- La panne de pompe, la détérioration des bassins de distribution d'eau ou la fuite d'eau de conduites arrivent souvent à cause de la vétusté de l'installation et du manque d'entretien provoquent parfois la suspension du service d'eau.
- L'extension ou l'élargissement du réseau est attendu étant donné que la zone d'habitation s'élargie dans les oasis principales par l'augmentation notable de la population.
- Les frais d'eau élevés (94-205 UM/m³) limitent la couche de bénéficiaires.

G.4 Recharge artificielle des eaux souterraines

Les précipitations locales sont observées rarement pendant la saison de pluie d'août à octobre dans la zone de l'étude. L'eau de pluie tombée coule vers les oueds en temps court comme les roches imperméables sont réparties sur le sol ou près du sol à l'exception des terrains bas sur le long d'oued et ainsi forme les flaques d'eau sur les lits d'oued ou les plaines d'inondation sur le long de l'oued. Quand la pluviométrie est importante, l'eau provoque même l'inondation selon les endroits. Il est supposé que la recharge de la nappe est réalisée au niveau des oueds d'une manière concentrée pendant ces événements.

En Mauritanie, de nombreux barrages et des digues dont l'objectif est d'utiliser efficacement ces eaux de surface ou de la protection contre les crues sont construits. On peut noter que la différence entre les barrages et les digues est que les premiers sont principalement destinés à retenir les eaux de surface et les derniers endiguent momentanément. Environ 450 ouvrages ont été construits sous la tutelle de la Direction de l'Environnement et de la Gestion Rurale du MDRE sur l'ensemble du territoire et sont utilisés pour l'irrigation d'environ 4000 ha de terrains agricoles, pour la recharge des nappes souterraines et pour les mesures de protection contre les crues.

Dans la zone de l'étude, 16 barrages ont été construits dans la région de l'Adrar et 66 dans la région du Tagant (voir le **Tableau G.4.1**). Tous ces barrages sont du type rempli du coupe trapézoïdale et sont composés d'argile imperméable, de matériaux de transition et de filtres. La plus part de ces barrages sont pourvus à l'intérieur d'un déversoir et d'un évacuateur de crue. Normalement, le réservoir d'eau est rempli d'eau tous les 2 ou 3 ans mais seulement environ 10 % de ce volume de retenue sont considérés comme volume utilisable. Un barrage peut fournir de l'eau pour 10 à 500ha du terrain d'irrigation. Quand la retenue d'eau est peu,

ces barrages sont utilisés pour la culture des sorghos et des millets ou comme un terrain d'herbage naturel. Toutefois, l'utilisation active de l'eau de retenue pour l'agriculture n'est pas réalisée.

Les digues consistent en barrière en béton installée directement dans le sens du cours d'eau et souvent construites sur les parties où l'oued est étroit et les sédiments sur le lit d'oued sont peu épais. Ces digues sont construites en général sur les parties où les roches sont affleurées sur les deux rives et le lit d'oued. Le but de ces digues est le ralentissement de la vitesse de l'écoulement de l'eau lors des crues, la réduction de l'inclinaison des lits d'oueds, la protection contre l'érosion des lits d'oued et la recharge des nappes souterraines. 20 digues ont été construites dans la région de l'Adrar et 23 dans la région du Tagant. Récemment, on commence à construire ces digues même sur les sédiments d'oued. Ces digues sont réalisées par une barrière en gabions ou en béton posés au-dessus du géotextile qui est un géo-nouage en matière macromoléculaire perméable étendu sur un fossé creusé perpendiculairement par rapport au lit d'oued. La plupart d'entre elles sont pourvues d'un tablier à leur partie amont. La longueur de ces digues varie de quelques dizaines de mètres à plus de 100 mètres. Selon la situation de la croissance végétale naturelle en amont et la situation de la sédimentation des matériaux fluviaux, on peut estimer que dans l'ensemble ces ouvrages sont conformes aux objectifs fixés. Toutefois, beaucoup de ce type de digues a eu des dégâts très importants lors de l'inondation du mois d'août 2003. Les dégâts sont; i) les gabions ou le mur de béton tombés par l'abatage comme l'eau torrentielle a tourné près de la barrière ii) les sédiments non-consolidés étant creusés par l'inondation deviennent cours d'eau et iii) les cours d'eau en maille forment un seul cours d'eau étant concentrés et l'énergie ainsi concentrée a démolit les gabions. D'un autre côté, du fait que dans certaines de ces digues l'écoulement des eaux de surface n'a jamais eu lieu, la sélection de leur emplacement pose de problème.

Il a été rapporté qu'environ 38% en Adrar et 20% au Tagant parmi les ouvrages de barrages et des digues ont été endommagés. Conçus à partir des données pluviométriques par l'absence d'observation du débit d'oued, il est possible que la conception de ces ouvrages a sous-estimé la force de nature. L'envergure d'inondation étant importante et peut démolir les choses même si la probabilité de retour est faible. En outre, nous avons pu observer des cas de certains ouvrages qui sont couverts d'arbres ou percés par l'écoulement d'eau et qui ont ainsi perdu leur stabilité.



Photo: Barrage à Tenllaba au long de l'Oued Ouadane

G.5 Construction de nouveaux puits

G.5.1 Construction des puits

Lors de l'Essai préliminaire de la première phase en 2002, nous avons procédé à l'essai de l'irrigation des légumes des fermes de l'Etude Pilote de Toungad, de Tidjikja et de Nimlane par les puits existants dans les fermes. Nous avons en même temps effectué le monitoring du volume d'exhaure d'eau et de la fluctuation du niveau avant de commencer les Essais de l'Etude Pilote. Et la nécessité de construire les nouveaux puits destinés uniquement à l'irrigation des fermes pilotes a été révélée par cause de l'augmentation du volume d'exhaure par l'élargissement de la superficie d'irrigation. En outre, la structure géologique ou la productivité de l'aquifère près de la ferme étaient inconnues. Ces données, avec le résultat du monitoring, étaient indispensables par le point de vue hydrogéologique pour établir un plan d'utilisation d'eau. Ainsi la construction des nouveaux puits a été décidée. Pour la détermination des emplacements, les points suivants ont été tenus en compte. i) Emplacement et capacité de puits existant dans la ferme, ii) Distance minimum 100m par rapport aux puits existants mais pas loin de la ferme, et iii) Pression suffisante pour l'hauteur de chute. Et suivant la disposition de la ferme, les demandes des habitants ont été tenues en compte aussi. En même temps, les puits d'observation ont été creusés à proximité des puits de productions afin d'effectuer un suivi (monitoring) d'une longue période. Total 6 puits dans les 3 oasis ont été réalisés. Les puits d'observation ont pour but d'effectuer le monitoring stationnaire de la fluctuation du niveau d'eau de puits de production et dont la paroi a été faite uniquement pour la partie supérieure comme ces puits doivent refléter le comportement de l'aquifère. Les puits d'observation ont été placés dans les directions éventuelles de l'écoulement de l'eau souterraine ou présentent le gradient hydraulique le moins possible.

Les puits à Toungad et à Nimlane ont été creusés manuellement étant donné que les fermes pilotes se situent dans les plaines d'inondation proviennent d'oued et le sol est composé principalement par les couches tendres des dépôts de plaines d'inondation du sable et du limon non-consolidés. Concrètement, creuser en forme de carré (4m x 4m) et une fois atteint au niveau où l'eau commence à jaillir, creuser les fossés ronds de diamètre externe de 1,8-2,0m avec une largeur de 35-50cm et installer la fondation en béton armé après installation des armatures. Les parois ronds ont été réalisés par des pierres naturelles concassées en cubes avec le mortier. Le creusage a été continué jusqu'à ce que la profondeur de l'eau devienne au moins 2m (la profondeur nécessaire pour l'installation de la pompe manuelle). L'eau boueuse a été puisée par la motopompe, par le Shadouf ou par le sceau lors du creusage. La partie de jaillissement d'eau (l'aquifère) a une paroi nue sans être couverte pour ne pas empêcher le jaillissement d'eau. Lors de la construction, une attention particulière a été faite pour la sécurité en tenant compte de la géologie, du niveau d'eau ou de la facilité d'exécution. Nous avons essayé de creuser dans l'aquifère le plus profondément possible. Et remblayer chaque fois qu'une section de la paroi ronde termine et quand on atteint au niveau du sol, les travaux ont été achevés avec la construction de la margelle. Les puits d'observation, par rapport aux puits de production, se situent en direction de N86°W, et 38,5m de distance à Toungad et de S35°E et 31,5m de distance à Nimlane. La **Fig. G.5.1 (1) (2)** montrent la structure des puits et les coupes géologiques.

La ferme pilote de Tidjikja se situe dans la plaine d'inondation de l'oued Tidjikja. La structure géologique est composée d'une couche non-consolidée d'épaisseur de plusieurs

mètres couvrant irrégulièrement les roches de sable. Il est possible de puiser l'eau souterraine dans la couche des dépôts non-consolidés par des puits à proximité pendant les années de pluviométrie abondante, mais la période ne dépasse pas l'ordre de quelques jours. Il existait un puits bétonné abandonné pendant le creusage à cause de l'ensevelissement produit par l'inondation d'il y a une dizaine d'années. En jugeant qu'il est possible de l'utiliser en creusant de nouveau, nous avons planifié son creusage après avoir obtenu l'autorisation à travers l'AGPO. L'approfondissement a été réalisé avec les explosifs en faisant des trous dans les roches dures avec des pioches après avoir enlevé les sables. Et comme il existait en outre un autre puits qui n'a pratiquement pas d'eau dans la ferme, nous avons prévu de l'utiliser en tant que puits d'observation après son approfondissement. L'eau souterraine de ces deux puits provient de la fissure qui jaillit des fentes et des joints des roches de sables siliceuses, et on peut observer le jaillissement à partir de l'ouverture de puits. Les explosions et l'enlèvement des roches et des sables ont été continués jusqu'à ce qu'on obtienne 2m d'épaisseur d'eau. Enfin, nous avons creusé 5m et 2m respectivement dans ces deux puits. Malgré l'utilisation des explosifs, les travaux ont duré plus longtemps que prévu comme il s'agissait des travaux manuels avec des outils rudimentaires. Et, le jaillissement d'eau n'atteignait pas le niveau attendu au début comme il y avait pas mal de fuite par les fentes apparues par les explosions. Depuis, la quantité d'explosifs a été soigneusement ajustée afin d'obtenir le jaillissement d'eau de prévu. La margelle a été rehaussée de 80cm afin d'empêcher l'entrée des sables fins par le vent lors de la finition. Le puits d'observation se situe dans la direction de S38°E et à distance de 73,0m du puits de production. La **Fig. G.5.1 (3)** montre la structure de puits et la coupe de colonne géologique.

Le **Tableau G.5.1** montre le résumé des puits nouvellement creusés.

Tableau G.5.1 Profil des puits nouvellement creusés

Oasis	Code No.	Well Type	Latitude Longitude	Owner	Outer D. (cm)	Inner D. (cm)	Mouth H.(cm)	Well Dep. (GL-m)	Remark
Toungad	To-10	Production	20°03'22"N 13°08'05"W	Cheibany o/ Abdeina	180	110	67	7.90	
	To-11	Observation	20°03'22"N 13°08'05"W		186	120	100	6.75-7.90	Large stone in the bottom
Nimlane	Ni-7	Production	18°20'56"N 11°40'23"W	Hamoud o/ Aghlambitt	200	100	108	7.80	
	Ni-8	Observation	18°20'55"N 11°40'23"W		200	110	110	6.91	
Tidjikja	Ti-1	Production	18°33'32"N 11°26'07"W	Tehaoune Cooperative	260	190	77	11.28	Concrete frame until GL-5.40m
	Ti-2	Observation	18°33'31"N 11°26'05"W		222	200	79	10.89	Concrete frame until GL-4.62m

Source : Mission d'étude

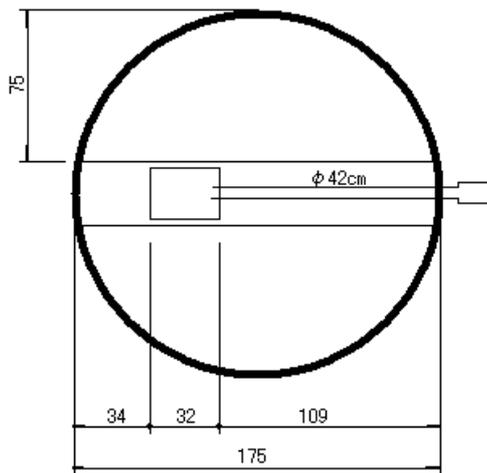
G.5.2 Installation de pompes

Il a été prévu d'installer les pompes manuelles dans les puits de production nouvellement creusés. La raison du choix de la pompe manuelle est l'utilisation durable de l'eau souterraine en tenant compte de la situation actuelle de l'Adrar où la baisse du niveau des eaux souterraines spectaculaire est observée depuis l'introduction des motopompes et du volume d'exhaure faible par un temps limité qui nécessite un effort physique. La baisse visible du niveau d'eau n'est pas observée dans le Tagant comme l'exhaure manuelle avec

Shadouf est courante dans cette région. La pompe manuelle a un point fort par rapport à l'exhaure actuelle avec Shadouf comme elle allège l'effort physique et permet l'exhaure par tout le monde. En plus, elle ne pose pas de problème technique et déjà familière aux habitants comme elle est déjà introduite dans quelques oasis.

La pompe manuelle "India Mark II" a été choisie par des critères de sélection suivants. i) Simplicité de la structure, ii) Facilité d'acquisition ou de remplacement des pièces de rechange, et, iii) Utilisée largement en Mauritanie. La pompe a été installée sur un socle métallique rectangulaire qui est fixé en béton au milieu de margelle. Et deux couvercles en forme de demi-cercle ont été bétonnés à deux cotés de socle (voir la **Fig. G.5.2**). La pompe est installée en position surélevée afin d'obtenir une maximum de hauteur d'eau qui permet l'écoulement d'eau par gravité. Pour cela, dans la ferme de Nimlane, les marches ont été installées sur la margelle afin de permettre le pompage. Au niveau de tous les puits de production, les pompes sont scellées avec des chaînes et de cadenas afin d'empêcher le vol des pièces de pompe ou l'exhaure excessive, et le responsable de la pompe enlève le cadenas lorsqu'ils utilisent. L'eau ainsi puisée passe dans un raccord connecté à la sortie d'eau de la pompe, retenue dans le réservoir de fût et utilisée pour l'irrigation soit avec un raccord de petit diamètre soit avec arrosoir.

Quelques pannes sont survenues bien que les pompes manuelles soient utilisées efficacement dans les fermes de l'Etude Pilote. La panne la plus fréquente était la fuite d'eau au niveau de connexion de la pompe qui a empêché l'exhaure du volume suffisant d'eau. Nous avons utilisé les bouts de tube de pneu étant donné que le problème est causé par la détérioration du joint en caoutchouc. Nous avons dû débrouiller pour les réparer à cause de l'impossibilité de trouver les pièces de rechanges dans la zone des oasis.



Source : Mission d'étude

Fig. G.5.2 Nouveau puits de production à Toungad

G.5.3 Amélioration des puits

Nous avons du effectuer la réparation des puits endommagés par l'inondation du mois d'août 2003 a causé des dégâts aux puits nouvellement creusés. Il s'agit de 3 puits de Nimlane et de Tidjikja. Pour les deux puits de Nimlane, l'eau de la pluie torrentielle a inondé les terrains bas et ainsi creusé le sol obturé autour des puits et les boues et les sables ont pénétré et entassé à l'intérieur de puits. Pour le puits de Tidjikja, l'inondation a creusé le sol autour du puis et a fait un trou d'environ 2m de profondeur au coté amont du puits. Ainsi les sables et les boues ont pénétré à l'intérieur de puits. Nous avons tout de suite commencé la réparation des puits. Obturer le trou ainsi formé avec des pierres concassées de différentes tailles et mettre le béton d'environ 1m de largeur autour de puits afin de les protéger contre l'abattage. La profondeur de puits d'origine a été rétablie par l'exhaure d'eau et le dragage des sables et des boues pénétrés à l'intérieur de puits.

G.6 Monitoring des eaux souterraines

Deux méthodes dont l'objectif est différent de l'une à l'autre ont été adoptées pour le monitoring des eaux souterraines. Première qui est effectuée en même temps que la culture des palmiers dattiers économe en eau avec participation des habitants consiste à saisir le comportement de l'eau souterraine par l'irrigation en mesurant la corrélation entre le changement du niveau d'eau souterraine et le volume d'exhaure par la mesure des niveaux d'eau statique et dynamique d'avant et d'après l'exhaure quotidienne. L'autre méthode a pour but de proposer un plan d'utilisation et de gestion d'eau équilibré par les points de vue de la préservation des ressources en eau et de l'utilisation pour l'irrigation tout en saisissant le comportement quantitatif et qualitatif de l'eau souterraine à long terme par la mesure du niveau d'eau (quantitatif) et la qualité d'eau (qualitatif) deux fois par mois dans les puits ci-dessus et les autres puits utilisés pour l'Essai de la culture maraîchère.

G.6.1 Monitoring des eaux souterraines avec participation des habitants

Les habitants ont effectué le suivi (monitoring) du niveau d'eau au niveau des zeriba en même temps que la vulgarisation de l'irrigation économe en eau qui vise l'utilisation durable de ressources en eau, afin de collecter les données de base pour établir un plan d'utilisation d'eau.

Concernant la culture des palmiers dattiers, il a été prouvé que la perte de distribution est importante et que les ressources en eau ne sont pas utilisées efficacement par l'irrigation traditionnelle avec les bassins et les canaux en terre. La méthode consiste en irrigation directe aux pieds des palmiers par les raccords reliés au réservoir en fût de gasoil qui est installé à coté de puits de production. La **Fig. G.6.1** montre le schéma de cette méthode. On peut obtenir le volume d'exhaure et d'irrigation par le nombre de fois de remplissage de fût pour l'arrosage. En même temps, la fluctuation du niveau d'eau a été mesurée et enregistrée. Ci-dessous est le résumé de la méthode, des problèmes, des mesures ou des perspectives du suivi (monitoring) par l'ordre du temps.

(1) Première phase

La Mission d'étude a effectué des séances de formation pour expliquer aux habitants que l'utilisation durable des ressources en eau est une chose essentielle pour la vie des oasis, et que la culture économe en eau a un aspect très important pour par ce point de vue. En même temps, nous avons expliqué aux habitants qui sont chargé des travaux de monitoring que le résultat de leur travail va se servir de données de base importantes pour la gestion d'eau même s'il leur paraît qu'on demande de faire des travaux inutiles à première vue.

1) Plan du monitoring

L'eau doit être retenue dans le réservoir avant d'irriguer pour permettre la mesure. Le réservoir est un fût de 200 litres équipé du robinet et de la graduation. Installer le réservoir à une position après avoir discuté avec le propriétaire de la ferme. La méthode d'enregistrement a été simplifiée que possible, par exemple, noter le nombre de fois qu'on a rempli le fût pour la mesure du volume d'exhaure.

Utiliser un instrument rudimentaire confectionné par la Mission d'étude pour la mesure du niveau d'eau de puits. Effectuer la mesure au moins deux fois par jour avant et après l'exhaure de la journée. On obtient le volume d'irrigation par le nombre de fois de remplissage du réservoir et la lecture de la graduation avant et après l'irrigation. Sélectionner un responsable du monitoring parmi les membres de l'association, mais la mesure est effectuée par les personnes en charge qui habitent à proximité de puits d'observation.

Les instruments rudimentaires de mesure d'eau ont été distribués et les réservoirs ont été installés dans l'oasis de Nimlane avant de démarrer le monitoring. La méthode d'utilisation, la méthode de mesure et d'enregistrement sur les fiches ont été enseignés par les membres de la Mission pour commencer le monitoring. Les problèmes sur la méthode de mesure ou d'enregistrement ont été vérifiés lors de cette phase préliminaire afin de porter des modifications avant le démarrage du vrai monitoring.

2) Sélection de fermes pour monitoring

Les points suivants ont été pris en considération lors de la sélection des fermes pour monitoring.

- Les fermes sont la propriété des membres de l'AGPO dont le propriétaire est compréhensif à l'exécution du monitoring.
- Les fermes du monitoring doivent être éparpillées dans l'ensemble de l'oasis sans être concentrées à un endroit afin de permettre le saisissement du comportement des eaux souterraines pour l'ensemble de l'oasis.
- Les fermes qui sont irriguées régulièrement.
- Les fermes dans lesquelles les palmiers à irriguer sont plantés dans le rayon de 10m à partir du puits.
- Les fermes possédant les puits qui permettent la mesure avec l'instrument du

niveau d'eau en sécurité et en précision.

3) Instrument et mesure

L'instrument de mesure a une structure avec une mesure en ruban d'une longueur soit 5, 10, 20m selon le niveau moyen d'eau des puits équipés du plomb au bout et d'un flotteur en plaque de plastique au point de 0m sur le ruban. Descendre le plomb du bout de ruban dans le puits et lire la graduation lorsque le flotteur touche la surface de l'eau tout en le vérifiant les ondes s'élargissent à un point fixe à côté de puits.

Le fût de gasoil est équipé d'une ouverture pour verser l'eau, du robinet, du tuyau gradué en transparent et d'un couvercle afin d'empêcher l'évaporation d'eau. Verser l'eau dans le réservoir en puisant l'eau manuellement ou avec la pompe afin de mesurer le volume de retenue (volume d'exhaure) par unité de remplissage de réservoir. L'irrigation a été réalisée avec un raccord qui verse l'eau directement au pieds des palmiers tout en ajustant le volume d'eau avec le robinet situé en bas du réservoir. Le volume d'eau moins d'un plein de fût a été mesuré par la lecture de la graduation sur le réservoir.

4) Problèmes et mesures lors de l'essai préliminaire

Etant donné que les problèmes suivants ont été révélés par suite de cet essai préliminaire du monitoring, nous avons essayé d'améliorer les instruments et la méthode de mesure pour commencer le monitoring.

- En ce qui concerne la précision, l'erreur par le ruban ployé était négligeable. N'ayant pas de margelle, nous avons obligé l'utilisation de la corde de sécurité pour une partie de puits lors des travaux de mesure. Et le point de la lecture de la profondeur a été fixé sur une roche et a été peint pour le marquage. Les personnes en charge ont souhaité d'avoir la réserve de l'instrument de mesure d'eau comme il s'agit d'une pièce consommable.
- Pour les puits dont l'exhaure est manuelle, l'installation verticale du fût de gasoil pour le réservoir nécessite plus d'effort physique lors du remplissage. Si on installe le réservoir en endroit surélevé afin d'obtenir plus de pression d'eau, nécessite d'avantage de force physique pour le remplissage. Pour cela, les réservoirs ont été installés verticalement si l'exhaure est faite par la pompe, et en position horizontale pour les puits à l'exhaure manuelle avec Shadouf afin de faciliter le travail de remplissage. Dans tous les cas, les réservoirs sont installés sur un support métallique par le point de vue de la stabilité du réservoir cylindrique.
- On ne peut pas irriguer directement du réservoir comme la température est trop élevée s'il n'y a pas d'un arbre sur le réservoir. Couvrir le réservoir avec un sac de chanvre mouillé afin de baisser la température d'eau par l'effet de l'évaporation.
- Les robinets de diamètre 3/4 pouces ont été remplacés par ceux plus grands de 3 pouces afin d'améliorer le rendement de l'irrigation.
- On ne peut pas effectuer une mesure bien fine avec la lecture de la graduation étant donné que les gens ont tendance à utiliser toute eau dans le réservoir dans

seul coup.

- La méthode simple de remplissage de fiche du monitoring a été examinée étant donné que la capacité de lecture des personnes en charge de mesure diffère l'une à l'autre.
- L'importance a été accordée sur la durabilité. Donc nous avons essayé d'alléger le plus possible les travaux des personnes en charge. Les membres de la Mission a vérifié les fiches du monitoring et la méthode du monitoring à chaque passage.

(2) Deuxième phase

L'objectif de cette phase était la vulgarisation de la culture des palmiers dattier économe en eau et le saisissement du volume d'utilisation d'eau actuel. Le monitoring des eaux souterraines a été effectué à; 5 fermes de Toungad en Adrar, 7 fermes de Lehoueitatt et 7 fermes de Nimlane au Tagant. Parmi eux, 3 fermes ont plusieurs puits à l'intérieur de la ferme. Une partie des puits irrigue les palmiers et les légumes qui sont cultivées sous les palmiers. Les ages des palmiers à irriguer varient. Le **Tableau G.6.1** montre la liste des puits de chaque ferme et la **Fig. G.6.2** montre la répartition des puits. Ci-dessous est le résumé de la situation par oasis.

1) Situation des oasis

Toungad

L'oasis de Toungad se situe dans le bassin fluvial de l'oued El Abiod et la plupart des oasisiens habitent sur la partie de l'ancien cours d'eau. Il s'agit d'un endroit obturé par les sables proviennent de l'oued ou les dunes. A l'extrémité du coté aval, apparaît le cours d'eau actuel de l'oued. Les fermes des palmiers sont bien réparties dans la vallée de l'ancien cours d'eau. Le niveau d'eau souterraine est en général élevé de 4-6m de profondeur. On observe l'affleurement d'eau souterraine au bout des dunes. Le niveau d'eau a une tendance de baisse plus on va en aval. Les zeriba ont des formes irrégulières et environ 30-90 palmiers y sont plantés. Les jeunes rejets de moins de 10ans et les adultes sont mélangés dans ces fermes. Les blés et les racinaires sont cultivés pendant la période de température modérée mais rien n'est cultivé pendant la période de haute température de juin à septembre. L'irrigation est effectuée par les motopompes installées sur le sol. L'eau puisée par la pompe est retenue dans le bassin en terre et les palmiers sont irrigués par les canaux en terre. La culture des palmiers est un travail des hommes. Le volume d'irrigation repose essentiellement sur l'expérience et l'instinct des agriculteurs donc n'est pas saisie d'une manière qualitative.

A premier coup d'œil, cette oasis a des ressources en eau abondantes et donc la motivation pour la culture économe en eau est basse. On observe la tendance de sur-irrigation par la facilité d'exhaure avec motopompe. Dans la zone de cours moyen et inférieur, nous avons observé l'eau souterraine dont la conductivité électrique est élevée. Mais les habitants reconnaissent que le fait d'irriguer abondamment donne l'effet du lessivage du sol.

Lehoueitatt

Tous les puits ont un niveau d'eau statique d'environ 5m de profondeur. Les puits ainsi que les zeriba sont répartis sur la digue naturelle de la rive gauche de l'oued el Tidjikja et sur les branches d'oued. Les fermes ont des formes irrégulières et environ 10-100 palmiers y sont plantés. La culture maraîchère sous les palmiers est pratiquée sur la rive gauche de l'oued, et même pendant la saison sèche et haute température, la menthe est cultivée en petite quantité. Tous les puits sont de type sans margelle et répartis dans les fermes. L'exhaure est effectuée manuellement avec Shadouf dans tous les puits, et l'eau retenue dans le bassin en terre est distribuée aux pieds de palmiers par les canaux en terre. Les travaux d'irrigation et de la gestion des palmiers sont à la charge des hommes et ceux de maraîchage sont à la charge des femmes.

Les gens irriguent les fermes en changeant les parcelles à irriguer chaque jour étant donné que les fermes sont concentrées dans une zone limitée et que le volume utilisable d'eau pour l'irrigation de cette oasis est faible. Toutefois, les habitants irriguent jusqu'à ce que le bassin du pied de palmier soit rempli. C'est parce que les gens pensent qu'ils n'arrosent pas trop abondamment, mais plutôt que les dégâts des termites ou de la salinisation du sol apparaissent si on diminue le volume d'eau à irriguer.

Nimlane

Les fermes des palmiers sont éparpillées dans la plaine d'inondation située à la rive droite de l'oued Nimlane et 20-60 palmiers sont plantés dans chaque ferme (zeriba). La culture maraîchère sous les palmiers est pratiquée en petite échelle pendant la saison de température modérée. Tous les puits se situant dans les fermes et l'exhaure est faite avec le Shadouf et l'irrigation par les bassins en terre. Les niveaux d'eau statiques sont environ 6m de profondeur. Les travaux d'irrigation et de la gestion des palmiers sont à la charge des hommes et ceux de maraîchage sont à la charge des femmes de groupement féminin.

La quantité des ressources en eau de cette oasis est estimée normale. Toutefois, on n'observe pas l'interférence entre les puits comme les fermes ont une distance adéquate l'une et l'autre. Les gens remplissent le bassin au pied du palmier comme le cas des autres oasis. Le nombre de palmiers ou la superficie sont limités comme l'exhaure est effectuée manuellement et l'irrigation est faite par la méthode de bassin en terre.

2) Evaluation et problèmes à résoudre

Culture des palmiers dattiers économe en eau

Bien qu'il soit l'un des facteurs principaux qui donnent l'influence à la production, la corrélation entre le volume d'eau d'irrigation des palmiers et le rendement n'a jamais été examinée jusqu'à présent. Cependant, le fait de saisir l'état actuel d'utilisation ou le comportement d'eau souterraine est un grand thème de l'Etude Pilote pour l'utilisation durable des ressources en eau.

La nécessité de la culture économe en eau des palmiers a été expliquée lors des séances de l'atelier ou de la formation technique comme dans la phase précédente en tenant compte de la réalité des ressources en eau. Et une partie des habitants ont dit des points suivants.

- On effectue la méthode d'irrigation par bassin depuis des centaines d'années et cela donne un résultat. Donc on ne veut pas introduire une nouvelle méthode d'irrigation.
- Si le volume d'irrigation est insuffisant, en perdant la résistance, les palmiers peuvent être endommagés facilement par la salinité, les insectes ou les maladies.
- On est conscient du problème du volume d'irrigation mais ne connaît pas d'autre méthode.

Bien sûr, ces paroles n'avaient pas tous de fondement technique mais il fallait vulgariser la culture économe en eau aux habitants. De ce fait, nous avons montré la méthode d'irrigation avec les dessins et expliqué que l'Essai de l'Etude Pilote est réalisé pour valider la possibilité d'économiser l'eau. Ainsi nous avons pu obtenir la promesse des habitants pour collaborer à l'Essai même si une partie des membres d'associations était sceptique.

Cependant, une fois commencé l'Essai en installant les matériels sur place, les propriétaires des autres fermes ont souhaité participer à l'Essai. Une partie des fermes de l'Essai a pu planter les rejets des palmiers suite à l'élargissement de la surface irrigable étant donné que le volume utilisable a été augmenté par l'Essai.

Monitoring des eaux souterraines

Une séance d'orientation pour l'utilisation de l'instrument, la méthode de la mesure ou de l'enregistrement a eu lieu avant de commencer le monitoring des eaux souterraines. Une séance en rassemblant les personnes concernées a eu lieu premièrement avant de procéder à un essai au niveau de chaque ferme. Mais comme les données enregistrées à titre d'essai avaient des problèmes, les membres de la Mission d'étude ont montré la procédure du monitoring dans chaque ferme afin que les gens puissent comprendre et apprendre comment faire. Et la méthode de remplissage des fiches a été re-vérifiée en demandant aux gens de remplir devant les membres de la Mission. Nous avons vérifié la méthode de mesure et les données à chaque passage afin de porter la modification. Le **Tableau G.6.2** récapitule les problèmes survenus et les mesures prises pour le monitoring des eaux souterraines pour la culture économe en eau des palmiers.

(3) Troisième phase

1) Evaluation et problèmes à résoudre

Il existe une différence de taille des fermes de palmiers et de la méthode d'exhaure d'eau dans les deux régions. Ainsi l'environnement entourant la culture économe en eau est fondamentalement différent. Le plus grand problème pour l'exécution du

monitoring est la durabilité. En effet, le monitoring est suspendu dans l'oasis de Tougad où l'exhaure est effectuée avec les motopompes depuis la fin de l'année 2002. En outre, les travaux du monitoring n'ont pas été exécutés d'une manière régulière dans les oasis de Lehoueitatt et de Nimlane pourtant l'exhaure y est effectuée manuellement. Nous avons examiné les causes par les points de vue logistique et du logiciel.

En Adrar, la surface de zeriba est relativement large et l'exhaure par motopompe est courante. C'est pour cela que la culture économe en eau de petite envergure avec le réservoir d'eau en fût de gasoil et les raccords n'a pas pu avoir lieu comme prévu. Suite à une enquête que nous avons effectuée afin de saisir les causes et de prendre des mesures rapides, les gens ont cité des points suivants bien qu'ils aient reconnus des points forts de la culture économe en eau tels que l'allégement de la perte d'eau de distribution.

- Le fait de devoir marcher la pompe chaque fois qu'on doit remplir le réservoir d'eau de 200 litres nécessite plus de main d'œuvre et le coût de service de la pompe.
- Ce système ne correspond pas à la situation de leur ferme étant donné qu'il ne peut qu'irriguer seulement 1 ou 2 palmiers chaque fois qu'on fait le plein de réservoir, pourtant on doit arroser quelques dizaines de palmiers pour la journée.
- On ne peut pas irriguer tous les palmiers puisque le raccord relié au réservoir n'a pas de longueur suffisante (environ 10-15m).

Ainsi en relevant les problèmes par les points de vue du temps, de l'économie, de la gestion ou de la main d'œuvre, nous avons compris que la méthode du monitoring introduite ne correspond pas à la réalité. Donc, à partir de la troisième phase, il n'existait plus de ferme où les gens procèdent au monitoring quotidiennement. La motivation n'a pas pu être élevée par l'explication du sens ou la méthode de monitoring lors des séances de la formation technique ou de l'atelier étant donné que la plupart des habitants ne ressentent pas la crise du tarissement des ressources en eau comme réalité. Toutefois, la mesure était continuée même s'il s'agit d'une manière intermittente au niveau d'un petit nombre de puits suivis. Ainsi ces gens ont commencé à avoir une habitude de vérifier visuellement le niveau d'eau avant et après l'exhaure quotidienne en saisissant les caractéristiques de la fluctuation du niveau d'eau de chaque ferme. Et la méthode de remplissage des fiches de monitoring a été encore une fois simplifiée afin de faciliter d'avantage par cause de l'existence des habitants ayant des difficultés pour l'enregistrement.

Au Tagant, le contexte pour la fixation de la méthode de culture économe en eau était en place étant donné que la taille des zeriba était petite, que le nombre de palmiers à irriguer était limité et que l'exhaure est effectuée manuellement avec le Shadouf. La méthode de culture économe en eau a été communiquée aux autres habitants ou aux autres oasis verbalement. Il existe même des fermes dans lesquelles les propriétaires ont installé les matériels similaires par propre moyen pour effectuer la culture économe en eau. Nous pouvons citer comme problème constaté, le fait que les travaux du monitoring ont été négligés une fois finie la période de culture maraîchère. En outre, le monitoring a été suspendu au niveau de quelques fermes par cause de

l'absence des personnes en charge qui sont parties en nomade suite au manque de pâturage pendant la période de 2002- fin 2003. Il existe par ailleurs des puits dont le monitoring est devenu impossible à cause du tarissement de l'eau souterraine dû au manque de pluie. Deux puits de Tagant (Ni-3-2 et Le-6-1) correspondent à cela.

En ce qui concerne les matériels, la fuite d'eau a été observée au niveau des robinets de réservoirs à cause de mauvais soudage. La fuite d'eau a été observée en outre au niveau des raccords fissurés par la détérioration. Les habitants procèdent à la petite réparation avec les matériaux locaux, mais la Mission a du faire la réparation pour la plupart des cas.

La Mission d'étude a expliqué du résultat du monitoring des eaux souterraines et de sa possibilité pour l'utilisation durable des ressources en eau aux habitants lors des séances de la formation technique. Cependant, malgré la reconnaissance pour l'utilisation efficace des ressources en eau, les habitants ont une tendance de choisir une méthode traditionnelle et facile lorsqu'ils procèdent à l'irrigation. Nous pensons qu'il est nécessaire d'expliquer et de convaincre pendant longue période tout en montrant les résultats visibles pour changer leur habitudes envers les ressources en eau. Et si on examine le contexte social et culturel qui accueille les travaux de monitoring par la participation des habitants, le nombre de participants diminue d'une manière spectaculaire une fois appris qu'ils n'auront pas du résultat immédiat ou de la "contrepartie". Toutefois, il existe des petites fermes qui continuent la culture économe en eau des palmiers. Désormais, il sera nécessaire de répercuter le résultat obtenu par la culture économe en eau de ces fermes aux autres.

2) Modification du monitoring

Pour que le monitoring avec participation des habitants donne le résultat, le fait que les habitants procèdent aux travaux de monitoring d'une manière durable avec motivation est essentiel. Nous avons effectué les séances de formation technique dans chaque oasis de nouveau en convaincant les AGPO afin d'expliquer du sens du monitoring d'une manière compréhensive avec les données collectées et le comportement de l'eau souterraine obtenu à partir de ces données. Nous avons essayé de ne pas imposer une méthode du monitoring et avons pris des soins pour que la méthode soit réalisable et ne donne pas de trop de charge aux habitants. Par exemple, la méthode a été modifiée pour que la personne en charge puisse changer à son gré l'heure de mesure ou le nombre de mesure suivant la nécessité de leurs travaux d'irrigation.

Le monitoring des eaux souterraines avec la culture économe en eau des palmiers a été commencé vers mi-fin juin 2002 dans toutes les 3 oasis. Le **Tableau G.6.3** montre l'enregistrement par chaque puits suivi. Les erreurs évidentes de la mesure ou d'enregistrement sont considérées manquantes.

G.6.2 Monitoring des eaux souterraines mené par la Mission d'étude

Durant l'étude de la situation des oasis de la première phase, la Mission d'étude a visité nombreuses oasis et a procédé à la mesure des quelques paramètres de l'eau souterraine. Le

résultat de cette mesure est montré dans le **Tableau G.6.4**.

En plus du monitoring des eaux souterraines relatif à la culture des palmiers dattiers économe en eau avec la participation des habitants, la Mission d'étude a effectué le monitoring des 44 puits deux fois par mois lors de la visite des oasis. Il s'agit de 19 puits de la culture économe en eau des palmiers, 17 puits de l'Essai de la culture maraîchère, 6 puits construits nouvellement, 1 puits qui se situe à un terrain bas entre les dunes et un robinet d'eau de ville utilisée pour l'irrigation. Si on les divise par chaque oasis, 5 puits à Tenllaba, 5 puits à Tawaz, 12 puits à Toungad, 8 puits à Lehoueitatt, 3 puits à Tidjikja et 11 puits à Nimlane (voir le **Tableau G.6.5**). La période du monitoring la plus longue est environ 2ans du début mai 2002 au avril 2004.

L'instrument de mesure d'eau électrique, le conductivimètre (pour la conductivité électrique) et le pHmètre ont été utilisés pour la mesure. Chaque fois, nous avons payé une attention particulière pour le calibrage des instruments afin de minimiser l'erreur de mesure et avons utilisé deux instruments. Les points à vérifier sont; la profondeur de puits, le niveau statique d'eau, la conductivité électrique, la pH et la température. Au début, comme nous n'avons pas fixé l'heure de mesure, la possibilité que le niveau d'eau dynamique soit mesuré au lieu de statique a été signalée. Nous avons ensuite déterminé l'heure de la mesure au petit matin afin d'uniformiser les données. La profondeur de puits a été mesurée chaque fois étant donné qu'elle varie par l'entrée des sable, le dragage ou l'approfondissement. Comme mentionné ultérieurement, nous avons effectué un essai simplifié de pompage d'eau parallèlement au monitoring afin de saisir le coefficient hydraulique. Pour certains puits, le volume de baisse du niveau d'eau lors de l'irrigation a été mesuré.

Le **Tableau G.6.6** montre les données du monitoring et la **Fig. G.6.3** montre l'évolution au fur et à mesure du temps.

Ci-dessous sont les caractéristiques des points de monitoring de chaque oasis.

(1) Niveau d'eau statique

1) Adrar

Tenllaba

Il s'agit d'une oasis qui se développe sur l'oued Ouadane. Tous les puits suivis montre la même tendance étant donné que les conditions hydrogéologiques sont similaires. Le niveau d'eau se situe au niveau peu profond plus on approche au lit d'oued. La tendance du niveau d'eau montre en générale une descente légère, malgré la montée du niveau observée au début août 2003 et à la fin janvier 2004 après la chute de pluie.

Tawaz

La tendance de la fluctuation de l'eau souterraine ressemble dans tous les puits comme tous ces puits puisent l'eau de fissure. Surtout, la tendance des 3 puits qui se situent à Agadir une dizaine de kilomètre du centre de Tawaz montrent une tendance

presque identique. La montée visible du niveau d'eau a été observée après la chute de pluie du début juillet, du début août et mi-octobre. Surtout, la différence du niveau entre celui le plus bas (moment de tarissement) et celui le plus haut (moment le plus abondant) du puits Ta-5 atteint environ à 10m (voir la **Fig. G.6.4**). La baisse naturelle et la baisse par l'exhaure d'eau sont observées après la dernière chute de pluie.

Toungad

La tendance de fluctuation varie par le fait que la différence des conditions hydrogéologiques comme les puits suivis sont éparpillés dans une zone assez vaste de l'oasis. En général, le niveau stagne en générale bien que la fluctuation de quelques dizaines de centimètre soit observée. Une montée légère a été observée après la chute de pluie de mi-août et de la fin octobre. Seuls les puits To-3 et To-7 ont montré une montée spectaculaire d'environ 3m à cause de l'eau de surface qui descende du talus des roches. Le puits To-8 qui se situe à l'intérieur de la dune maintient un niveau d'eau stable même après la chute de pluie. Tandis que le puits To-6 qui se situe sur le front des dunes de sable maintient la tendance de montée du niveau pendant longtemps et même maintenant (avril 2004) grâce à l'influence de l'écoulement d'eau souterraine sous les dunes.

2) Tagant

Lehoueitatt

La tendance de légère baisse naturelle était observée jusqu'à la chute de pluie de mi-août 2003 quand une montée d'environ 1m a été observée. Depuis la tendance est redevenue à la légère baisse. Toutefois, ayant les conditions hydrogéologiques différentes par rapport aux autres, le puits Le-2 qui se situe loin de l'oued maintient une tendance de hausse du niveau d'eau.

Tidjikja

A peu près le même niveau était maintenu jusqu'à la pluie de mi-août lorsqu'il y eu un montée spectaculaire du niveau d'environ 8m (voir la **Fig. G.6.4**). Le fait qu'il existe un décalage du temps de la montée du niveau d'eau du puits de production et de l'observation est éventuellement causé par la différence de position hydrogéologique. Le niveau d'eau a baissé beaucoup depuis mi-octobre. Mais avec l'ajustement du volume d'exhaure commencé à partir du début janvier la baisse devient plus lente et montre une tendance de stabiliser. Nous ne connaissons pas encore la raison par laquelle le niveau d'eau de fissure dans cette oasis montre une montée brusque après la chute de pluie par rapport à l'eau libre à l'intérieur de la couche non-consolidée.

Nimlane

La fluctuation du niveau d'eau a été observée au niveau de tous les puits suivis. Elle évolue entre 6-7m de la profondeur avec une légère fluctuation. Une montée du niveau d'environ 1m a été observée après la pluie de mi-août, mais la tendance est

devenue à une légère baisse naturelle.

(2) Conductivité électrique

1) Adrar

Tenllaba

Elle évolue entre 400 et 1000 μ s/cm avec une fluctuation de 100 -200 μ s/cm. Il est à noter que les puits Te-1 et Te-4 montrent une valeur élevée lors de la remontée du niveau d'eau.

Tawaz

En principe, elle évolue à un niveau élevé entre 1500 et 2700 μ s/cm pour l'ensemble de Tawaz. Par contre, elle est relativement faible dans le quartier d'Agadir. En effet elle évolue entre 600 et 1400 μ s/cm pendant toute l'année à l'exception de la période de décembre – février dans laquelle la valeur est élevée.

Toungad

Presque tous les puits montrent la valeur inférieure à 2000 μ s/cm qui évolue d'une manière stable. Les puits To-3 et To-7 qui ne reçoivent pas beaucoup d'influence de l'eau de surface de l'oued montre les valeurs supérieures à 2000 μ s/cm. Il y a des cas de chute de valeur d'environ 2000 μ s/cm après la pluie. Les puits suivis qui se situent aux terrains bas entre les dunes et sur le front des dunes évoluent avec une bonne valeur de moins de 1000 μ s/cm.

2) Tagant

Lehoueitatt

A l'exception du puits Le-2, tous les puits montrent une valeur inférieure à 2000 μ s/cm. Surtout, les puits à côté du lit d'oued montre les bonnes valeurs entre 200 et 300 μ s/cm.

Tidjikja

Les puits suivis montrent une bonne valeur de moins de 500 μ s/cm. Quant au l'eau de ville utilisée pour l'irrigation de la saison sèche, la valeur a chuté de 2000 à 700 μ s/cm depuis le changement de forage source d'eau.

Nimlane

Les valeurs sont inférieures à 1000 μ s/cm dans tous les puits suivi. Elle évolue avec une petite fluctuation.

(3) pH

1) Adrar

Les eaux de toutes les oasis montrent une légère alcalinité qui évolue entre 7,20 et 7,80 pendant la saison de pluie et entre 7,80 et 8,20 pendant la saison sèche donc relativement élevée. A Tenllaba et à Tawaz l'eau a une tendance de montrer une valeur de pH plutôt faible après la pluie.

2) Tagant

Elle évolue entre 7,0-8,5 à Lehoueitatt et à Nimlane dont les eaux proviennent de la couche du sol non-consolidée. Par contre elle évolue avec une valeur relativement élevée de 8,0-8,5 à Tidjikja. La tendance est similaire dans une même oasis. On observe rarement une montée ou une descente de plus de 1,0, mais la raison est incertaine.

(4) Température d'eau

1) Adrar

La température d'eau a une cohérence avec celle d'extérieur étant donné que les puits sont ouverts. Elle reste plutôt basse entre le mois de novembre et avril et élevée entre mai et octobre. Au mois de juillet-août, la température monte jusqu'à environ 30 °C et descend jusqu'à 23-27 °C au janvier-février. On observe rarement les puits dont la température descend moins de 20 °C au mois de janvier.

2) Tagant

La température d'eau a une cohérence avec celle d'extérieur étant donné que les puits sont ouverts. Elle reste plutôt basse entre octobre- février et élevée entre mars-septembre. La température monte surtout pendant la période du mai-septembre jusqu'à 30 °C et descend jusqu'à 24 °C pendant octobre- avril.

Parmi les points du monitoring, la fluctuation du niveau statique d'eau est causée par la combinaison complexe des facteurs naturels (la pluie, l'évapotranspiration, la pression d'air, le niveau d'eau d'oued ou les marées) et des facteurs humains (l'exhaure d'eau, l'irrigation et drainage d'eau ou le changement structurel des puits). Les phénomènes principaux concernant la fluctuation du niveau d'eau de la zone de l'étude sont la pluie, l'évapotranspiration, l'exhaure et l'irrigation etc. Comme le montre la **Fig. G.6.4**, le phénomène de la fluctuation du niveau par la précipitation montre en général une tendance de montée du niveau après la pluie importante ou longue et de la baisse lente pendant la saison sèche. Les puits ayant les grandes ouvertures et sans couvercle reçoivent l'influence de l'évapotranspiration. Au niveau des puits à l'exhaure par pompe, on observe couramment la baisse du niveau d'environ 2-3m par une fois d'irrigation. En outre, on voit souvent l'exhaure d'eau avant le rétablissement du niveau d'eau. Avec tout cela, on observe la baisse du niveau causé par l'exhaure en plus de la baisse naturelle pendant la période de l'irrigation. Et on doit penser que le surplus d'eau d'irrigation des fermes à proximité entre dans les puits.

Si on examine le monitoring des niveaux d'eau souterraine, la baisse notable du niveau n'a pas été observée dans beaucoup de puits. Même dans les oasis de Tenllaba et de Tawaz où l'exhaure par motopompe est effectuée la baisse du niveau d'eau était l'ordre de quelques dizaines de cm dans les puits qu'on a continué à puiser l'eau pendant une heure avec la pompe tous les jours pour la période de 6 mois sans pluie. La montée et la baisse du niveau d'eau ont été observées par la pluie du mois d'août 2003. Nous pensons que la baisse du niveau naturelle et par l'exhaure et la remontée du niveau par la pluie apparaissent alternativement avec le cycle de quelques années. Nous ne connaissons pas encore combien l'exhaure d'eau influence la baisse du niveau d'eau en plus de celle naturelle, mais si on voit le fait que le niveau d'eau des puits du Tagant à l'exhaure manuelle rétablisse rapidement, nous fait penser que la baisse du niveau par l'exhaure d'eau est négligeable. Nous avons un cas exceptionnel d'un puits à proximité des dunes de Toungad qui montre une tendance continue de la montée d'eau. On peut l'expliquer par le fait que ce puits est alimenté d'une manière stable en eau souterraine sans être perdue grâce aux dunes provient de l'eau de pluie d'amont rechargée et écoulee sous les dunes. On peut dire par tout cela que les ressources en eau souterraines couvertes par les dunes ont un potentiel du développement assez élevé. Toutefois, il nous est pensé raisonnable de nous baser sur les phénomènes naturels de la diminution des ressources en eau pour l'établissement du plan d'utilisation d'eau. Nous avons réalisé l'analyse de l'eau souterraine pour une zone vaste du point 7.2.3 du rapport principal avec ce point de vue.

G.6.3 Perspective du monitoring des eaux souterraines

Sur la base du résultat du monitoring des eaux souterraines et de son évaluation, la Mission d'étude expliquait aux habitants que le monitoring contribue à l'utilisation durable des ressources en eau à chaque séance de la formation technique. Cependant, malgré la reconnaissance pour l'utilisation durable des ressources en eau, les habitants ont une tendance d'opter leur choix à la méthode traditionnelle et facile pour effectuer les travaux de l'irrigation. . Nous pensons qu'il est nécessaire d'expliquer et de convaincre pendant longue période tout en montrant les résultats visibles pour changer leur habitudes envers les ressources en eau. Et si on examine le contexte social et culturel qui accueille les travaux de monitoring par la participation des habitants, le nombre de participants diminue d'une manière spectaculaire une fois appris qu'ils n'auront pas du résultat immédiat ou de la "contrepartie". Toutefois, il existe des petites fermes qui continuent la culture économe en eau des palmiers. Désormais, il sera nécessaire de répercuter le résultat obtenu par la culture économe en eau de ces fermes aux autres.

Faisant face au tarissement des ressources en eau, l'habitude de vérifier le niveau d'eau avant l'exhaure est en train de devenir une routine au niveau des fermes pilotes de Lehoueitatt. En effet, nous avons pu observer les fermes dans lesquelles on effectue une gestion d'eau durable en ajustant le volume d'eau d'irrigation. Par ailleurs, les groupements des femmes gèrent l'exhaure d'eau au niveau de la ferme pilote de Tidjikja en limitant les heures d'exhaure en 2 heures par jours sur l'accord commun. La baisse du niveau d'eau est en train de stabiliser grâce à cet effort.

G.7 Etude relative à l'eau souterraine

G.7.1 Etude sur la productivité de l'aquifère

Les essais de pompage ont été effectués au niveau des puits de production dans les fermes de l'Etude Pilote, des puits existants ou des puits du monitoring afin de saisir la productivité de l'aquifère et d'obtenir les données de base pour l'analyse globale de l'eau souterraine. Jugé par le principe de l'étude qu'on vise l'utilisation durable de l'eau, nous avons utilisé les moyens d'exhaure d'eau sur place et non pas avec une motopompe pour l'essai. Nous avons fait ce choix par le principe de notre étude en jugeant qu'il ne faut pas gaspiller l'eau même s'il s'agit d'un essai de pompage d'eau. Pour cela, cet essai a été réalisé parallèlement à l'irrigation de la matinée qui est effectuée en principe quotidiennement. Par la même raison, une méthode simplifiée sans l'essai de pompage progressif a été choisie. Toutefois, préalablement à l'essai, nous avons essayé de saisir le volume approximatif d'exhaure en questionnant les personnes en charge de l'irrigation. On doit dire que la précision ne peut être attendue avec cette méthode, mais notre but était de saisir en gros l'ordre du coefficient hydraulique. Néanmoins, nous avons procédé à l'essai avec maximum du nombre de puits afin de valider. Pour certains puits, nous avons procédé à un deuxième essai après la chute de pluie. Afin d'assurer la vitesse constante d'exhaure avec les moyens humains d'exhaure, les méthodes suivantes ont été appliquées.

- Au niveau des puits nouvellement creusés et équipés de la pompe manuelle, former un groupe des tireurs d'eau avec quelques personnes. Ces gens ont été entraînés avant l'essai pour qu'ils puissent changer rapidement.
- Pour les puits à l'exhaure avec Shadouf, le tireur d'eau et son assistant ont maintenu une cadence d'exhaure constante.

Les puits d'essai ont les parois. Mais le fait que la paroi n'existe pas à la section de l'aquifère, nous avons jugé que cela ne pose pas de problème à l'essai. Le débit a été calculé à partir du temps d'exhaure pour faire le plein d'un fût ou deux (200-400 litres). La procédure de l'essai est comme suit. L'essai consiste en méthode d'un puits simple et l'essai de pompage continu et du rétablissement a été appliquée.

- 1) Mesurer le niveau statique d'eau et la qualité d'eau avant de commencer l'essai.
- 2) Mesurer le temps nécessaire pour remplir le réservoir en fût de gasoil afin d'obtenir le débit de la pompe et le volume d'unité lors du commencement de l'essai.
- 3) Mesurer et enregistrer l'évolution du niveau d'eau à l'intervalle d'un temps préalablement déterminé avec l'instrument de mesure électrique.
- 4) Terminer l'essai de pompage continu quand on atteint le niveau maximum d'exhaure et commencer l'essai de redressement du niveau.
- 5) Mesurer et enregistrer le redressement du niveau d'eau par intervalle d'un temps préalablement déterminé.
- 6) Terminer l'essai de redressement lorsque l'eau atteint au niveau initial.

Cet essai de pompage a été réalisé au niveau des 32 puits dont 10 puits des fermes des Essais de l'Etude Pilote, 3 puits de productions nouvellement creusés, 18 puits du monitoring et un autre puits. Comme nous avons répété l'essai des 12 puits pour saisir l'évolution de la productivité de l'aquifère après la chute de pluie, le nombre de l'essai atteint total à 45. Le

Tableau G.7.1 montre le résultat de cet essai de pompage. La méthode de Jacob et de la redressement qui permettent l'analyse sur place ont été utilisées pour obtenir le coefficient de la transmissivité (T : m^2/sec), le coefficient de la perméabilité (K : m/sec) et le coefficient de retenue (S). La **Fig. G.7.1** montre le plan d'analyse par essai de pompage et le **Tableau G.7.2** montre la liste des constantes hydrauliques.

Comme résultat, la productivité est jugée normale ou basse étant donné que la transmissivité et le coefficient de perméabilité étaient l'ordre de 1×10^{-3} et 10^{-4} dans l'ensemble des puits. Et la valeur du coefficient d'emmagasinement varie entre 1 et 1×10^{-2} qui montre qu'il s'agit d'une aquifère non-confinée et que le niveau d'eau est libre. Nous avons examiné le changement des constantes hydrauliques après la pluie de août-septembre 2003, mais le changement n'a pas été observé au niveau de presque tous les puits.

Ainsi, on ne peut pas observer le changement de la productivité de l'aquifère même s'il y a la montée du niveau d'eau après la pluie comme le potentiel de l'eau souterraine de la zone de l'étude est bas. L'économie d'eau est indispensable pour l'utilisation durable des ressources en eau par ce point de vue aussi.

G.7.2 Etude hydrogéologique

On peut penser que la recharge de l'eau souterraine se produit d'une manière concentrée sur le long de l'oued lors de la pluie importante et de l'inondation. Nous avons donc pensé pouvoir éclaircir l'historique de la recharge en obtenant les informations sur ces phénomènes naturels. Par ailleurs, nous avons pensé qu'il est possible de saisir l'environnement de la sédimentation relatif à la recharge d'eau souterraine en observant les dépôts par le point de vue hydrogéologique.

Les 23 trous d'essai au total dont la profondeur est entre 1,5-2,0m au milieu du lit d'oueds principaux qui coulent les oasis concernées (Slil, Chinguetti et Segelil, El Abiod en Adrar, Tidjikja, Nimlane et N'beika au Tagant). La **Fig. G.7.2** montre les points de l'essai. Nous avons creusé uniquement les dépôts non-consolidés, et le creusage a été stoppé avec l'apparition de substrats rocheux imperméables. La forme de trous devait être carrée (2,0 x 2,0m) ou rectangulaire (2,5 x 1,0 m) et le fond plat afin de permettre l'observation en trois dimensions. Les photos ont été prises pour établir les colonnes géologiques. La **Fig. G.7.3** montre les colonnes de chaque trou d'essai. Les échantillons pour l'étude de la recharge d'eau souterraine ont été prélevés du mur des trous.

Si on voit les dépôts et l'environnement de la sédimentation, les dépôts de l'oued sont composés des sables à grain fin et moyen, accompagnés du lit croisé et les couches minces de sables fin, de limon, de sables grossiers et des graviers. Dans la zone des dunes, on trouve principalement les masses de sables à grain fin. Dans le sol du torrent boueux, les dépôts contenant les sables grossiers ou les graviers sont dominants. Par contre, dans le sol dont la vitesse d'écoulement d'eau est lente, les sables à grain fin accompagné du lit croisé sont formés. On peut penser que les limons sont entassés sur les terrains creux ou sur le long de l'oued lors de la pluie torrentielle.

Une attention particulière a été faite aux événements géologiques tels que le lit congloméré, le lit croisé ou la couche du silt par l'ordre d'importance pour l'indication de la crue ou la formation d'étang. Le lit congloméré peut indiquer l'amplitude de la crue à partir de l'épaisseur du lit, des dimensions et de la rondeur des graviers ou du pourcentage de mélange

de gravier. Le lit croisé peut être formé dans la couche du sable paléo-géologique sous le courant rapide, variable, irrégulier au niveau du lit peu profond. Toutefois, il faut faire attention car la structure similaire est observée chez les dépôts éoliens. En général, les petits graviers sont mélangés sur le long de feuillet chez les premiers. Par contre, les derniers sont composés principalement par les sables à grain uniforme. Les composants géologiques du lit croisé permettent d'indiquer la vitesse et l'amplitude de la crue, par exemple le sable à grain moyenne ou grossier indique une inondation puissante, et le sable à grain fin seule l'écoulement d'eau lent. D'autre part, une couche limoneuse indique qu'une couche mince est déposée sur les flaques d'eau dans les bassins au long de l'oued formée par l'inondation ou la forte précipitation. Quand on voit la sédimentation importante de la couche limoneuse, ce terrain était éventuellement marécageux pendant une longue période.

L'oued Slil coule vers Guelb Er Richat de la direction du nord-est. La partie supérieure du lit d'oued est composée principalement par les dépôts éoliens ou les dépôts d'oued accompagné du lit croisé qui contient une couche de limon provient de flaque d'eau. Dans la partie amont on observe deux niveaux de dépôts d'inondation accompagnés des graviers. Dans le bassin aval de Ouadane, la couche épaisse des dépôts de lac est entassée.

N'ayant pas d'antécédent notable d'inondation, les dépôts de flaques d'eau sont éparpillés à l'oued Chinguetti.

Les trous ont été creusés à 5 endroits de Tawaz, Amdar, Atar, Taizent et Ain Ehl Tayaa sur le long de l'oued Segelil qui coule à travers le département d'Atar du nord au sud. En amont, les dépôts non-consolidés couvrent légèrement l'aquiclude. Plus on va en aval, la couche des graviers devient épaisse, les diamètres de graviers deviennent plus importants et le degré d'usure augmente. Avec tout cela, nous pouvons savoir l'envergure d'inondation était plus important au côté aval de l'oued. On peut vérifier au moins 5 inondations dans cet oued. Il est pourtant possible qu'une couche aquiclude composée des dépôts éoliens du limon ou les sables à grain fin pendant la période entre les inondations. A Atar, les traces d'inondation sont détectées avec au moins 4 couches de conglomérats à la profondeur de plus de 115cm depuis la surface du sol. A Ain Ehl Tayaa qui se situe en aval de même oued, beaucoup de traces d'inondation ont été identifiées comme le sol est composé principalement des conglomérats, des sables à grain moyenne/grossier et des graviers. Les dépôts éoliens tendres et fins se situent plus profonds que 165 cm depuis la surface du sol. Au long de l'oued El Abiod, des trous d'essai ont été creusés aux 8 endroits de Maaden, Aoujeft, Toungad et Meyleh. Les dépôts d'oued accompagné du lit croisé et des sables fin avec limon se sont superposés et les dunes de sables et les inondations se sont répétés alternativement comme les traces visibles des inondations qui peuvent transporter beaucoup de graviers n'ont pas été observés. En aval de Toungad, la colonne géologique montre la petite amplitude d'inondation étant donné que le sol est composé principalement du silt, du gravier à grain fin et moyenne avec lit croisé.

Au long de l'oued Tidjikja, un trou d'essai pour chacun des 4 points a été creusé. Ces 4 points sont ; Tidjikja I, Tidjikja II, Lehoueitatt et Rachid par ordre de l'amont à l'aval de l'oued. Tous les sédiments des puits sont d'origine fluviale qui sont composés du sable à grain fin et moyenne avec des morceaux de gravier et des lits croisés. Cela prouve que l'amplitude d'inondation était toujours petite.

L'oued Nimlane est composé des dépôts formés par l'écoulement d'eau d'une vitesse ordinaire même si on voit les traces d'écoulement sur la surface. Les dépôts formés par l'écoulement d'eau de vitesse lente et des dépôts du lac se sont superposés à Ledheima en amont de l'oued N'beika.

Ainsi en examinant les dépôts d'oueds, nous pouvons savoir que les dépôts de l'écoulement d'eau composés des sables grossiers avec les graviers qui forment une couche perméable, les dépôts de limon éoliens ou proviennent du lac qui forment une couche imperméable ou les sables fins et uniformes se croisent même s'il s'agit d'une profondeur de 2m. Les couches des dépôts à grains grossiers formées par la forte pluie ou par l'eau de surface d'inondation occupent une place importante pour l'infiltration ou l'écoulement d'eau souterraine. L'analyse hydrogéologique détaillée est donc attendue.

G.7.3 Etude sur la recharge d'eau souterraine

(1) Essai de perméabilité in situ

Un essai de perméabilité in situ a été effectué afin d'étudier la perméabilité du sol et du sous-sol en même temps que le creusage des trous d'essai sur les lits d'oued et les terrains bas entre les dunes.

La méthode d'essai consiste à creuser un trou circulaire de 20cm de diamètre et 50cm de profondeur, et arroser l'eau régulièrement tout en gardant un niveau constant d'eau. En utilisant ce déversement régulier en tant que paramètre, le coefficient de la perméabilité a pu être obtenu avec une simple équation. Afin d'alléger l'influence de l'essai de la couche supérieure, les trous d'essai ont été approfondis en décalant minimum 1m dans la direction horizontale pour l'essai de perméabilité des diverses profondeurs.

Un bidon de capacité de 20 litres dont un tuyau PVC de longueur de 30cm est connecté à la sortie d'eau a été utilisé pour le déversement. Les deux fentes de sortie d'air de largeur de 5mm ont été perforées au fond du bidon et sur le tuyau PVC. Le trou a été rempli d'eau avant de commencer l'essai. Après cette préparation, le bidon a été placé sur le support pour commencer le déversement.

Le principe est comme suit; l'eau dans le bidon est déversé simultanément que l'air entre à travers la fente quand le niveau d'eau de trou devient plus bas que la position de fente de tuyau. Et le déversement est arrêté quand le niveau d'eau dépasse la position de fente du tuyau, ainsi le niveau constant d'eau est maintenu (voir la **Fig. G.7.4**). Le côté latéral du bidon étant gradué et le temps de baisse de niveau dans le bidon avec la graduation a été enregistré.

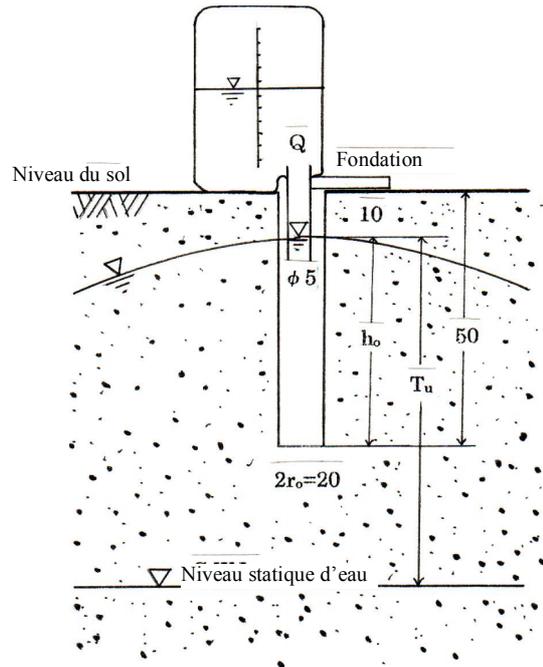


Fig. G.7.4 Essai de perméabilité in situ

Il est souvent dit que le coefficient de la perméabilité est sous-estimé à cause du colmatage par des dépôts des particules fines avec un essai de perméabilité à long terme. De ce fait, en examinant le résultat d'essai, nous avons pris les données du temps constant de la descente d'une échelle et exclu le temps de descente trop long en jugeant que le colmatage est apparu à partir du moment où le temps nécessaire à la descente d'une échelle devient soudainement trop long. Au niveau des 12 trous d'essai, l'essai de perméabilité a été répété tous les 50cm de profondeur. Et le nombre d'essai a été multiplié dans les trous d'essai où répartie l'aquifère composé principalement par le sable et le gravier.

Comme le niveau d'eau est $T_u \geq 3h_0$ pour tous les trous, l'équation suivante peut être appliquée pour le calcul du coefficient de perméabilité (The Japanese Geotechnical Society ; 1973).

$$k = \frac{Q}{2\pi h_0^2} [2.30 \text{Log}_{10} \{ \frac{h_0}{r_0} + \sqrt{1 + (\frac{h_0}{r_0})^2} \} - 1]$$

Le **Tableau G.7.3** montre le résultat de cet essai de perméabilité in situ. Le coefficient de perméabilité est dans l'ordre de $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3}$ cm/sec dans presque tous les points d'essai. Même dans la couche superficielle il est de l'ordre de 1×10^{-2} cm/sec qui est presque la même voire meilleure perméabilité que la couche superficielle de l'oued. La perméabilité des dépôts du Tagant a en général un coefficient de perméabilité un peu inférieur à celui de l'Adrar. Les dépôts à grains fin proviennent de flaques d'eau ou des lacs dominant quand les dépôts montrent la valeur faible plus on va en profondeur et l'eau infiltrée coule plutôt dans la couche superficielle que la partie inférieure. Nous pouvons dire que le changement de la perméabilité selon profondeur n'est pas visible par le résultat de l'essai de perméabilité par profondeur.

(2) Composition des dépôts

Un essai de granulométrie par tamisage a été réalisé afin d'analyser la composition des dépôts avec des échantillons prélevés au niveau des 23 trous d'essai. L'essai des échantillons dont les grains est inférieurs à $74 \mu\text{m}$ a été omis. L'essai a été réalisé conformément à JIS A1204-1980. La **Fig. F.7.5** montre le résultat d'essai de chaque profondeur et la courbe de distribution granulométrique.

La composition granulométrique ne montre pas de grand changement aux endroits ou reçoivent facilement l'influence des poussières de sable (exemples ; Chinguetti ou Toungad-III). Par contre, elle montre le changement de proportion des sables fins et grossiers au niveau des lits d'oueds (exemples ; Tenllaba est, Tawaz, Atar, Ain Ehl Tayaa, Meyleh et Tidjikja-II). Les limons ou une partie de sables fins sont transportés par les vents depuis la zone des dunes et ont été coulés par les inondations. La proportion de ces grains fins diminue plus l'apparition des inondations devient moins fréquente. On peut penser que la couche contient beaucoup de limon etc. à une profondeur donnée n'a pas subi beaucoup d'inondation.

On peut supposer que la profondeur dont la proportion des sables grossier ou des graviers est élevée est une couche qui a subi l'apparition de l'inondation importante ou qui est proche de substrats rocheux. En outre, les dépôts formés dans ces conditions de sédimentation parfois contiennent 10% de plus de limon par rapport aux dépôts des dunes de sables. Ce genre de dépôts qui indique les inondations sont souvent observés à la section aval de l'oued. Il est possible d'identifier l'époque de la sédimentation en réalisant une étude fine comme ces dépôts ont les compositions similaires à une profondeur donné des endroits différents d'un oued,

Ainsi nous pouvons diviser les couches qui ont reçu fort influence des poussières de sables et celles qui ont été influencées par l'écoulement d'eau d'oued à partir de la composition des dépôts.

On peut dire que les échantillons de la zone des dunes sont en général ont des grains fin et homogènes (exemples ; Chinguetti, Toungad-I et Toungad-III). Et les échantillons des lits d'oueds qui reçoivent l'influence d'écoulement d'eau ont des grains plus gros et pas homogènes par rapport à ceux des dunes. Surtout, cette tendance est bien visible chez les dépôts d'inondation (exemples ; Tidjikja-II, Ain Ehl Tayaa, Atar et Tawaz).

(3) Etat de contenu d'eau dans les dépôts

La **Fig. G.7.3** montre en même temps que les colonnes géologiques, le contenu d'eau par profondeur. A presque toutes les coupes des trous d'essai contiennent quelques % - dizaines% d'eau à partir de la profondeur de quelques dizaines de cm. Si on voit la répartition de contenu d'eau, elle apparaît irrégulière à premier coup d'œil comme on ne voit pas de la répartition homogène. On peut dire que le ratio de contenu d'eau est élevé plus les dépôts ont les grains fins. On peut penser que le ratio de contenu d'eau élevé à l'intérieur des dépôts est dû à l'infiltration d'eau de pluie de passé. On peut supposer que seule la couche superficielle de la colonne géologique garde la trace des antécédents de la pluie étant donné que le moment de pointe de contenu d'eau est lors de l'infiltration. Nous pensons tout de même que ce type de mécanisme forme

l'aquifère avec la saturation par l'eau infiltrée des grains de sable de la couche de sable au-dessus de la couche aquiclude.

Il faut noter que le contenu d'eau donne une valeur est relativement élevée dans la zone de terrain bas entre les dunes comme Toungad-III et IV. La valeur de pointe correspond à la pluie importante du 14 août 2003. On peut penser que cette zone à contenu d'eau élevé se déplace lentement dans le sens vertical forme l'aquifère en joignant les autres zones d'eau formées lors des précipitations antérieures.

G.7.4 Qualité de l'eau souterraine

(1) Situation générale de la qualité d'eau

Le contrôle périodique des qualités des eaux de sources publiques est obligatoire et selon les lois des ressources en eau, le Centre National d'Hygiène en est chargé. Faute d'absence des normes propres en Mauritanie qui sont prévues déterminées en 2003 et pas encore réalisées, celles de l'OMS sont appliquées encore.

Le point qu'on attache l'importance de la qualité d'eau souterraine (peu profonde ou profonde) est la densité de salinité et l'alcalinité. De ce fait, on mesure en général le degré de la conductivité électrique parmi d'autres points de contrôle de la qualité d'eau lors de la construction d'un puits. Les oasis dont les eaux souterraines à salinité élevée sont éparpillées dans l'ensemble des zones d'étude. Selon les études sur terrain les valeurs de la conductivité électrique élevées ont été observées dans les oasis de Ain Savra de la Moughataa de Chinguetti, de Gralet Lefrass et d'Azougui de la Moughataa d'Atar et de M'hairith de la Moughataa d'Aoujeft dans l'Adrar et de Moudjeria de la Moughataa de Moudjeria, de Tichitt et de Yaghref de la Moughataa de Tichitt dans le Tagant et certaines ont même dépassées $5000 \mu\text{ S/cm}$ (voir le **Tableau G.6.4**). En outre, parmi les puits de monitoring, on observe les eaux souterraines peu profondes qui dépassent constamment $2000 \mu\text{ S/cm}$ à Toungad (T-3), à Lehoueitatt (L-2) et à Tawaz (No 1 et 5). On note qu'en Mauritanie, l'eau est considérée comme potable si sa conductivité ne dépasse pas $2400 \mu\text{ S/cm}$, mais il existe beaucoup d'oasis obligées d'utiliser l'eau dont la salinité est très élevée pour l'irrigation faute de l'eau plus adéquate. La salinisation a été constatée plus au niveau des puits dont la profondeur et le niveau d'eau sont peu profonds que les nappes profondes. On a d'ailleurs constaté des cas d'existence des puits dont la salinité d'eau est élevée et normale à faible distance dans une même oasis étant donné que les eaux de ces puits proviennent des aquifères différentes. Il existe nombreuses oasis qui sont obligés d'utiliser ces eaux salées pour l'irrigation faute de non-existence d'un moyen de remplacement. La cause éventuelle de la salinisation d'eau est la pénétration de l'eau fossile à salinité bien élevée chargée à l'intérieur des évaporites au fur et à mesure de la baisse du niveau d'eau souterraine. Toutefois, il sera nécessaire d'étudier en détail chaque cas et d'examiner les mesures appropriées contre la salinisation avec le point de vue hydrogéologique.

On peut citer la pollution d'eau par les coliformes comme autre problème existant. Il existe nombreux puits de nappe peu profonde sans margelle ni couverture dont les eaux sont polluées par les déjections du bétail ou des poussières par le fait que l'ouverture de puits se trouve au niveau du sol. Le résultat de l'enquête des foyers

réalisée dans le cadre de la présente étude il nous fait penser que les maladies du système digestif fréquemment observées dans les oasis tels que la diarrhée sont provoquées par cet environnement ou la structure des puits.

(2) Monitoring de la qualité d'eau

L'analyse d'eau avec le prélèvement des échantillons de 18 puits à 3 reprises en changeant le jour a été réalisée afin d'examiner la conformité de la qualité d'eau des puits des fermes pilotes et des puits de monitoring en tant qu'eau potable et pour l'irrigation. En tenant compte de l'environnement de l'étude, de l'existence de matériel d'analyse ou de la simplicité, l'analyse a été effectuée sur place avec les matériels portables. Les points d'analyse sont les 9 points suivants; : Fe^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , les coliformes, la conductivité électrique, la pH et la température. Nous avons utilisé la méthode de comparaison de couleur pour Fe^{2+} , Mg^{2+} et Ca^{2+} (Pack test de Kyoritsu Rika kagaku kenkyusho), la gauge d'ion (gauge d'ion portable de HORIBA) et le papier d'essai des coliformes (Kyoritu Rika kagaku kenkyusho). La conductivité électrique, la pH et la température d'eau ont été mesurées avec l'analyseur de la qualité d'eau simplifié. Les coliformes ont été cultivées pendant 12 heures après le prélèvement de 1ml d'eau mais les autres points ont été analysés tout de suite après le prélèvement d'eau. En ce qui concerne la conductivité électrique, la pH et la température, les données des dates proches de l'analyse d'eau ont été utilisées.

Le **Tableau G.7.4** montre le résultat de l'analyse de la qualité d'eau. En analysant la répartition de l'eau souterraine dont la valeur d'ion sodium et de la conductivité électrique très élevée a été révélée. En général, si la valeur de l'ion sodium dépasse 200 ppm, la valeur de la conductivité électrique est aussi élevée et le problème de la salinité et de l'alcalinité augmente. Par le diagramme pour l'aptitude de l'eau d'irrigation (voir la **Fig. G.7.6**) sur la base de rapport d'adsorption du sodium (SAR) et de la conductivité électrique (EC), il y a des eaux qui posent des limites d'utilisation à l'irrigation classées C3S3, C3S4 et C4S4. Ces eaux sont utilisables pour les plantes à haute résistance à la salinité une fois drainée ou lessivée et sont réparties à Tenllaba, Tawaz, Toungad et à Lehoueitatt (voir le **Tableau G.7.5**).

Tableau G.7.5 Qualité d'eau problématique pour l'irrigation

Oasis		Ten.				Tawaz				Toungad												Lehoueitatt			
Well Code No.		Te-4		Ta-1		To-3			To-4		To-5			To-7			To-12			Le-2		Le-5			
Date		1/20	9/7	12/17	1/22	9/7	12/18	1/20	12/18	1/20	9/7	12/18	1/20	9/7	12/18	1/20	9/7	12/18	1/20	9/13	12/11	1/29	9/13		
SAR	me/l	12.3	14.9	18.0	18.5	50.2	37.4	50.6	14.3	18.0	29.7	26.0	20.2	24.5	63.7	51.8	6.1	30.1	42.8	101.0	42.4	81.0	17.3		
EC	$\mu s/cm$	1189	1852	2070	2050	3150	3690	4740	1755	1800	2250	2330	2390	2530	4680	4630	1091	2890	3470	7050	5640	4270	2790		
Quality classif.		C3S3	C3S4	C3S4	C3S4	C4S4	C4S4	C4S4	C3S3	C3S4	C4S4	C4S4	C4S4	C4S4	C4S4	C4S4	C3S1	C4S4	C4S4	C4S4	C4S4	C4S4	C4S4		
Coliforms	colony	5	-	2	3	-	0	1	0	1	-	15	4	-	30	5	-	3	5	-	23	2	-		

Source : Mission d'étude

Parmi ces eaux, on peut résumer la situation actuelle des puits classés à C4S4 et les cause éventuelle du problème de la salinité et de l'alcalinité sont très importants. Les puits To-3 et To-7 se situant derrière à la digue naturelle sur le long de l'oued El Abiod ne reçoivent pas d'eau de surface de l'oued mais de l'eau en surplus de l'irrigation qui contient beaucoup de sel. En plus, les coliformes ont été observées aussi, comme les maisons d'habitation se situent sur les roches en pente avoisinantes. Le puits To-5 se situe sur la dépression qui se situe plus haute que l'oued. Donc il s'agit de l'eau de pluie retenue dans le sol et il n'y a presque pas d'influence de l'oued. Le puits To-12 n'est pas utilisé mais la détérioration de la

qualité d'eau avance avec la salinité dissolue dans l'eau. Le puits Le-2 est un puits à basse productivité se situant sur la dépression derrière l'oued, qui ne reçoit pas d'eau souterraine de l'oued. Les coliformes ont été observées comme les eaux usées domestiques y entre dedans. Par ci-dessus, les principaux facteurs déterminant la qualité d'eau souterraine peu profonde des oasis sont l'emplacement de puits, la situation géographique d'alentours, l'état d'utilisation de puits et la distance relative jusqu'à l'oued ou aux maisons d'habitation.

Il est possible que le phénomène de sodification du sol avance au niveau des fermes qui sont obligées d'utiliser ces eaux de mauvaise qualité. En effet, nous avons observé quelques fermes qui ont du suspendre la culture par cause de baisse de rendement. D'ailleurs selon certaines sources d'informations, la croissance des palmiers est aussi freinée. Toutefois, ayant longue expérience de culture des palmiers, les habitants jugent que le problème de la mauvaise qualité d'eau peut être évité en arrosant abondamment qui donne l'effet de lessivage.

Ici, on va examiner de la pertinence en tant qu'eau potable sur la base de la directive de la qualité de l'OMS. En ce qui concerne les autres ions de l'eau qui a le problème de la salinité et alcalinité élevée, l'ion de fer est inférieur à 0,1 pour tous les échantillons donc ne dépasse pas 0,3mg/l de la valeur de directive. En ce qui concerne l'ion de sodium, les puits To-3, To-5, To-7 et Le-2 dépassent la valeur de la directive qui est de 200. D'ailleurs les valeurs de la conductivité électrique de ces puits sont élevées et la salinité est aussi élevée. Le puits Le-2 montre une valeur de l'ion de potassium extrêmement élevée mais la cause est inconnue. En ce qui concerne l'ion de magnésium, les valeurs ne dépassent pas celle de la directive de 50mg/l dans tous les puits. De même pour l'ion de calcium, les valeurs ne dépassent pas celle de la directive de 5100mg/l dans tous les puits. Quant à la valeur de la conductivité électrique, les puits qui dépasse 2400 μ s/cm sont ; To-3, To-7, To-12 et Le-2. Pas de problème concernant la pH comme les valeurs sont entre 7,2 et 8,1.

Les coliformes ont été détectées dans presque tous les puits. On peut donc supposer qu'il s'agit de coliformes proviennent des déjections. D'ailleurs, on ne peut pas nier cette possibilité étant donné que les coliformes ont été détectées dans les puits qui n'ont pas de margelle. De ce fait, il est conseillé de construire les margelles ou d'installer les couvercles.

Malgré peu de données de la mesure de la qualité d'eau aux points fixes, nous avons pu déterminé les oasis et les zones qui ont des problèmes de la qualité d'eau. Une tendance de hausse de la valeur de la conductivité électrique et la baisse de température d'eau influencée par la température extérieure étant donné que le monitoring a été effectué pendant la période de transition de la saison de pluie à la saison sèche. Il est nécessaire de continuer l'observation périodique (mensuelle ou saisonnière) dans les oasis en question afin de saisir le comportement des paramètres clés pour que l'eau de mauvaise qualité ne pollue pas les autres puits dont la qualité est bonne. Il sera en outre nécessaire de donner les informations aux habitants à travers les AGPO en même temps que de faire une proposition de la mesure.

En ce qui concerne l'amélioration de la qualité d'eau souterraine peu profonde utilisée pour l'irrigation, nous conseillons de maintenir l'état actuel d'utilisation des puits à risque afin d'empêcher la pollution aux autres puits dont la qualité d'eau est bonne.

G.8 Organisations relatives aux ressources en eau et plan de développement des ressources en eau

G.8.1 Organisations relatives aux ressources en eau

Les eaux de surface dépendent de la Direction de l'Environnement de la gestion Rurale du MDRE et les eaux souterraines de la Direction de l'Hydraulique du Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie. Le système que les différents services prennent en charge suivant l'utilisation des eaux n'est pas adopté dans ce pays.

Lors de l'exploitation de toute sorte des ressources en eau souterraines, les demandes d'autorisation d'exploitation et de creusage des puits doivent être présentées à la Direction de l'Hydraulique du Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie mais cette obligation n'est guère suivie en ce qui concerne les eaux souterraines peu profondes. D'ailleurs, les oasis exploitent des ressources en eau souterraine sans demander l'autorisation nécessaire puisque les administrations relatives aux ressources en eau n'effectuent pas des activités de sensibilisation de protection des ressources d'une manière active. On peut donc dire que l'administration des eaux souterraines est laissée sans quelconque ordre. De ce fait, le suivi à long terme des ressources en eau souterraine et les mesures de la préservation des eaux souterraines adéquates sur la base du résultat de l'Etude Pilote sont indispensables afin de faire face à cette situation.

Ainsi, le gouvernement mauritanien a restructuré l'administration hydraulique comme suit en juillet 2001 afin que les communautés locales ou les entreprises privées puissent participer au développement des ressources en eau.

- En succédant le travail de la Direction de l'Hydraulique, la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement (DHA) s'occupe de l'établissement de la stratégie et la politique nationale des ressources en eau. En même temps, elle s'occupe de la coordination des sociétés privées et de la construction/gestion/entretien des ouvrages.
- Le Centre National des Ressources en Eau (CNRE) est chargé des études/recherches ou les suivis relatifs aux ressources en eau.
- La Société Nationale De l'Eau (SNDE), l'ancien service de SONELEC devenue indépendante, s'occupe de l'alimentation en eau potable de la zone urbaine.
- L'Agence National pour l'Eau Potable et l'Assainissement (ANEPA) s'occupe de la gestion et de la maintenance des réseaux d'eau et l'établissement des réglementations en eau.

Parmi ces structures, le CNRE mène des activités actives pour la gestion des ressources en eau tout de suite après sa création. Par exemple, le centre a commencé le suivi du niveau d'eau souterraine et du volume d'exhaure des deux forages à Idini qui sont les sources d'eau de la ville de Nouakchott, négligé pourtant jusqu'à présent. En outre, le centre est en train de mener une étude des ressources en eau souterraine dans le rayon de 100km de la ville d'Atar. Le centre vise à renforcer les études sur les ressources en eau en comptant sur les taxes de consommation payés par les entreprises relatives à l'eau ou des société de l'eau. Ainsi les études des ressources en eau ont été commencées, on peut penser que dans le future proche, l'évaluation quantitative et hydrologique des ressources en eau souterraine de la Mauritanie sera possible.

G.8.2 Projets de développement des ressources en eau

Le gouvernement mauritanien alimente en eau potable aux 1,5 millions de personnes en construisant environ 2500 puits et forages avec budget de 33 billions UM dans les 30 dernières années. Parmi la politique du gouvernement actuel vise à fournir l'eau potable à toute la population à l'horizon 2015. Suivant cette politique, le Ministère de l'Economie et du Développement a établi un projet du développement suivant qui vise à bénéficier environ 1,9 millions personnes pour la période de 2001-2010 avec le budget de 38,4 milliard UM (environ 160 millions de dollars US). Aménager les 486 stations de pompes et les réseaux de distribution d'eau dans les villages dont la population est plus de 500 habitants, et creuser les 600 puits dans les villages de la population entre 150 et 500 habitants. Ce projet met l'accent sur l'établissement du système d'alimentation en eau de la zone semi-urbaine. Les détails de ce projet sont montrés dans le **Tableau G.8.1**. Les volumes de besoins d'eau du projet sont 20 litres/personne/jour dans les villages de moins de 500 habitants, 40 litres/personne/jour dans les villages de 500-5000 habitants et 50 litres/personne/jour dans la zone urbaine de plus de 5000 habitants et quant au réseau de distribution, 100 réseaux pour 1000 habitants.

Tableau G.8.1 Projet en eau prévu pour 2015

	Population	Electric Generator Station+ Water Network			Solar Energy Station '+Water Network			Well+Drill Equip.	Simple Well
		Target	Present	Project	Target	Present	Project	Project	Project
Village	>5000	22	16	6					
	2000-5000	99	50	46					
	1000-2000	89	35	54	89	18	71		
	500-1000				318	12	306		
	150-500							300	
Settlement	<150								300
Total		210	101	109	407	30	377	300	300

Source: Hydroconseil-Tenmiya, 2002

Le MDRE prévoit les études et les travaux suivants dans les oasis de l'Adrar pour la période de 4 ans à partir de l'année 2003 avec le financement par l'Union Européenne du montant de 10 millions d'euros.

- Réalisation de l'étude hydraulique/hydrogéologique
- Construction des ouvrages visant à diminuer la vitesse d'écoulement de l'eau de surface et de la recharge d'eau.
- Réalisation de 10 forages de sondage de 200m de profondeur
- Re-creusage des puits et forages existants pour les réhabiliter.
- Approvisionnement et fourniture de matériels de creusage.
- Réalisation de l'essai de l'irrigation économe en eau.

G.9 Utilisation et gestion des eaux souterraines

La réalité d'utilisation d'eau souterraine n'a pas de quelconque cohérence avec le volume des ressources en eau et il n'existe pas de mesure d'ajustement de prise d'eau. Cet état sans contrôle provoque des problèmes de la baisse du niveau d'eau ou la détérioration de la qualité d'eau. Pour faire face à ces problèmes, les agriculteurs avaient pris des mesures mécaniques suivantes ; i) approfondissement des puits, ii) introduction des pompes à capacité d'aspiration et de refoulement plus élevée, et iii) creusage des nouveaux puits. Nous pensons que ces mesures seront prises d'une manière continue dans l'avenir proche étant donné que les années à faible pluviométrie de moins de 100mm arrive d'une manière intermittente. Toutefois, si cet état d'utilisation d'eau souterraine continue, même l'eau souterraine peu profonde serait en risque de tarissement et mettra en question la survie des oasis. La gestion des eaux souterraines sera nécessaire si on tient compte de cette situation.

Pour la gestion des eaux souterraines, il est nécessaire de saisir précisément le volume de recharge à la nappe peu profonde. Ensuite, déterminer le volume d'exploitation convenable et l'endroit de prise d'eau. A l'heure actuelle où les cartes géographiques précises, les données sur les puits ou les données hydrogéologiques ne sont pas encore aménagés, il est difficile de faire une proposition pour la gestion d'eau souterraine à haute précision. Un modèle de la simulation a été appliqué en tant que moyen de recherche pour la gestion des eaux souterraines.

Les points suivants ont été révélés par suite du monitoring de deux ans pour le comportement de l'eau souterraine peu profonde qui est l'eau de pluie infiltrée, rechargée, coulée et puisée.

- L'eau souterraine libre à l'intérieur de la couche non-consolidée a un niveau d'eau de moins de 10 m de profondeur. Elle est une ressource en eau renouvelable dont le cycle de renouvellement est relativement rapide qui a une relation étroite avec l'eau de surface. La cause de la baisse du niveau d'eau est celle naturelle au niveau des puits à l'exhaure manuelle mais l'irrigation trop abondante joue un rôle pour la baisse du niveau des puits dont l'exhaure est effectuée avec les pompes.
- L'eau de fissure dans les substrats rocheux a une profondeur d'environ 10m. La capacité de chaque puits est déterminée par la structure géologique en principe, mais influencée aussi par la pluviométrie. En plus de la baisse naturelle, le sur-pompage influence beaucoup à la baisse du niveau d'eau.

Le chapitre 7.2.3 du rapport principal mentionne l'examen du volume d'eau utilisable d'une manière durable dans les oasis en comparaison avec celui actuel. Il faut mener une activité de sensibilisation dans chaque oasis pour atteindre la valeur cible de la baisse du niveau d'eau avec la culture économe en eau au niveau des fermes. Les conditions telles que la motivation des habitants pour la culture économe en eau, le perfectionnement en matière de choix des matériels ou de leur utilisation ou le choix des espèces à cultiver sont indispensables. En outre, cette campagne a besoin d'être propulsée par le Projet Oasis et les AGPO. Comme activité, nous pouvons penser par exemple la limitation du volume d'exhaure en fixant les heures de mise en marche des pompes par jour à chaque ferme.

Avec ces idées, la Mission d'étude a commencé la gestion du niveau d'eau souterraine au niveau des fermes depuis la fin de la troisième phase.

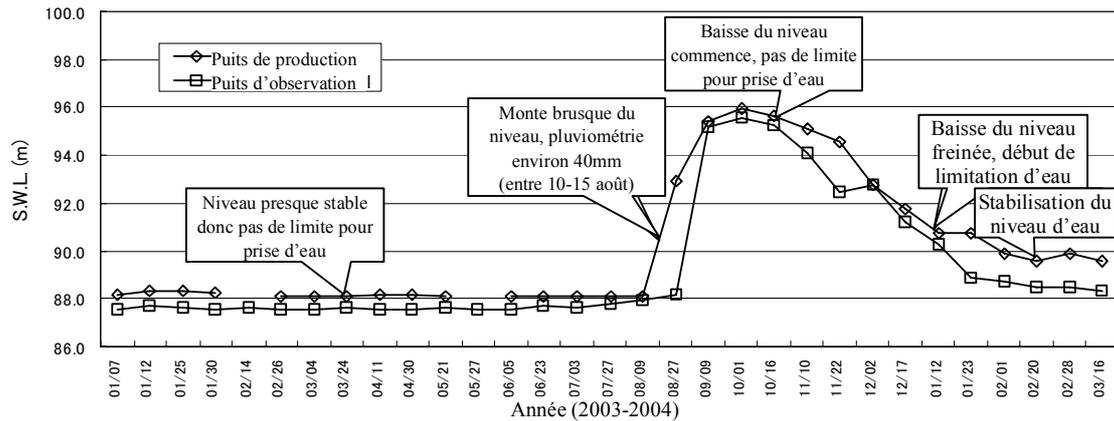
Comme un exemple de la gestion spontanée des habitants, nous pouvons citer la vérification visuelle du niveau d'eau. Les gérants des fermes vérifient le niveau d'eau avant de puiser et procèdent à l'exhaure après avoir confirmée du volume d'eau dans les puits. Ce geste pourtant simple se sert à diminuer la panne des pompes à part la détermination du volume d'exhaure adéquat. Pour certains puits, nous avons instruit de ne pas tirer l'eau au-delà d'un niveau. Il faut ajouter que ce niveau recommandé a été calculé à 80% par rapport au niveau d'eau lors de l'exhaure maximum sur la base du résultat de l'essai de pompage.

Les habitants d'oasis commencent à aborder spontanément à la gestion d'eau. Les groupements féminins ont procédé à la discussion pour prendre des mesures contre la baisse brusque du niveau d'eau apparue depuis le mois de janvier 2004 au niveau de la ferme pilote de Tidjikja. La mesure consiste à limiter les heures (pendant 2 heures dans la matinée et dans l'après-midi). Suite à cette mesure prise, la baisse du niveau a été adoucie et en train de se stabiliser. D'ailleurs, le fait d'avoir limité l'heure d'irrigation a normalisé le volume d'irrigation jusque-là surabondant. Ainsi l'état de croissance des cultures a été amélioré. Par tout cela, il a été révélé que le fait d'avoir pris une mesure spontanément en ressentant le problème de l'eau souterraine et de limiter les heures d'exhaure donnent des effets positifs à l'utilisation durable des ressources en eau souterraine. Le fait que les habitants aient pris des mesures en ayant une conscience de l'économie d'eau a un sens très important pour l'utilisation de l'eau durable dans le futur. Les chroniques du monitoring des eaux souterraines et les événements relatifs à l'eau sont montrés dans la **Fig. G.9.1**.

Par suite du monitoring et du résultat de la simulation réalisés dans le cadre de la présente étude, il est conseillé de mener la gestion d'eau avec les méthodes suivantes.

- 1) Déterminer 2 ou 3 puits de monitoring de base dans chaque oasis.
- 2) Effectuer le monitoring du niveau d'eau.
- 3) Tracer les graphiques du résultat de l'observation. Marquer la ligne du niveau d'eau sur la graphique suivant le résultat d'observation pour la période de 2-3 mois (tracer une ligne droite pour le niveau d'eau. S'il existe une fluctuation, tracer une ligne droite en imaginant une valeur moyenne.)
- 4) S'il n'y a pas de la recharge de la nappe par la précipitation (c'est-à-dire, pas de remontée du niveau d'eau), on peut savoir la fluctuation de future en prolongeant la ligne du niveau d'eau. Le point ou la ligne du niveau se croise avec la profondeur du puits sera la limite d'utilisation d'eau.
- 5) Si la fluctuation du niveau d'eau par l'utilisation d'eau souterraine est plus profonde que la ligne de prévision, il faudra prendre des mesures telle que la limitation d'heure d'exhaure.

Et, afin de réaliser ces activités, il faudra établir un système global d'une oasis de la gestion d'eau souterraine avec accord des habitants en établissant un service de gestion d'eau au sein de l'AGPO en prévoyant un personnel pour effectuer le monitoring, l'analyse des données, l'annonce ou le contrôle.



Source : Mission d'étude

Fig. G.9.1 Fluctuation de l'eau souterraine et utilisation

G.10 Projets et programmes des ressources en eau proposés dans le Plan Directeur

Ici, nous proposons des projets et programmes principaux relatifs aux ressources en eau dans le cadre du plan du développement des oasis.

G.10.1 Mesures d'amélioration des revenus et conditions de vie

(1) Amélioration et aménagement d'installation d'eau potable rurale

1) Objectif

Améliorer et aménager les installations d'eau potable afin d'améliorer les conditions de vie.

2) Contenu

Améliorer les installations d'AEP existantes et construire nouvellement afin de fournir l'eau potable sûre aux habitants.

3) Envergure

Dans le premier temps, réaliser prioritairement la réhabilitation des installations d'AEP vétustes construites dans le 31 oasis de l'Adrar et du Tagant dans les années 1985 et 1986. Concrètement, on peut citer le re-creusage et le nettoyage des puits de production, l'aménagement et renouvellement des pompes, l'aménagement des générateurs et de panneaux solaires, le remplacement des conduits, le renouvellement des réservoirs ou l'aménagement et augmentation des robinets. En second lieu, aménager nouvellement les installations d'eau potable dans les 9 oasis (Timinit, Tirebane, Taizent, Ziret Lekcheb, Tenllaba en Adrar et Toum Lekhneg, Lekhdeime, Tichinane et Ouad Jmel au Tagant) qui n'ont pas de ces installations. L'envergure de forage, exhaure d'eau, retenue d'eau et la distribution seront

déterminées suivant la taille des installations existantes dans les autres oasis. Il faudra effectuer une étude hydrogéologique et de sondage physique tout d'abord. Le coût estimatif du projet est 1 200 millions UM.

G.10.2 Protection de l'environnement, utilisation efficace des ressources

(1) Vulgarisation de la gestion des ressources en eau

1) Objectif

Empêcher la diminution de l'eau souterraine et contribuer à l'utilisation efficace des ressources par la gestion spontanée des habitants.

2) Contenu

Effectuer la vulgarisation et de l'éducation sur la nécessité de la gestion des ressources en eau et l'efficacité attendue sur la base des exemples des Essais de l'Etude Pilote afin d'apporter un appui aux habitants pour qu'ils puissent gérer eux-mêmes les ressources en eau.

3) Envergure

En même temps que de vulgariser la culture économe en eau et le monitoring du niveau d'eau de puits exécutés dans le cadre de l'Etude Pilote, propulser la gestion de l'eau souterraine. Surtout, déterminer 3 puits d'observation dans chaque oasis pour effectuer le monitoring qui est utile pour la gestion de l'eau souterraine afin d'établir le système par lequel les habitants puissent effectuer une observation stationnaire, l'analyse du résultat, la prévision de la fluctuation obtenue à partir de l'analyse du résultat et prendre des mesures contre la fluctuation du niveau. Les oasis concernées premièrement sont les petites oasis dans lesquelles l'exhaure est effectuée manuellement en tenant compte de la faisabilité et l'effet immédiat. On peut citer des exemples concrets de Tirebane, Taizent en Adrar, Lehoueitatt et Ederroum au Tagant. Les oasis concernées secondairement devront être déterminées suivant le résultat de la première phase mais devront être limitées à une dizaine d'oasis. Le coût estimatif du projet est 10 millions UM.

(2) Aménagement du réseau d'observation d'eau souterraine

1) Objectif

Effectuer l'observation qualitative et quantitative des ressources en eau souterraine, et la formation du personnel du CNRE.

2) Contenu

Creuser les puits d'observation et installer les stations de mesure du niveau d'eau souterraine afin d'effectuer l'observation qualitative et quantitative des ressources en eau souterraine. Essayer de former le personnel relatif à ces services.

3) Envergure

Installer les stations d'observation du niveau des eaux peu profonde et profonde sur les rives des principaux oueds des régions d'Adrar et du Tagant premièrement. Dans tous les cas, creuser jusqu'à 10m et 30m respectivement. Installer 2 types l'instrument automatique de mesure du niveau (précision d'1 cm) dans les 5 stations près des oasis et l'accès est faciles aux 3 systèmes de l'oued El abiod (Toungad), de Segelil (Atar) et de Ouadane (Ouadane) en Adrar et 2 système du Tagant de l'oued Tidjikja (Tidjikja) et de N'beika (N'beika). Effectuer la mesure de la conductivité électrique et de la pH une fois par mois. Secondairement, diviser les systèmes en zone de rassemblement d'eau souterraine, zone de mouvement et zone de la recharge de l'amont à aval et augmenter une dizaine de stations de même type que la première phase. Il faut noter que la gestion et entretien des appareils, la collecte et analyse des données seront à la charge du CNRE. Le personnel du centre recevront le transfert de technologie nécessaire à ces travaux ainsi la formation du personnel aura lieu. Le coût estimatif du projet est 130 millions UM.

(3) Etude hydrogéologique

1) Objectif

Aménager les informations de base indispensables au développement de ressource d'eau souterraine.

2) Contenu

Etablir les cartes hydrogéologiques générales et des plans de section généraux des eaux souterraines.

3) Envergure

Premièrement, effectuer une étude hydrogéologique des système de cours d'eau à coté des chef-lieu (Oued Segelil à Atar et Oued Tidjikja à Tidjikja). L'étude des données consiste à collecter, arranger et analyser les inventaires des puits existants, les niveaux d'eau, la qualité d'eau, les documents de sondage ou les données de sondage physique, et l'étude sur place consiste à indiquer sur les cartes géologiques le résultat de l'étude géographique et hydrogéologique, des puits, du niveau d'eau souterraine et la productivité. Effectuer uniquement pour Tidjikja comme la carte 1/200 000 est déjà établie pour Atar. Secondairement, effectuer une étude similaire pour les 3 autres systèmes (El Abiod, Ouadane et N'beika) afin d'établir les cartes hydrogéologiques. Déterminer la priorité des zones à développer les eaux souterraines sur la base de ces études. Le coût estimatif du projet est 50 millions UM.

(4) Aménagement des installations de recharge d'eau

1) Objectif

Aménager les installations pour la recharge des ressources en eau souterraine.

2) Contenu

Améliorer, élargir et construire nouvellement les digues ou les barrages pour la recharge d'eau.

3) Envergure

Les digues et les barrages de grandes envergures sont 16 en Adrar et 66 au Tagant mais la plupart ne fonctionnent pas correctement par divers dégâts. Premièrement, effectuer la réparation des ouvrages (environ 30) prioritaires après les diagnostics. Il sera nécessaire d'exécuter les travaux de corps de barrage, des voies ou des revêtements. Secondairement, effectuer les travaux similaires aux ouvrages qui ont une importance par point de vue des emplacement (environ 40). Le coût estimatif du projet est 200 millions UM.

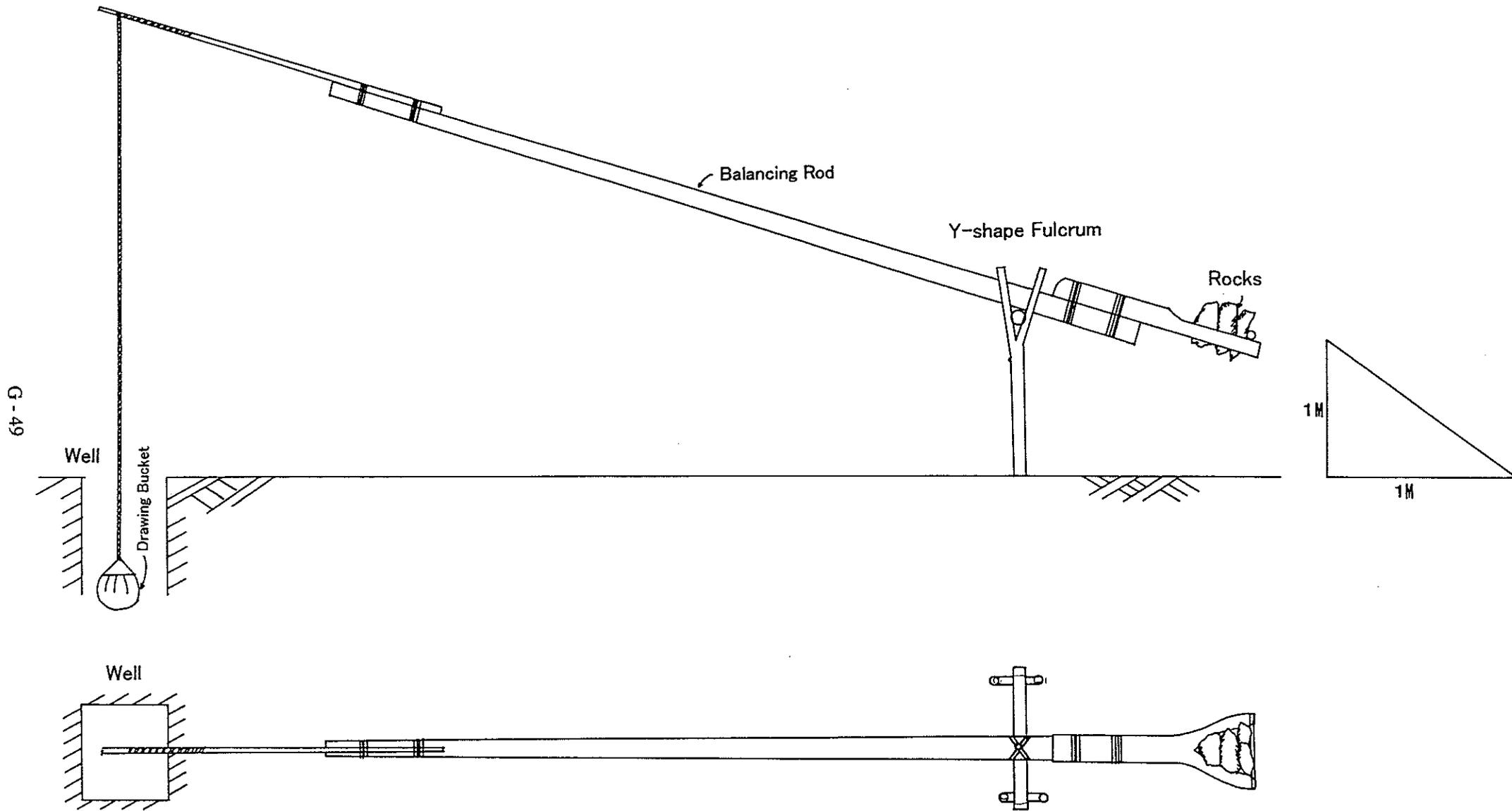
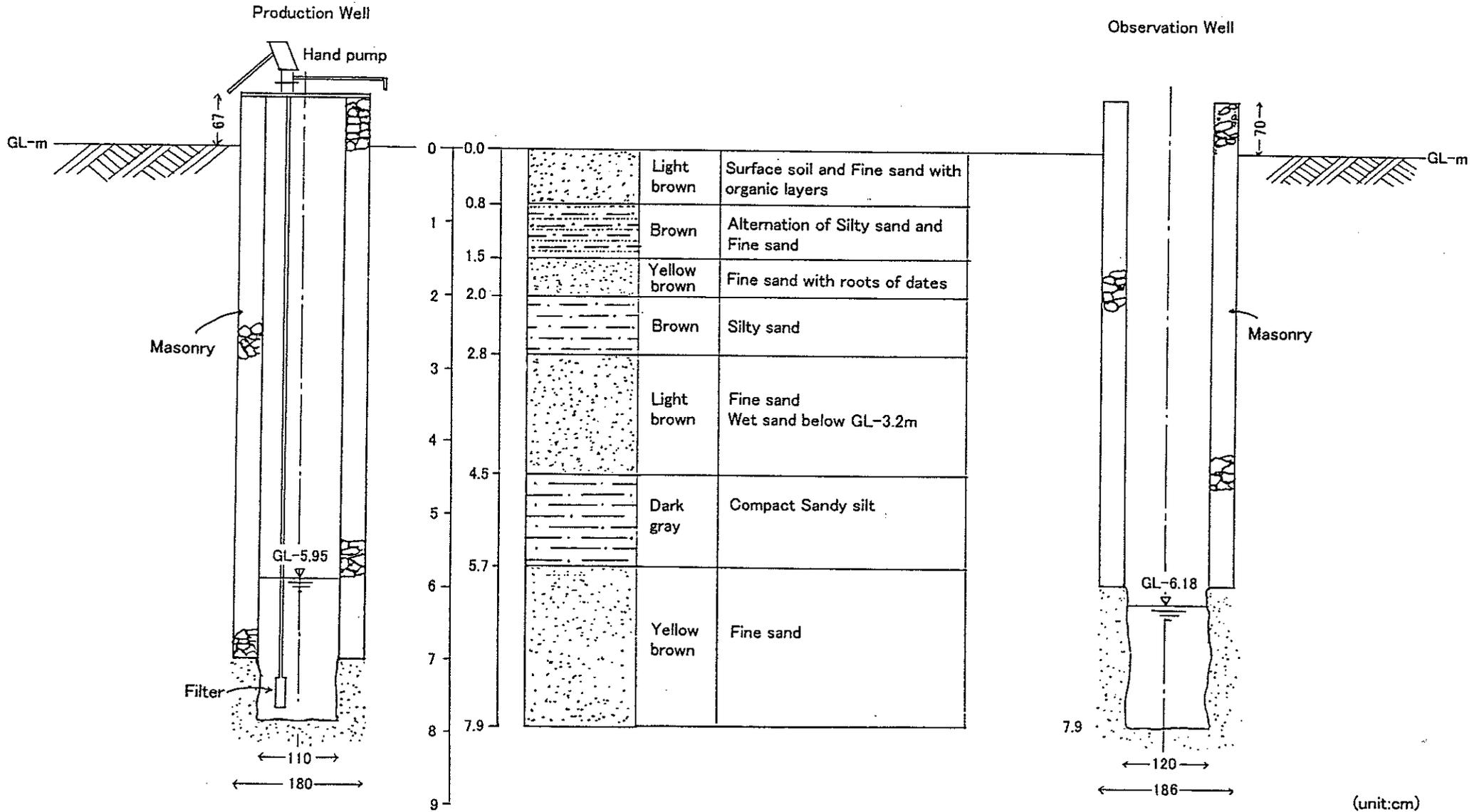


Fig. G.1.1 Tige de balance pour l'exhaure (Shadouf)

Fig. G.5.1 Structure et coup en colonne des puits nouvellement creusés (1/3)

Toungad



G-50

Fig. G.5.1 Structure et coup en colonne des puits nouvellement creusés (2/3)

Tidjikja

G - 51

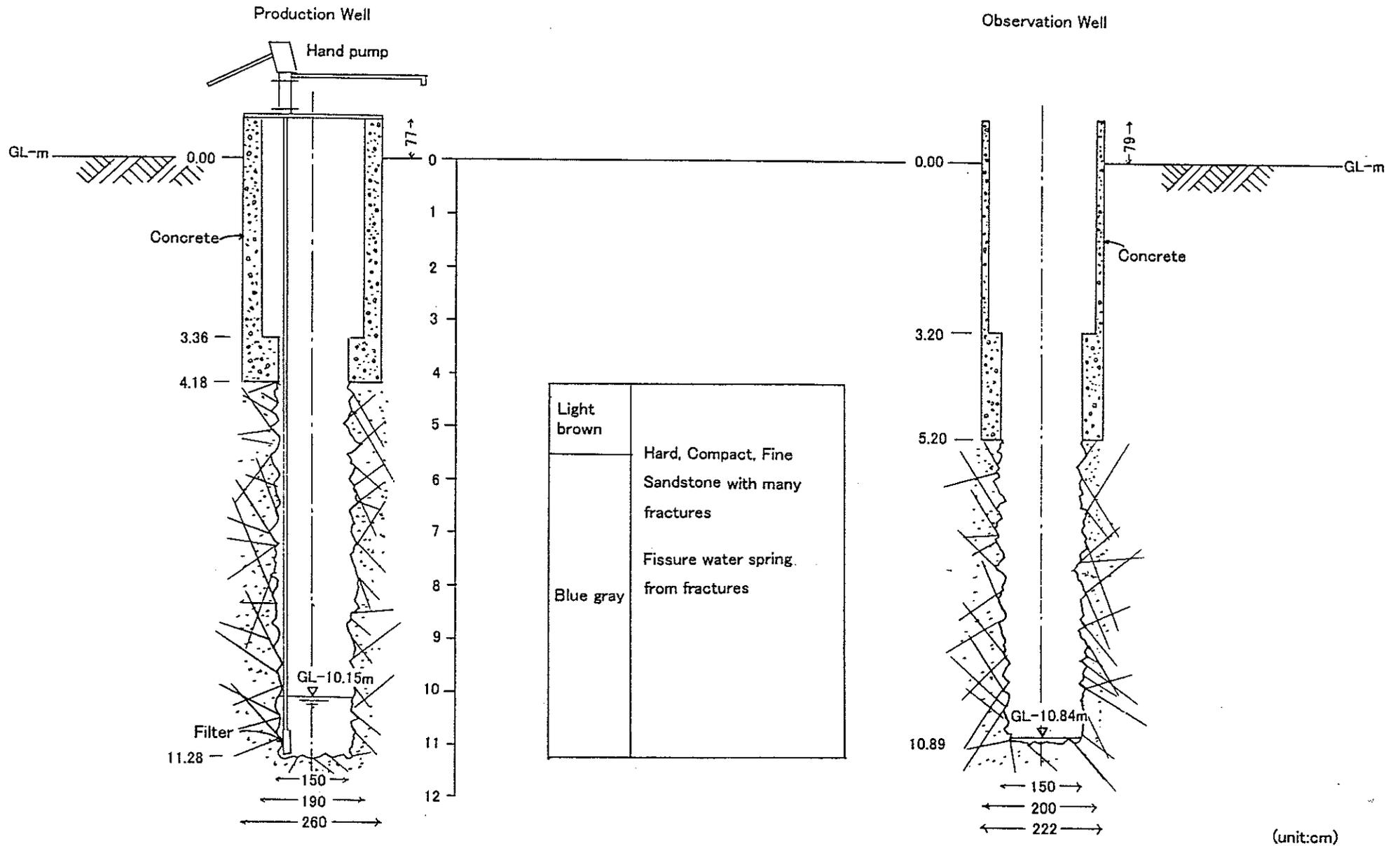
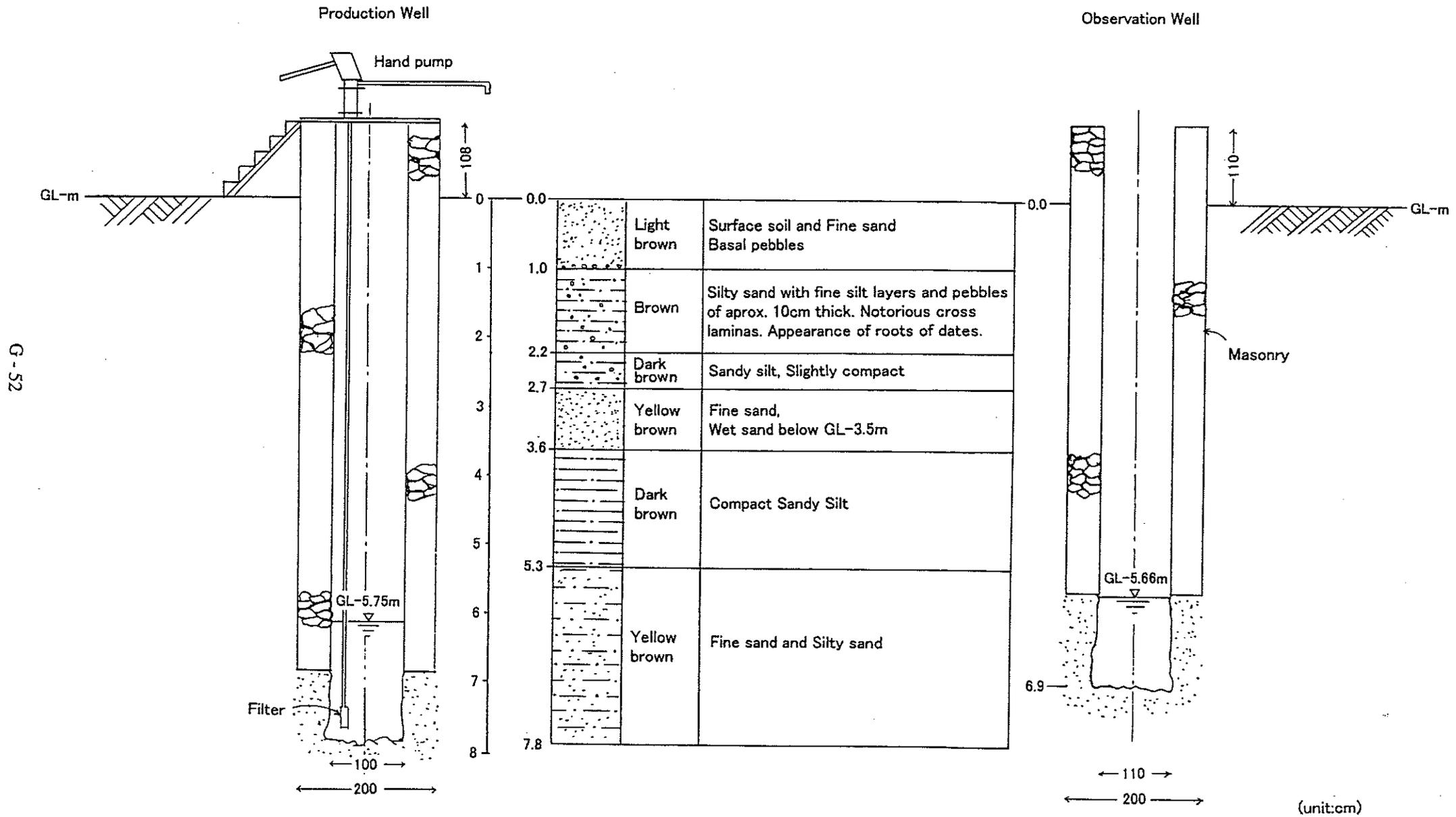


Fig. G.5.1 Structure et coup en colonne des puits nouvellement creusés (3/3)

Nimlane



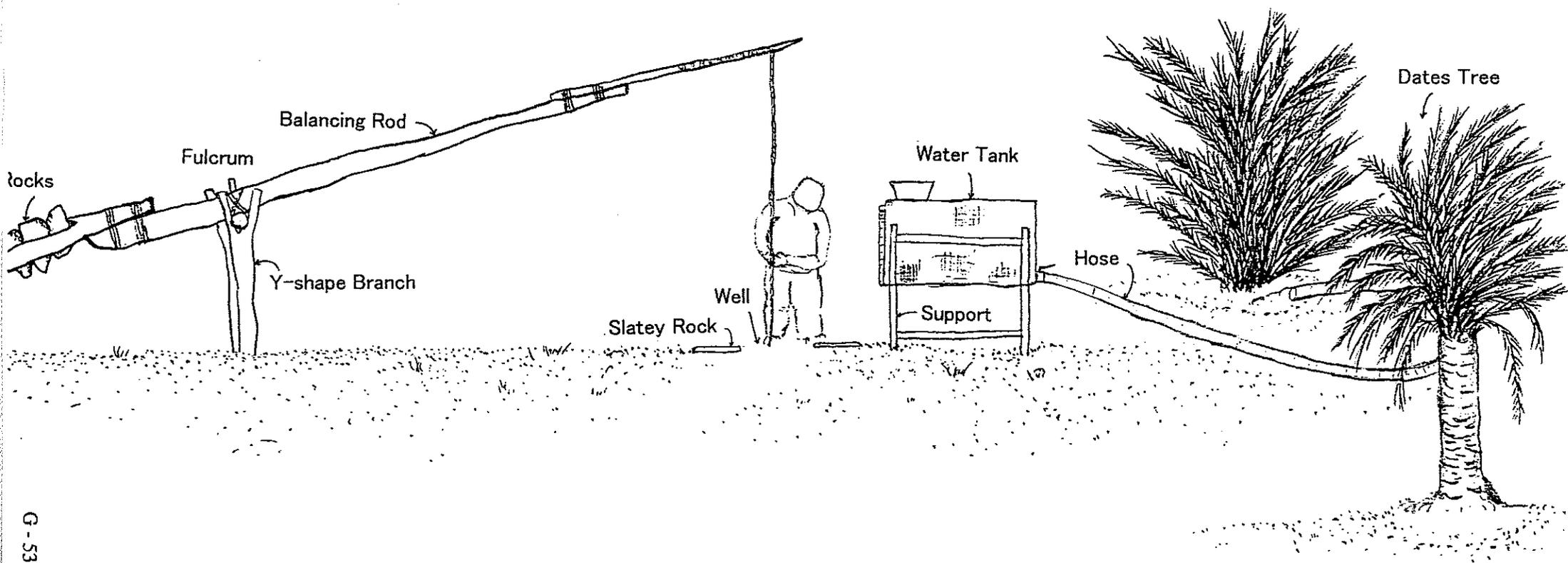


Fig. G.6.1 Schéma de la culture des palmiers dattiers économe en eau

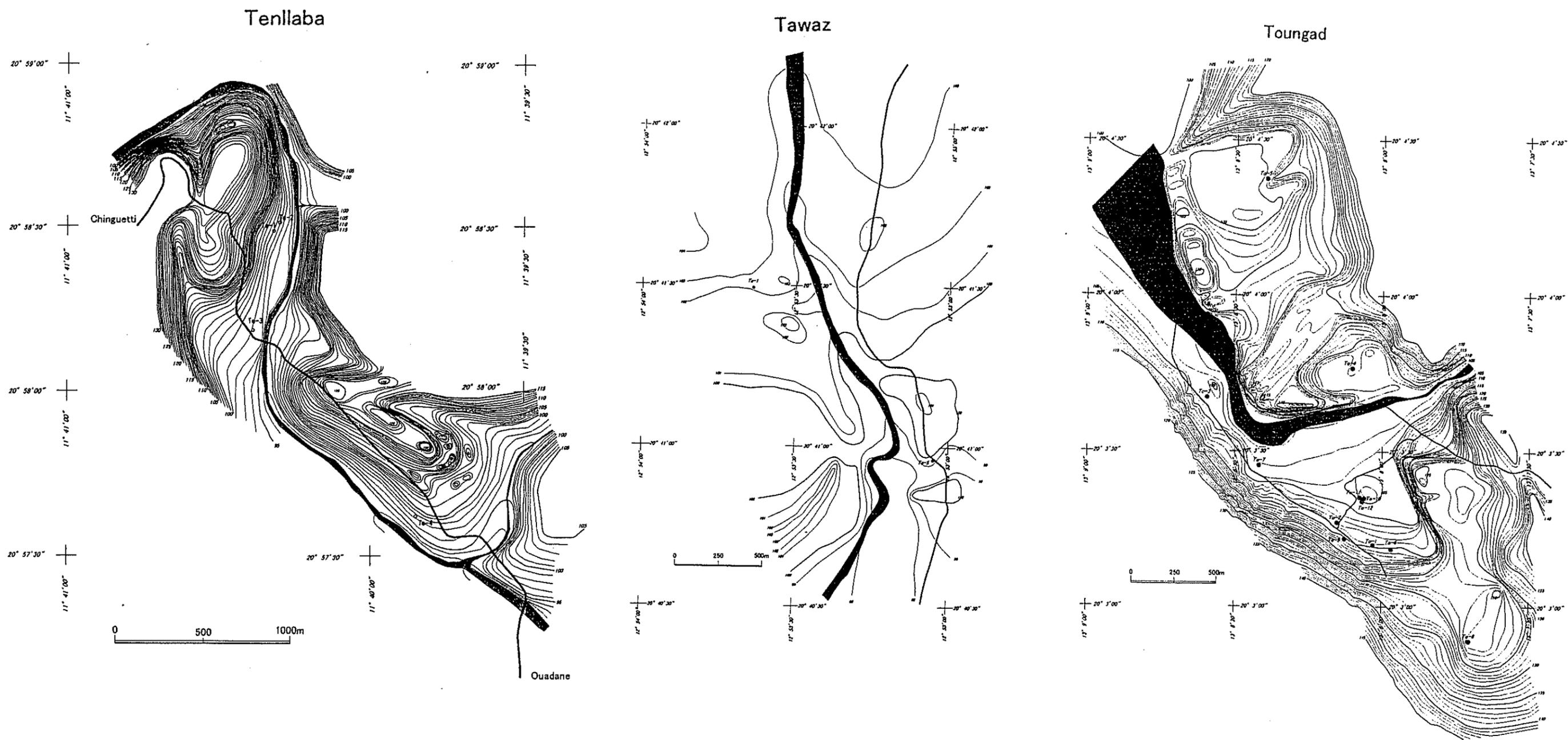
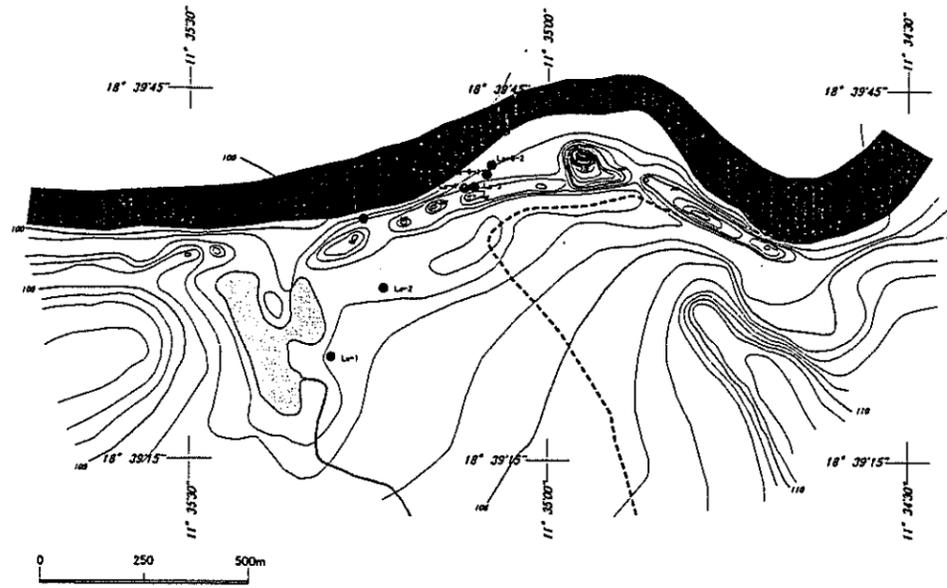
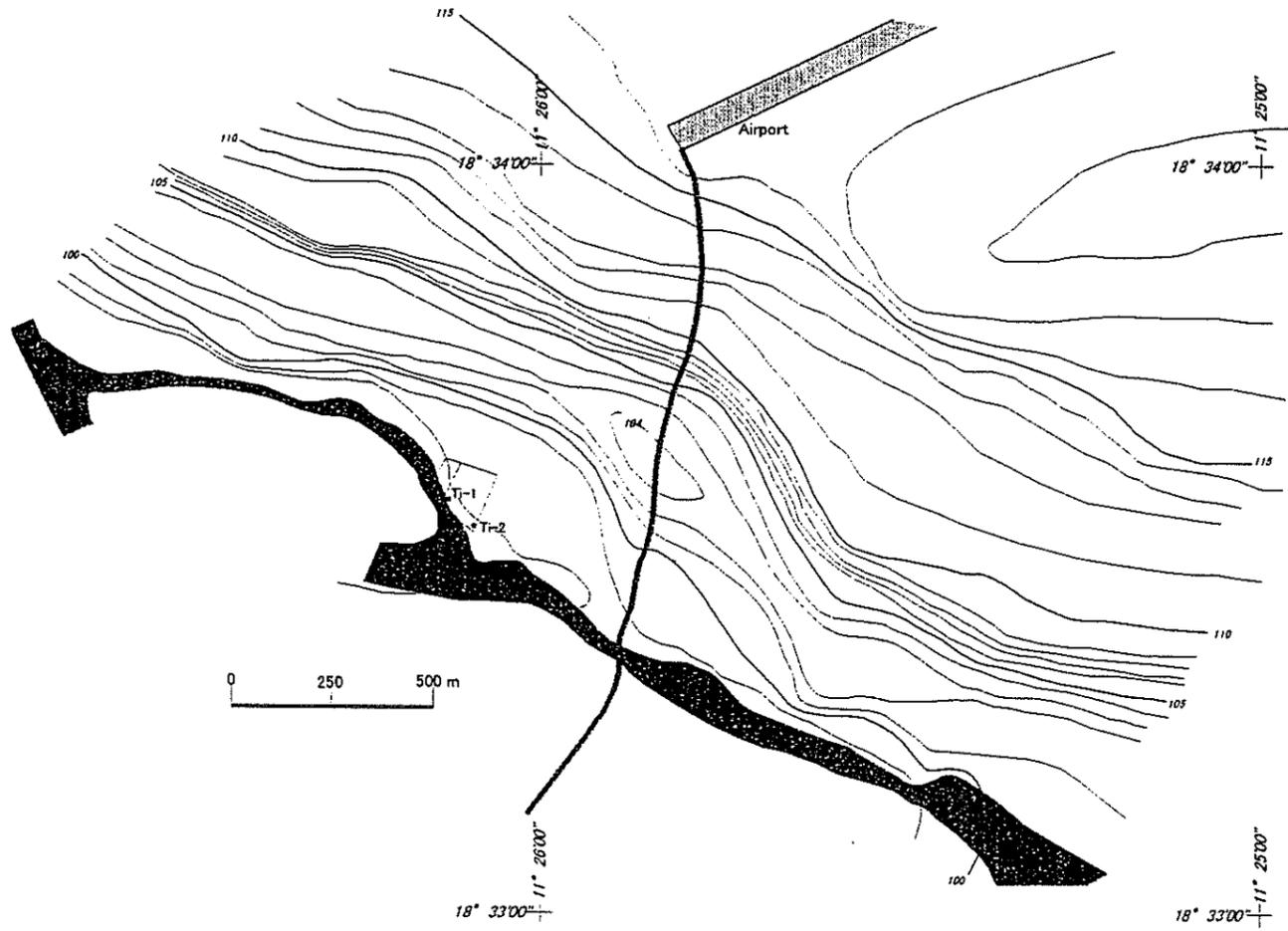


Fig. G.6.2 Plan d'implantation des puits de monitoring (1/2)

Lehoueitatt



Tidjikja



Nimlane

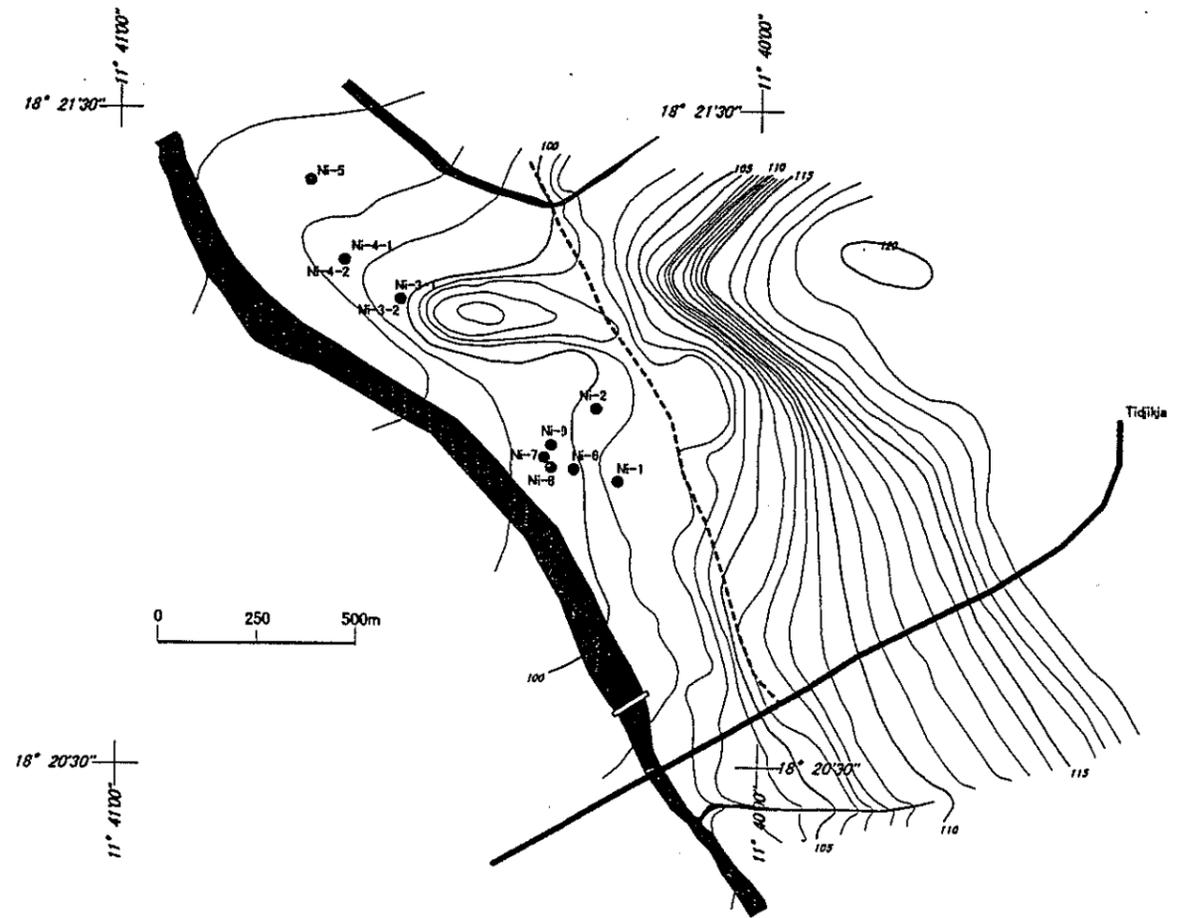


Fig. G.6.2 Plan d'implantation des puits de monitoring (2/2)

Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (1/12)

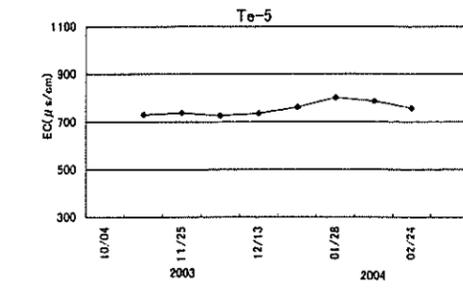
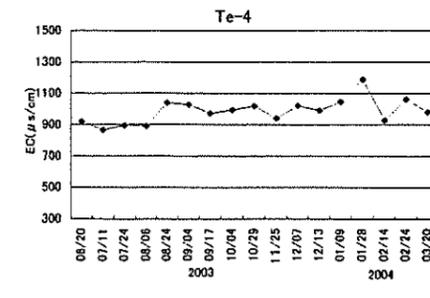
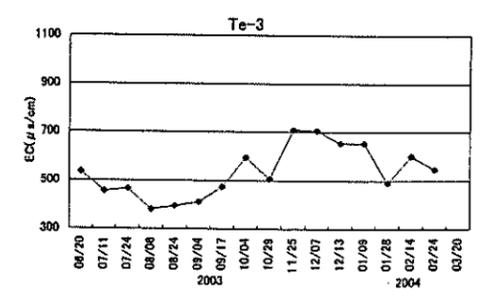
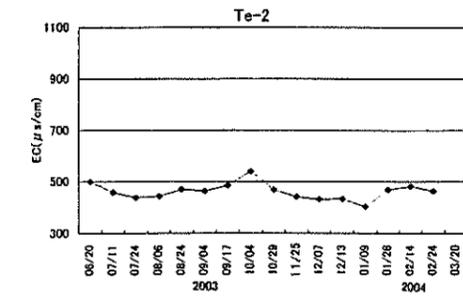
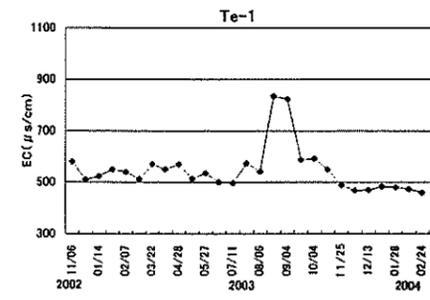
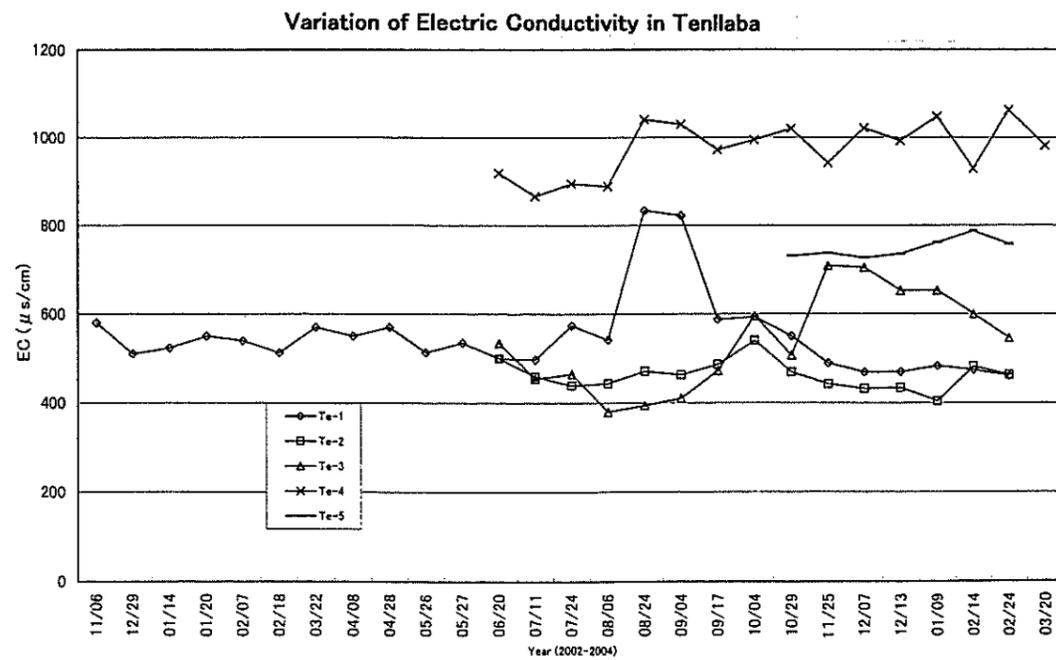
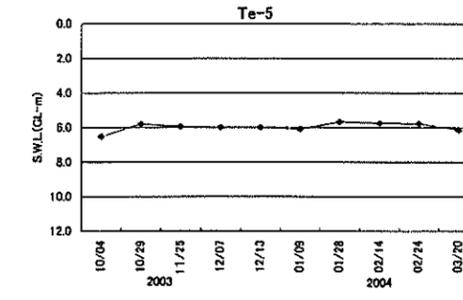
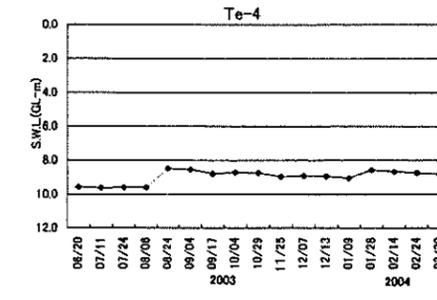
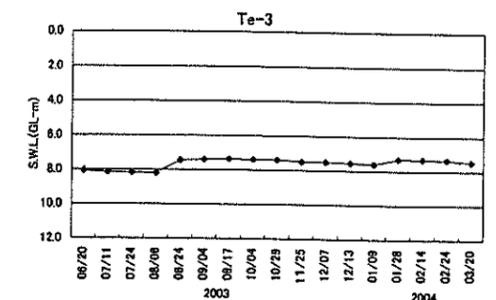
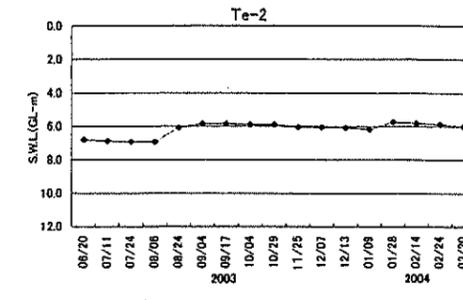
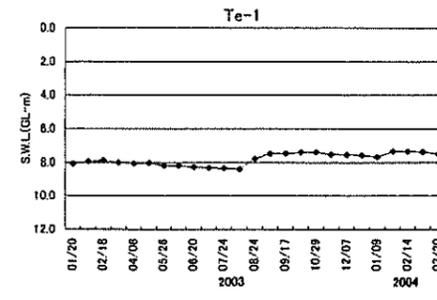
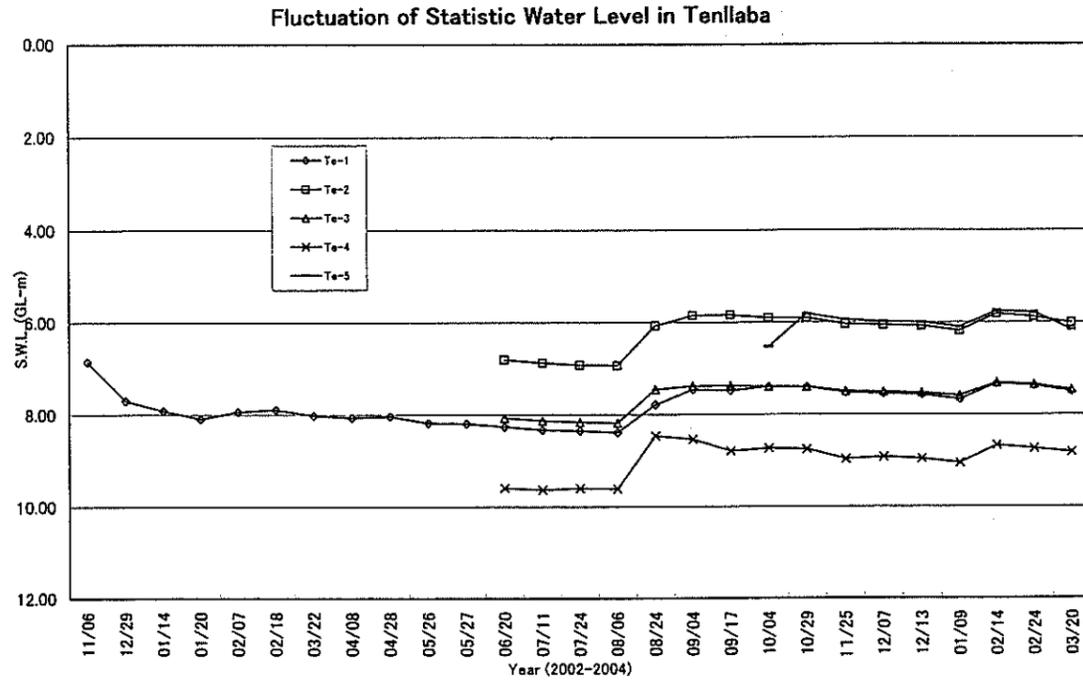
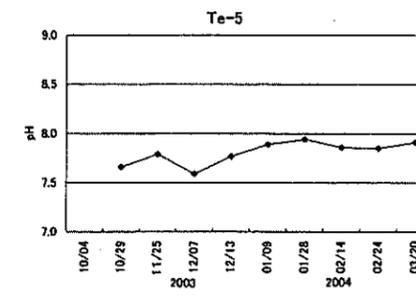
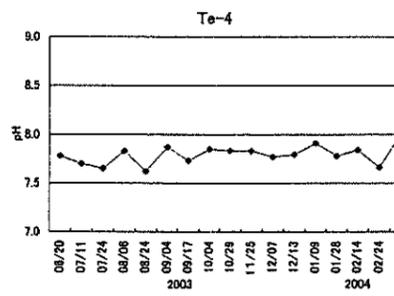
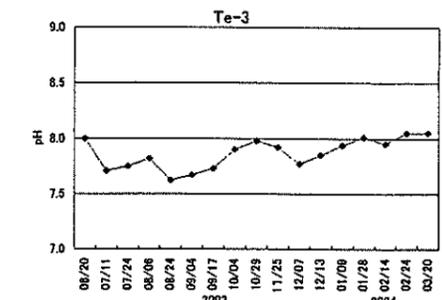
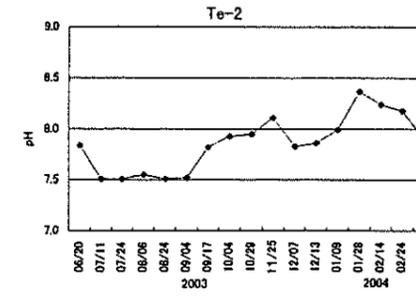
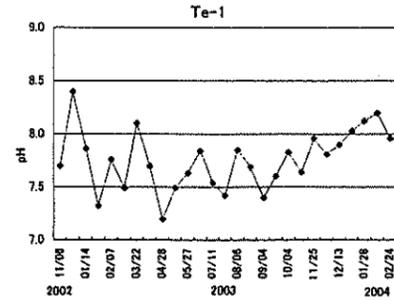
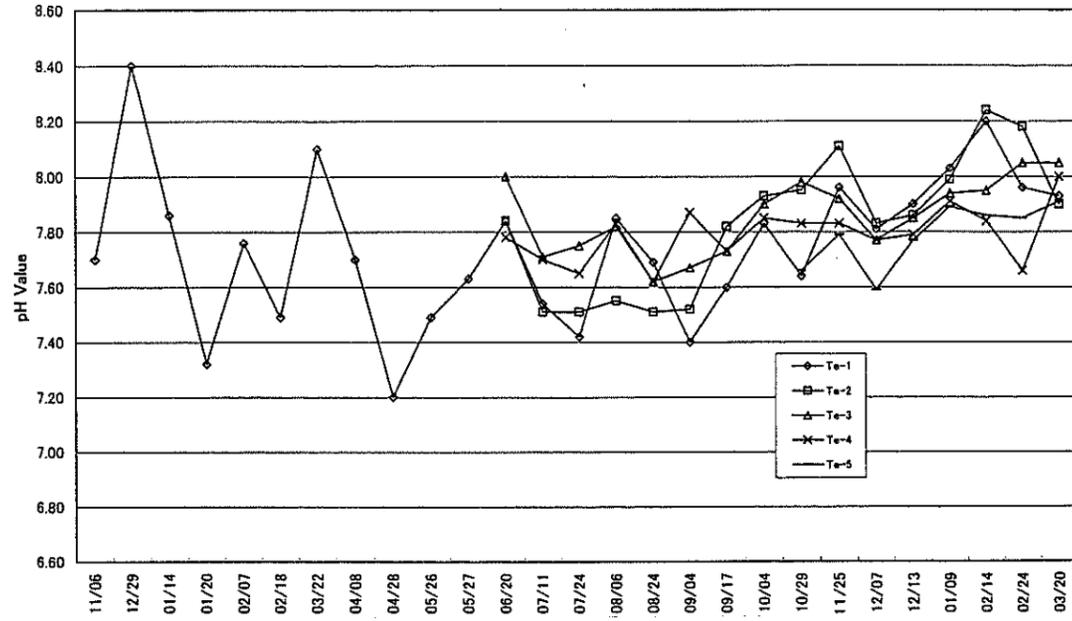


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (2/12)

Variation of pH in Tenllaba



Variation of Water Temperature in Tenllaba

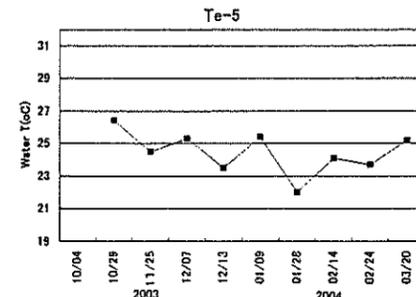
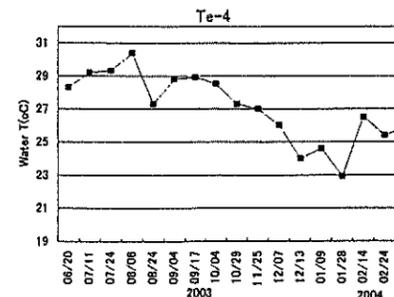
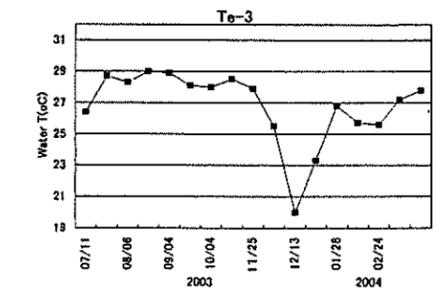
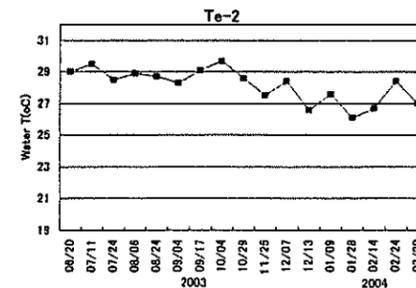
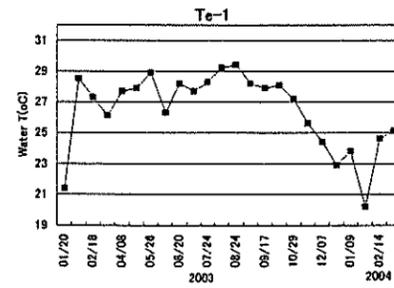
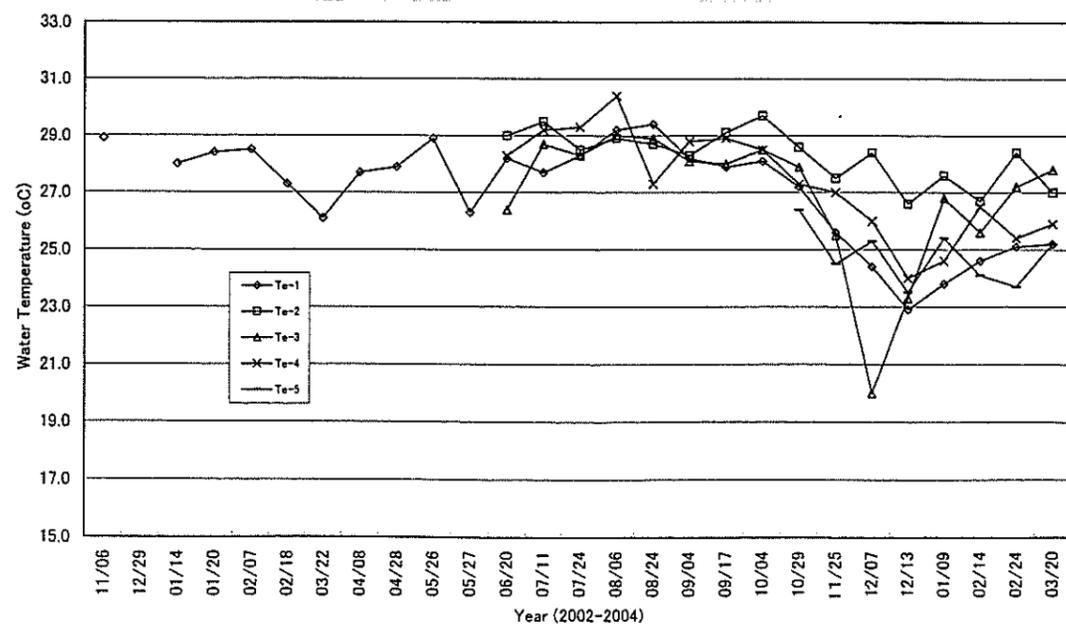


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (3/12)

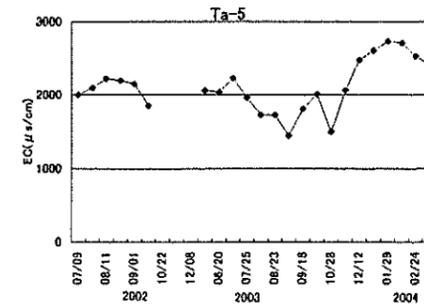
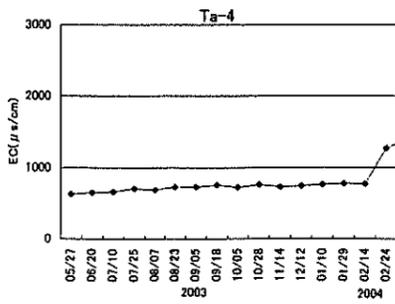
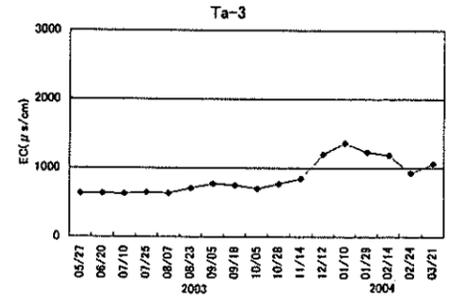
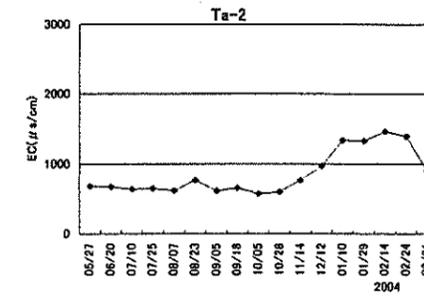
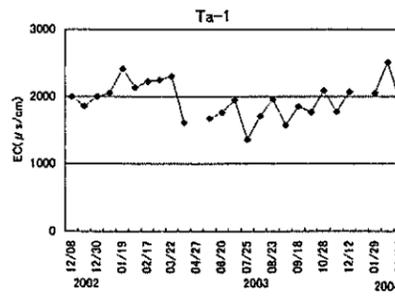
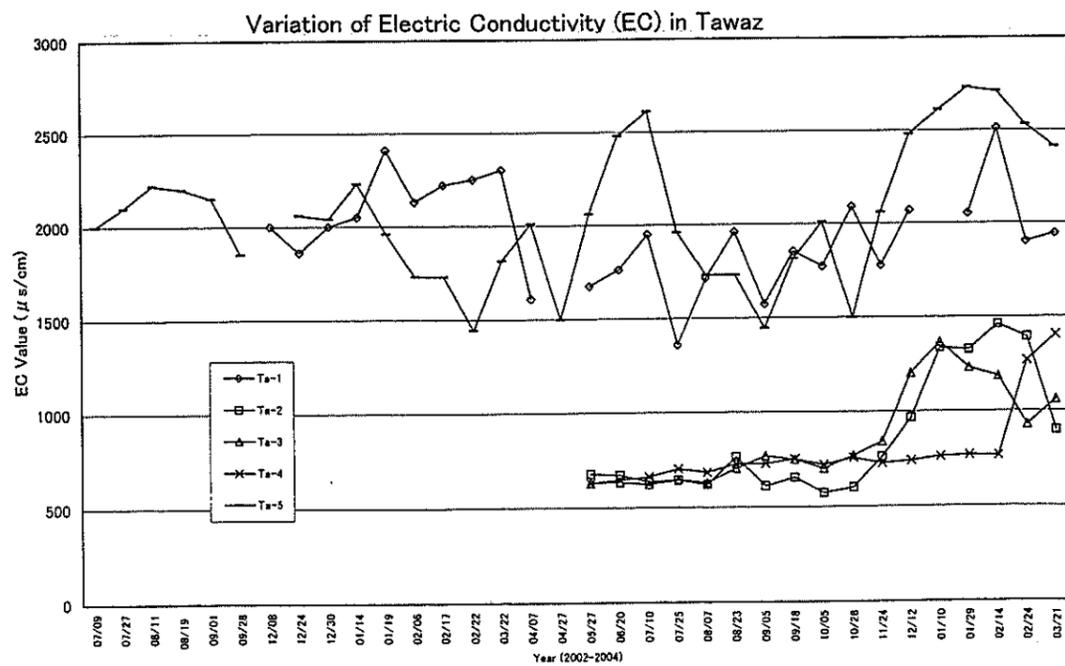
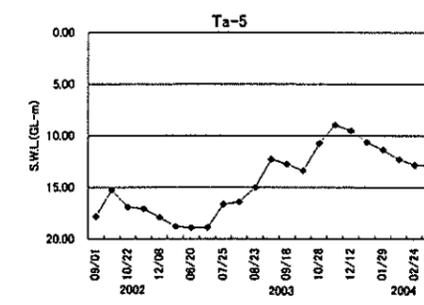
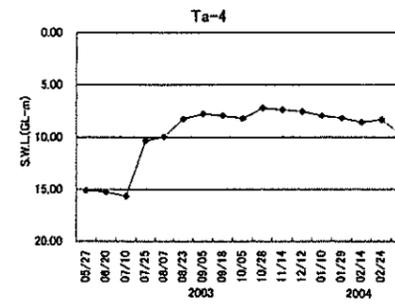
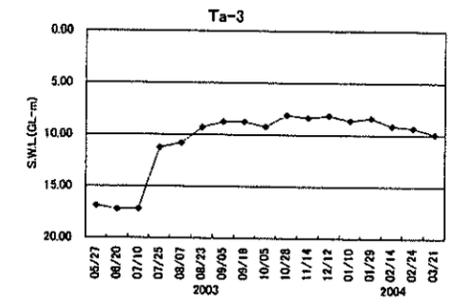
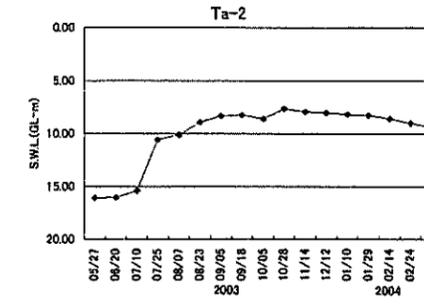
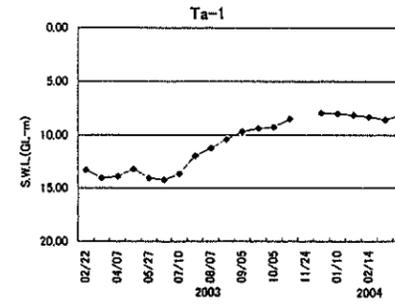
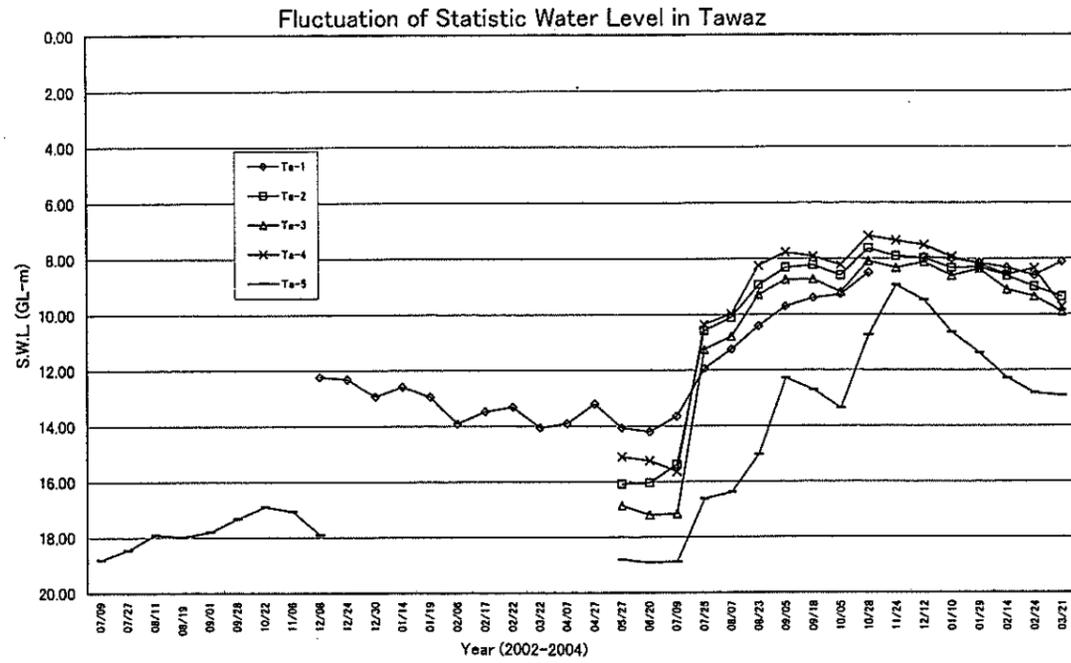


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (4/12)

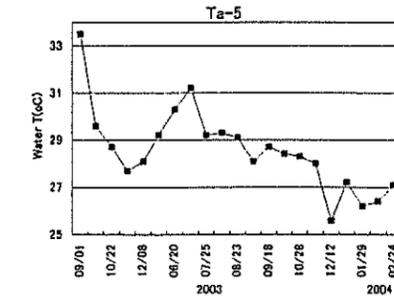
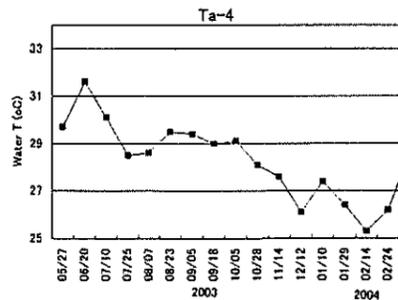
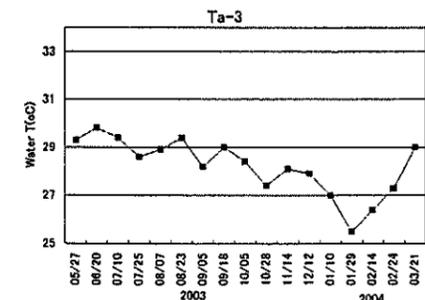
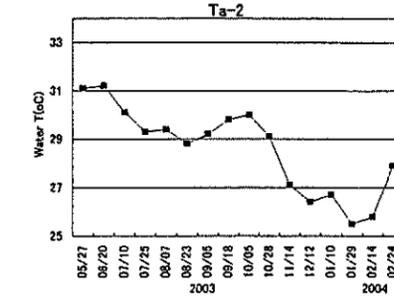
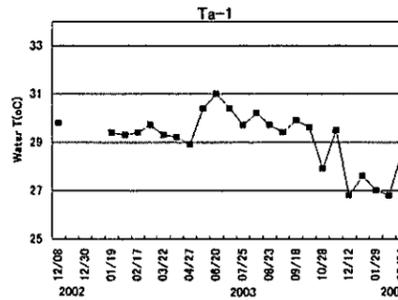
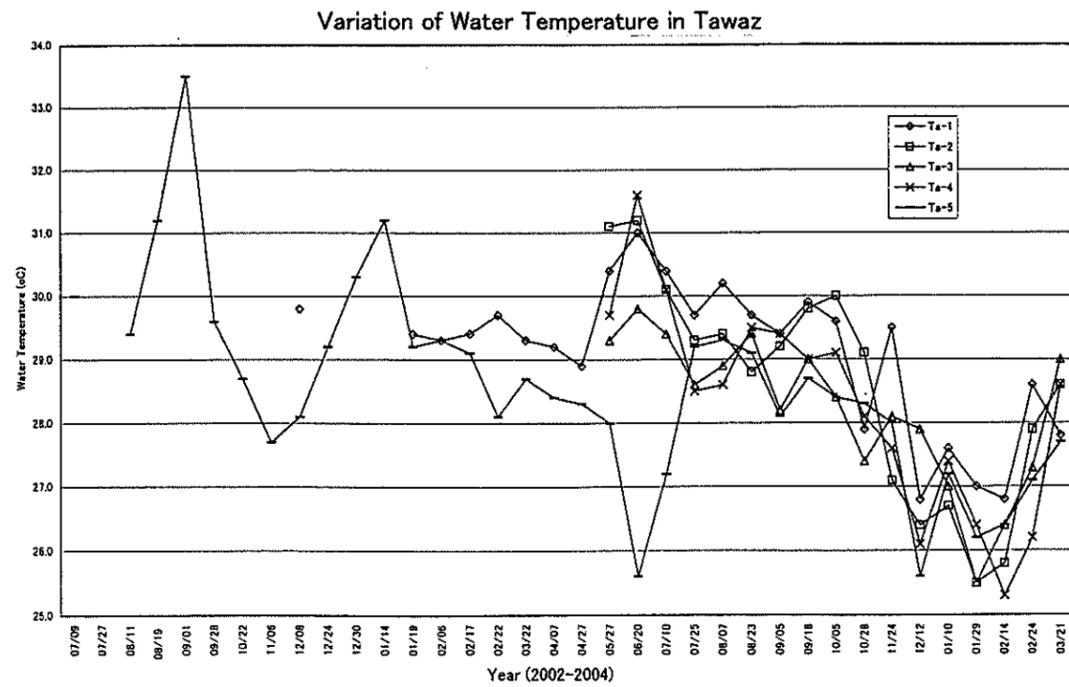
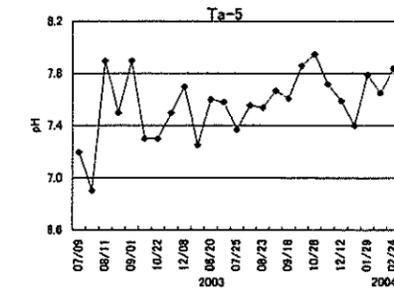
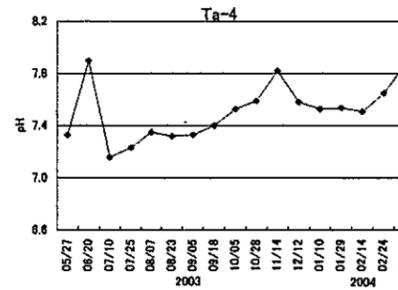
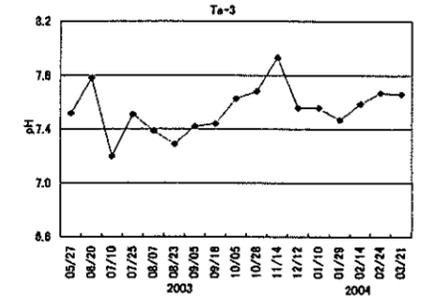
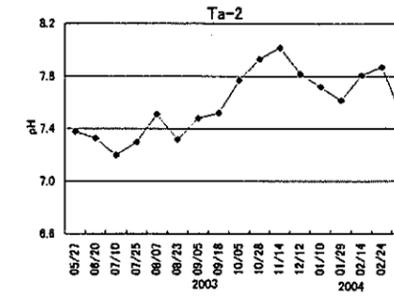
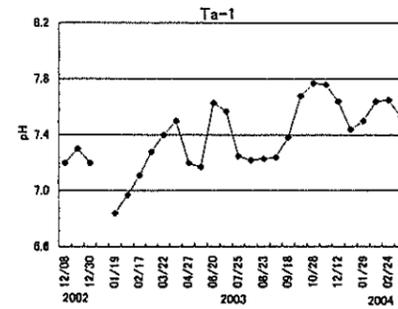
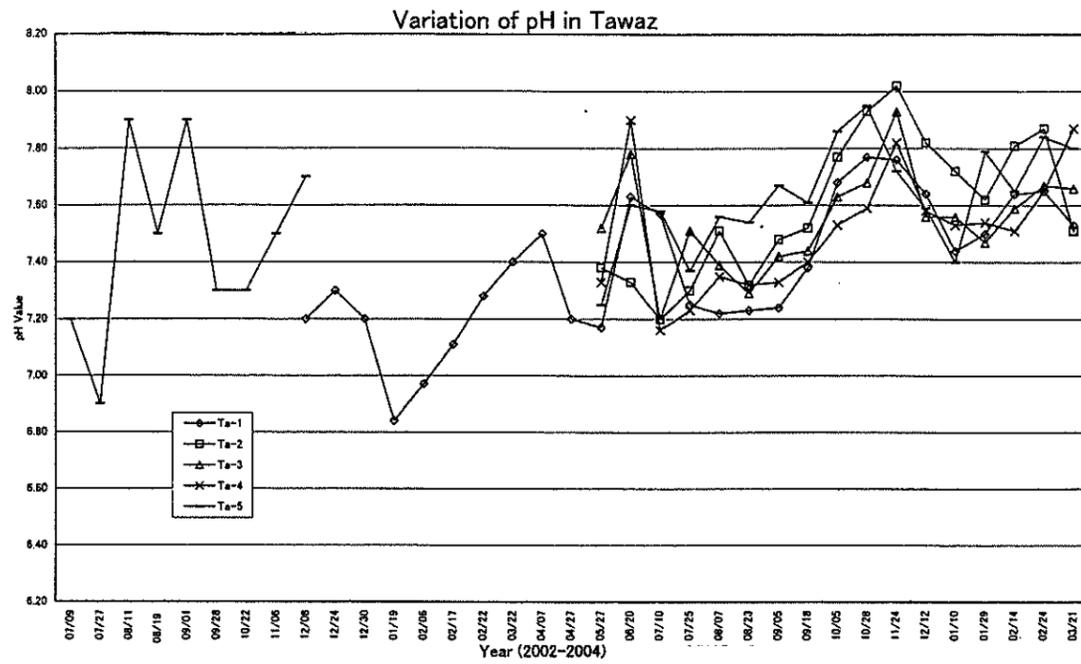


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (5/12)

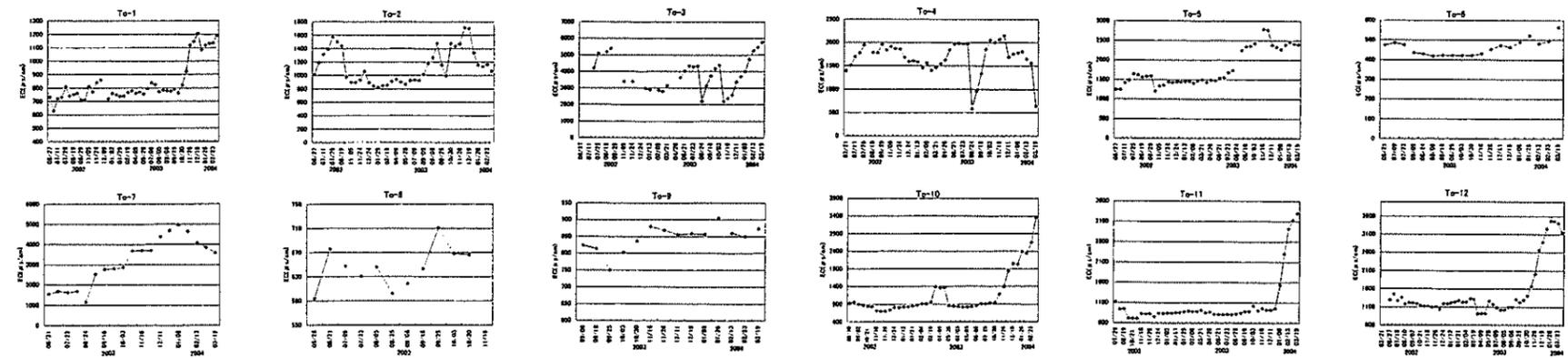
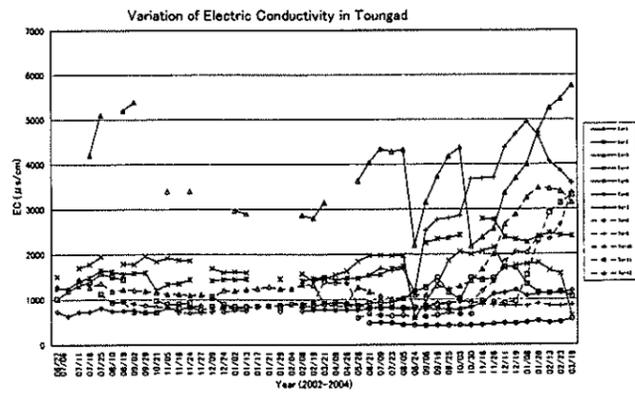
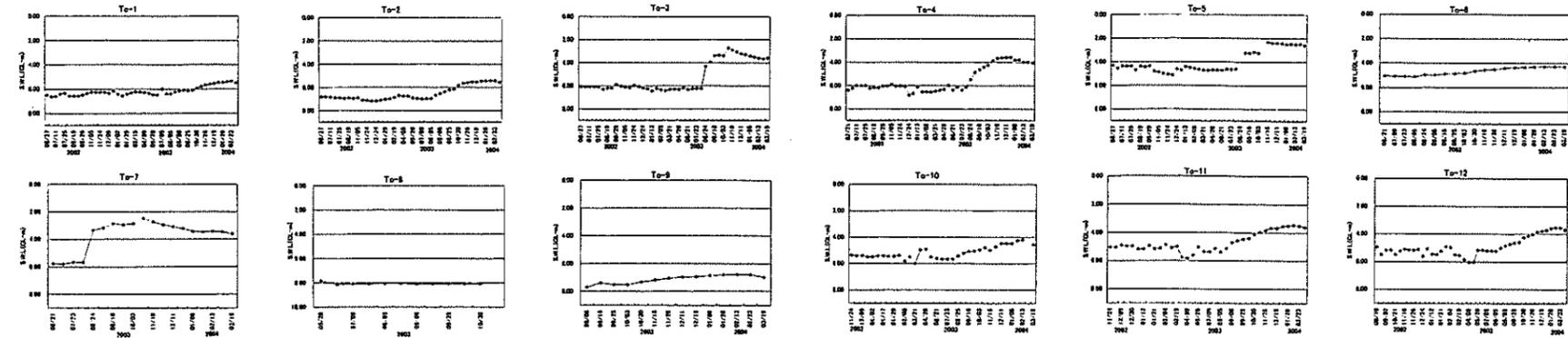
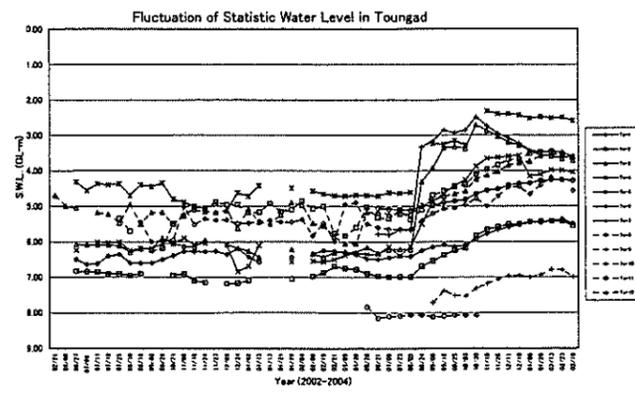


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (6/12)

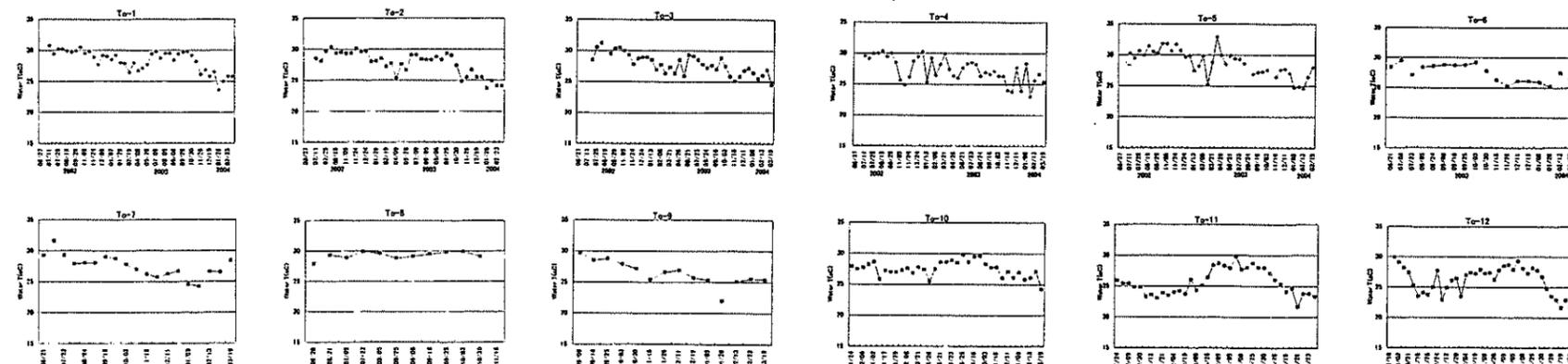
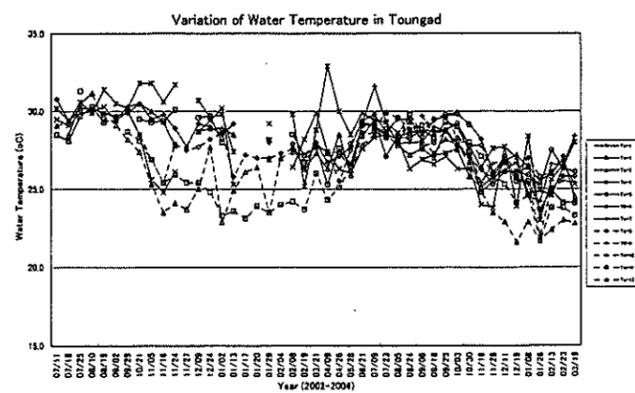
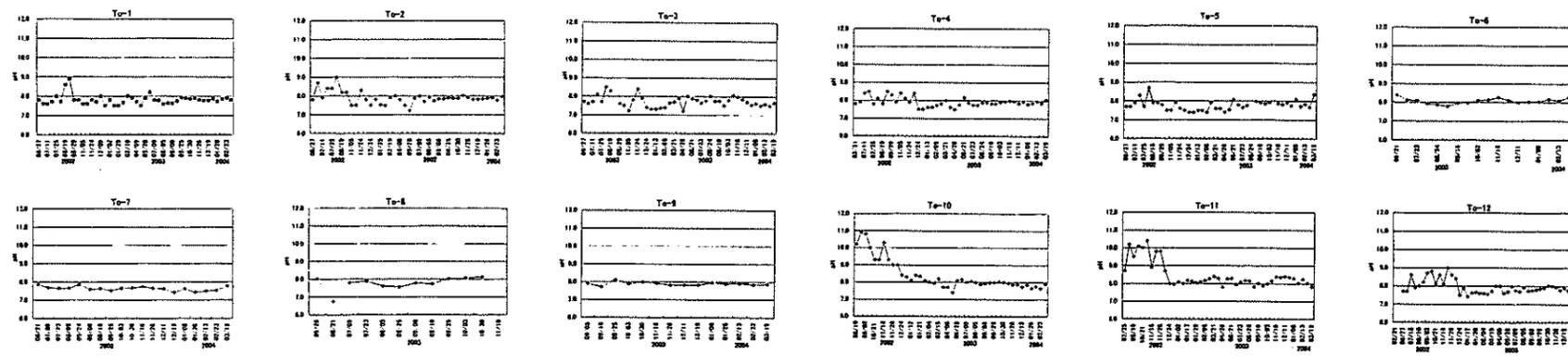
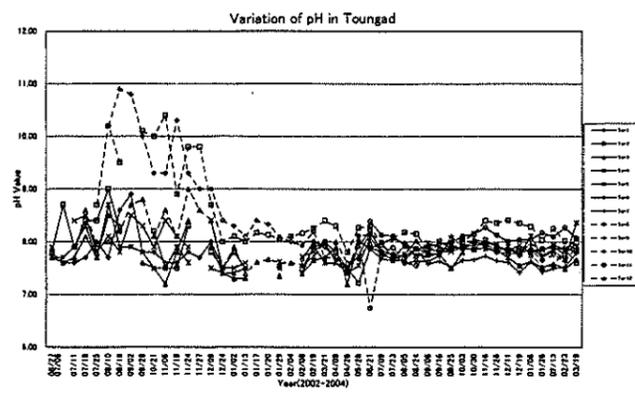


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (7/12)

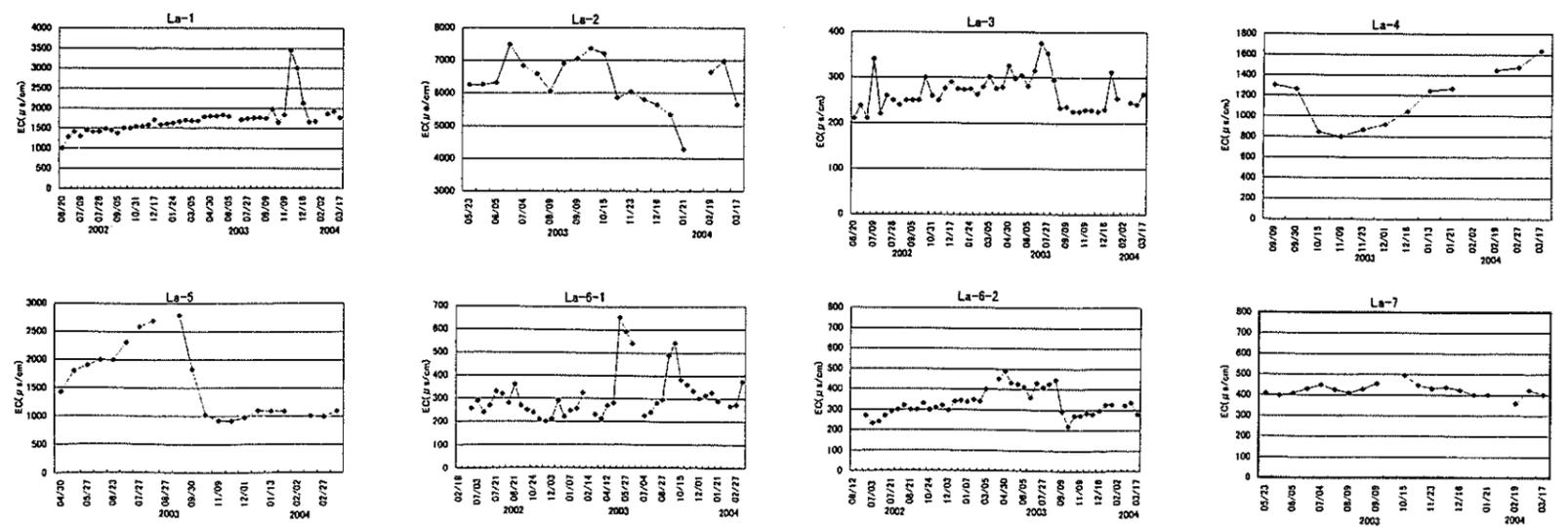
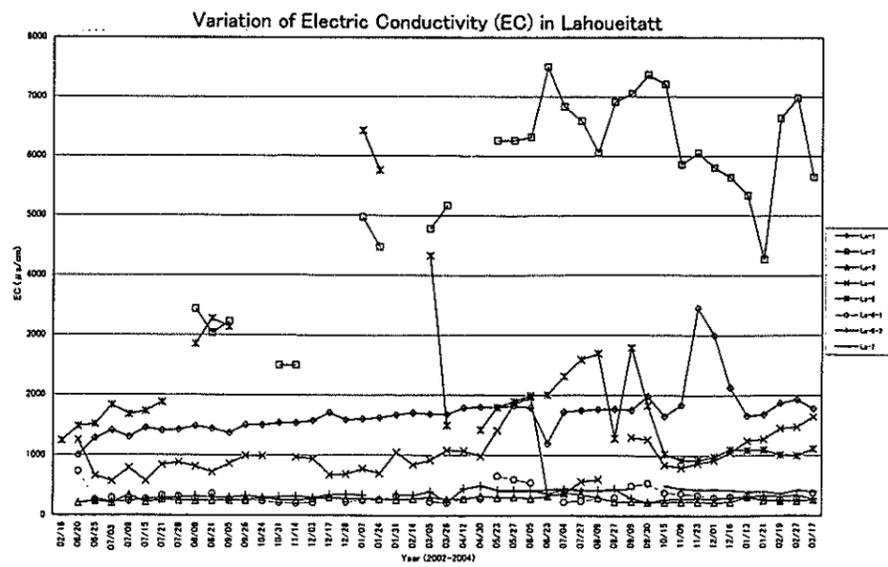
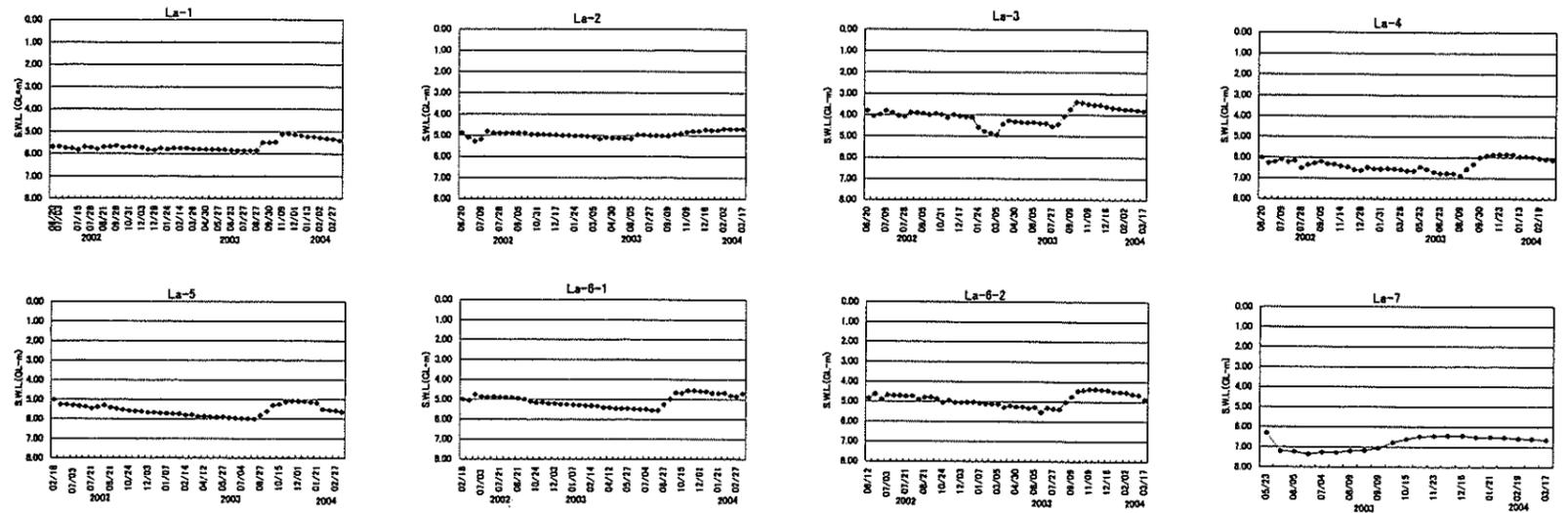
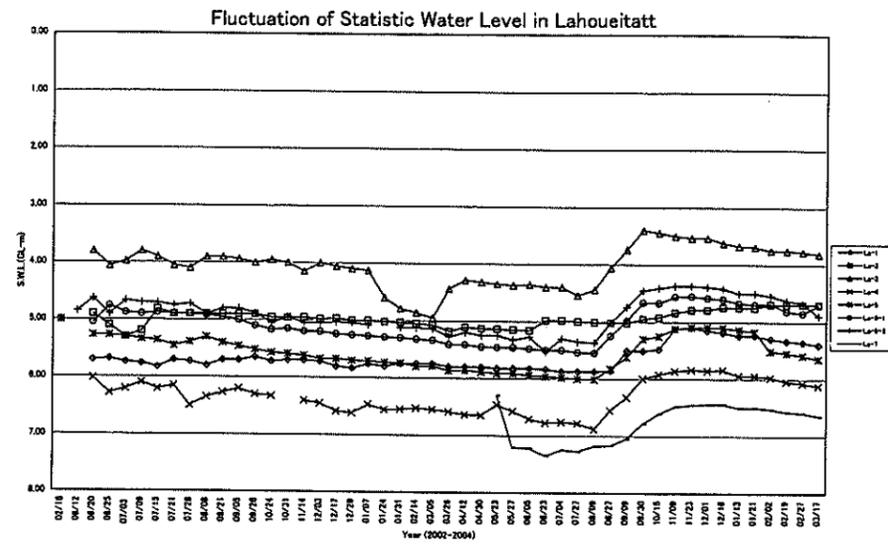


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (8/12)

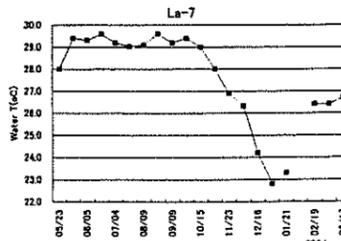
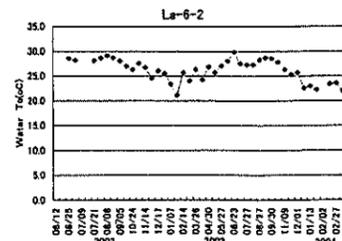
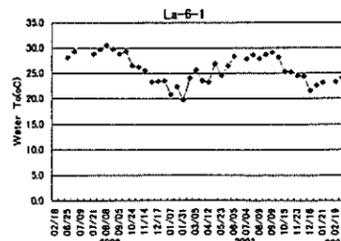
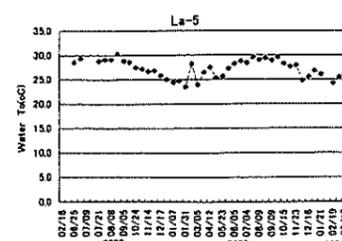
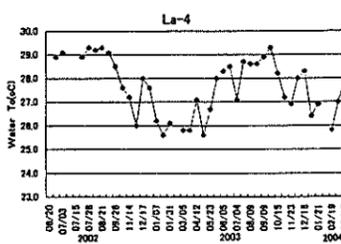
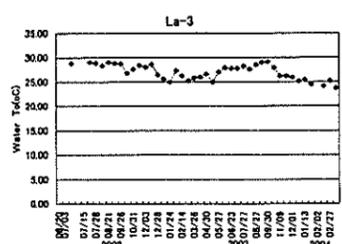
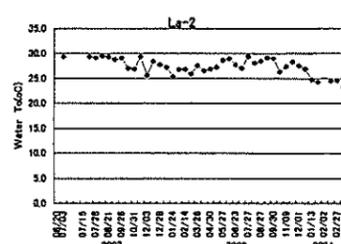
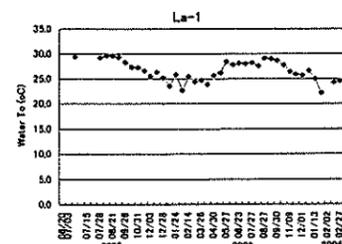
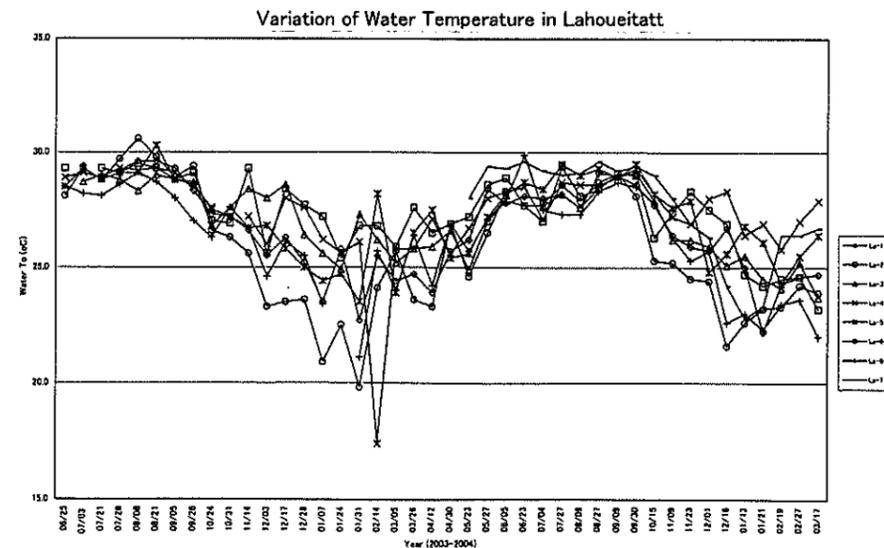
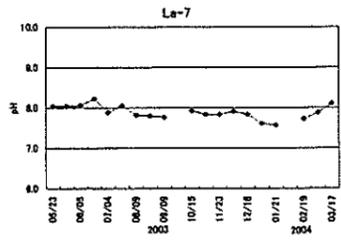
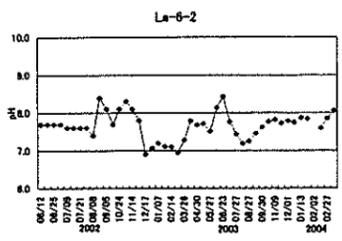
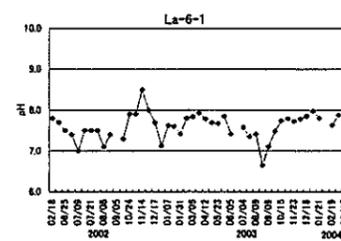
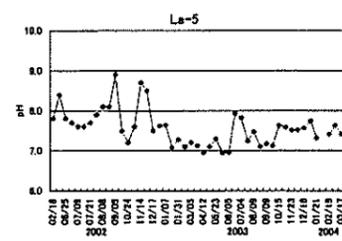
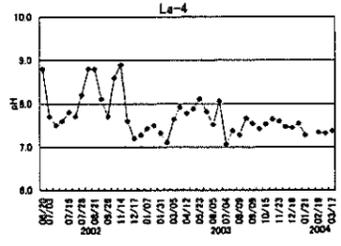
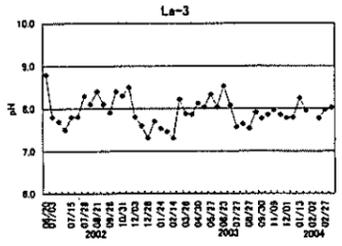
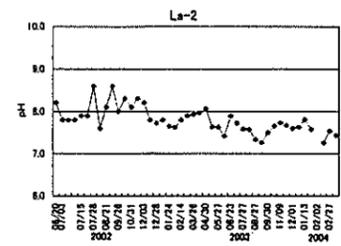
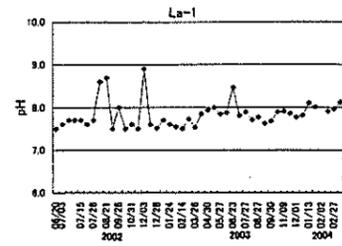
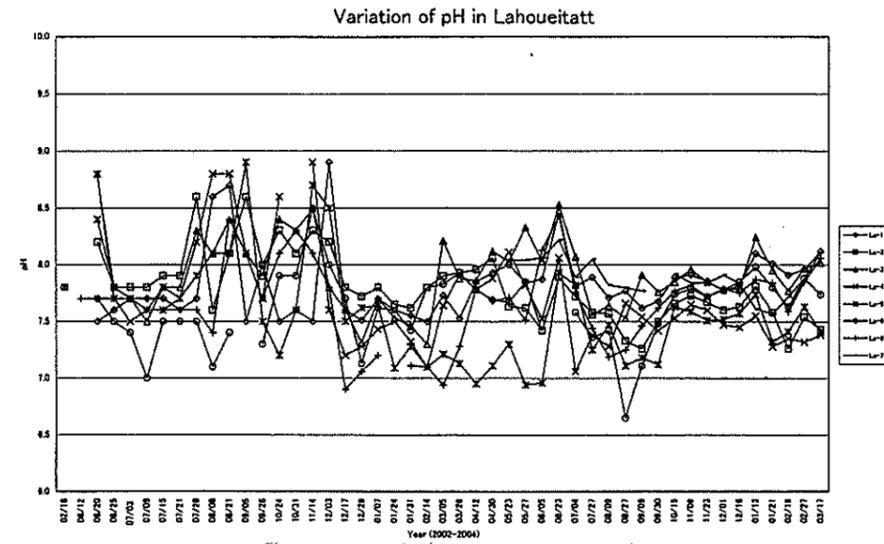


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (9/12)

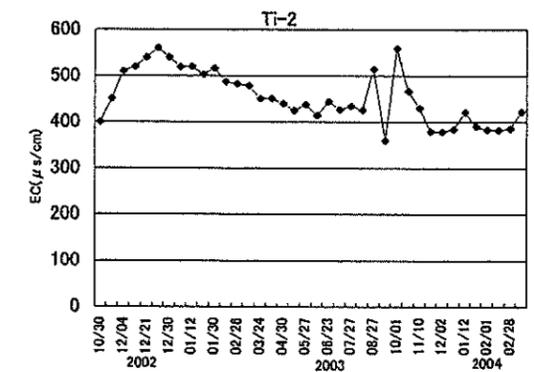
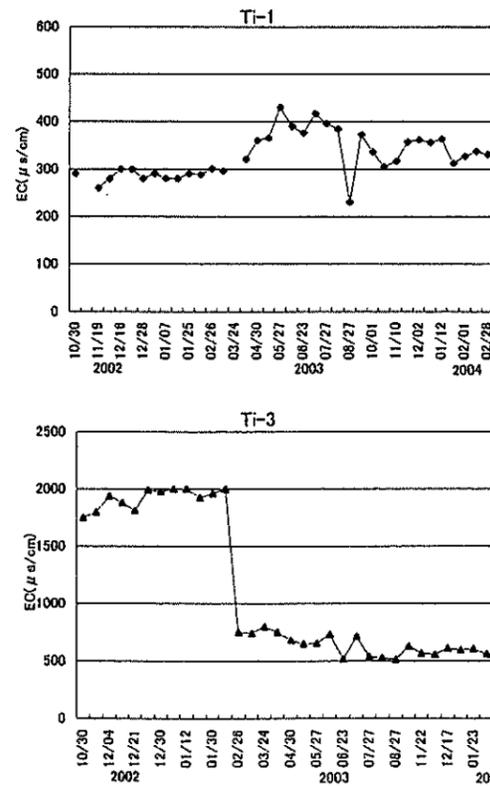
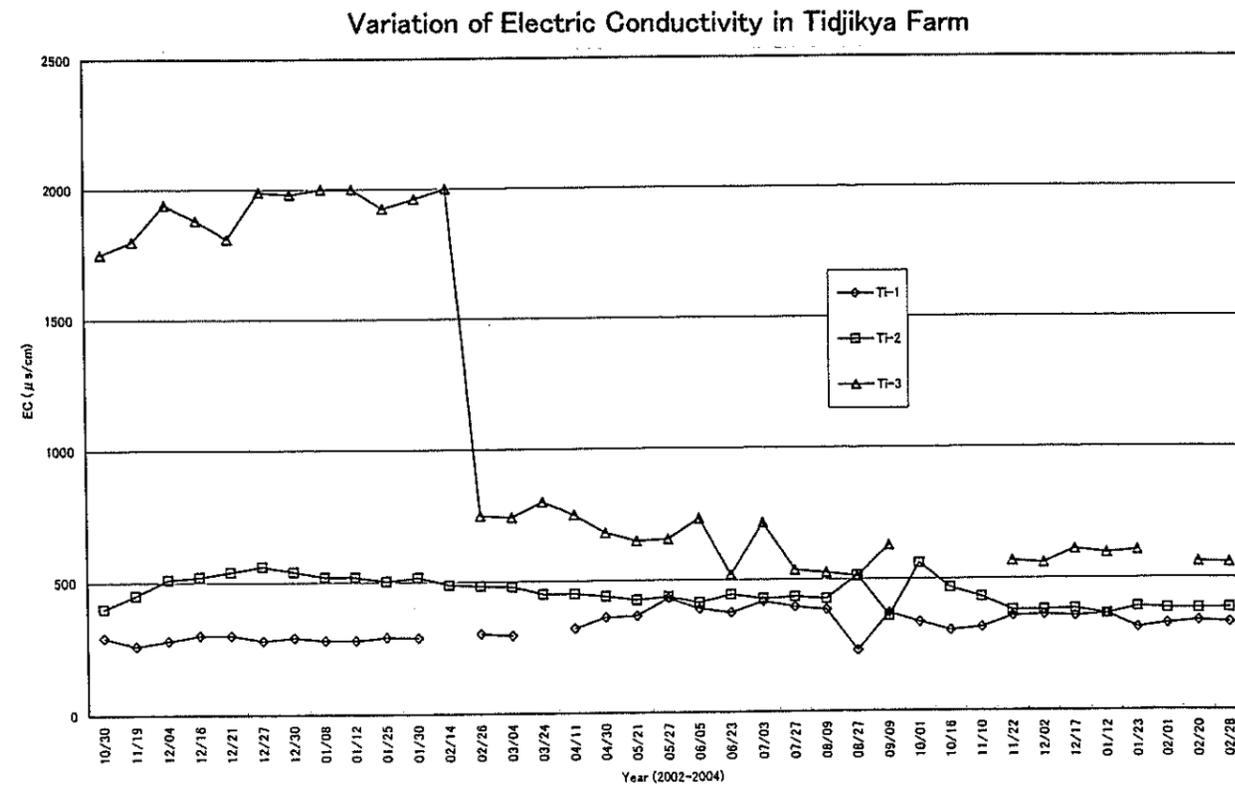
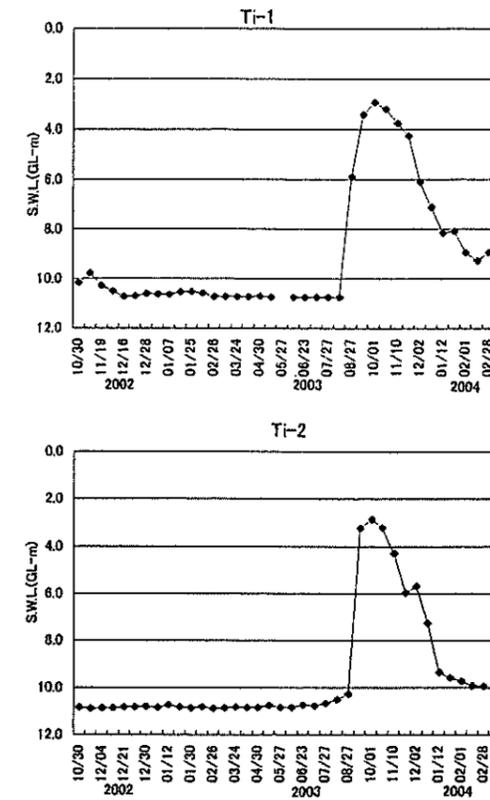
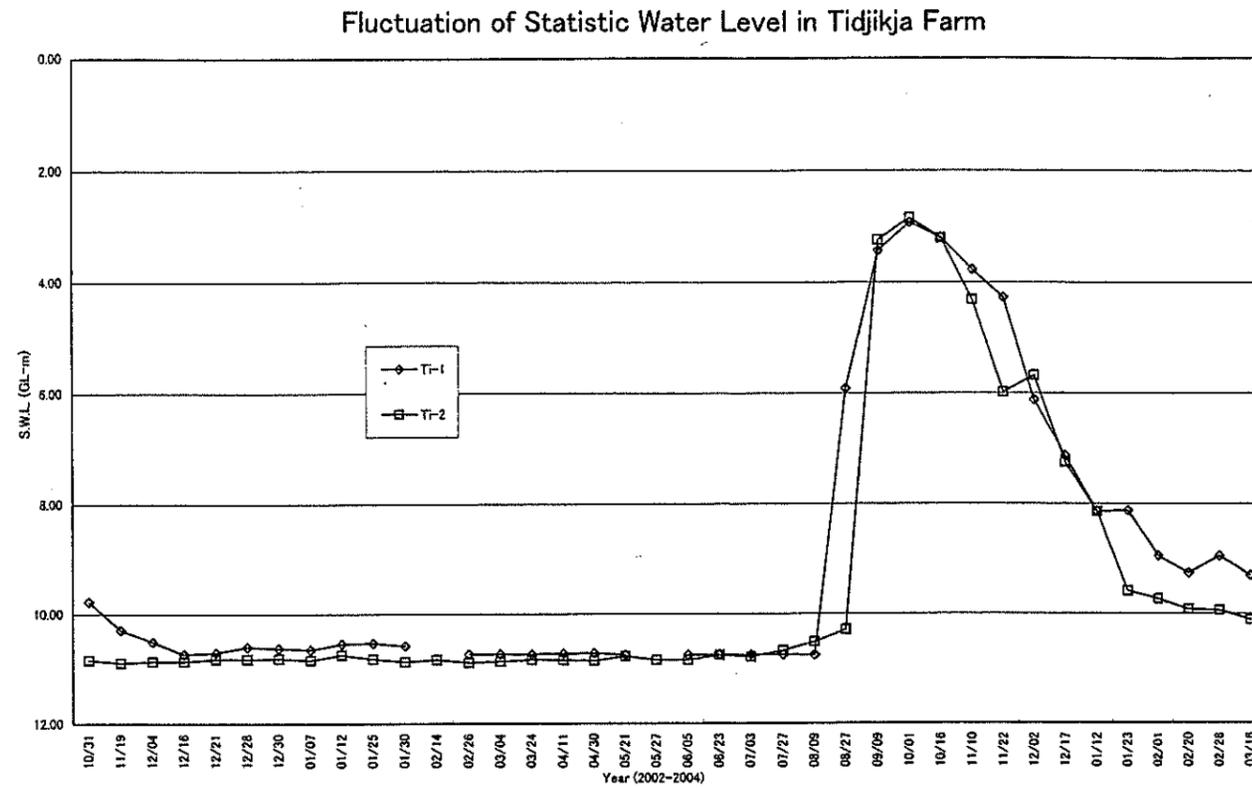


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (10/12)

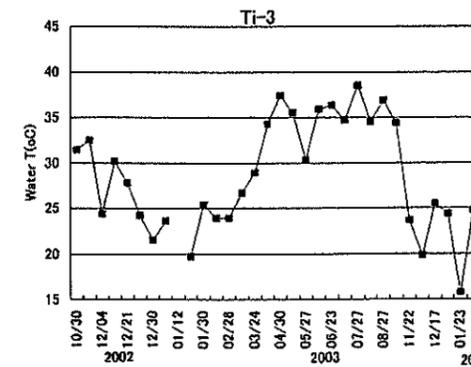
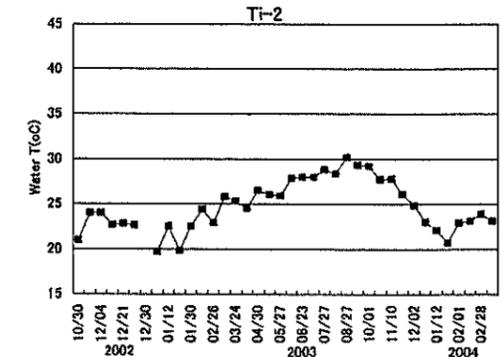
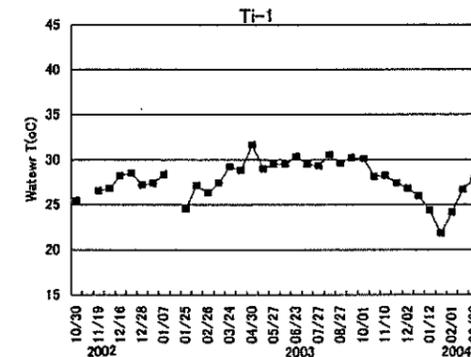
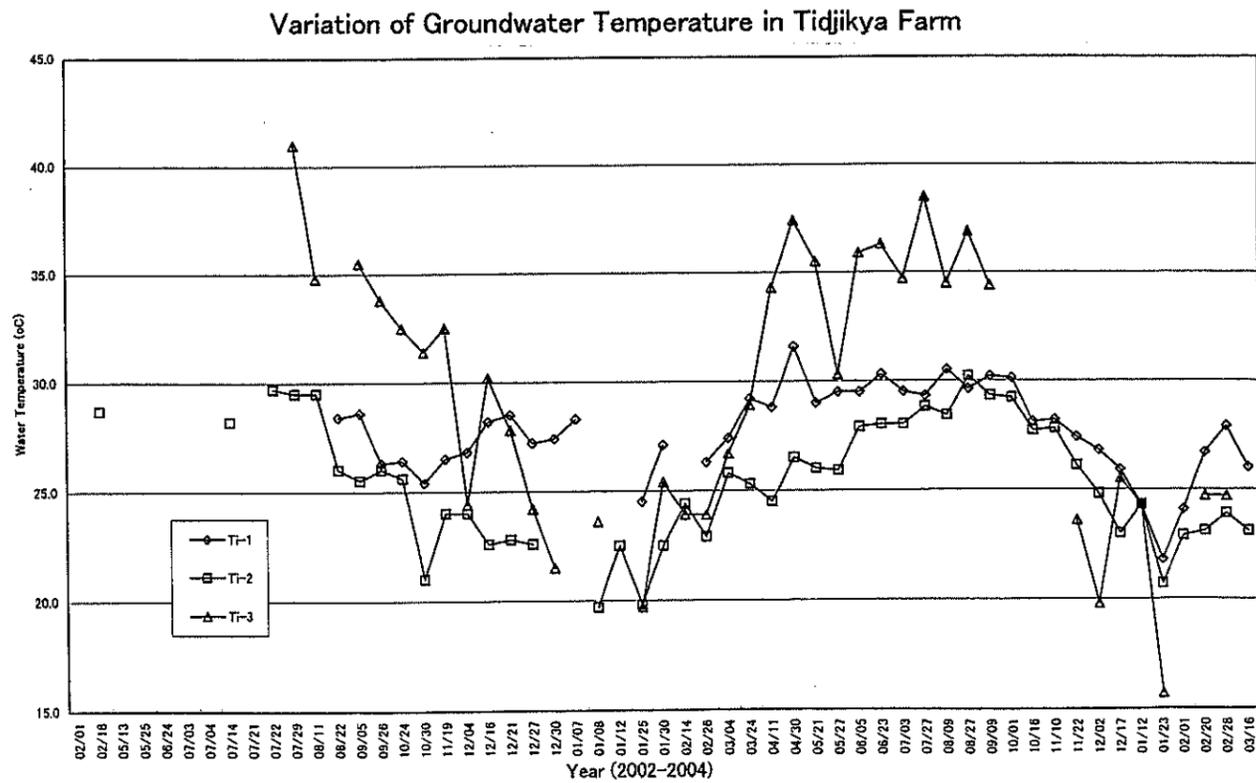
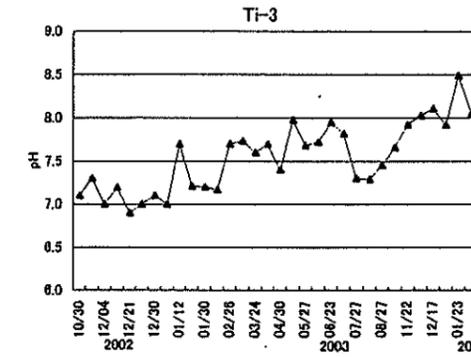
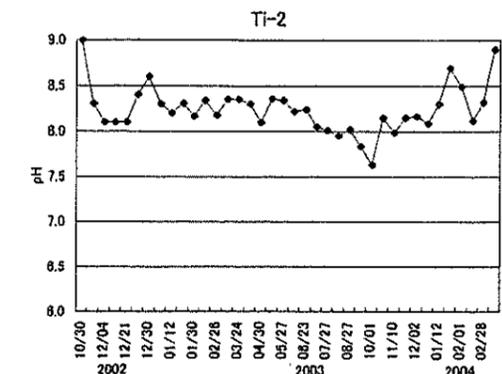
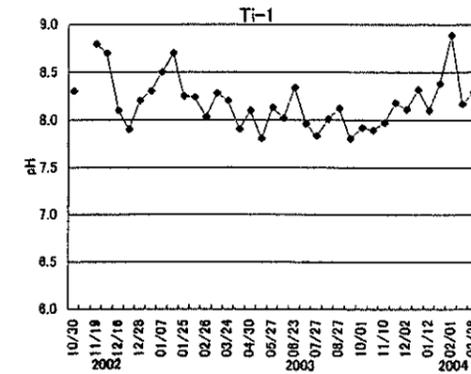
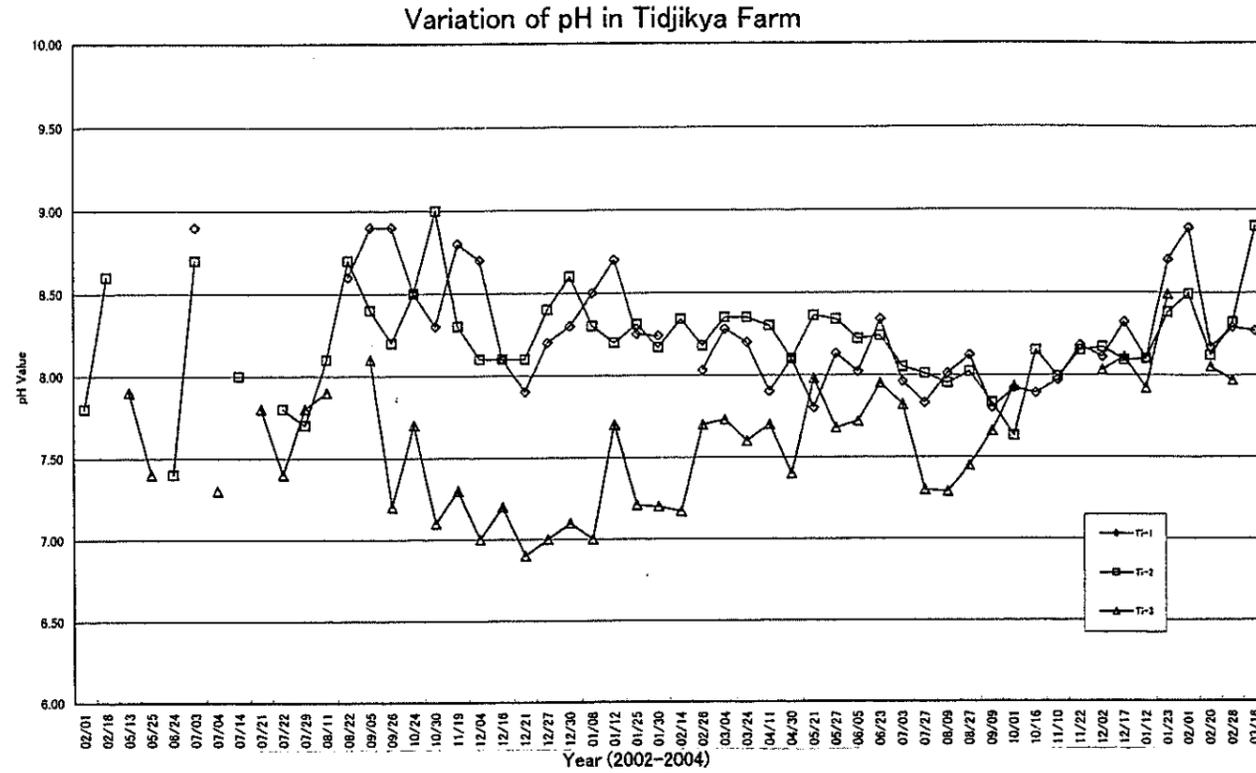


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (11/12)

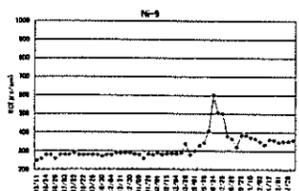
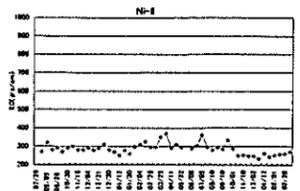
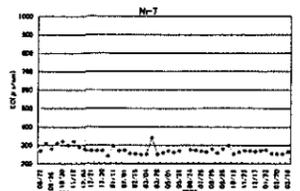
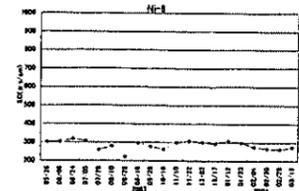
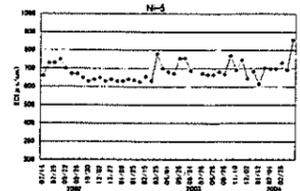
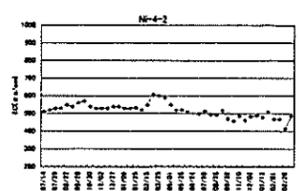
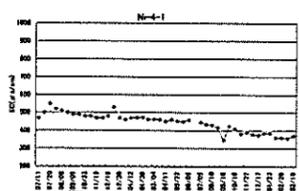
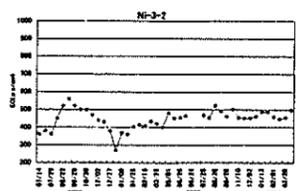
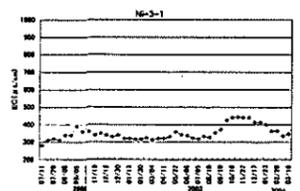
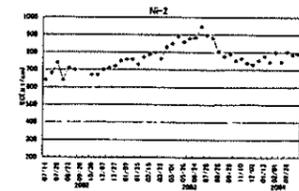
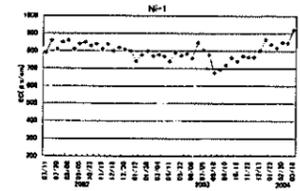
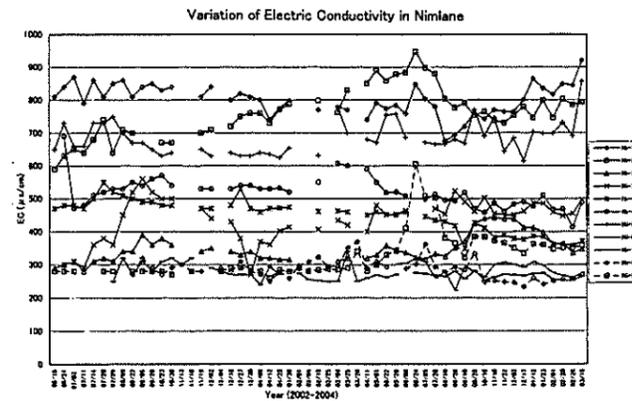
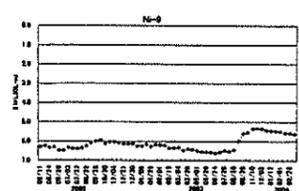
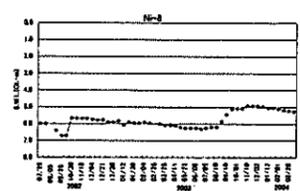
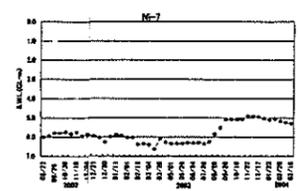
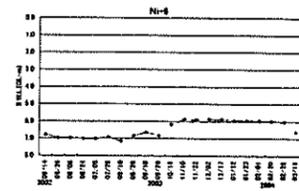
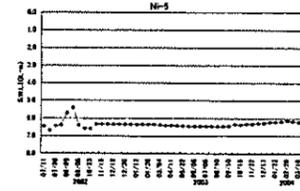
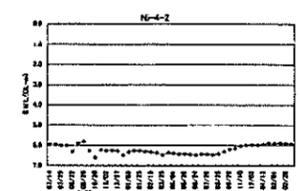
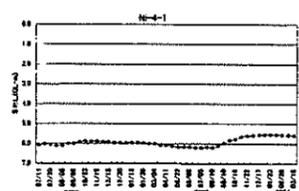
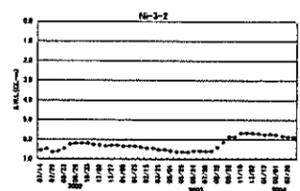
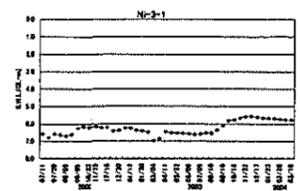
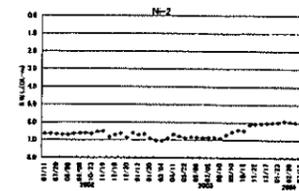
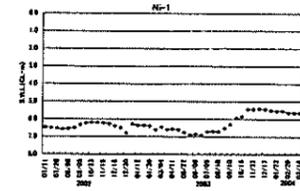
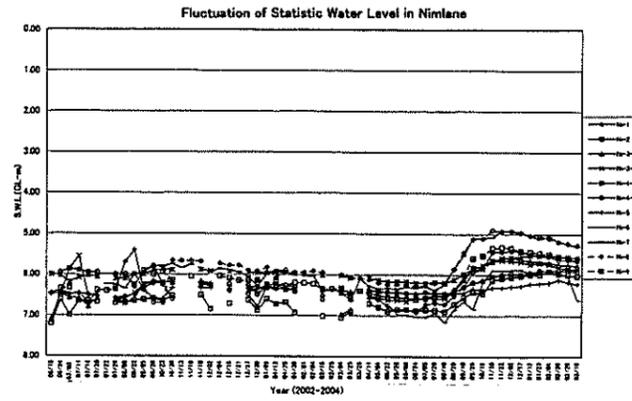
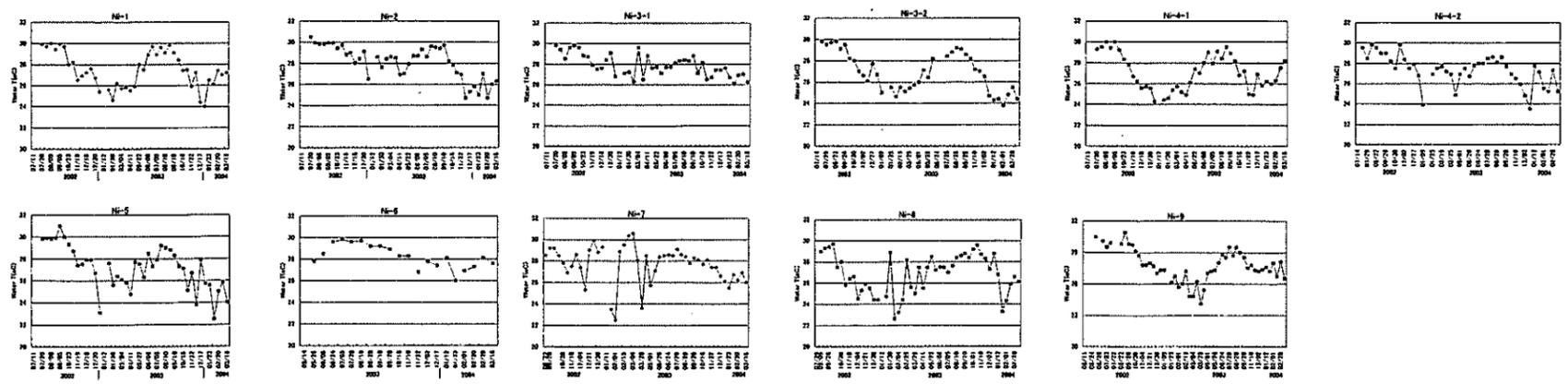
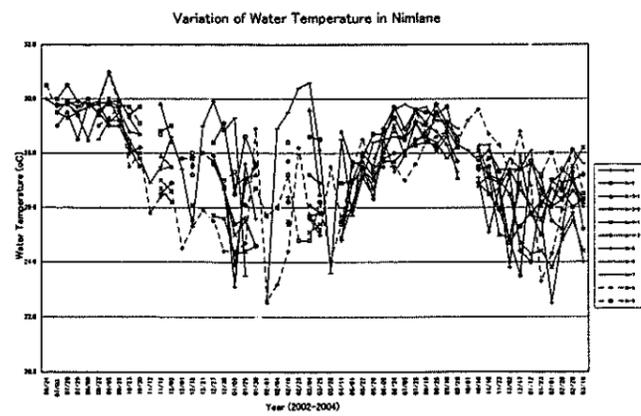
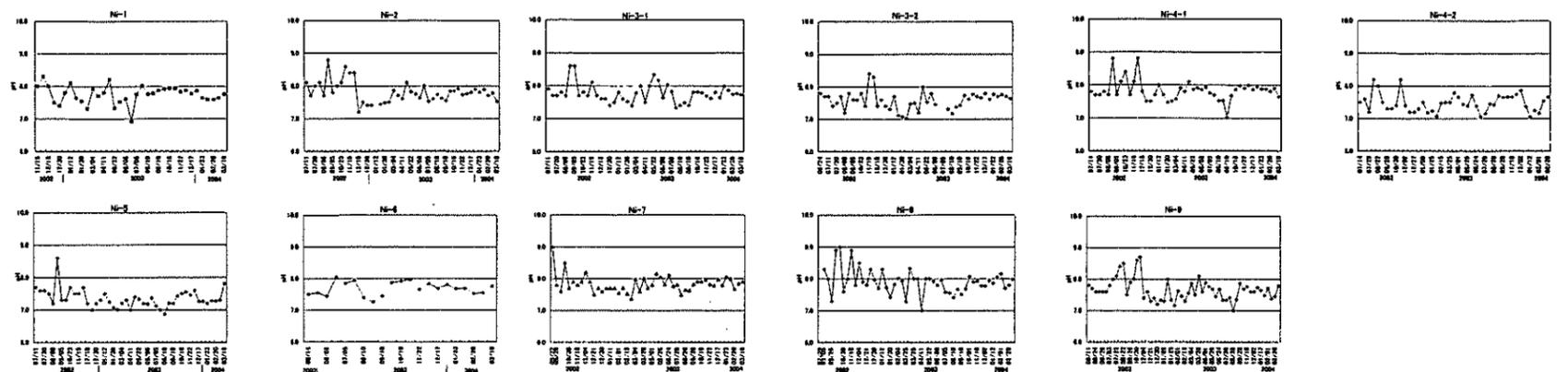
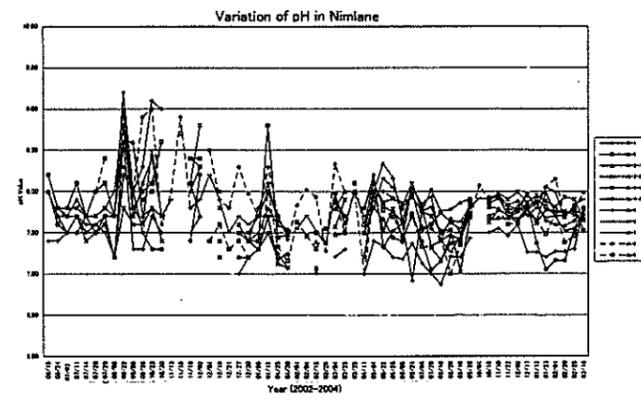


Fig. G.6.3 Variation des paramètres du monitoring (12/12)



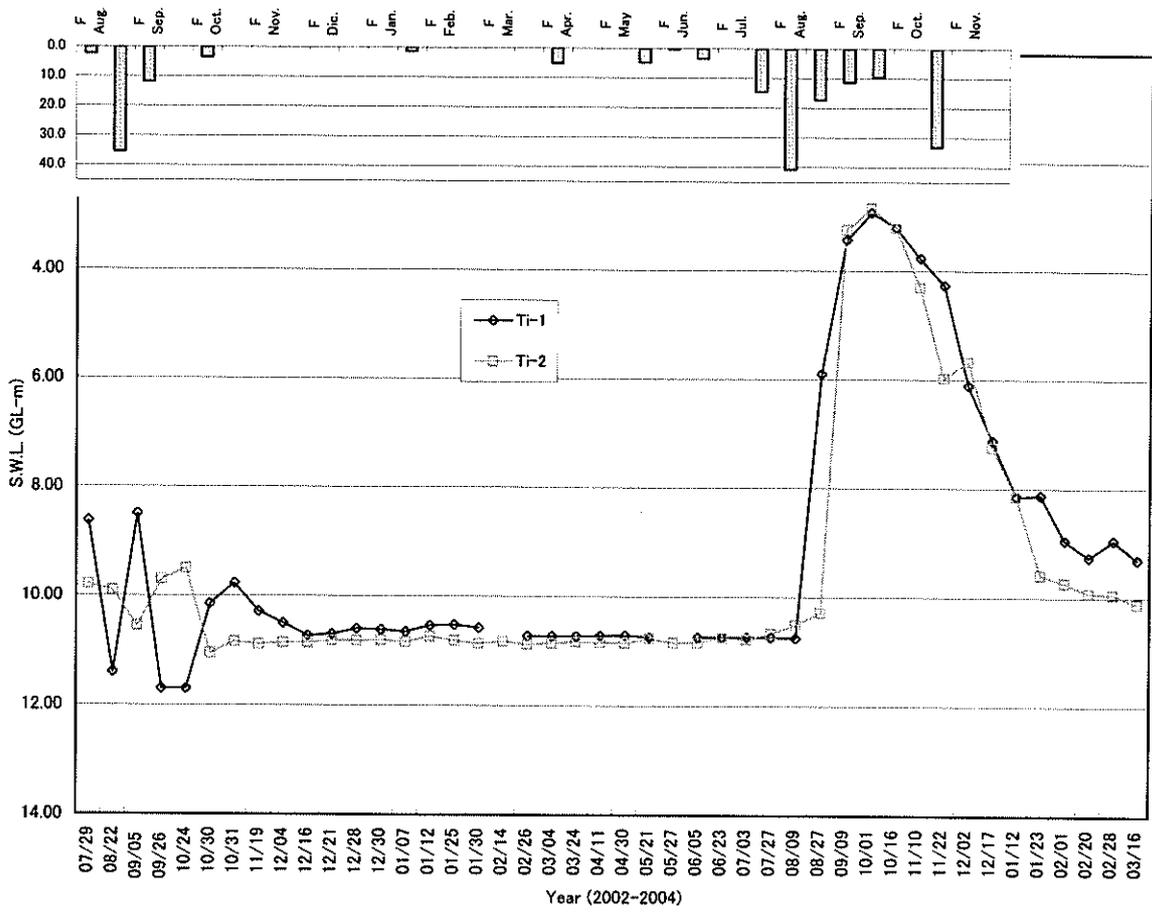
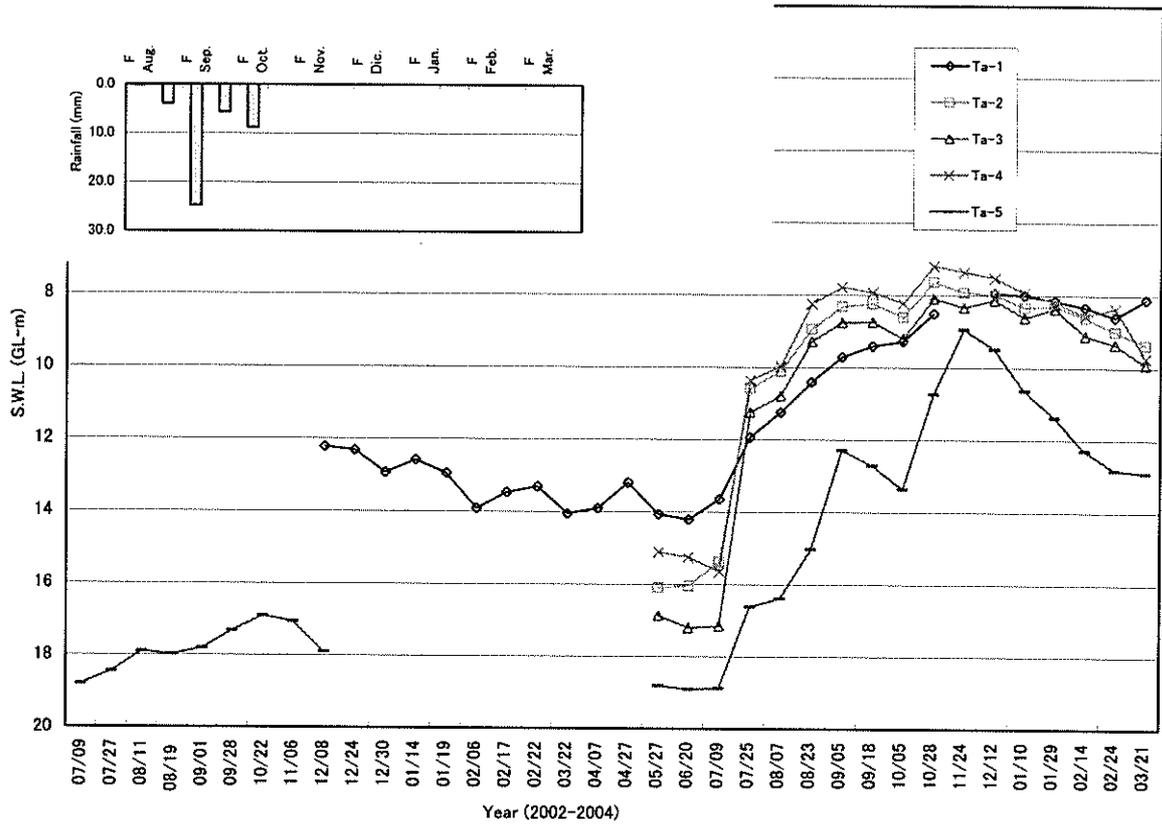


Fig. G.6.4 Fluctuation du niveau d'eau et précipitation

Fig. G.7.2 Plan d'implantation des trous d'essai (1/2)

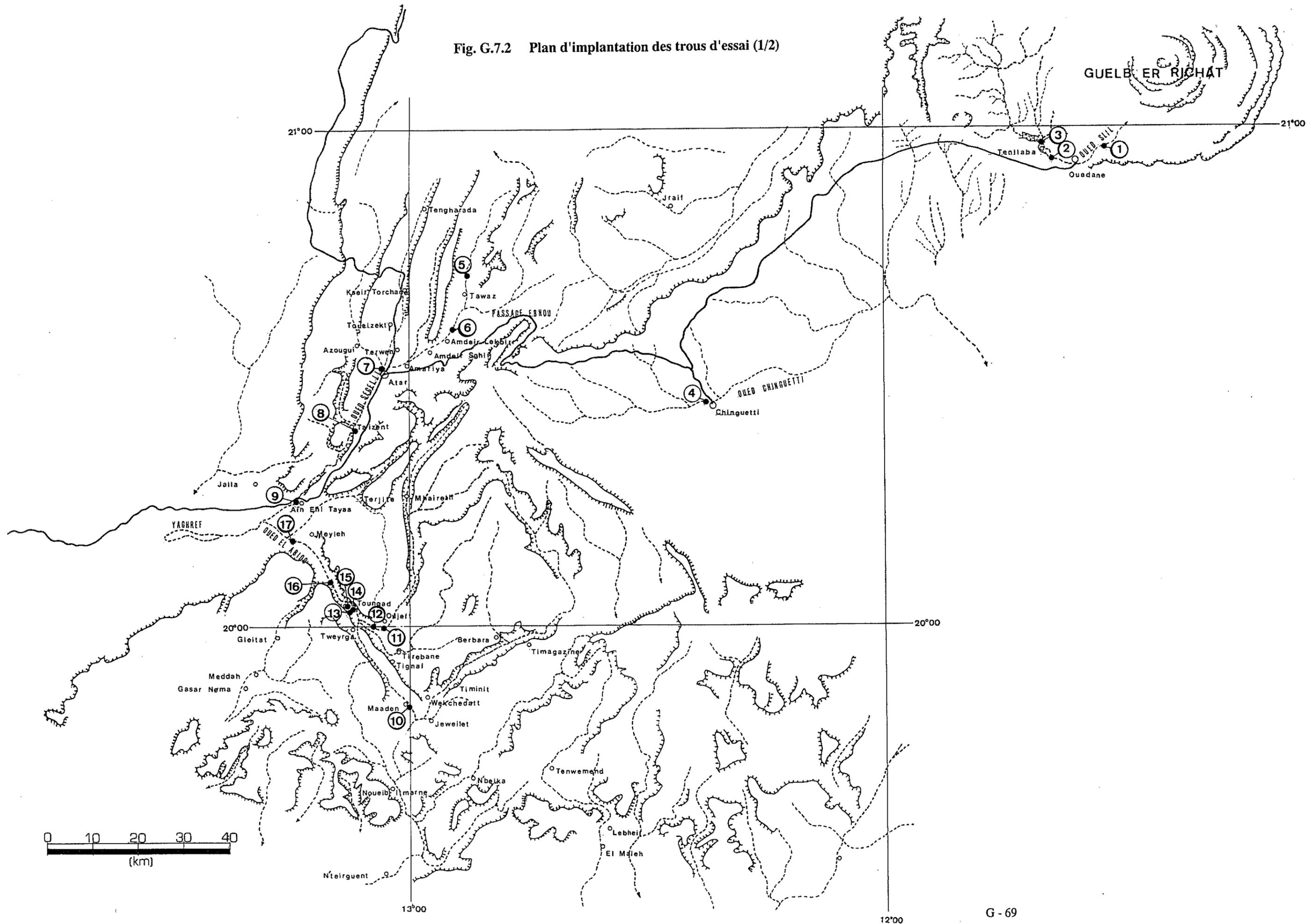
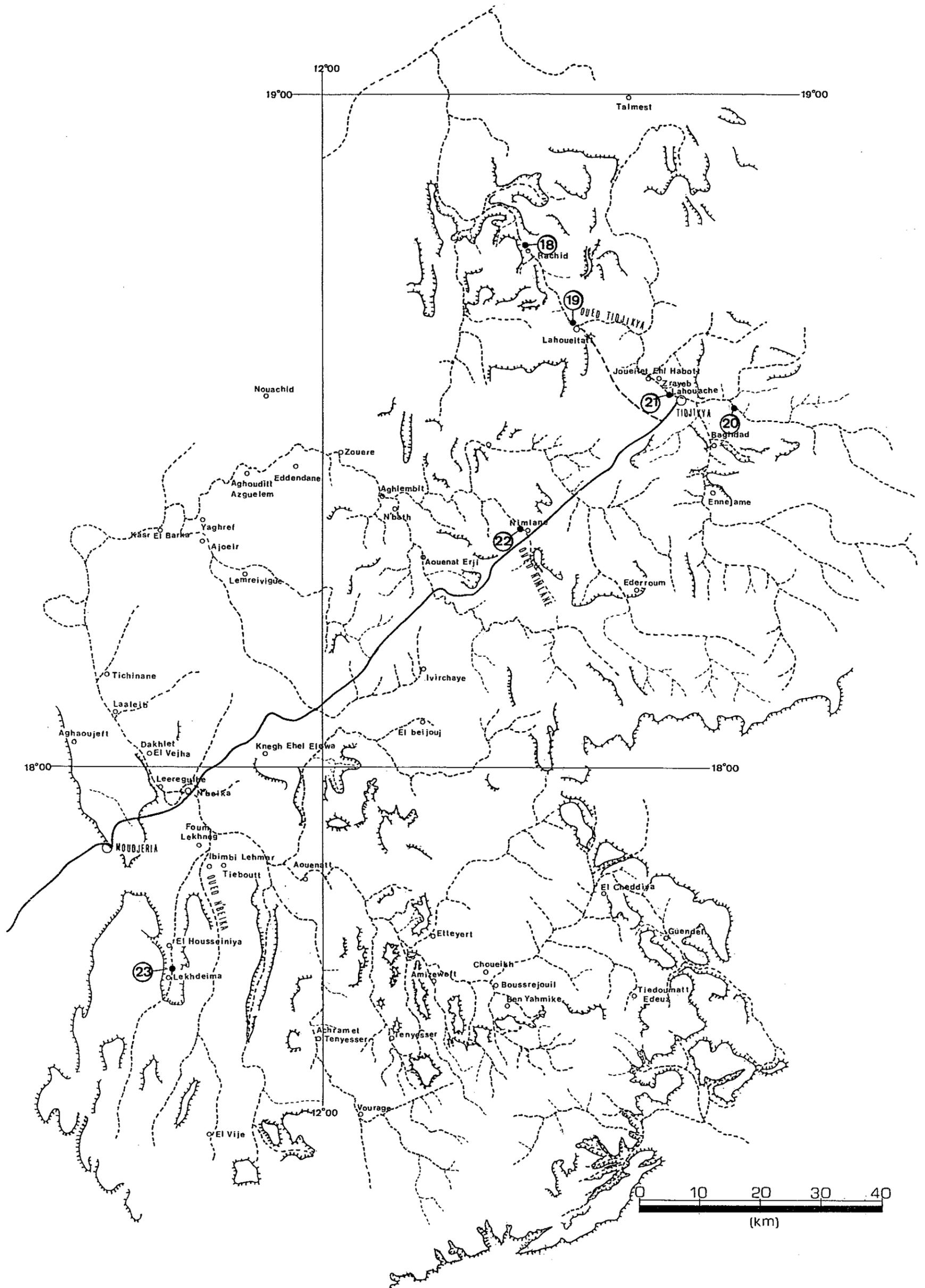


Fig. G.7.2 Plan d'implantation des trous d'essai (2/2)



ANNEXE H
CONCEPTION DE BASE DU
PLAN DIRECTEUR DE
DEVELOPPEMENT DES OASIS

ANNEXE H : CONCEPTION DE BASE DU PLAN DE DEVELOPPEMENT DES OASIS (PLAN DIRECTEUR)

H.1 Situation des Oasis, Problèmes et Potentiel de Développement

H.1.1 Situation des Oasis et Problèmes

La situation actuelle des oasis constatée dans le cadre de l'étude sur le terrain est résumée ci-après.

- 1) Les oasis remplissent un rôle important pour les Mauritaniens du point de vue de la culture et de la tradition, mais cette importance va en diminuant.

Les oasis de la zone d'étude remplissent un rôle important de maintien de la culture traditionnelle par la culture des dattes et l'élevage de caprins, d'ovins, de camelins, etc. Ce rôle diminue toutefois d'année en année à cause de l'augmentation du nombre de Mauritaniens qui grandissent dans l'ignorance des oasis, dans le contexte du développement économique de la Mauritanie accompagné de la croissance démographique urbaine.

- 2) Systèmes économique et social des oasis gravement affectées par le phénomène de faible pluviométrie

Le secteur agropastoral des régions oasiennes a subi des dommages dévastateurs notamment la sédentarisation d'un grand nombre de nomades et une baisse remarquable de la production de dattes en raison du phénomène à faible pluviométrie de ces dernières années. Nombre d'habitants n'arrivant plus à assurer leur autonomie économique suite à ces effets néfastes ont quitté les oasis, ce qui a entraîné une transformation du système social traditionnel dans les oasis.

L'économie des oasis a également connu une transformation radicale : par rapport à la période antérieure aux années 1970, la pauvreté y a augmenté en conséquence de la diminution rapide de la production agropastorale, l'économie des oasis dépend de plus en plus des apports d'argent de l'extérieur et les oasis se trouvent de plus en plus dans l'impossibilité d'assurer leur propre autonomie financière.

- 3) Mauvaises conditions de santé et d'hygiène dans les oasis

Les maladies les plus répandues dans les oasis sont entre autres la diarrhée, le

paludisme, les maladies des yeux, la bronchite et la malnutrition. Le taux de mortalité infantile est aussi extrêmement élevé, pour des raisons telles que l'incapacité de mener les accouchements à terme, la maladie et la malnutrition.

Les déficiences alimentaires et le peu d'importance accordé à l'hygiène constituent les principales causes de maladie.

4) Faible efficacité de l'irrigation

De nombreux habitants des oasis utilisent les eaux souterraines pour assurer leur subsistance par la culture de dattes et de légumes. La production de ces dattes et légumes est constamment déterminée par le volume des ressources en eau. Or, l'eau n'est pas bien utilisée : la distribution d'eau d'irrigation s'effectue dans presque tous les cas par des canaux en terre, d'où s'ensuivent de considérables pertes d'eau par percolation et évapotranspiration. En conséquence de l'exhaure excessive, on constate l'abaissement du niveau des eaux souterraines dans un grand nombre de puits.

5) Productivité agricole peu élevée

La culture des légumes est pratiquée dans de nombreuses oasis et connaît une expansion rapide, mais sa productivité est peu élevée. Cela découle du pourrissement des racines de produits par l'excès d'eau d'irrigation, du recours à des méthodes de culture inadéquates et des dommages causés par la culture continue.

La période de culture des légumes est à peu près la même dans toutes les oasis (d'octobre à mars), et la période des récoltes étant également limitée aux mois de février et mars, cela favorise la baisse des prix des produits et, par conséquent, une faible rentabilité. La productivité de dattes varie d'une oasis à l'autre, selon les variétés cultivées et à cause des dommages causés par les insectes nuisibles et les maladies.

6) Accès limité

Parmi les oasis, nombreuses sont celles où le transport des produits et l'accès aux établissements de santé posent problème. De telles conditions exercent des effets négatifs sur l'ensemble du cadre de vie dans les oasis tels que les revenus peu élevés et les mauvaises conditions hygiéniques.

7) Paupérisation des foyers dont le chef est une femme

La diminution récente de la production agropastorale a entraîné une augmentation du nombre de personnes sans emploi, dont a découlé un accroissement du nombre de personnes quittant les oasis pour trouver du travail dans les villes. Il s'ensuit une augmentation rapide du nombre de femmes s'occupant seules des familles, et la paupérisation de ce type de famille constitue un grand problème social.

Par ailleurs, le taux d'alphabétisation des femmes demeure peu élevé. L'écart entre les sexes pour l'accès à l'enseignement secondaire se maintient, malgré la hausse générale du taux d'accès à ce niveau d'enseignement.

8) Importance des mesures contre le déplacement des dunes et l'ensablement

Dans les oasis, le déplacement des dunes et l'ensablement entraînent, d'une part, des effets négatifs considérables sur les terres de culture et les terrains d'habitation, et, d'autre part, des maladies aux yeux et aux bronches. Des travaux de reboisement sont effectués depuis 1975 pour réduire ces effets négatifs, mais les mesures de protection contre le sable revêtiront une très grande importance pour la conservation des terres agricoles et le maintien des conditions sanitaires.

9) Insuffisance de données de base pour le développement des ressources en eau

Dans la zone d'étude, il n'existe aucune estimation du potentiel de développement des puits et forages. Pour que l'on puisse poursuivre le développement des ressources en eau dans le futur, il importe que soient collectées et analysées des données de base sur des points tels que le niveau des eaux souterraines et les volumes d'exhaure, et que soit proposé un plan d'utilisation des ressources en eau fondé sur les volumes d'exhaure admissibles déterminés sur la base du résultat de ces analyses.

La situation actuelle décrite ci-dessus est récapitulée dans le **Tableau H.1.1**.

Tableau H.1.1 Situation Actuelle de la Zone d'Etude

Sphère	Situation Actuelle
Socioéconomique	<ul style="list-style-type: none"> • Une grande partie de la population, en particulier les foyers dont le chef est une femme vit dans la pauvreté • L'agriculture et l'élevage sont les principaux secteurs de l'industrie. De nombreux foyers travaillent dans l'agriculture. • L'apport d'argent de l'extérieur dans les oasis remplit un rôle important dans leur économie. • Croissance démographique négative • Population adulte masculine inférieure à la population adulte féminine. • Nombreux foyers sans emploi. • La Guetna est un événement important qui attire beaucoup de monde. • Des associations ont été formées dans les oasis et y sont actives. • La scolarisation de niveau primaire est dominante.
Santé et hygiène	<ul style="list-style-type: none"> • Les symptômes de la malnutrition sont largement reconnus. • La diarrhée est extrêmement répandue. • Haut taux de mortalité infantile.
Agriculture et élevage	<ul style="list-style-type: none"> • Écarts de productivité prononcés entre les oasis. • Productivité relativement basse. • Les périodes de récoltes limitées entraînent la baisse du prix des légumes. • Réduction de la production de produits agropastoraux.
Infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau routier non développé. • Manque de moyens de transport. • Difficultés pour l'expédition des produits sur le marché. • Mauvais accès aux établissements médicaux.
Environnement naturel	<ul style="list-style-type: none"> • Abaissement du niveau des eaux souterraines. • Insuffisance des données sur les eaux souterraines. • Utilisation non efficace des ressources en eau. • Des dommages causés par le déplacement des dunes et l'ensablement sont répandus.

Source : Mission d'étude

H.1.2 Potentiel de Développement

En tant que potentiel de développement pour la résolution des problèmes actuels, on peut identifier les éléments ci-dessous.

1) Amour de la terre natale qui anime les habitants des oasis

La majorité des habitants des oasis souhaitent continuer d'y habiter, et on note chez les personnes parties pour la ville un désir prononcé de retourner à l'oasis si elles pouvaient y trouver du travail. Cet amour de la terre natale ou ce sentiment nostalgique constitue un important élément culturel de soutien à la

promotion du développement des oasis.

En outre, la Guetna représente toujours un événement traditionnel d'importance en Mauritanie, qui permet d'attirer un grand nombre de personnes dans les oasis. Le rassemblement d'une telle quantité de personnes à l'intérieur d'une oasis y rend possible la formation d'un marché pour la vente des produits locaux.

2) Organisation des associations

Jusqu'à présent, de nombreuses associations ont été formées et elles exercent une grande variété d'activités. Il est possible de faire appel à ces associations d'habitants pour effectuer notamment des travaux par l'accord de crédit à découvert diffuser des techniques pour le développement et promouvoir ainsi efficacement les projets de développement.

3) Potentiel élevé de ressources en eau utilisables

Dans la situation actuelle, les eaux puisées sont en grande partie perdues lors de leur distribution ou l'excès d'eau d'irrigation. Une utilisation efficace des eaux d'irrigation rendrait possible une augmentation considérable du volume d'eau utilisable pour la production. Qui plus est, la gestion de l'utilisation des ressources en eau rendrait possible le caractère durable des activités productrices dans les oasis.

4) Amélioration du taux de généralisation de l'éducation

L'enseignement primaire est généralisé dans l'ensemble des oasis. De plus, les associations des oasis réalisent des activités pour l'amélioration du taux d'alphabétisation chez les femmes. Cette généralisation de l'éducation auprès des enfants et des femmes facilitera dans le futur la vulgarisation des techniques.

En ce qui concerne de nombreuses maladies qui affectent actuellement les oasis (diarrhée, malnutrition, etc.), la situation pourra être améliorée par la vulgarisation de l'enseignement en matière de santé et d'hygiène auprès des habitants, et surtout des femmes.

H.2 Besoins des Habitants

Pour qu'un plan de développement soit mis en oeuvre de manière durable et efficace, il importe qu'il soit établi sur la base des besoins des habitants. Comme nous l'avons vu au

chapitre 4, ces besoins consistent principalement, d'une part, en creusement de puits pour régler le problème du manque d'eau, et, d'autre part, en aménagement de routes pour améliorer l'accès aux villes.

Quant au niveau individuel, les souhaits des habitants commencent par l'augmentation des revenus liquides par l'amélioration des techniques de culture maraîchère et de transformation de ces produits maraîchers, et s'étendent à de nombreuses sphères, dont le secteur agropastoral, les soins médicaux, l'éducation, la circulation des produits sur le marché, la protection contre le sable, l'artisanat, etc. (Voir les **Tableaux B.5.7 à B.5.9.**) Les habitants des diverses oasis expriment parfois des besoins différents à cause de conditions géologiques différentes (par exemple, la demande en construction de barrages ou de digues est élevée dans les oasis situées à proximité des oueds), mais dans le cas de l'Adrar et du Tagant les différences constatées sont minimes, les oasis y faisant toutes face à des problèmes de nature similaire.

Par ailleurs, en ce qui concerne les femmes, outre les problèmes liés aux besoins d'amélioration du cadre de vie quotidien, notons comme caractéristique l'amélioration de la situation en termes de problèmes liés aux activités des associations.

H.3 Plan National

En Mauritanie, le Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté constitue le principal plan national de développement. Ce cadre Stratégique s'articule autour des axes : le relancement de la croissance économique, l'amélioration de la productivité, le développement des ressources humaines et l'amélioration de l'accès aux services sociaux de base.

Le **Tableau A.3.1** présente les objectifs quantitatifs concrets à atteindre d'ici l'an 2015 établis selon ces axes de développement. Les principaux indicateurs, axés sur la réduction de moitié du nombre de personnes vivant dans la pauvreté, concernent des améliorations dans divers secteurs tels que l'éducation, la santé et le cadre de vie.

Le gouvernement actuel s'en tient également à de telles politiques, dont les principales consistent à améliorer l'éducation, à augmenter la production alimentaire et à mettre un frein à l'exode rural, avec pour piliers principaux, d'une part, l'amélioration des services de santé et d'hygiène, et, d'autre part, la généralisation de l'éducation des femmes.

Ces politiques identifient parmi les zones de développement prioritaire les régions rurales qui remplissent un rôle central dans la culture traditionnelle mauritanienne, c'est-à-dire les

zones d'oasis telles que celles de l'Étude.

H.4 Plan de Développement des Oasis

H.4.1 Conception de Base et Objectifs du Développement

La conception de base du développement a été élaborée compte tenu des problèmes actuels, des besoins des habitants, du potentiel de développement et du plan national ci-dessus décrits. Il s'agit de :

(1) Conception de base

1) Réduction de la pauvreté

A l'instar des autres zones rurales, le nombre de personnes pauvres est élevé dans la zone faisant l'objet de l'étude, la pauvreté atteignant tout particulièrement un niveau considérable dans le cas de foyers dont le chef est une femme. La réduction de la pauvreté étant l'une des politiques importantes du gouvernement, elle constitue également l'un des défis importants à relever dans le cadre du présent plan de développement.

2) Aménagement des infrastructures sociales

Nombreux sont les habitants des oasis qui, satisfaits de la vie dans les conditions actuelles, souhaitent pouvoir continuer de vivre dans un tel environnement social et naturel. Par conséquent, il importe d'y améliorer les conditions hygiéniques pour lutter contre la maladie et abaisser le taux de mortalité infantile, pour que le riche cadre de vie actuel puisse être pérennisé.

3) Utilisation durable des ressources

L'eau est une importante ressource pour le soutien de la vie et des activités de production dans les oasis. C'est également de l'eau que dépend la quantité de production agropastorale. Il est donc indispensable d'assurer une utilisation durable des différentes ressources internes et externes aux oasis notamment celles en eau soit pour pérenniser les communautés oasiennes. Les pertes de ressources en eau étant considérables dans la situation actuelle, il y a lieu d'encourager une utilisation durable de ces ressources par les techniques d'utilisation adéquates, la gestion des ressources par les habitants eux-mêmes,

etc.

(2) Objectifs

Conformément à la politique de la lutte contre la pauvreté qui est une des politiques importantes du gouvernement mauritanien, les objectifs concrets à long terme à atteindre d'ici l'an 2015 ont été déterminés comme suit.

- 1) Réduire de moitié le nombre d'habitants pauvres en milieu rural par l'amélioration de la productivité. La réduction de la pauvreté vise tout particulièrement les foyers dont le chef est une femme.
- 2) Améliorer les infrastructures sociales telles que les établissements scolaires ou de la santé et hygiène afin d'abaisser les taux de maladies, de la mortalité infantile et d'analphabète. En ce qui concerne la malnutrition des enfants, le taux qui de 23 % en 1999 devra être réduit à 10 % en 2015.
- 3) Encourager la conservation et une utilisation efficace des ressources internes et externes de la région par la mise en place du système de gestion des ressources en eau par les habitants eux-mêmes, etc.

L'atteinte de ces 3 objectifs imbriqués dans une relation de complémentarité réciproque, rendra possible la pérennisation de la vie sociale dans les oasis comme le montre la **Fig. H.4.1**.

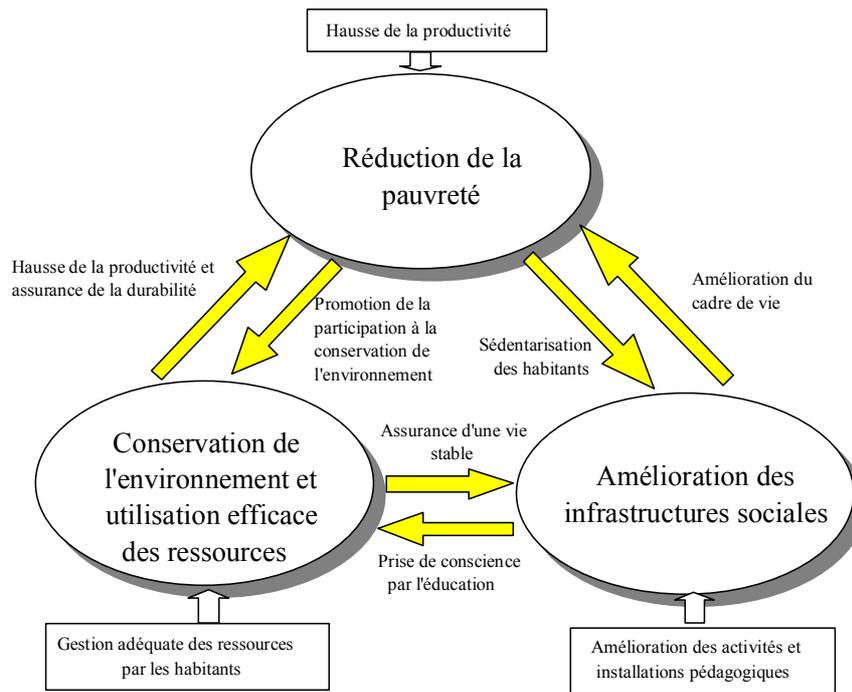


Fig. H.4.1 Conception de Base du Développement

H.4.2 Stratégies de Développement

Pour atteindre les objectifs mentionnés dans le chapitre consacré à la conception de base, le plan de développement sera mis en oeuvre sur la base des trois stratégies de développement présentées ci-dessous, en prenant en considération du potentiel de développement des oasis.

(1) Stratégie de développement des oasis 1 : Priorités de développement

Consolider les éléments ci-dessous dans chacune des oasis.

1) Utilisation efficace des ressources internes et externes de la zone d'étude

Favoriser l'utilisation efficace des ressources hydrauliques, végétales et animales existantes à l'intérieur de la région d'une part, et utiliser efficacement à l'intérieur de la région les ressources externes existantes et inutilisées jusque-là d'autre part, pour améliorer la productivité.

2) Amélioration de la nutrition et augmentation des revenus par l'amélioration de la production agropastorale

Améliorer la nutrition par l'augmentation de consommation de produits

agropastoraux et augmenter les revenus par la vente de ces produits à travers l'amélioration de la productivité et la diversification des périodes de cultures grâce à la vulgarisation des techniques agropastorales adéquates.

- 3) Amélioration de l'environnement social et gestion des ressources par la généralisation de techniques et l'éducation

La plupart des problèmes actuels peuvent être résolus par la vulgarisation de techniques liées à la production agropastorale ainsi que la sensibilisation et la formation sur les questions de la santé et de l'hygiène, de l'environnement, de la sauvegarde de l'environnement et des ressources, etc. Par conséquent, une amélioration de l'environnement social sera entreprise par des mesures axées sur l'éducation dans chacun des secteurs.

- (2) Stratégie de développement des oasis 2 : Formation d'oasis de base

Pour de nombreux produits agricoles, le marché se trouve actuellement soit dans la capitale Nouakchott, soit dans les chefs-lieux comme Atar et Tidjikja. Cela entraîne des problèmes pour de nombreuses oasis tels que l'absence de moyens de transport ou les frais de transport trop élevés découragent la production dans les oasis ou la mise en marché des produits, les prix à la ferme trop bas ou encore la productivité peu élevée à cause de l'absence de vulgarisation de techniques adéquates. En outre, faute de moyens d'accès aux hôpitaux qui sont situés uniquement dans les chefs-lieux, de nombreuses personnes se trouvent dans l'impossibilité de s'y rendre.

Afin de résoudre ces divers problèmes par l'amélioration des moyens d'accès aux marchés ou aux établissements publics tels que les hôpitaux, il faut former une "oasis de base" remplissant les fonctions ci-dessous à l'intérieur de la région où elle se trouve. Il s'agit de créer une zone d'infrastructures socioéconomiques autour d'une oasis donnée, et en même temps promouvoir le développement des oasis périphériques par les retombées du développement de l'oasis de base.

- 1) Bases centrales de production maraîchère

Former des oasis remplissant un rôle de ferme pilote modèle pour la vulgarisation des techniques de production maraîchère dans les bases de production maraîchère et dans les oasis des environs.

- 2) Bases de rassemblement et d'expédition

Former des oasis servant de base de rassemblement et d'expédition des produits, étant donné le caractère peu efficace des expéditions vers la capitale et les chefs-lieux à partir de chacune des oasis qui se trouvent dans les zones éloignées.

3) Zones de consommation

Faire des oasis attirant les gens pour la Guetna et le tourisme les centres de consommation de produits maraîchers afin de réduire les frais d'expédition,

4) Zones de concentration des établissements publics

Faciliter l'accès des habitants des oasis des régions éloignées aux établissements médicaux, scolaires, etc., auxquels l'accès n'est pas possible sans se rendre dans les chefs-lieux ou la capitale en construisant sur des bases de développement les établissements (hôpitaux et institutions d'enseignement secondaire).

Pour une mise en œuvre efficace des mesures mentionnées ci-dessus, concentrer les activités de généralisation des techniques à l'étape de la mise en œuvre des mesures dans les oasis choisies comme bases de développement des oasis, y ancrer les techniques diffusées et leur attribuer le rôle de ferme pilote modèle, puis diffuser ces techniques dans les oasis des environs.

(3) Stratégie de développement des oasis 3 : Utilisation efficace des organisations existantes

De nombreux projets sont déjà réalisés par les associations de gestion participative des oasis, au moyen de leurs propres fonds ou provenant de l'extérieur. Un esprit de participation prend naissance chez les habitants et des systèmes d'exécution des projets s'établissent. Le présent projet de développement, pour une réalisation efficace, entend faire autant que possible appel à la contribution de ces associations d'oasis.

H.4.3 Plan de Développement

Par l'analyse globale des éléments tels que les besoins des habitants, la conception de base du développement et le plan national, on peut proposer les mesures pour chacun des sujets, indiquées dans le **Tableau H.4.1**. Dans les pages qui suivent sont décrites en détail les principales mesures.

(1) Amélioration des revenus

1) Culture maraîchère

La productivité agricole faible dans les oasis découle des dommages causés par le pourrissement de racines dû à l'excès d'eau d'irrigation, les insectes nuisibles et les maladies, de l'inefficacité des méthodes de culture, de l'effondrement des prix des légumes en conséquence de la concentration des périodes de récolte, des frais d'expédition élevés, etc.

La culture maraîchère en été a été jusqu'ici évitée à cause du réchauffement du sol. Elle constitue toutefois un moyen efficace pour augmenter les profits des fermiers, par la vente de légumes aux personnes qui viennent à l'oasis pendant la période de Guetna, puisque cela ne nécessite pas de frais d'expédition. Il importe donc, dans le cadre des essais de l'étude pilote, de réaliser des tests sur la possibilité de pratiquer la culture maraîchère en été grâce aux améliorations apportées à l'environnement en faisant de l'ombre sur le sol pour en abaisser la température et réduire le volume d'évaporation. Si les résultats obtenus montrent la possibilité de la culture maraîchère en été, on intégrera dans les projets des mesures visant l'abaissement de la température du sol dans le futur, à savoir : culture sous les dattiers et ombrage par l'aménagement de brise-vent.

Mentionnons, parmi les mesures concrètes pour l'amélioration de la rentabilité, les mesures ci-dessous.

- Amélioration des techniques de culture (vulgarisation des techniques d'élevage des rejets, de culture par rotation et de fumure ; prévention du pourrissement des racines par le billonnage)
- Extension de la culture de produits facilement convertibles en espèces (carottes, oignons, tomates, radis, etc.)
- Sélection des variétés cultivées (sélection de variétés adaptées aux conditions naturelles régionales)
- Élimination des insectes nuisibles et maladies (utilisation de pesticides naturels)
- Mise en place et vulgarisation de techniques de culture maraîchère en été (tests des effets obtenus par l'abaissement de la température du sol à l'ombre et l'eau d'irrigation)

2) Culture des palmiers dattes

Pour améliorer la productivité de palmiers dattiers, les défis essentiels ci-dessous

indiqués devront être relevés.

- Généralisation d'une densité de plantation adéquate (la haute densité actuelle entraîne les maladies, cette situation doit être corrigée)
- Généralisation des variétés adéquates
- Vulgarisation et développement de techniques d'élimination des insectes nuisibles et maladies (il importe tout particulièrement de développer et diffuser des pesticides basés sur les ressources naturelles existantes)

3) Élevage du bétail

Étant donné que les ressources fourragères existantes sont limitées, les mesures ci-dessous sont nécessaires pour améliorer la productivité sans pour autant augmenter le nombre de têtes de bétail.

- Amélioration des espèces d'ovins et de caprins (la productivité étant basse à cause de l'accouplement consanguin à l'intérieur des oasis, elle doit être améliorée par l'introduction de mâles de variétés qui excellent du point de vue de leurs qualités physiques ou de leur grande productivité laitière)
- Amélioration des espèces de camelins (accouplement avec des espèces à forte productivité laitière)
- Plantation d'espèces d'arbres utiles (utilisation d'arbres fourragers qui permettent également la protection contre le déplacement de dunes et l'ensablement)
- Prévention des maladies du bétail (généralisation des vaccinations, etc.)
- Production fourragère (utilisation efficace des eaux stagnantes dans les basses terres, introduction de plantes fourragères dans la rotation des cultures maraîchères, etc.)
- Gestion adéquate du bétail selon le sexe (à vendre les mâles qui ne grossissent plus une fois devenus adultes pour une utilisation efficace des ressources fourragères et élever seulement les femelles en processus de croissance).
- Aviculture ou production d'œufs (l'augmentation du nombre de têtes de bétail est difficile dans le cas du moyen ou gros bétail, puisque l'augmentation de la production dépend largement du volume de ressources ; on pratiquera donc l'aviculture et la production d'œufs comme source alternative de protéines.)

4) Utilisation efficace des ressources non exploitées

Dans la zone d'étude l'azote, le phosphate, etc., sont essentiels pour améliorer la productivité agricole tandis que les protéines sont nécessaires à la production d'œufs via l'aviculture. Or, l'utilisation actuelle d'engrais chimiques ou de fourrage importé dans une partie des oasis mange les profits des producteurs. Il importe donc que soient utilisées des ressources inexploitées et peu onéreuses, comme celles indiquées ci-dessous.

- Utilisation d'engrais ou de fourrage composé de poisson jeté au marché de poisson de Nouakchott, ou du sang et des os jetés dans les abattoirs
- Plantation d'arbres utiles (lors de plantations futures, considérer dans la mesure du possible leur utilisation en tant que fourrage ou matériau de combustion)
- Utilisation efficace des arbres actuellement plantés (gestion adéquate des brise-vent)

(2) Amélioration des infrastructures sociales

1) Education en matière de santé et d'hygiène

En tant que mesure contre la malnutrition, la production d'œufs et la production de légumes doivent être possibles à l'année entière.

L'eau des puits est polluée par les excréments des bêtes que l'on laisse pénétrer à proximité des puits d'eau potable. Cette eau polluée étant utilisée pour la consommation, elle entraîne de nombreux cas de diarrhée.

Mentionnons les mesures suivantes pour l'amélioration de cette situation.

- Education pour l'amélioration de la nutrition (incluant l'éducation sur l'apport des œufs)
- Prise de conscience en matière d'hygiène (ébullition d'eau potable, ne pas amener le bétail à proximité des puits d'eau potable, etc.)
- Apport annuel en légumes (culture ou transformation à l'année entière)

2) Amélioration des établissements médicaux et scolaires

Dans de nombreuses oasis, l'accès aux hôpitaux, aux établissements des enseignements secondaires et supérieurs est difficile. Pour résoudre ces problèmes, les mesures suivantes s'imposent.

- Construction d'hôpitaux et d'écoles (construction des infrastructures du même niveau que celles des chefs-lieux dans les oasis de base)
- Renforcement des établissements existantes (amélioration et renforcement des institutions médicales existantes)
- Formation des personnels (formation d'enseignants, de médecins et d'infirmières)

Par ailleurs, concernant les routes, les propositions relatives au transport et aux routes du plan de développement des oasis seront élaborées en tenant compte de l'état d'avancement du projet de routes de l'UE.

3) Vulgarisation de techniques agricoles

Il n'y a pas de centre d'expérimentation agricole dans la zone d'étude, tout comme il n'existe aucune école d'enseignement professionnel en techniques agricoles en Mauritanie. Notons également l'absence de manuel technique de culture consacré aux sols sableux. Dans de telles circonstances, on peut envisager les mesures qui suivent.

- Élaboration d'un manuel de techniques de vulgarisation (axé sur les résultats obtenus lors des Essais de l'Etude Pilote, ce manuel aborderait les techniques de vulgarisation sur des points tels que la culture maraîchère, la culture des dattes et l'élevage adaptées aux conditions réelles de la région).
- Consolidation des organisations de vulgarisation et formation de personnel (effectuer un transfert de techniques agricoles auprès des vulgarisateurs au cours de la période des Essais de l'Etude Pilote).
- Création d'un centre d'expérimentations agricoles ou d'une école de formation professionnelle (création en utilisant les installations utilisées lors de l'étude expérimentale).

(3) Utilisation durable des ressources

Mentionnons, parmi les ressources de cette zone, les ressources en sol pour l'agriculture, la végétation pour le fourrage du bétail, et les ressources en eau pour la production agricole et la consommation. Parmi ces ressources, c'est l'eau qui détermine le volume des autres ressources et constitue la ressource la plus importante par le rôle qu'elle remplit pour l'économie et la vie des habitants de la zone d'étude. Ce sont donc les ressources en eau qui seront principalement prises en considération dans la présente étude.

1) Techniques d'irrigation économe en eau

L'exhaure excessive de l'eau et la perte de l'eau d'irrigation lors de sa distribution constituent actuellement de sérieux problèmes. Il est important d'introduire des méthodes de culture économes en eau pour une utilisation durable des ressources en eau.

- Irrigation par l'utilisation d'un volume d'eau adéquat (déterminer le volume d'eau utilisée par les produits agricoles dans la zone d'étude)
- Amélioration des installations d'exhaure et distribution de l'eau
- Amélioration des méthodes d'irrigation

2) Gestion des eaux souterraines

Afin de pouvoir utiliser de manière durable les ressources en eau limitées dans l'agriculture, l'élevage et la consommation domestique, il faut connaître la relation corrélative entre le volume d'exhaure et le niveau des eaux souterraines, déterminer un volume d'exhaure sûr et favoriser chez les habitants une prise de conscience en matière d'économe d'eau.

- Monitoring du volume d'exhaure et du niveau des eaux souterraines (mesurer et analyser le volume d'exhaure, le niveau des eaux souterraines et le temps de fonctionnement des pompes)
- Proposition d'une méthode de gestion de l'eau par les habitants, et d'une forme d'organisation pour les habitants (élaborer des normes de gestion sur la base des résultats du monitoring mentionné ci-dessus, puis proposer sur la base de ces normes une méthode de gestion par les habitants)

H.4.4 Pertinence du plan

Les mesures proposées dans le **Tableau H.4.1** sont évaluées globalement en ce qui concerne leur cohérence avec les besoins des habitants qui sont les éléments essentiels du plan, avec le plan national et avec d'autres exigences. De la manière plus concrète, sont évalués les effets de chacune de ces proposition vis à vis des besoins des habitants identifiés par l'enquête d'interview auprès des habitants, de la réduction de la pauvreté proposée dans la conception de base, de la construction des infrastructures sociales et de l'utilisation durable des ressources. Le résultat d'évaluation est présenté dans le **Tableau H.4.2**.

Etant donné qu'aucune des mesures proposées n'a reçu une note totale inférieure à 60 % (moins de 9 points), ces propositions sont toutes jugées pertinentes comme composantes du plan directeur.

H.5 Cadre du Plan de Développement des Oasis

Nous procédons ci-dessous à l'estimation de l'augmentation des revenus nécessaire pour atteindre l'objectif du Plan du développement des oasis consistant à réduire de moitié la population qui vit dans la pauvreté.

Les données démographiques des 1988 et de 2000 sont présentées dans le **Tableau H.5.1**. Compte tenu de la diminution importante de la population entre 1988 et 2000, il serait difficile que la population de la zone d'étude en 2015 augmente. Par conséquent, le cadre économique est calculé dans l'hypothèse où la population en 2015 demeure au niveau actuel.

Tableau H.5.1 Population en 1988 et 2000

Région	1988*	2000**	T.M.C.A.***
Adrar	61 043	49 381	-1,9
Tagant	64 908	28 326	-7,3

Source: * : Annuaire Statistique 1988
 ** : Office National de la Statistique, Recensement national de 2000
 *** : Taux Moyen de Croissance Annuelle (% par année)

Le Produit Intérieur Brut Régional (PIBR) de 2015 est présenté dans le **Tableau H.5.2**. Le PIBR est calculé avec comme hypothèse un taux de croissance annuel du PIB de 7 % sur la base de l'estimation du taux de croissance économique d'ici l'an 2015 déduite des tendances antérieures dans les différentes régions.

Tableau H.5.2 Estimation du PIBR en 2015 (aux prix de 1998)

(Unité : Million de UM)

Secteur	Adrar			Tagant		
	1998	2015	T.M.C.A.*	1998	2015	T.M.C.A.*
Agriculture	1 090,6	1 404,7	1,5	137,3	176,8	1,5
Élevage	821,7	1 058,4	1,5	410,9	529,2	1,5
Artisanat	54,8	90,6	3,0	42,3	69,9	3,0
Services	389,0	643,0	3,0	243,8	403,0	3,0
Total	2 356,1	3 196,6	1,81	834,3	1 179,0	2,01

*: Taux Moyen de Croissance Annuelle (% par année)
 Source: Mission d'Etude

La structure de la distribution des revenus établie sur la base du résultat de l'étude sur les foyers est indiquée dans le **Tableau H.5.3**.

Tableau H.5.3 Structure de la Distribution des Revenus en 2001

	(Unité : %)	
	Adrar	Tagant
Sous le seuil de la pauvreté	88,1	89,8
Au-dessus du seuil de la pauvreté	11,9	10,2

Source : Enquête sur les foyers par la Mission d'étude

Le seuil de la pauvreté étant établi à un revenu de 53 841 UM ou moins par personne en 1996, la conversion de cette valeur pour l'année 1998 donne 59 813 UM ou moins par personne. Sur la base de cette valeur, et dans l'hypothèse où le revenu nécessaire pour réduire le taux de personnes pauvres de 90 % environ à 45 % environ en 2015 provient uniquement du secteur agricole, le montant de revenus nécessaire provenant du secteur agricole s'élève à ce qui suit :

Région d'Adrar : 1,71 fois le niveau actuel

Région de Tagant : 4,38 fois le niveau actuel.

Le présent plan de développement des oasis se fixe comme objectif l'augmentation des revenus engendrés par le secteur agricole pour réduire de moitié le taux de la population pauvre ci-dessus indiqué.

Tableau H.4.1 Détail des Mesures Proposées (1/2)

Mesures	Détail	Situation actuelle
Hausse des revenus		
Culture potagère	Amélioration des techniques de culture; diffusion de la culture de produits à haute valeur d'échange; sélection des variétés adéquates pour la culture; élimination des insectes nuisibles et maladies; mise en place et diffusion de techniques de culture potagère en été	La diffusion des techniques est très partiellement réalisée dans des projets tels que le Projet Oasis, mais on ne constate pas encore d'effets.
Culture des dattes	Densité de reboisement adéquate; sélection et généralisation des variétés adaptées; développement et diffusion de techniques d'élimination des insectes nuisibles et maladies	Idem. + Des mesures à long terme sont également nécessaires sur ce point.
Transformation des produits agropastoraux	Introduction des techniques de séchage et de conservation, ainsi que des installations	Cette introduction est effectuée dans une parties des oasis du Projet Oasis, mais elle n'est pas diffusée.
Offre de crédits à découvert	Généralisation du système de crédits	Large diffusion dans le cadre des activités principales des associations d'oasis.
Consolidation du marché	Mise en place de kiosques pour vendre des produits agropastoraux; amélioration du système d'expédition	De nombreux kiosques sont mis en place par les associations.
Production et vente de l'artisanat	Amélioration des techniques de production artisanale ; introduction d'un design attirant; amélioration des réseaux de distribution des produits	Il s'agit de l'une des principales activités des projets d'oasis.
Utilisation des ressources non exploitées	Utilisation de poissons jetés en tant qu'engrais ou fourrage; utilisation des grains du dattier en tant que fourrage; utilisation des plantes locales en tant que produit pesticide	Envisager l'utilisation des ressources locales non exploitées en tant que fertilisant et pesticide.
Amélioration de l'élevage du bétail	Amélioration des espèces; plantation d'espèces d'arbres utiles; prévention des maladies; production fourragère; introduction d'un rapport mâle/femelle approprié; aviculture pour la production d'œufs; installation de clôtures pour la protection des animaux	Idem. + L'amélioration des espèces nécessite également une approche à long terme.
Développement du tourisme	Mesures pour attirer des touristes; mise en place et amélioration de restaurants et magasins de souvenir	
Amélioration des infrastructures Sociales		
Amélioration des moyens de transport	Introduction de services d'autobus réguliers	
Alphabétisation	Mise en place de classes d'alphabétisation	De telles classes sont mises en place dans le Projet Oasis.
Protection des sources d'eau contre la contamination	Installation de clôtures autour des puits pour prévenir la contamination; construction de cadres autour des puits; promotion de l'habitude de faire bouillir d'eau	
Support administratif aux activités des associations	Poursuite du Projet Oasis; assistance technique au Projet Oasis	On note en particulier un renforcement des associations de femmes.
Diffusion de techniques agricoles	Publication d'un manuel de techniques de culture; promotion de la consolidation des organisations et de la formation de personnel	La diffusion des techniques est réalisée dans des projets tels que le Projet Oasis, mais on ne constate pas encore d'effets.
Amélioration des installations médicales	Construction et amélioration d'installations médicales; éducation de personnel médical	
Éducation en matière de santé et d'hygiène	Éducation pour l'amélioration de l'alimentation; prise de conscience en matière d'hygiène	Des sages-femmes sont formées dans le Projet Oasis.
Développement des ressources en eau (puits profond)	Creusage de puits profonds (forages) (puits productifs); élaboration d'une carte topographique	L'UE prévoit un tel creusage en 2002 ; la proposition d'un plan sera faite à la lueur du résultat obtenu.

Source : Mission d'étude

Tableau H.4.1 Détail des Mesures Proposées (2/2)

Amélioration des infrastructures Sociales (continu)		
Aviculture, production et consommation d'œufs	Vulgarisation des techniques d'aviculture et de production d'œufs; production de fourrage; éducation sur la consommation des légumes et des œufs	
Amélioration du système de pompage d'eau	Utilisation de l'énergie photovoltaïque ou éolienne; généralisation des pompes à main	Le projet PARP introduit un système de pompage photovoltaïque.
Cuisine à faible consommation d'énergie	Utilisation de la cuisinière à gaz; cuisinière photovoltaïque	L'utilisation des cuisinières à gaz est en cours dans le Projet Oasis.
Mesures contre l'ensablement éolien et l'accumulation de sable	Élargissement des activités de reboisement; installation de clôtures efficaces	Il s'agit de l'activité principale du Projet Oasis.
Aménagement routier	Aménagement des routes principales	Cet aménagement est prévu par l'UE à partir de l'an 2002.
Construction d'écoles secondaires et supérieures	Construction d'installations dans les oasis de base	
Diffusion de l'organisation associative à d'autres oasis	Création d'associations et consolidation administrative; amélioration du système d'information à l'intérieur d'une oasis	Fait partie des principaux travaux du Projet Oasis.
Installation de garderies	Mise en place des installations; formation d'éducatrices	
Protection environnementale et utilisation durable des ressources		
Projet de lutte contre l'accumulation de sable et de reboisement	Diversification des espèces plantées; production de plants; reboisement d'arbres utiles et leur utilisation; vulgarisation des techniques de gestion forestière	Fait partie des principaux travaux du Projet Oasis.
Installation de digues	Installation de digues pour recharger les eaux souterraines	Cette installation est prévue par l'UE à partir de l'an 2002.
Utilisation des eaux de surface et pluviales	Construction de berges pour la lutte contre inondation; établissement d'une carte topographique; installation de digues pour recharger les eaux souterraines	Ces éléments sont en cours de réalisation dans d'autres projets.
Gestion des eaux souterraines	Collecte des données de base par monitoring; proposition d'une méthode de gestion de l'eau par les habitants, et d'une forme d'organisation pour la gestion; forage de puits profonds (puits d'expérimentation)	
Techniques d'irrigation économe en eau	Vulgarisation des techniques d'irrigation économe en eau; utilisation des pompes à main	
Utilisation de sources d'énergie alternatives	Génération électrique photovoltaïque ou éolienne; utilisation de cette énergie dans les installations de pompage	Le pompage photovoltaïque est introduit par le PARP.
Amélioration environnementale des sites touristiques	Mise en place de toilettes avec fosse septique naturelle; traitement des déchets	

Source : Mission d'étude

Tableau H.4.2 Evaluation des Mesures Proposées

Mesures proposées	Besoins		Effet de développement régional			Total
	RRA / étude de terrain	Besoins des femmes	Réduction de la pauvreté	Amélioration des infrastructures sociales	Utilisation durable des ressources	
Hausse des revenus						
Culture maraîchère	3	3	3	3	2	14
Culture des dattes	3	2	3	3	3	14
Transformation des produits agropastoraux	3	2	3	3	2	13
Offre de crédits à découvert	3	3	3	2	1	12
Consolidation du marché	3	3	3	2	1	12
Production et vente de l'artisanat	1	3	3	2	1	10
Utilisation des ressources non exploitées	1	1	2	3	3	10
Amélioration de l'élevage du bétail	2	1	3	2	1	9
Développement du tourisme	1	2	3	2	1	9
Amélioration des infrastructures sociales						
Amélioration des moyens de transport	3	3	3	3	2	14
Alphabétisation	3	3	3	3	1	13
Protection des sources d'eau contre la contamination	3	2	2	3	3	13
Support administratif aux activités des associations	2	2	3	3	3	13
Diffusion de techniques agricoles	3	3	3	2	2	13
Amélioration des installations médicales	3	3	2	3	1	12
Éducation en matière de santé et d'hygiène	3	2	3	3	1	12
Développement des ressources en eaux (puits profond)	3	3	2	3	1	12
Aviculture, production et consommation d'oeufs	2	1	2	3	3	11
Amélioration du système de pompage d'eau	2	2	2	2	3	11
Cuisine à faible consommation d'énergie	3	1	2	2	3	11
Mesures contre l'ensablement éolien et l'accumulation de sable	2	1	2	3	3	11
Aménagement routier	2	3	2	3	1	11
Construction d'écoles secondaires et supérieures	2	2	3	3	1	11
Diffusion de l'organisation associative à d'autres oasis	3	2	2	2	2	11
Installation de garderies	1	2	2	3	1	9
Protection environnementale et utilisation durable des ressources						
Projet de lutte contre l'accumulation de sable et de reboisement	3	2	2	3	3	13
Installation de digues	2	2	2	3	3	12
Utilisation des eaux de surface et pluviales	3	2	2	2	3	12
Gestion des eaux souterraines	3	1	2	2	3	11
Techniques d'irrigation économe en eau	2	1	2	2	3	10
Utilisation de sources d'énergie alternatives	2	1	2	2	3	10
Amélioration environnementale des sites touristiques	2	1	2	3	2	10

Source : Mission d'étude

Évaluation 1: faible 2: moyenne 3: élevée

ANNEXE I

PLAN DES ESSAIS DE L'ETUDE PILOTE

ANNEXE I : PLAN DE L'ETUDE PILOTE

I.1 Objectifs et Eléments faisant l'Objet de l'Etude Pilote

L'Etude Pilote consiste à vérifier la faisabilité de chacune des mesures pour réaliser la conception de base de développement (réduction de la pauvreté, amélioration des infrastructures sociales et utilisation durable des ressources) décrite dans le Plan de Développement des Oasis (Plan Directeur).

Les mesures proposées dans le **Tableau H.4.2** étant en grande partie en corrélation, une exécution simultanée de plusieurs mesures en corrélation permettra d'exécuter efficacement le plus grand nombre de mesures plutôt que d'exécuter ces mesures séparément lors de la mise en oeuvre de l'étude pilote d'une part, et d'obtenir les meilleurs résultats d'autre part. De ce fait, dans le cadre de l'étude pilote les différentes mesures sont classifiées en composantes ci-dessous indiquées. La classification des mesures proposées est présentée dans le **Tableau I.1.1**.

- | | | |
|--|---|---|
| 1) Economie d'eau et amélioration de la productivité | : | Techniques de cultures, technique d'irrigation économie en eau, etc. |
| 2) Amélioration des conditions de santé et d'hygiène | : | Sensibilisation sur les aliments, la notion d'hygiène, amélioration des conditions d'hygiène, préparation de repas, etc. |
| 3) Gestion des ressources | : | Données de base notamment le volume d'exhaure lors d'irrigation, le niveau des eaux souterraines et le volume d'eau d'irrigation pour les produits agricoles, sensibilisation sur l'économie d'eau et méthode de cultures |
| 4) Accès au marché et aux établissements de santé et scolaires | : | Etablissements de santé, établissements scolaires, routes, moyens de transport, débouchés des produits agricoles, etc., |

Chacune de ces composantes est évaluée sous les aspects de retombées et d'urgence pour sélectionner celles qui feront l'objet de l'étude pilote (Voir le **Tableau I.1.2**), et 2 composantes ci-après sont retenues sur la base du résultat d'évaluation.

1. Economie d'eau et amélioration de la productivité
2. Amélioration des conditions de santé et d'hygiène

Tableau I.1.2 Sélection des Essais de l'Etude Pilote

	Retombées	Urgence	Total
Économie d'eau et amélioration de la productivité	3	3	6
Amélioration des conditions de santé et d'hygiène	3	3	6
Gestion des ressources	2	2	4
Accès	2	1	3

Evaluation : 3 = grande ; 2 = moyenne ; 1 = petite

Comme le montre le **Tableau I.1.1**, les mesures classifiées en composante de la construction de grandes infrastructures, celles classifiées en composante qui nécessite un grand investissement et celles qui sont déjà considérées prioritaires dans le Projet Oasis, les projets de l'UE, etc., sont exclues des Essais de l'Etude Pilote. Ces mesures seront examinées dans le plan de développement des oasis après avoir vérifié les conditions d'exécution et les effets des interventions par les autres donateurs pendant la période d'expérimentation.

La désignation et les objectifs de chacun des Essais de l'Etude Pilote pour les deux composantes sélectionnées sont comme suit :

1) Culture maraîchère par les habitants

Economie d'eau et amélioration de la productivité par l'introduction des techniques adéquates, augmentation des revenus par la diversification des périodes de cultures, amélioration nutritive par la consommation des légumes.

2) Culture de palmiers dattiers économe en eau

Vulgarisation de techniques de culture de palmiers dattiers économe en eau, collecte des informations de base pour la gestion adéquate des ressources en eau en surveillant la corrélation entre le volume d'exhaure et la fluctuation de niveau des eaux souterraines.

3) Augmentation de production pastorale

Possibilité de production des oeufs et des volailles afin de compléter la baisse de production pastorale.

4) Amélioration des conditions de santé et hygiène

Education pour améliorer les conditions de santé et d'hygiène et éducation sur les aliments afin de rendre plus efficaces les essais de points 1) et 3).

Le contenu des essais, les techniques à appliquer et les problèmes actuels à résoudre de chacun des Essais de l'Etude Pilote à réaliser conformément à la conception de base sont récapitulés dans le **Tableau I.1.3** ci-après.

Tableau I.1.3 Contenu de l'Etude Pilote

Désignation d'essai	Contenu principal	Technique à appliquer	Problèmes à résoudre
Culture Maraîchère par les habitants	<ol style="list-style-type: none"> 1) Amélioration des techniques de culture 2) Amélioration de la nature du sol 3) Diversification des produits agricoles et de la période de culture 4) Culture économe en eau 5) Utilisation des ressources non exploitées 6) Collecte des données de base 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Culture à billonnage 2) Apport de la terre 3) Ombrage, etc. 4) Arrosoirs, irrigation goutte-à-goutte, exhaure par pompes manuelles 5) Fabrication d'engrais en poissons jetés 6) Mesures du volume d'exhaure, du volume d'irrigation et de l'humidité disponible du sol 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Faible production due au pourrissement de racines 2) Idem 3) Faible quantité de consommation de légumes étant donné qu'elle est limitée à la période de récolte 4) Pourrissement de racines dû au volume excessif d'eau d'irrigation et économie d'eau 5) Faible quantité de récoltes 6) Evaluation du volume d'eau arrosée et du volume d'eau d'irrigation de terrains agricoles
Culture de palmiers dattiers économe en eau	<ol style="list-style-type: none"> 1) Collecte des données de base pour la gestion des eaux souterraines 2) Amélioration de la méthode d'irrigation 3) Vulgarisation de la notion d'économie d'eau 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mesure du niveau des eaux souterraines et du volume d'exhaure 2) Irrigation au moyen de tuyaux 3) Formation sur la technique d'économie d'eau 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Prise de connaissance de la relation entre le volume d'eau d'irrigation actuel et le niveau actuel des eaux souterraines 2) Perte dans la distribution d'eau 3) Irrigation excessive, perte dans la distribution d'eau
Augmentation de la production pastorale	<ol style="list-style-type: none"> 1) Méthode d'élevage 2) Utilisation des ressources non exploitées 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Elevage dans les étables 2) Fabrication de fourrage à partir de poissons jetés, légumes jetés, os, etc., 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Prévention de dégâts dus aux oiseaux de proie 2) Manque de fourrage
Amélioration des conditions de santé et d'hygiène	<ol style="list-style-type: none"> 1) Education sanitaire 2) Transformation de produits agropastoraux 3) Amélioration de la qualité d'eau potable 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Informations de base relatives à l'hygiène et à la nutrition 2) Transformation et cuisine de légumes, etc. 3) Hygiène de puits d'où l'eau potable est puisée 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maladies, troubles nutritionnels 2) Troubles nutritionnels 3) Maladies (diarrhée, etc.)

(1) Culture maraîchère par les habitants agriculteurs

Creuser un puits d'exhaure équipé d'une pompe manuelle (ou commande à pied) ou d'un dispositif d'aide et un puits d'observation et installer un réservoir d'eau afin de mesurer le volume d'exhaure et d'utilisation dans chaque ferme de l'association (ou organisation équivalente) sélectionnée de chaque oasis.

Procéder à la culture maraîchère en utilisant les techniques économes en eau et

effectuer les essais sur la possibilité d'apprentissage des techniques par les habitants et l'amélioration de la productivité au niveau de ces fermes. En même temps, procéder à la mesure du volume d'eau d'exhaure et d'utilisation et au monitoring du niveau d'eau souterraine. Cet essai a en outre pour objectif de vulgariser les techniques agricoles économes en eau aux alentours.

Les points suivants sont les techniques à appliquer concernant la culture maraîchère.

1) Amélioration des techniques de culture

La cause de la productivité faible est la pourriture de racines causée par l'irrigation surabondante de la méthode d'irrigation par bassin. De ce fait, les mesures de prévention contre ce problème de pourriture de racines par le billonnage, le buttage, l'irrigation avec arrosoir ou goutte-à-goutte seront essayées et validées. Par ailleurs, la distribution d'eau sera effectuée avec des raccords afin de diminuer la perte d'eau au niveau des canaux en terre.

2) Potentiel de diversification des périodes de culture

La culture des légumes se limite actuellement aux mois de novembre au mars, et la concentration de la période de récoltes en février se traduit par une baisse du prix des légumes pendant cette période qui rend la rentabilité peu élevée. La consommation de légumes se limitant à la période des récoltes dans les oasis, la généralisation de la culture maraîchère ne peut y apporter qu'une faible contribution à l'amélioration alimentaire des habitants. Afin d'apporter la hausse des revenus et l'amélioration alimentaire des habitants par la production maraîchère, nous étudierons les potentiels de culture dans d'autres périodes, et tout particulièrement en juillet et août, pour que cette période coïncide à la Guetna. Pour cela, des essais seront effectués sur les effets de l'ombrage et la culture de petite échelle avec les paniers des palmiers.

3) Utilisation efficace des ressources

Afin d'augmenter la productivité en termes de production des légumes par l'unité d'eau, la fumure est nécessaire. Actuellement, les engrais chimiques ne circulant pas sur le marché et il est difficile de les procurer, et la gestion des fertilisants sur un sol sableux à faible capacité de conservation des éléments nutritifs pose problème. Par conséquent, nous expérimenterons les effets de fertilisants composés de déchets de poissons jetés au marché de poisson, ainsi que de sang et d'os jetés en abattoir.

On examinera et expérimentera également des pesticides composés de végétation spontanée (neem, balanites).

4) Vulgarisation technique

Vulgariser les techniques d'ombrage, de billonnage et de culture économe en eau tout en montrant les travaux effectués et les résultats aux habitants d'alentours des fermes concernées. Tout particulièrement, des habitants de l'oasis faisant l'objet de

l'Etude Pilote seront invités, et la vulgarisation des techniques sera exécutée par les biais d'ateliers portant sur les Essais de l'Etude Pilote et les séances de formation technique organisées régulièrement.

Par ailleurs, outre les vulgarisateurs de l'URDO (Unité Régionale de Développement des Oasis), des vulgarisateurs d'autres organismes de vulgarisation (projet PGRNP, membres d'ONG, etc.) seront invités à participer au présent projet, afin qu'un transfert technologique soit effectué auprès des vulgarisateurs en même occasion. Un manuel technique sera également élaboré sur la base des connaissances recueillies au cours des expériences afin d'assurer la continuité de la vulgarisation technique après l'achèvement de l'Etude.

(2) Culture des dattes économe en eau

Le thème principal de cet Essai est de clarifier la corrélation entre la perte d'eau au niveau des canaux de distribution, le volume d'irrigation/d'exhaure et la fluctuation du niveau d'eau souterraine et d'évaluer de la possibilité de l'économie d'eau.

Concrètement, dans les fermes de palmiers dattiers de chacune des oasis concernées, installer un fût doté de graduations indiquant le volume d'eau, un raccord flexible d'environ 10 mètres et d'un robinet et arroser directement les pieds des palmiers. Procéder au monitoring des fluctuations du niveau d'eaux souterraines avant et après l'exhaure, en distribuant un instrument rudimentaire de mesure du niveau d'eau dans chacune des fermes pilotes sélectionnées dans les oasis respectives. Quant au puits d'observation, on examinera la possibilité d'effectuer les mesures de niveau d'eau de plusieurs puits qui se situent à la proximité mais en dehors de la ferme concernée. Ce monitoring permettra de saisir les fluctuations des eaux souterraines.

En ce qui concerne l'étude relative au volume d'arrosage, l'eau utile du sol est mesurée avec appareil de mesure de densité d'eau dans le sol (type TDR et pFmètre). Calculer le volume théorique nécessaire à chaque plante à partir de la quantité de consommation d'eau de plante obtenue par les conditions météorologique et du changement d'eau utile du sol afin d'effectuer une évaluation du volume d'arrosage actuel.

(3) Augmentation de la production pastorale

Distribuer les volailles afin d'essayer la production des œufs et des viandes. Le transfert de techniques d'élevage relatives aux installations d'aviculture tel que les poulaillers ou à la gestion d'élevage sera procédé. Les déchets des poissons rejetés au marché des poissons de Nouakchott lors de production de poissons séchés seront utilisés en principe comme nourriture des volailles. Par ailleurs, les ressources non-exploitées tels que les coquillages, les grains des palmiers ou les déchets des légumes rejetés jusqu'à présent seront utilisés.

Les déjections des volailles sont les précieux engrais dans les zones de l'étude. Distribuer une cinquantaine de volailles plutôt aux associations qu'aux particuliers, afin de faciliter la collecte et examiner leur utilisation efficace.

(4) Amélioration des conditions de santé et d'hygiène

Cette expérience a pour but de rendre plus efficace les résultats obtenus par les Essais de l'Etude Pilote sur la culture maraîchère, la production d'œufs et des viandes de volailles. L'objectif est la diminution des taux de maladie et de mortalité infantile dans les oasis faisant l'objet des Essais de l'Etude Pilote, par la vulgarisation de connaissances et techniques générales de base en matière de santé et d'hygiène, et par l'amélioration des habitudes alimentaires et conditions hygiéniques. Le contenu éducatif et les techniques diffusées sont indiqués ci-dessous.

- Education en matière d'hygiène publique (assurer la qualité hygiénique de l'eau potable, conserver le caractère hygiénique des puits d'eau)
- Education en matière de nourriture et d'amélioration de l'alimentation (relation entre le rôle des éléments nutritifs et la santé)
- Transformation des légumes et des œufs de volaille, méthodes culinaires, façons de consommer ces produits
- Potentiel de diffusion d'équipements de cuisine à faible consommation d'énergie

Notons tout particulièrement la possibilité d'améliorer facilement, par l'éducation en matière d'hygiène, la situation sur les problèmes de diarrhée actuellement très répandus dans les oasis. Concrètement, cette éducation porte notamment sur la mesure contre le problème de divagation du bétail à proximité des puits où l'on puise l'eau potable. En même temps, la vulgarisation des techniques de cultures de petite taille des légumes pendant la contre-saison avec pour objectif d'amélioration nutritive sera réalisée parallèlement.

I.2 Orientations de l'Exécution de l'Etude Pilote

Lors de l'exécution de l'Etude Pilote, les éléments suivants seront pris en considération, et mettre l'accent à l'efficacité et à la vulgarisation des techniques appliquées par les Essais de l'Etude Pilote et à la durabilité.

(1) Sélection des habitants participants

Les Essais de la culture maraîchère par les habitants, l'augmentation de la production pastorale et l'amélioration des conditions de santé et d'hygiène seront réalisés principalement avec des groupements féminins étant donné que le rôle que jouent les femmes est important pour la réduction de la pauvreté et l'amélioration de la situation de la santé et hygiène qui sont l'idée de base de la présente étude. Et l'Essai de la culture de palmiers dattiers économe en eau sera réalisé avec les propriétaires des fermes des palmiers.

(2) Prise en considération du coût des techniques et équipements à introduire

Prenant en considération un développement durable par les habitants dans une région qui possède peu de ressources et compte de nombreuses familles pauvres, il faut prêter une attention suffisante aux coûts et dépenses associés aux techniques

introduites et à l'entretien, en évitant fondamentalement l'utilisation d'équipements onéreux et dont la réparation sur place pose problème. Il en va de même pour les équipements utilisés au début des études expérimentales, pour lesquels il faudra explorer en cours d'étude la possibilité d'utilisation d'équipements alternatifs simples et peu onéreux.

(3) Introduction des techniques faciles à adapter par les habitants

Parmi les travaux relatifs à la gestion des ressources en eau, la surveillance des eaux souterraines ne bénéficient guère les habitants. Par ailleurs, en tenant compte du taux d'analphabétisme élevé, il est souhaitable de collecter les données avec une méthode simple et facile à exécuter par les habitants même si cela demande de consacrer la précision des données. Par conséquent, les matériels doivent être simples afin de faciliter leur utilisation. D'autre part, la mission d'étude et les homologues de la partie mauritanienne vont essayer d'analyser ces données d'une manière plus efficace.

(4) Recours aux associations de gestion à base participative dans les oasis, et monitoring des conditions de participation des habitants

Des projets sont déjà en cours de réalisation dans les oasis où les associations sont déjà formées en utilisant les fonds provenant de l'intérieur et de l'extérieur des associations, l'esprit de participation s'ancre chez les habitants et des systèmes d'exécution des projets s'établissent. L'expérience de ces oasis sera pleinement mise à profit dans celles qui font l'objet des Essais de l'Etude Pilote, par une exécution basée sur un concept de développement participatif. La première année d'étude a permis de comprendre la grande importance que revêt pour le fonctionnement efficace des organisations d'habitants le rôle rempli par les personnes influentes telles que les chefs d'oasis (ces personnes influentes étant dans bien des cas membres du comité exécutif d'une association). La communication sera établie de manière intense avec de telles personnes lors de l'exécution de l'étude, pour s'assurer qu'elles comprennent mieux la nature du projet. Concrètement, des ateliers seront périodiquement organisés pour approfondir la perception commune du projet, par son examen avec les habitants et les personnes influentes de l'oasis.

(5) Vulgarisation des techniques

En plus des agents de vulgarisation de l'Unité Régional de Développement Oasien (URDO), les agents de vulgarisation d'autres organismes de vulgarisation (tels que projet PGRNP et ONG) seront invités à participer au présent Projet et le transfert de technologie sera assuré en même temps à ces agents de vulgarisation. Par ailleurs, un manuel de vulgarisation des technique sera élaboré sur la base du résultat obtenu par le présent étude afin de pérenniser la vulgarisation des techniques après l'achèvement du Projet.

Les membres de la Mission d'étude et leurs homologues de la partie mauritanienne effectueront le monitoring des activités des habitants selon le besoin. Par la connaissance des conditions de participation des habitants et par la saisie des problèmes, ils modifieront le contenu, l'orientation et l'approche de l'étude lorsque nécessaire. Lors de la résolution

des problèmes, il importe que les solutions apportées dans le cadre des Essais de l'Etude Pilote de développement soit appliquées par les bénéficiaires directs, c'est-à-dire les habitants eux-mêmes, et que ces solutions soient apportées en prenant le temps nécessaire pour établir une communication étroite avec les habitants, afin de favoriser et respecter le plus possible leur autonomie.

I.3 Sélection des Oasis Concernées

La sélection des oasis pour exécution des Essais de l'Etude Pilote est basée sur les résultats d'une évaluation des éléments ci-dessous dans les oasis où sont actuellement formées des associations. Ces éléments sont évalués en fonction de leur potentiel par rapport aux éléments de la stratégie 2 (bases de production, de groupement - expédition des produits et de consommation).

1) Accès au chef-lieu

Nous avons évalué le temps qu'il faille pour se rendre au chef-lieu à partir de chacune des oasis.

2) Qualité des eaux souterraines

Il s'agit d'un élément important pour la culture maraîchères, qui a été évalué avec la conductivité électrique et le rapport d'absorption du sodium (RAS). Lors de l'évaluation, une attention particulière a été payée pour que les oasis dont les qualités d'eau sont les plus variées puissent être sélectionnées.

3) Expérience en culture maraîchère

L'expérience de passé en matière de culture maraîchère a été évaluée.

4) Potentiel en tant que centre régional

L'évaluation a porté sur la position ou non en un lieu central de la région, ou sur le potentiel en tant que futur centre de développement régional.

5) Potentiel en tant que base de production

Nous avons évalué le potentiel pour remplir dans le futur un rôle central dans la production maraîchère.

Les résultats des évaluations sont indiqués aux **Tableaux I.3.1** et **I.3.2**.

Sur la base du résultat obtenu dans chacune des oasis, les deux oasis de Tawaz et Tidjikja ayant obtenu les notes d'évaluation les plus élevées ont été sélectionnées. Et, parmi les oasis qui ont obtenu des notes relativement élevées, deux oasis dans chacune des deux régions (Tenllaba, Toungad, Nimlane et Lehoueitatt) ont été sélectionnées étant donné que les organisations associatives fonctionnent suffisamment bien et qu'on peut s'attendre à la collaboration des habitants et qu'elles présentent des conditions géographiques ou démographiques différentes. Le **Tableau I.3.3** montre la situation actuelle des oasis concernées par les Essais de l'Etude Pilote.

Comme le montre ci-dessous, les oasis faisant l'objet de l'Etude Pilote ont des conditions très variées.

1) Emplacement

Les distances varient de 0km à 186km depuis le chef-lieu, les temps d'accès des oasis de Tawaz, Tougad, et Lehoueitatt sont plus longs par rapport à la distance réelle par le fait de non-existence de routes d'accès bitumées depuis les routes principales.

2) Conditions naturelles

Les différents types d'oasis ont été sélectionnées à savoir; Ecoulement fluviale d'oued, eau souterraine de dune et les eaux dans les fissures. Les eaux des oasis conviennent à l'irrigation.

3) Conditions socio-économiques

Les populations varient de 656 personnes à Lehoueitatt à 6.061 personnes à Tidjikja. Les niveaux des revenus par personne sont aussi divers; de 10.672UM à 134.325 UM(Tawaz). Quant à la proportion par sexe, les nombres d'hommes et femmes sont à peu près les mêmes à Tidjikja, il y a plus de la population féminine à Tougad et à Lehoueitatt. Les industries principales des oasis faisant l'objet sont l'agriculture et l'élevage, et la plupart des foyers exercent l'agriculture. Les foyers sans métier sont rares, notamment 17% dans la zone urbaine de Tidjikja et 19% dans la zone éloignée de Lehoueitatt. Leurs revenus sont composés principalement par l'agriculture et l'élevage, 83% à Tawaz ou le taux d'agriculture et d'élevage est le plus faible et plus de 90% dans les autres oasis.

4) Agriculture et élevage

Si on voit la décomposition des revenus, les oasis dans lesquelles l'élevage est pratiqué sont Tenllaba et Nimlane. Dans les autres oasis, la source principale de revenu est la culture des palmiers dattiers. L'oasis de Tougad a beaucoup de visiteurs pendant la Guetna. La culture maraîchère est pratiquée plus intensément à Tawaz et à Tidjikja.

5) Infrastructures sociales

Il existe un hôpital à Tidjikja avec 7 médecins et les 13 infirmières, et une infirmière réside à Tawaz. Les autres oasis ne disposent même pas d'infirmière. En ce qui concerne les établissements scolaires, il existe un lycée à Tidjikja, les collèges à Tawaz, à Tidjikja et à Nimelane et les écoles primaires dans toutes les oasis.

Les points des Essais de l'Etude Pilote dans chaque oasis ont été choisis par des critères suivants.

1) Culture Maraîchère par les habitants

La possibilité de maraîchage par les habitants (l'environnement naturel et les conditions géographiques tel que l'accessibilité) et l'existence des expériences de culture maraîchère.

- 2) Culture de palmiers dattiers économe en eau
En principe, les mêmes oasis que l'Essai de la culture maraîchère accompagné du monitoring (suivi) de l'eau souterraine.
- 3) Augmentation de la production pastorale
Les oasis relativement pauvres et qui présentent le problème d'accès étant donné que cet Essai vise à améliorer la situation de la nutrition.
- 4) Amélioration des conditions de santé et d'hygiène
Les oasis qui présentent le problème d'accès à l'établissement de santé.

Par suite à la sélection, les points des Essais de l'Etude Pilote ont été déterminés comme le montre le **Tableau I.3.4**.

Tableau I.3.4 Caractéristiques des Oasis et des Essais de l'Etude Pilote

(Adrar)

Nom d'oasis	Tawaz	Toungad	Tenllaba
Nom de l'Essai	1) Culture maraîchère par les habitants agriculteurs 2) Culture des dattes économe en eau	1) Culture maraîchère par les habitants agriculteurs 2) Culture des dattes économe en eau	1) Augmentation de la production pastorale 2) Amélioration des conditions de santé et d'hygiène
Particularités	1) Région de culture maraîchère à grande échelle 2) Niveaux d'eau des puits profonds 3) Proximité du marché	1) Région principale de production des dattes 2) Rassemblement de beaucoup de gens pendant la Guetna 3) Difficulté d'accès	1) Difficulté d'accès 2) Niveau de revenu bas

(Tagant)

	Tidjikja	Nimlane	Lehoueitatt
Nom de l'Essai	1) Culture maraîchère par les habitants agriculteurs 2) Culture des dattes économe en eau	1) Culture maraîchère par les habitants agriculteurs 2) Culture des dattes économe en eau	1) Augmentation de la production pastorale 2) Amélioration des conditions de santé et d'hygiène
Particularités	1) Lieu de consommation des légumes 2) Culture maraîchère des femmes est généralisée	1) Facilité d'accès 2) Sol fertile	1) Difficulté d'accès 2) Problème de pauvreté

I.4 Plan d'Exécution des Essais de l'Etude Pilote

L'Etude Pilote se déroulera en 3 phases suivantes. (Initialement la période de l'Etude Pilote était du janvier 2002 au juin 2003 mais elle a été prolongée jusqu'au mars 2004.)

- Phase 1 : Période de préparatifs des Essais de l'Etude Pilote (janvier-mars 2002)
- Phase 2 : Exécution des essais préliminaires de culture maraîchère, des autres Essais de l'Etude Pilote et monitoring (mai-septembre 2002)

- Phase 3 : Exécution de tous les Essais de l'Etude Pilote et du monitoring (octobre 2002-mars 2003)

Les principales activités de chacune des phases sont présentées au **Tableau I.4.1**. La différence entre phase 2 et 3 concerne la culture maraîchère. Un essai préliminaire pour la culture en été est effectué durant la phase 2 et l'Essai de l'Etude Pilote est commencé à partir de la phase 3. En ce qui concerne les autres Essais, le même contenu d'Essai sera exécuté pour la phase 2 et 3.

La **Fig. I.4.1** montre le plan d'exécution de l'Etude Pilote et les **Tableaux I.4.2 –I.4.5** montrent le plan des travaux et la matrice de conception du projet.

Tableau I.4.1 Activités principales de chaque phase des Essais de l'Etude Pilote

Essais	Phase 1 Période de préparatifs des Essais de l'Etude Pilote	Phase 2 Essais préliminaires de la culture maraîchère, exécution des Essais	Phase 3 Exécution des Essais
Culture maraîchère par les habitants agriculteurs	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation des matériaux et matériels - Sélection du terrain de ferme, de l'association concernée et des personnes en charge 	<ul style="list-style-type: none"> - Construction de puits - Essais préliminaires de culture maraîchère pendant l'été - Formations techniques - Monitoring (suivi) - Evaluation intermédiaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Culture maraîchère par les habitants - Formations techniques - Monitoring (suivi) - Evaluation finale
Culture des dattes économe en eau	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation des matériaux et matériels - Sélection de l'association concernée - Essais préliminaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse des Essais préliminaires - Exécution des Essais de l'Etude Pilote - Formations techniques - Monitoring (suivi) - Evaluation intermédiaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Revue sur la base du résultat de l'évaluation intermédiaire - Continuation des Essais de l'Etude Pilote - Monitoring (suivi) - Evaluation finale
Augmentation de la production pastorale	<ul style="list-style-type: none"> - Collecte et traitement de pâture - Sélection de l'association concernée - Essais préliminaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Collecte et traitement de pâture - Analyse des essais préliminaires - Exécution des Essais de l'Etude Pilote - Formations techniques - Monitoring (suivi) - Evaluation intermédiaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Revue sur la base du résultat de l'évaluation intermédiaire - Collecte et traitement de pâture - Continuation des Essais de l'Etude Pilote - Monitoring (suivi) - Evaluation finale
Amélioration des conditions de santé et d'hygiène	<ul style="list-style-type: none"> - Sélection de l'association concernée - Saisissement des demandes des habitants concernant le contenu d'éducation 	<ul style="list-style-type: none"> - Exécution des Essais de l'Etude Pilote - Formations techniques - Monitoring (suivi) - Evaluation intermédiaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Revue sur la base du résultat de l'évaluation intermédiaire - Continuation des Essais de l'Etude Pilote - Monitoring (suivi) - Evaluation finale

Les détails des activités de chaque phase sont comme suit.

(1) Phase 1 (période préparatoire des Essais de l'Etude Pilote)

Préalablement au commencement des Essais, on procède à l'explication des objectifs et des contenus principaux des Essais de l'Etude Pilote aux habitants participants, aux associations oasiennes, aux organisations des représentants tel que Jemaa des oasis concernées et aux organisations concernées, afin d'obtenir leur compréhension et collaboration.

On peut citer les travaux suivants comme préparation de l'Etude Pilote et les Essais de l'Etude Pilote seront réalisés en fonction du résultat de cette phase préparatoire à partir de la phase 2.

1) Organisation de l'atelier

L'atelier est organisé avec but d'expliquer aux habitants et d'avoir leur compréhension sur le contenu des Essais de l'Etude Pilote. L'objectif principal de cet atelier est d'approfondir la compréhension mutuelle avec la population concernée. Sélectionner les terrains, les groupes et les responsables et de conclure la convention lors du 1^{er} atelier. En même temps on procède à l'explication des équipements utilisés et le sens de l'Etude.

2) Culture maraîchère

On procède à la sélection des fermes pour la culture maraîchère, des responsables locaux ou des associations (coopératives) concernées de Tawaz, Toungad, Tidjikja et Nimlane afin de préparer l'Etude sur la culture maraîchère.

3) Culture des palmiers dattiers économe en eau et saisie des fluctuations du niveau des eaux souterraines

La préparation des réservoirs en fût sera effectuée. L'explication sur les matériels et le contenu des essais sera effectué lors de l'atelier. A cette phase, commencer les essais préliminaires en installant les matériels à Nimlane à titre d'essai. Le résultat de ces essais sera pris en considération lors de la deuxième phase (exécution des Essais de l'Etude Pilote) de l'étude.

Procéder à la formation des méthodes de collecte et d'enregistrement des données de volume d'eau d'exhaure, de volume d'utilisation d'eau et de niveau d'eau souterraine auprès des agriculteurs confiés ces travaux lors de distribution des matériels nécessaires. Les phœniculteurs présentant les conditions d'emplacement qui facilitent la saisie de la fluctuation des eaux souterraines seront sélectionnés.

4) Saisie du volume des ressources et méthodes de transformation

Voir la possibilité de collecte et d'utilisation de poisson jeté comme engrais et pâture des volailles au marché de poisson qui a été construit à Nouakchott dans le cadre d'un projet de coopération financière non remboursable de la JICA et à sa proximité. Procéder à l'étude de la quantité approximative de matière qu'il est possible d'accumuler pour ces fins sur une période donnée à partir des entrailles et autres parties jetées des poissons lors du séchage ou de la vente, afin d'évaluer le potentiel d'utilisation par le point de vue qualitatif et quantitatif, dans la région d'étude, de ces matières en tant qu'engrais ou pâture.

De plus, à propos des ressources ainsi accumulées, examiner les méthodes de transformation pour chaque type d'utilisation, ainsi que les méthodes d'utilisation, et procéder à des expériences de transformation sur la base des résultats obtenus

afin d'explorer leurs potentiels d'utilisation sous forme de fertilisant ou de pâture.

5) Elevage

Procéder à la sélection des aviculteurs. Les 10 volailles et les pâtures (les déchets des poissons collectés au marché de Nouakchott et transformés en pâture) sont à distribuer à Tenllaba et à Lehoueitatt à titre d'essai préalable pendant cette phase, afin d'effectuer l'étude sur les techniques d'élevage sur place. Le résultat de ces essais préliminaires sera pris en considération lors de la deuxième phase, véritable essai de l'Etude Pilote.

6) Education en matière de santé et d'hygiène

Procéder à la sélection des associations (coopératives) à Tenllaba et à Lehoueitatt. La discussion relative à la demande des habitants sur l' en matière de santé et d'hygiène a eu lieu lors du premier atelier afin d'examiner le contenu d'exécution de l'Essai.

7) Stage au pays tiers

Effectuer un stage voyage au Maroc qui est un pays où l'agriculture de la zone aride est bien développé et qui a déjà effectué une coopération technique dans le cadre de la présente étude afin de collecter les données nécessaires à la présente étude et visiter les établissements relatifs pour le transfert de technologie au personnel homologue de la partie mauritanienne.

(2) Phase 2 (Essais préliminaires de culture en été, Essais de l'Etude Pilote et monitoring)

L'Etude Pilote de la Phase 2 comprendront les travaux ci-dessous.

1) Culture maraîchère

Effectuer les essais préliminaires sur la culture des variétés les plus cultivées (carotte, tomate etc.) afin de chercher la possibilité de la culture maraîchère en été. Planifier la période de culture afin d'avoir la récolte en été. Pendant cette période de culture, procéder à la formation des personnes concernées par les Essais de l'Etude Pilote sur les techniques de culture et d'irrigation. Effectuer la vulgarisation sur les effets des techniques de culture (billonnage, ombrage, fumure, culture dans panier etc.), sur la diminution du volume d'eau d'irrigation (consécutif de l'inefficacité de l'irrigation ou des pertes qui surviennent lors de la distribution de l'eau).

2) Culture des dattes économe en eau et monitoring (suivi) des eaux souterraines

Distribuer aux phœniculteurs les récipients d'eau pour l'irrigation économe en eau ainsi que les instruments nécessaires au monitoring, puis commencer le monitoring. Ensuite, collecter périodiquement les données chez ces phœniculteurs. Ces données seront gérées par les membres de la mission d'étude et leurs homologues de la partie mauritanienne. De plus, les membres de la Mission

d'étude, les homologues et les responsables de chaque oasis visiteront périodiquement les phœniculteurs, pour leur donner des directives techniques concernant le monitoring et discuter des méthodes de gestion des eaux souterraines exécutables par eux-mêmes afin d'établir le plan de gestion sur la base de ces discussions.

3) Elevage

Distribuer les volailles et le pâturage aux fermiers, et effectuer l'essai de l'Etude Pilote sur la production d'œufs. Les membres de la Mission d'étude, les homologues et les responsables de chaque oasis visiteront périodiquement les fermiers, pour collecter des données notamment sur les techniques d'élevage, sur les conditions de production des œufs de volaille et sur les conditions d'alimentation des habitants.

4) Préparatifs de l'Essai de la culture maraîchère par les habitants

Creuser les puits dans la ferme maraîchère des oasis concernées, installer les pompes manuelles afin de préparer la culture maraîchère de la phase 3.

5) Education en matière de santé et d'hygiène

Commencer l'éducation en matière de santé et d'hygiène auprès des groupements féminins concernés.

6) Atelier

Organiser un atelier au mois de juillet 2002 afin d'effectuer l'évaluation intermédiaire. Les rubriques des Essais de l'Etude Pilote qui font l'objet de cette évaluation sont principalement ; la culture des palmiers dattiers économe en eau, l'augmentation de production d'élevage et l'amélioration de la situation de santé et d'hygiène. En ce qui concerne la culture maraîchère, le potentiel de la culture en saison d'été sera évalué.

(3) Phase 3 (culture maraîchère par les habitants, Essais de l'Etude Pilote et monitoring)

1) Culture maraîchère

Les membres des groupements féminins sélectionnés effectueront la culture maraîchère par billonnage, ombrage, épandage de pesticides et irrigation économe en eau. Effectuer les mesures du volume d'exhaure, du volume d'eau d'irrigation et du niveau d'eau souterraine en utilisant les puits d'exhaure et d'observation nouvellement installés. Effectuer les semis en tenant compte de la possibilité d'effectuer la rotation de culture de 2 ou 3 fois durant la période de culture afin d'utiliser le plus efficacement cette période.

Poursuivre le même contenu quant aux autres Essais.

I.5 Plan du Monitoring

Effectuer le monitoring technique sur chaque Essai de l'Etude Pilote et effectuer le monitoring sur l'évolution de la mentalité des habitants afin de vérifier l'effet apporté par l'ensemble de l'Etude Pilote. Les détails sont récapitulés ci-dessous et le **Tableau I.5.1** montre le résumé du plan de monitoring.

Tableau I.5.1 Plan du monitoring

Essais	Point de monitoring
Culture maraîchère par les habitants	<ol style="list-style-type: none">1. Rendement et rentabilité2. Etat de croissance3. Situation de gestion de culture4. Etat de vente et de consommation
Culture de palmiers dattiers économe en eau	<ol style="list-style-type: none">1. Volume d'exhaure niveau d'eau des puits2. Niveau d'eau des puits3. Volume d'arrosage4. Changement d'eau dans le sol
Augmentation de la production pastorale	<ol style="list-style-type: none">1. Taux de survie2. Nombre de ponte3. Rentabilité
Amélioration des conditions de santé et d'hygiène	<ol style="list-style-type: none">1. Possibilité d'amélioration du mode de vie2. Possibilité d'amélioration du cadre de vie3. Possibilité d'amélioration des conditions d'hygiène et nutritionnelle
Evolution de la mentalité des habitants	<ol style="list-style-type: none">1. Effet des essais2. Formation des ressources humaines3. Degré d'intérêt

I.5.1 Culture Maraîchère par les Habitants Agriculteurs

(1) Objectif

L'objectif du monitoring est d'établir les documents de base pour l'évaluation de la possibilité d'atteindre les buts de l'amélioration des revenus ou de l'amélioration de la situation de santé et d'hygiène fixés par le plan directeur en mettant en claire les effets suivants.

- Amélioration de la productivité maraîchère
- Effet des techniques de la culture économe en eau
- Potentiel de la culture tout au long de l'année

(2) Principes de base

Le monitoring contient un élément d'activité de vulgarisation important pour la compréhension des habitants sur les techniques à appliquer à la culture maraîchère. Par conséquent, il est nécessaire que les membres de la mission d'étude, les ingénieurs et les agriculteurs effectuent en commun l'observation d'état de croissances des plantes ou la mesure de quantité de récolte obtenue afin que les habitants puissent comprendre mieux les techniques appliquées.

(3) Associations ou coopératives concernées

Les coopératives féminines sont concernées par cet essai à l'exception de l'oasis de Tawaz dans laquelle les personnes travaillent en culture maraîchère sont tous concernées.

(4) Plan de monitoring

Les points suivants seront étudiés lors du monitoring. La période d'exécution est celle de récolte lors d'organisation de l'atelier et de formation technique.

- Mesure de la quantité de récolte et l'étude sur le rendement

Mesurer la quantité de récolte de chaque variété et procéder à la comparaison de la quantité de ferme d'essai et d'autre. Etudier les prix producteurs.

- Etat de croissance des cultures

Effectuer le suivi des cultures sur l'état nutritif ou l'apparition des ennemies de culture en observant l'état des feuilles etc.

- Etat de gestion de culture

Vérification d'exécution des techniques d'ombrage, de désherbage ou de couverture en paillis, observation de la situation d'irrigation par arrosoir.

- Effet de fertilisation

Examiner les effets des déjections des volailles ou des fumiers mixtes à partir de la récolte etc.

- Effet de neem etc. sur l'extermination des ennemies de culture

Examiner les effets de la pulvérisation des produits phytosanitaires à partir de la récolte etc.

I.5.2 Culture des Dattes Economie en Eau

(1) Objectif

L'objectif initial de cet Essai est d'obtenir la gestion et l'utilisation durable des ressources en eau de la culture des palmiers dattier par les habitants. Concrètement, il s'agit d'effectuer le monitoring de la corrélation entre le volume d'exhaure et la fluctuation du niveau et de proposer un plan d'utilisation et de gestion d'eau équilibré par les deux points de vue de la protection des ressources en eau et leur utilisation.

(2) Principes de base

Le fait d'utiliser durablement les ressources en eau limitées est une chose essentielle pour l'existence d'une oasis. De ce fait, il est nécessaire de faire comprendre aux habitants des oasis concernées l'importance de ce travail en saisissant toutes les occasions afin d'obtenir leur consensus. En même temps, il faut leur expliquer à travers la formation technique ou l'atelier que le résultat de leur travail se servirait d'une base importante pour la gestion d'eau à travers les travaux de monitoring ou la

formation technique même si cela leur paraît d'un coup d'œil un travail compliqué et qui ne rapporte rien.

(3) Sélection des fermes

Lors de la sélection des fermes, les points suivants ont été tenus en compte.

- Ferme propriétés d'un membre de l'AGPO et le propriétaire montre sa compréhension au monitoring.
- Ferme du monitoring doit être éparpillées dans l'ensemble de l'oasis et donnent la possibilité de la modélisation la fluctuation des eaux souterraines au niveau de l'ensemble d'une oasis.
- Fermes dans lesquelles l'irrigation régulière est effectuée et donnent la possibilité du monitoring du volume d'utilisation.
- Fermes dans lesquelles les palmiers l'objet d'irrigation existent dans le rayon de 10m à proximité d'un puit.
- Fermes qui possèdent un puit permettant la mesure précise et sécurisante avec un instrument de mesure rudimentaire.

Sélectionner au moins 5 fermes dans les oasis de Toungade dans l'Adrar, de Lehoueitatt et Nimlane dans le Tagant et effectuer cet Essai de l'Etude Pilote.

(4) Plan du monitoring

1) Mesure du volume d'exhaure

L'eau puisée est retenue tout d'abord dans un réservoir et utiliser ensuite pour l'irrigation. Les fûts de 200 litres dotés de la graduation du volume de retenu et du robinet seront conçus pour cette fin. Ces réservoirs sont placés dans les endroits préalablement agréés par les propriétaires de chaque ferme. Une méthode simple d'enregistrement du volume d'exhaure (par exemple, marquer le nombre des fois rempli le réservoir) est adaptée.

2) Mesure du niveau d'eau de puits/mesure du volume d'utilisation d'irrigation

La mesure du niveau des puits a été réalisée avec les instruments de mesure simple confectionnés par la Mission d'étude. La mesure doit être effectuée deux fois par jour, avant et après la première exhaure de la journée. Compter le nombre de fois vidé le réservoir pour la mesure du volume d'irrigation. Nous avons confié les travaux de mesure aux habitants s'occupant l'irrigation des fermes dans lesquelles les puits destinés à être observés se trouvent.

3) Essai préliminaire

Préalablement au véritable monitoring du niveau d'eau souterraine et du volume d'eau d'irrigation, effectuer un essai de monitoring dans l'oasis de Nimlane où l'essai véritable se déroulera, en installant le réservoir et l'instrument de mesure

rudimentaire et en donnant les instructions sur l'utilisation de ces matériels, la méthode de mesure et la méthode d'enregistrement aux habitants locaux. Cet essai préliminaire a été réalisé afin de chercher et de déterminer une méthode plus réalisable pour la véritable Etude Pilote.

4) Essais complémentaires

En ce qui concerne la culture économe en eau parmi les Essais de l'Etude Pilote, la Mission d'étude procédera aux études sur la sélection et l'identification des fermes d'irrigation, la fluctuation de densité d'eau du sol, la capacité du bassin ou le calendrier des variétés de culture tout au long de la période des Essais de l'Etude Pilote.

I.5.3 Augmentation de la Production Pastorale

(1) Objectif

L'objectif du monitoring est d'établir les documents de base pour l'évaluation de la possibilité d'atteindre les buts de l'amélioration des revenus ou de l'amélioration de la situation de santé et d'hygiène fixés par le plan directeur en éclaircissant les effets suivants.

- Effet d'amélioration nutritive par la consommation des œufs et les viandes de volailles produits dans le cadre de l'essai.
- Effet d'amélioration de la productivité agricole par l'utilisation des déjections des volailles.
- Effet d'augmentation des revenus des foyers dont le chef est une femme par l'établissement du système de la production efficace par l'utilisation des ressources non-utilisées.

(2) Principes de base

Lors d'exécution du monitoring, effectuer non seulement le suivi de l'état de croissance des volailles, l'effet apporté par l'aviculture doit être combiné avec ceux de l'amélioration de la situation nutritive ou de la productivité maraîchère, afin de permettre l'analyse globale des effets d'introduction de l'aviculture.

(3) Sélection des associations ou coopératives concernées

En suivant les principes de base ci-dessus mentionnés, les associations (coopératives) à sélectionner seront les mêmes que l'amélioration de la situation de santé et d'hygiène en tenant compte de l'efficacité du monitoring. Lorsqu'on vise l'amélioration de la productivité maraîchère, ce sont les coopératives féminines sont concernées.

(4) Plan de monitoring

Le monitoring d'élevage des volailles sera effectués sur les points suivants. En principe, le monitoring sera exécuté lors de chaque atelier et la formation technique.

Toutefois, en cas d'incident inattendu tel que l'apparition des maladies, il sera effectué chaque fois.

- Taux de survie
Vérifier le taux de survie et étudier les causes.
- Etat de croissance
Vérifier l'état de croissance afin d'examiner la pertinence des nourritures données et la gestion d'élevage.
- Etat de ponte
Enregistrer le nombre d'œufs pondus et examiner la pertinence des nourritures données et la gestion d'élevage par l'état de ponte.
- Etat de collecte des déjections des volailles
Observer l'état de collecte des déjections afin d'examiner l'utilisation efficace des ressources.
- Vente des œufs et rentabilité
Etudier les besoins des œufs de poule et la rentabilité.

I.5.4 Amélioration des Conditions de Santé et d'Hygiène

(1) Objectif

L'objectif est d'évaluer la possibilité d'amélioration de l'état de santé des oasiens par l'éducation en matière de santé et d'hygiène.

(2) Principes de base

Pour ce volet, il est important que les habitants comprennent le contenu de cette étude, et qu'ils l'intègrent dans leur vie quotidienne. De ce fait, il est nécessaire de bien expliquer aux habitants du contenu de l'essai et d'utiliser les matériaux disponibles ou possibles à produire par les habitants.

(3) Sélection des associations ou coopératives concernées

Les coopératives féminines ciblées par l'augmentation de la production d'élevage seront visées par ce volet, étant donné que l'effet combiné avec la consommation des oeufs et la consommation des légumes cultivées en pots en utilisant les déjections des volailles sera suivi.

(4) Plan de monitoring

Le **Tableau I.5.2** suivant montre le contenu de la présente étude, les indicateurs du monitoring et le calendrier d'exécution.

Le monitoring sera effectué lors des ateliers dans chaque oasis sur la base des études de ligne de base sur la santé et l'hygiène menées lors du premier atelier et l'enquête dans les 6 oasis concernées par les Essais de l'Etude Pilote sera effectuée en même temps. Le nombre des coliformes sera mesuré en démonstration avec les papiers de détection de coliformes.

Tableau I.5.2 Contenu et Calendrier du Monitoring

Contenu des activités	Indicateurs du monitoring	Résultat escompté	Calendrier
1) Amélioration nutritive — Importance d'assimilation des oeufs et des légumes — Méthode de cuisine et de traitement	- Fréquence de consommation d'œufs et des légumes - Nombre des maladies liées à la nutrition - Etat de croissance des enfants (mesure de taille ou de poids)	- Réduction de nombre des maladies liées à la nutrition - Amélioration physiques des enfants (rapport du poids et de taille etc.) - Réduction de taux de mortalité infantile	Lors des ateliers du juillet et octobre 2002, du juin 2003
2) Amélioration de la situation de santé et d'hygiène - Education d'hygiène d'eau potable - Importance de laver les mains - Méthode de traitement des déchets - Autre habitude relative à l'hygiène	- Nombre de coliformes détectés par l'eau de puits - Nombre de diarrhée - Fréquence de lavage des mains - Situation de traitement des déchets - Changement d'environnement de vie	- Réduction des maladies liées aux habitudes hygiéniques - Amélioration de l'environnement de vie	Lors des ateliers du juillet et octobre 2002, du juin 2003

I.5.5 Monitoring sur la Conscience des Habitants

(1) Objectif

L'objectif du monitoring sur la mentalité des habitants est de saisir le taux d'accomplissement d'objectifs fixés par le plan directeur, le degré de participation des habitants sur l'exécution et la gestion de l'essai et la possibilité de la continuité et de la durabilité.

(2) Principes de base

Les trois évaluations intermédiaires et une évaluation finale seront effectuées. L'évaluation par trois directions (l'équipe d'étude - participants aux Essais de l'Etude Pilote – non-participants) des Essais de l'Etude Pilote sera effectuée à chaque étape de l'évaluation. L'évaluation par l'équipe se basera sur la méthode PCM (Gestion du cycle du projet) avec laquelle les personnes concernées des Essais de l'Etude Pilote participent à l'évaluation participative à travers les ateliers. L'évaluation de non-participants des oasis faisant l'objet sera effectuée par la méthode de RRA (évaluation rapide rurale) telle que l'enquête par interview demi-structurée. L'évolution et le changement de la conscience des habitants par rapport à chaque indicateur lors des évaluations intermédiaires et l'évaluation finale seront mesurés par le monitoring.

(3) Personnes concernées

Les participants aux Essais de l'Etude Pilote et les habitants de la zone d'exécution de ces essais sont concernés par le monitoring.

(4) Plan de monitoring

Le monitoring sur les habitants consiste à évaluer l'évolution et le changement de la conscience des habitants par l'équipe d'étude, les participants aux Essais de l'Etude

Pilote et les non-participants lors des évaluations intermédiaires et finale. Il sera effectué au cours des ateliers qui auront lieu lors des évaluations intermédiaires et finale.

1) Monitoring par la Mission d'étude

L'évaluation se base sur les 5 points d'évaluation (l'efficacité, l'effet, l'impact, la pertinence des objectifs et la durabilité) et sur les points de vue transversale (politique, technique, environnementale, socioculturelle, organisationnelle et de gestion, économique et financière). Surtout, en ce qui concerne la situation des activités relatives à la présente étude, le résultat d'évaluation sera suivi avec indicateur principal comme l'action principale propre des habitants par rapport à l'étude par les points de vue ci-dessous de la formation et du renforcement des gens et des organisations.

2) Effets des Essais de l'Etude Pilote

Quel genre de bénéfice apportent-t-ils les Essais de l'Etude Pilote?

La conscience relative à l'amélioration de l'état actuel des habitants est-elle élevée avec le commencement des Essais de l'Etude Pilote?

- Exécution des Essais de l'Etude Pilote

En cas de problème d'exécution des Essais de l'Etude Pilote, les habitants peuvent-ils saisir le contenu du problème et le signaler?

Est-il constaté quelconque expédient sur le contenu des essais par l'idée d'habitant?

- Organisation réceptrice des Essais de l'Etude Pilote

Un chef capable mène-t-il les activités au niveau d'organisation?

L'organisation participe-elle en tant qu'organisation?

3) Monitoring sur les participants et non-participants

Lors du monitoring des participants et non-participants aux Essais de l'Etude Pilote, outre le degré d'intérêt des habitants ou les répercussions des essais, les points de vue difficilement quantifiable (difficile à mesurer quantitativement) mais qui ne doivent pas être laissés inaperçus tels que la "richesse" ou le "sentiment du bonheur" de la vie dans l'oasis seront intégrés en tant qu'indicateur.

Fig. I.4.1 Plan d'exécution des Essais de l'Etude Pilote

	2002												2003												2004			
	Jan	Féb	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Féb	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Féb	Mar	
Phases d'exécution	Phase 1			Phase 2									Phase 3															
Culture maraîchère par les habitants																												
Préparation (Education)																												
Préparation (Equipements, etc.)																												
Culture maraîchère																												
Exécution / Monitoring																												
1) Ressources en eau																												
2) Rendement																												
Réunions / Ateliers																												
Culture de palmiers dattiers économe en eau																												
Préparation (Education)																												
Préparation (Equipements, etc.)																												
Exécution / Monitoring																												
Réunions / Ateliers																												
Augmentation de la production pastorale																												
Préparation																												
Exécution																												
Monitoring																												
Réunions / Ateliers																												
Amélioration des conditions de santé publique																												
Préparation																												
Exécution																												
Monitoring																												
Réunions / Ateliers																												
Formation dans un pays tiers																												

Tableau I.1.1 Classification des Projets pour la Sélection des Projets Pilotes

Mesures proposées	Classification of Project				Construction des grands ouvrages	Existence des Projets des autres bailleurs de fonds
	Economie d'eau et augmentation de la productivité	Amélioration de la santé et hygiène	Gestion des ressources	Accès		
Hausse des revenus						
Culture maraîchère	O	O				*
Culture des dattes	O					*
Transformation des produits agropastoraux		O				*
Offre de crédits à découvert	O	O	O	O		**
Consolidation du marché				O		**
Production et vente de l'artisanat				O		**
Utilisation des ressources non exploitées	O	O				
Amélioration de l'élevage du bétail	O	O	O			*
Développement du tourisme			O	O		
Amélioration des infrastructures sociales						
Amélioration des moyens de transport		O		O	Ö	
Alphabétisation	O	O	O	O		**
Protection des sources d'eau contre la contamination		O	O			
Support administratif aux activités des associations	O	O	O			**
Diffusion de techniques agricoles	O		O			*
Amélioration des installations médicales		O			Ö	
Éducation en matière de santé et d'hygiène		O				*
Développement des ressources en eaux (puits profond)					Ö	**
Aviculture, production et consommation d'oeufs		O				
Amélioration du système de pompage d'eau	O					*
Cuisine à faible consommation d'énergie		O				*
Mesures contre l'ensablement éolien et l'accumulation de sable			O			**
Aménagement routier		O		O	Ö	*
Construction d'écoles secondaires et supérieures					Ö	
Diffusion de l'organisation associative à d'autres oasis				O		**
Installation de garderies					Ö	
Protection environnementale et utilisation durable des ressources						
Projet de lutte contre l'accumulation de sable et de reboisement	O	O	O			**
Installation de digues	O		O		Ö	**
Utilisation des eaux de surface et pluviales	O		O			**
Gestion des eaux souterraines	O		O			
Techniques d'irrigation économe en eau	O		O			
Utilisation de sources d'énergie alternatives			O		Ö	*
Amélioration environnementale des sites touristiques			O			

Note : mesures colorées correspondent aux coches ou marque **

Tableau I.3.1 Matrice de Sélection du Site des Essais de l'Etude Pilote (Adrar)

Nom d' Oasis	Moughataa	1) Accessibilité	2) effet de Diffusion Technique	3) Qualité de l'Eau	4) Légumes	5) Potentiel	6) Pientiel	Total
Ain Ehl Tayaa	Atar	5	4	1	2	5	3	20
Azweiga et El Hassiane	Aoujeft	2	1	4	2	2	2	13
Chinguetti	Chinguetti	3	4	4	3	3	2	19
El Maaden	Atar	2	2	1	4	3	2	14
Meddah	Aoujeft	1	3	3	5	3	2	17
Gleitat	Aoujeft	1	2	3	5	2	2	15
J'reif	Atar	3	1	3	5	1	2	15
Ksar Torchane	Atar	2	3	2	3	3	2	15
Loudey	Aoujeft	3	2	2	3	2	2	14
M'haireth	Aoujeft	3	3	1	4	2	2	15
N'teirguente	Aoujeft	1	2	1	3	2	2	11
Ouadane	Ouadane	3	3	3	3	3	4	19
Tenllaba	Ouadane	3	3	3	3	3	4	19
Tawaz	Atar	4	4	3	5	4	5	25
Tayaret	Atar	3	2	2	4	3	2	16
Tenwement	Chinguetti	1	2	3	5	2	2	15
Tirebane	Aoujeft	2	2	5	3	3	2	17
Terwen	Atar	4	2	1	2	2	2	13
Timinite	Aoujeft	1	1	4	3	1	2	12
Toungad	Aoujeft	2	4	3	5	3	4	21
Wekchada	Aoujeft	1	3	2	3	4	2	15

- 1) Accès au chef-lieu
- 2) Rôle de la ferme expérimentale
- 3) Effet sur l'économie de l'eau
- 4) Expérience en culture maraîchère
- 5) Potentiel en tant que centre collecte et d'expédition des produits agricoles dans la région
- 6) Potentiel en tant que centre de production maraîchère

Tableau I.3.2 Matrice de Sélection du Site des Essais de l'Etude Pilote (Tagant)

Nom d' Oasis	Moughataa	1) Accessibilité	2) effet de Diffusion Technique	3) Qualité de l'Eau	4) Légumes	5) Potentiel	6) Pientiel	Total
Acherim	Tidjikja	4	3	5	2	2	2	18
Aghlembit	Tidjikja	3	2	4	3	1	2	15
Aouenat Erji	Tidjikja	3	1	2	4	1	2	13
Ederroum	Tidjikja	4	2	4	2	2	2	16
Lehoueitatt	Tidjikja	4	3	3	4	3	3	20
El Gheddiya	Tichitt	1	3	2	4	1	2	13
El Housseiniya	Moudjeria	2	1	2	2	2	2	11
El Meinan	Tidjikja	2	2	1	1	2	2	10
Ksar El Barka	Moudjeria	1	1	3	2	1	2	10
Lekhdeima	Moudjeria	1	2	4	4	1	2	14
N'batt	Tidjikja	1	2	4	2	1	2	12
N'beika	Moudjeria	5	4	3	5	4	4	25
Nimlane	Tidjikja	5	4	2	5	5	5	26
Rachid	Tidjikja	2	3	4	4	1	3	17
Tichitt	Tichitt	1	3	2	4	1	3	14
Tidjikja ville	Tidjikja	5	5	4	5	5	5	29
Zouera	Tidjikja	1	1	5	2	1	2	12

- 1) Accès au chef-lieu
- 2) Rôle de la ferme expérimentale
- 3) Effet sur l'économie de l'eau
- 4) Expérience en culture maraîchère
- 5) Potentiel en tant que centre collecte et d'expédition des produits agricoles dans la région
- 6) Potentiel en tant que centre de production maraîchère

Tableau I.3.3 Résumé des Conditions Existantes des Oasis pour les Essais de l'Etude Pilot

	Adrar			Tagant		
	Tawaz	Toungad	Tenllaba	Tidjikja	Nimlane	Lehoueitatt
Emplacement (Distance depuis le chef-lieu régional en Km, temps nécessaire jusqu'au chef-lieu en minutes)	30Km, 75min.	65Km, 110min.	186Km, 180min.	0Km, 0min.	35Km, 30min.	22Km, 60min.
Conditions naturelles (Oued: taux de sable)	(10:75)	(85:15)	(15:80)	(80:15)	(30:60)	(90:5)
Population	2 371	835	992	6 061	745	656
Composition de la population(%) (Homme: Femmes :Enfant)	(31:29:40)	(25:28:47)	(32:29:39)	(23:39:38)	(23:37:40)	(23:40:38)
***Foyer avec le che: féminin(%)	16	-	7	35	33	16
** Revenu moyen (UM/Capita)	134 325	120 186	30 817	67 642	36 226	10 672
** Revenu par agriculture et élevage(%)	83	98	95	98	90	95
**Composition de revenu (%) (Elevage.:Dattes:Légumes)	(1:63:18)	(34:30:14)	(88:1:7)	(2:78:18)	(62:7:17)	(45:30:16)
Taux de foyer s'occupant l' agriculture et l'élevage(%)	93	100	85	60	69	76
Foyers sans métier(%)	0	0	1	17	9	19
Niveau d'eau souterraine moyen(m) Bas / Elevé	15,2 / 11,6	6,3 / 5,4	6,6 / 3,8	10,2 / 7,0	7,3 / 6,1	6,8 / 5,5
Superficie cultivée (Ha)	280	60	15	8	-	2
Nombre de palmiers	37 500	49 000	13 500	28 000	9 100 ('95)	8 000
Visiteurs pendant la Guetna	500	2 500	500	3 000	150	225
Prix de dattes	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Moyen	Bas
**Nombre d'accouchemen: (par femme)	6.9	6.0	5.9	6.9	4.7	7.2
** Taux de mortalité infantile moyen (%)	23	13	24	23	17	15
Ecoles *	J (3)			J (2)		
	P (5)	P (1)	P(1)	P (8)	P (1)	P (1)
	C (1)			C (2)	C (1)	
				L (1)		
Nombre d'élèves *	J (90)			J (149)		
	P (360)	P (142)	P (97)	P (1 760)	P (177)	P (122)
	C (100)			C (1 036)	C (70)	
				L (190)		
Nombre des membres d' associations	370	154	185	521	184	214
Nombre de coopératives	9	6	7	29	6	2

* J: Jardin d'enfant, P: Primaires, C: Collège, L: Lycée

** Données de l'enquête des foyers par la Mission d'étude

*** Données du Projet Oasis

Tableau I.4.2 Résumé des Essais de L'Etude Pilote (1/2) (Décomposition)

Nom d'essai : Culture maraîchère par les habitants agriculteurs

Zones concernées : Tawaz, Toungad, Tidjikja et Nimlane

Items	Contenu		Remarques																	
1. Objectifs	Améliorer les revenus par l'augmentation de la production agricole. En même temps, vulgariser les techniques de culture économe en eau et effectuer le monitoring en mesurant le volume d'exhaure, le volume d'eau utilisée et le niveau d'eau souterraine afin d'établir les documents de base pour la gestion d'eau.																			
2. Bénéficiaires	Associations de Tawaz, Toungad, Tidjikja et Nimlane																			
3. Acteurs principaux	Bureau du Projet Oasis / Centre National des Ressources en Eau / Mission d'étude de la JICA																			
4. Activités																				
1) Aperçu	La culture maraîchère est une des activités principales des associations dans la zone concernée. La production maraîchère actuelle étant faible et gaspille beaucoup d'eau d'irrigation. Cet essai a pour but de vulgariser les techniques de culture maraîchère aux associations afin d'améliorer la productivité et d'établir les documents de base pour la gestion des ressources en effectuant le monitoring des ressources en eau. En outre, l'utilisation des ressources non-utilisées des fumiers/produits phytosanitaires sera essayée.																			
2) Installations / activités principales	Installations / activités	Constructeur / exécutants																		
	1) Culture maraîchère par les techniques de culture économe en eau	1) Membres des associations																		
3) Responsable de l'entretien et de la gestion	Supervision : Projet Oasis Exécution: Associations oasiennes, ONG ou consultant local																			
4) Période de construction, durée des activités	1)Préparation des matériels et installations(4 mois) 2)Culture maraîchère en été/hiver (4 mois de chaque) 3)Vulgarisation technique aux associations (7 fois x 4 endroits = 28 fois), 4)Monitoring du niveau d'eau souterraine/ du volume d'eau utilisée et l'analyse (env. 8 mois) (sauf Tawaz)																			
5. Coût des activités	1) Construction de clôture : poteau à 1,5m d'intervalle 2) Creusage des puits d'observation/exploitation et installation de pompe manuelle (1 de chaque) (sauf Tawaz) 3) Installation de mesure de volume d'eau d'exhaure et tuyau (4 jeux) 4) Matériels nécessaires (mesure de niveau d'eau, mesure de température du sol etc.) 5) Frais de réunions 6) Coût de personnel 7) Coût de transport																			
6. Monitoring																				
	<i>Items</i>	<i>Collecte des données</i>	<i>Collecteur</i>	<i>Responsable de la synthèse des données</i>	<i>Évaluateur</i>															
	1)Rendement des produits, situation de croissance	Au moment de la récolte	ONG/vulgarisateurs/mission d'étude	ONG ou consultant local	Mission d'étude															
	2)Volume d'exhaure, niveau d'eau, etc.	Chaque irrigation	ONG/Centre /mission d'étude	Idem.	Idem.															
	3)Activité de coopérative féminine	Au besoin	ONG/Centre /mission d'étude	Idem.	Idem.															
7. Programme d'exécution	01	2002											2003							
Description	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
1)Formation technique																				
2)Préparation des matériels																				
3) Culture maraîchère																				
4)Monitoring des eaux souterraines																				
5)Réunion/atelier																				

* ONG ou C.L. ; ONG ou consultant local, Centre : Centre National des Ressources en Eau,

* □ : Essai ■ : Exécution

Tableau I.4.2 Résumé des Essais de L'Etude Pilote (2/2) (PDM)

Essai : Culture maraîchère par les habitants agriculteurs

Oasis concernées : Tawaz, Toungad, Tidjikja et Nimlane

Groupe visé : Habitants agriculteur des oasis concernées

Période : janvier 2002~juillet 2003 Organisation d'exécution: JICA

Résumé du projet	Indice	Moyen d'acquisition	Conditions extérieures
But global 1. Etat de pauvreté sera amélioré 2. Etat de la santé et de l'hygiène sera amélioré 3. Ressources sont utilisées durablement.	1. Réduction à moitié de la pauvreté avant 2015 2. Réduction à moitié de malnutrition avant 2015 3. Utilisation de ressource en eau stable	1,2 et 3 Evaluation spécifique (monitoring des agriculteurs), Enquête, Etude d'échantillonnage	Phase III du Projet Oasis est exécutée.
Objectif du projet Hausse de revenu par l'amélioration des techniques de culture maraîchère.	Réduction de la pauvreté chez les foyers dont le chef est une femme.	Enquête sur foyers	
Résultat 1. Techniques agricoles sont appris par les techniciens locaux. 2. Techniques de culture sont vulgarisées aux oasis concernées. 3. Fertilisation aux champs est effectuée. 4. Légumes peuvent être consommés tout au long de l'année. 5. Eau d'irrigation diminue. 6. Données de base pour l'évaluation d'utilisation d'eau adéquate sont obtenues.	1. Formation technique a lieu périodiquement. 2. Production de maraîchage augmente. 3. Quantité de fertilisation aux champs augmente. 4. Légumes peuvent être récoltés même au mois de juillet et août. 5. Niveau d'eau souterraine se stabilise/ regagne le niveau initial. 6. Existence d'enregistrement du monitoring.	1. Etude d'enquête 2. Etude sur la production 3. Etude sur la production 4. Etude par échantillonnage 5. Enregistrement du monitoring 6. Enregistrement du monitoring	1. Gens qui viennent pour la Guetna achètent les légumes. 2. Précipitation ne diminue pas de façon spectaculaire.
Activités 1 Instruire les techniques de culture aux ingénieurs (vulgarisateurs) locaux. 2 Instruire les techniques de culture maraîchère aux oasis de Tawaz, Toungade et Nimlane. 3 Utiliser les ressources non-utilisées en tant qu'engrais. 4 Vulgariser la culture maraîchère en saison d'été. 5 Effectuer l'irrigation économe en eau. 6 Creuser les puits afin d'effectuer le monitoring du volume d'eau d'exhaure et du niveau d'eau souterraine.	Entrées < Mission d'étude > Humaines Membre de l'équipe Matérielles Clôture Installation d'ombrage etc. Pompe manuelle Semences des légumes Bidon et tuyau Ressources non-utilisées Manuel de vulgarisation Financières Coût de creusage des puits Coût de personnel technique local Coût de transport	< Partie mauritanienne > Humaines Agriculteurs de maraîchage Ingénieurs vulgarisateurs Matérielles Ferme pour l'Essai de l'Etude Pilote	Condition préalable Habitants des oasis concernées donnent leur accord sur l'exécution de l'Essai de l'Etude Pilote.

Tableau I.4.3 Résumé des Essais de L'Etude Pilote (1/2) (Décomposition)

Nom d'essai : Culture des palmiers dattiers économe en eau

Zones concernées : Toungad, Nimlane, Lehoueitatt

Items	Contenu		Remarques																		
1. Objectifs	Concernant les palmiers -les plus cultivés en oasis-, vulgariser l'irrigation économe en eau et effectuer le monitoring du volume d'eau d'exhaure, du volume d'eau utilisée et du niveau d'eau souterraine afin d'établir les documents de base pour la gestion des eaux souterraines.																				
2. Bénéficiaires	Phoeniculteurs de Toungad, Nimlane, Lehoueitatt																				
3. Acteurs principaux	Bureau du Projet Oasis / Centre National des Ressources en Eau / Mission d'étude de la JICA																				
4. Activités																					
1) Aperçu	Les produits agricoles principaux de la zone d'étude sont les dattes. Le niveau d'eau souterraine est en baisse étant donné que le volume d'eau puisé pour l'irrigation n'est pas adéquat. En ne disposant pas des données de base tel que le volume utilisé, l'objectif est d'établir les documents de base en effectuant le monitoring du volume d'eau d'exhaure, du volume d'eau utilisée et du niveau d'eau souterraine pour établir les documents de base de la gestion des ressources en eau. Par ailleurs, cet essai vise à vulgariser les techniques d'irrigation économe en eau en effectuant la méthode d'irrigation économe en eau																				
2) Installations / activités principales	Installations / activités	Constructeur / exécutants																			
	1) Culture de palmiers dattier économe en eau	1) Phoeniculteurs																			
3) Responsable de l'entretien et de la gestion	Supervision : Projet Oasis Exécution: Habitants, ONG ou consultant local																				
4) Période de construction, durée des activités	1) Préparation de matériel (2,5 mois) 2) Culture économe en eau/monitoring (13 mois)																				
5. Coût des activités	1) Fût (Bidon) doté de graduation et équipé de robinet 30 jeux (10 pièces x 3) 2) Tuyaux 600m (20m x 30) 3) Instrument de mesure de niveau d'eau rudimentaire 30 pièces (10 pcs x 3 oasis) 4) Frais de réunions (3 fois) 5) Frais de main d'œuvre 6) Coût de transport																				
6. Monitoring																					
	<i>Items</i>	<i>Collecte des données</i>	<i>Collecteur</i>	<i>Responsable de la synthèse des données</i>	<i>Évaluateur</i>																
	1) Etat de croissance des palmiers	Chaque mois,	ONG ou C.L./vulgarisateur /Mission d'étude	ONG ou C.L.	Mission d'étude																
	2) Volume d'exhaure, niveau d'eau, volume d'eau d'irrigation etc.	A chaque irrigation	ONG ou C.L./vulgarisateur /Mission d'étude	ONG ou C.L.	Mission d'étude																
7. Programme d'exécution	01	2002												2003							
Description	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
1) Formation technique																					
2) Préparation de matériel et matériel																					
3) Culture économe en eau/ Monitoring des eaux souterraines																					
4) Réunion/atelier																					

* ONG ou C.L. ; ONG ou consultant local, Centre : Centre National des Ressources en Eau

*  : Essai  : Exécution

Tableau I.4.3 Résumé des Essais de L'Etude Pilote (2/2) (PDM)

Essai: Culture des palmiers dattiers économe en eau

Oasis concernées : Toungad, Nimlane et Lehoueitatt

Groupe visé : Phoeniculteurs de chaque oasis

Période : janvier 2002~juillet 2003 Organisation d'exécution: JICA

Résumé du projet	Indice	Moyen d'acquisition	Conditions extérieures
But global 1. La pauvreté est allégée. 2. Les conditions de santé et d'hygiène sont améliorées. 3. Les ressources sont utilisées durablement.	1. Réduction à moitié de la pauvreté avant 2015 2. Réduction à moitié de malnutrition avant 2015 3. Utilisation de ressource en eau stable	1,2 et 3 Evaluation spécifique (monitoring des agriculteurs) 2 Enquêtes des établissements de santé 2 Etudes d'échantillonnage	Phase III du Projet Oasis est exécutée.
Objectif du projet Les techniques de culture des palmiers économe en eau par l'utilisation efficace d'eau sont vulgarisées.	1. Le volume d'eau d'irrigation diminue. 2. Les enregistrements du monitoring adéquat de niveaux d'eau et du volume d'eau sont laissés.	1. Etude par monitoring 2. Etude par monitoring	
Résultats 1. Le volume d'eau d'irrigation diminue. 2. La fluctuation d'eau souterraine est saisie. 3. Le volume d'eau d'utilisation adéquat est saisi.	1. Le volume d'eau d'irrigation diminue par rapport à celui d'actuel. 2. Existence d'enregistrement du volume d'eau utilisée par unité. 3. Existence d'enregistrement de mesure de niveau d'eau souterraine.	1. Etude par échantillonnage, enquête 2. Etude par monitoring 3. Etude par monitoring	La pluviométrie ne diminue pas de façon spectaculaire.
Activités 1. Vulgariser les techniques de culture économe en eau au phoeniculteurs des oasis concernées. 2. Effectuer le monitoring du niveau d'eau souterraine. 3. Effectuer le monitoring du volume d'eau d'irrigation.	Entrées < Mission d'étude > Humaines Membre de l'équipe Matérielles Matériel et matériau Fûts équipés de robinet Tuyau Instrument de mesure simple Documents de l'atelier Financières Coût de personnel technique d'instruction local Coût de transport Frais de réunions	< Partie mauritanienne > Humaines Phoeniculteurs pour monitoring et la pratique de culture Ingénieurs vulgarisateurs	Condition préalable Habitants des oasis concernées donnent leur accord sur l'exécution de l'Essai de l'Etude Pilote.

Tableau I.4.4 Résumé des Essais de L'Etude Pilote (1/2) (Décomposition)

Nom d'essai : Augmentation de la production pastorale

Zones concernées : Tenllaba et Lehoueitatt

Items	Contenu		Remarques																		
1. Objectifs	Pousser la production des œufs et des viandes de volailles pour l'amélioration de la malnutrition.																				
2. Bénéficiaires	Coopératives féminines de Tenllaba et Lehoueitatt																				
3. Acteurs principaux	Bureau du Projet Oasis / Mission d'étude de la JICA																				
4. Activités																					
1) Aperçu	Beaucoup de cas de malnutrition ont été constatés chez les oasisiens. Introduire l'aviculture en tant que remède à ce problème et vulgariser la production des œufs. Utiliser les ressources non-utilisées tels que les déchets de poissons pour l'élevage.																				
2) Installations / activités principales	Installations / activités	Constructeur / exécutants																			
	1) Instruction d'aviculture	1) Vulgarisateur/Mission d'étude/ONG ou C.L.																			
3) Responsable de l'entretien et de la gestion	Supervision : Projet Oasis Exécution: Coopératives féminines des oasis concernées, ONG ou consultant local (C.L.)																				
4) Période de construction, durée des activités	1) Vulgarisation des techniques d'élevage (13 mois) 2) Exécution (13 mois)																				
5. Coût des activités	1) Volailles (80) 2) Traitement des pâtures 3) Coût de construction des poulaillers 4) Frais de réunions 5) Frais de main d'œuvre 6) Coût de transport		Distribuer les volailles incubés aux autres fermiers.																		
6. Monitoring																					
	<i>Items</i>	<i>Collecte des données</i>	<i>Collecteur</i>	<i>Responsable de la synthèse des données</i>	<i>Évaluateur</i>																
	1)Monitoring de la ponte	Chaque mois, lors de métissage et de la ponte	ONG ou C.L./Mission d'étude	ONG ou C.L.	Mission d'étude																
	2)Monitoring de l'amélioration nutritive	Lors d'Atelier	Idem	Idem	Idem																
	3)Situation des activités par les habitants	Pendant la période de préparation Suivant la nécessité	Idem	Idem	Idem																
7. Programme d'exécution	01	2002												2003							
Description	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
1)Formation technique			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2)Elevage			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3)Monitoring de ponte																					
4)Collecte des ressources non-utilisées			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5)Réunion/atelier			△																		△

* ONG ou C.L. ; ONG ou consultant local, Centre : Centre National des Ressources en Eau

* ■ : Essai ■ : Exécution

Tableau I.4.4 Résumé des Essais de L'Etude Pilote (2/2) (PDM)

Essai: Augmentation de la production pastorale

Oasis concernées : Tenllaba et Lehoueitatt

Groupe visé : Coopératives Féminines des oasis concernées

Période : janvier 2002~juillet 2003 Organisation d'exécution: JICA

Résumé du projet	Indice	Moyen d'acquisition	Conditions extérieures
But global 1. Etat de pauvreté est amélioré 2. Etat de la santé et de l'hygiène est amélioré 3. Ressources sont utilisées durablement.	1. Réduction à moitié de la pauvreté avant 2015 2. Réduction à moitié de malnutrition avant 2015 3. Utilisation de ressource en eau stable	1,2 et 3 Evaluation spécifique (monitoring des agriculteurs), Enquête, Etude d'échantillonnage	Phase III du Projet Oasis est exécutée.
Objectif du projet Etat nutritionnel des oasiens est améliorée.	1. Maladies causées par la malnutrition diminuent. 2. Taux de mortalité infantile baisse.	1 et 2 Interview des habitants et au niveau des dispensaires.	
Résultats 1. Consommation de protéine ou des vitamines augmente. 2. Ressources non-utilisées sont efficacement utilisées.	1-1. Réduction des maladies des habitants. 1-2. Augmentation de consommation des oeufs par les habitants. 1-3. Réduction de taux de mortalité infantile. 2. Changement de quantité de fertilisant utilisé.	1-1. Enquête au niveau des établissement de santé. 1-2. Monitoring des coopératives qui pratiquent l'aviculture et de ponte. 1-3. Enquête au niveau des établissement de santé. 2. Etude par enquête.	Pâture ne diminue pas (du à la diminution de pluviométrie.)
Activités 1-1 Distribuer les volailles. 1-2 Enseigner les techniques d'aviculture. 1-3 Commencer l'aviculture. 1-4 Consommer les viandes de volailles et des œufs. 2-1 Utiliser les excréments et les déchets comme fertilisant.	Entrées < Mission d'étude > Humaines Membre de l'équipe Matérielles Manuel d'élevage Pâture Poussins Vaccins Cages pour volailles Financières Coût de personnel technique d'instruction local.	< Partie mauritanienne > Humaines Coopérative pour l'exécution d'aviculture Ingénieur vulgarisateur local de l'aviculture Matérielles Terrain d'aviculture	Condition préalable Habitants des oasis concernées donnent leur accord sur l'exécution de l'Essai de l'Etude Pilote.

Tableau I.4.5 Résumé des Essais de L'Etude Pilote (1/2) (Décomposition)

Nom d'essai : Amélioration des conditions de santé et d'hygiène

Zones concernées : Tenllaba et Lehoueitatt

Items	Contenu		Remarques																		
1. Objectifs	Augmenter les connaissances sur la santé et l'hygiène et l'amélioration de la nutrition afin de réduire les maladies (malnutrition, diarrhée etc.) et d'améliorer les conditions de santé et l'hygiène.																				
2. Bénéficiaires	Groupements (coopératives) féminins de Tenllaba et Lehoueitatt																				
3. Acteurs principaux	Bureau du Projet Oasis / Mission d'étude de la JICA																				
4. Activités																					
1) Aperçu	Beaucoup de case de diarrhée et de malnutrition ont été constatés dans la zone d'étude. La cause principale de la diarrhée est la pollution d'eau par les excréments des bestiaux. De ce fait, les mesures telles que la construction de clôture afin d'éviter les animaux d'approcher aux puits seront vulgarisées. Effectuer l'éducation pratique sur l'effet de consommation des œufs, la méthode de cuisine, le traitement des légumes par le séchage ou la production des légumes destinées à l'autoconsommation.																				
2) Installations / activités principales	Installations / activités	Constructeur / exécutants																			
	1) Education de la santé et de l'hygiène aux habitants 2) Cuisine et transformation des légumes et œufs	1) ONG ou C.L., Mission d'étude 2) ONG ou C.L.																			
3) Responsable de l'entretien et de la gestion	Supervision : Projet Oasis Exécution: Coopération féminines, ONG ou consultant local (C.L.)																				
4) Période de construction, durée des activités	1) Préparation de matériels et étude sur matériels et matériaux (3 mois) 2) Activités d'éducation de la santé et de l'hygiène (13 mois, par intermittence) 3) Monitoring de l'effet d'amélioration des conditions de santé et d'hygiène (5 fois)																				
5. Coût des activités	1) Coût de matériel de cuisine et de traitement et ustensiles 2) Frais de réunions (3 réunions) 3) Coût de pots etc. de la culture maraîchère 4) Coût d'impression des documents 5) Frais de main d'œuvre 6) Frais de transport																				
6. Monitoring																					
<i>Items</i>	<i>Collecte des données</i>	<i>Collecteur</i>	<i>Responsable de la synthèse des données</i>	<i>Évaluateur</i>																	
1) Conditions de santé et d'hygiène	Lors d'Atelier	ONG/vulgarisateur/mission d'étude	ONG ou C.L.	Mission d'étude																	
2) Efficacité de mesures de cuisine et traitement	Au besoin	Idem	Idem	Idem																	
3) Etat d'activités des habitants	Au besoin	Idem	Idem	Idem																	
7. Programme d'exécution	01	2002												2003							
Description	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
1) Formation technique			■			■															
2) Education sur santé et hygiène							■	■	■	■	■	■	■								
3) Cuisine et traitement des produits agricoles								■	■	■	■	■	■								
4) Monitoring							■	■	■	■	■	■	■								
5) Réunion/atelier			△																		△

* ONG ou C.L. ; ONG ou consultant local

* : Essai : Exécution

Tableau I.4.5 Résumé des Essais de L'Etude Pilote (2/2) (PDM)

Essai: Amélioration des conditions de santé et d'hygiène

Oasis concernées : Tenllaba et Lehoueitatt

Groupe visé : Habitants de chaque oasis

Période : janvier 2002~juillet 2003 Organisation d'exécution: JICA

Résumé du projet	Indice	Moyen d'acquisition	Conditions extérieures
But global 1. Etat de pauvreté sera amélioré 2. Etat de la santé et de l'hygiène sera amélioré 3. Ressources sont utilisées durablement.	1. Réduction à moitié de la pauvreté avant 2015 2. Réduction à moitié de malnutrition avant 2015 3. Utilisation de ressource en eau stable	1,2 et 3 Evaluation spécifique (monitoring des agriculteurs), Enquête, Etude d'échantillonnage	Phase III du Projet Oasis est exécutée.
Objectif du projet Etat de santé des oasiens est amélioré.	1. Maladies causées par la pollution d'eau diminuent. 2. Maladies dus à la malnutrition diminuent. 3. Taux de mortalité infantile baisse.	1, 2 et 3 Interview sur la santé et l'hygiène Nombre de malades des dispensaires.	
Résultats 1. Notion d'hygiène est bien ancrée. 2. (Par l'amélioration de la qualité d'eau potable,) les habitants puissent les utiliser. 3. Malnutrition est allégée (comme la consommation des légumes tout au long de l'année devient possible). 4. Habitude alimentaire de consommation d'œufs se fixe. 5. Techniques de culture et de traitement se fixent.	1. Taux de compréhension de l'atelier d'éducation de santé et d'hygiène est élevé. 2. Coliformes ne sont pas détectées dans l'eau potable. 3. Cas de malnutrition diminuent. 4. Fréquence de consommation des œufs augmente 5. Méthodes culinaires deviennent diverses.	1. Etude par enquête 2. Contrôle simple de la qualité d'eau 3. Nombre de malades aux dispensaires 4. Etude par monitoring 5. Etude par monitoring	1. Pas d'apparition de pollution d'eau souterraine par les produits et les engrais chimiques. 2. Pluviométrie ne diminue pas de façon spectaculaire.
Activités 1. Effectuer l'éducation de santé et d'hygiène aux habitants de Tenllaba et Lehoueitatt 2. Protection d'eau de puits potable, vulgariser les mesures de conservation. 3. Vulgariser la culture maraîchère en saison d'été. 4. Organiser les stages de sensibilisation pour la consommation des œufs de volailles. 5. Effectuer les stages de cuisine et de traitement.	Entrées < Mission d'étude > Humaines Membre de l'équipe Matérielles Matériel pédagogique Matériel de cuisine et de traitement Financières Coût d'organisation des réunions Coût de personnel des Instructeurs de l'éducation de santé et d'hygiène Coût de transport	< Partie mauritanienne > Humaines Participants à l'éducation de santé et d'hygiène Instructeurs de l'éducation de santé et d'hygiène Matérielles Local pour l'éducation de santé et d'hygiène	Condition préalable Habitants des oasis concernées donnent leur accord sur l'exécution de l'Essai de l'Etude Pilote.