LES RESSOURCES EN EAU DES PALMERAIES DU TAFILALT

Essai de bilan

SOMMAIRE

Introduction.

I. - **Définition et classification des ressources en eau.**

II. - **Bilan des ressources en eau.**

- **Tableau I** : Superficies cultivées et irriguées au Tafilalt, et ressources en eau.

III. - **Nature et répartition des ressources en eau des palmeraies du Tafilalt.**

IV. - **Rapport entre les ressources en eau et les superficies cultivables et irrigables.**

V. - **Rapport entre les ressources en eau et la population de chaque palmeraie.**

- **Tableau II** : Densité de la population par rapport aux ressources.

VI. - **Possibilité d'accroître les ressources en eau actuelles.**

VII. - **Conclusion.**

INTRODUCTION

Dans le cadre de la préparation des plans de travaux d'équipement hydraulique et de mise en valeur du Tafilalt pour les prochaines années (Programme spécial de travaux d'urgence (2^{me} tranche) 1958, Plan Biennal 1958-1959, Plan Quinquennal), il a paru utile de tenter de dresser, pour la première fois, un bilan complet des ressources en eau de toutes sortes dont disposent actuellement les palmeraies du Tafilalt.

L'établissement d'un tel bilan était sans doute rendu difficile par la grande dispersion des périmètres irrigués du Tafilalt, en une quinzaine de palmeraies principales et une quarantaine de petites palmeraies ou zones de culture, ainsi que par la grande variété des ressources utilisées. Il s'est heurté aussi à l'imprécision de beaucoup de renseignements Mais sans dissimuler le caractère approximatif d'une grande partie des chiffres cités ici, on estime que les indications rassemblées représentent des ordres de grandeur valables, permettant déjà d'utiles comparaisons.

Plus que dans les résultats globaux de ces statistiques, qui visent simplement à fixer des ordres de grandeur, l'intérêt d'un tel travail paraît résider

surtout dans la comparaison qu'il permet d'établir entre chaque palmeraie. Il fait apparaître aussitôt quelles sont les palmeraies les plus dépourvues de ressources, et peut ainsi constituer la base de la fixation d'un ordre d'urgence.

Les statistiques groupées ici ne concernent que le domaine des palmeraies du bassin du Ziz-Rhéris, c'est-à-dire la plus grande partie de la Province du Tafilalt, à l'exclusion des pays du Guir, des vallées du bassin du Maïder et des hautes vallées atlasiques du Ziz et du Rhéris. D'une manière plus précise, la limite géographique septentrionale de la région étudiée, qui jouxte au sud au Sahara, est jalonnée par les gorges du Tizguit (Todrha), d'Igoudmane (O. Ifer), de l'Amsed (Rhéris) et du haut Rheng du Ziz (foum Zabel). La vallée du Todrha, bien que dépendante de la Province de Ouarzazate, est incluse dans cet essai (cf. cartes jointes).

Dans cette région, plus de 150.000 personnes, soit les 3/5 de la population de la Province du Tafilalt, vivent essentiellement de l'agriculture.

Sources de la documentation :

Elles sont variées et de valeur très inégale.

Trois sources de documentation principales ont été mises à contribution :

a) Les nombreux documents, notes et rapports, établis par le Centre des Etudes Hydrogéologiques ;

b) Les archives des Travaux Publics (Subdivisions Hydraulique de Ksar-es-Souk et de Ouarzazate) ;

c) Divers documents établis par les autorités de Contrôle, surtout entre 1950 et 1955.

Les références des principaux documents consultés sont indiquées en annexe.

Les renseignements démographiques proviennent pour la plupart, des résultats du dernier recensement (1952).

I. — DEFINITION ET CLASSIFICATION DES RESSOURCES EN EAU

Les ressources potentielles

La définition des ressources en eau nécessite un bref rappel des données du bilan hydrologique d'un bassin.

La totalité des apports d'eau provient en dernière analyse des pluies reçues par le bassin. Ces eaux se répartissent essentiellement en trois parts inégales : eaux écoulées hors du bassin, eaux infiltrées, eaux évaporées.

Sur chacune de ces parts, une certaine fraction peut être rendue disponible par des moyens techniques appropriés : l'ensemble de ces fractions constitue ce que l'on définira comme « ressources potentielles ». Si ces dernières sont donc principalement fonction des conditions naturelles (climatique, géologique, etc...) qui régissent le bilan hydrologique du bassin, elles dépendent aussi dans une certaine mesure du niveau technique du lieu et du moment, et aussi des conditions économiques générales.

Les fractions formant les ressources potentielles sont très différentes suivant la part du bilan considéré :

a) celle du volume d'eau écoulé est le volume régularisable. Théoriquement, ce dernier peut approcher de la totalité du volume écoulé mais pratiquement, il lui demeure le plus souvent bien inférieur. La proportion régularisable du volume écoulé est fonction de données naturelles (structure du réseau hydrographique, irrégularité du régime des écoulements, situation des emplacements de barrage) et de données économiques (rentabilité des ouvrages techniquement réalisables, situation des zones cultivables par rapport aux emplacements de barrage).

   Les techniques modernes de recharge de nappes basées sur l'utilisation des possibilités d'emmagasinement des nappes d'eau souterraine, permettent toutefois d'accroître très sensiblement la proportion régularisable des volumes écoulés, et c'est le cas du Tafilalt.

b) celle des eaux infiltrées, c'est-à-dire des eaux souterraines est généralement grande. En l'état actuel des techniques, la quasi totalité des disponibilités en eau souterraine peut être considérée comme une ressource potentielle.

   Notons d'abord qu'une part variable du volume d'eau infiltrée, régularisée par la nature retourne à la surface par un certain nombre d'exutoires naturels (sources, résurgences), et forme la partie la plus facilement utilisable du volume d'eau écoulé superficiel (ressource en eau pérenne).

   D'autre part, les procédés d'exploitation des eaux souterraines permettent de prélever des débits souvent supérieurs à ceux des apports naturels aux nappes, c'est-à-dire qu'ils peuvent créer des ressources disponibles momentanément supérieures aux ressources potentielles.

   Mais la possibilité technique de surexploiter les ressources potentielles en eau souterraine, c'est-à-dire de rompre l'équilibre hydrologique naturel des nappes, permet précisément d'accentuer la régularisation artificielle des écoulements superficiels et d'accroître cette catégorie de ressource potentielle.

c) Celle des eaux évaporées est par contre infime sinon nulle : il n'est pas possible de réduire directement la proportion du volume d'eau évaporée de manière sensible. Il est par contre

possible de diminuer les effets de l'évaporation dans le bilan de certaines nappes phréatiques (par rabattement et drainage) et d'accroître alors la proportion des ressources potentielles en eau souterraine.

Ainsi les ressources potentielles peuvent globalement tendre au plus vers le total des volumes d'eau écoulés et infiltrés qui peut varier entre 1/10e et 1/5e du volume des précipitations sur le bassin.

Les ressources exploitées

Les ressources exploitées, c'est-à-dire la part des ressources potentielles mises effectivement à la disposition des utilisateurs, sont principalement fonction de l'état actuel de l'équipement hydraulique.

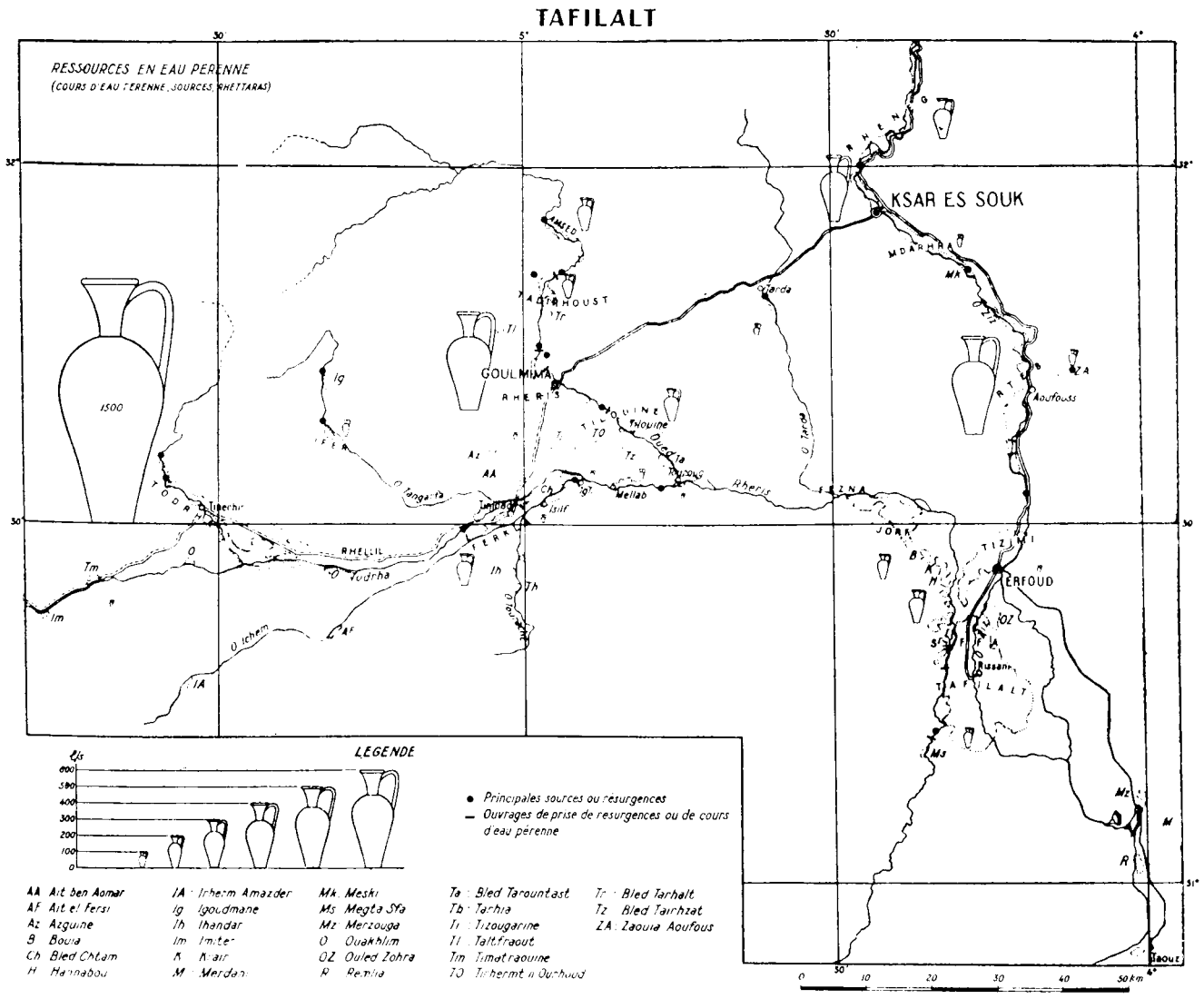
Il est relativement plus facile de tenter d'en dresser le bilan, car les ressources potentielles encore inexploitées ne peuvent faire l'objet d'évaluations quantitatives assez précises que d'une manière très limitée.

Classification

Les différentes catégories de ressources en eau exploitée peuvent être classées surtout de deux points de vue : leur continuité et leur mode de mise à la disposition (fonction de leur origine).

Leur classification peut ainsi s'exprimer en un tableau à double entrée :

CONTINUITE		ORIGINE	
		Eaux superficielles	Eaux souterraines
Ressources pérennes	régularisées naturellement	Sources prise de cours d'eau pérenne	
	régularisées artificiellement	Barrage de retenue	rhettaras, drains barrages souterrains
Ressources discontinues	avec contrôle		puits et sondages (puisage et pompage)
	sans contrôle	barrages de dérivation et d'écrêtement de crue	



(fig. 1)

Au Tafilalt, on ne dispose que de trois types de ressources :

— a) eaux superficielles pérennes (sources)

— b) eaux souterraines obtenues par gravité ou par exhaure

— c) eaux de crue dérivées.

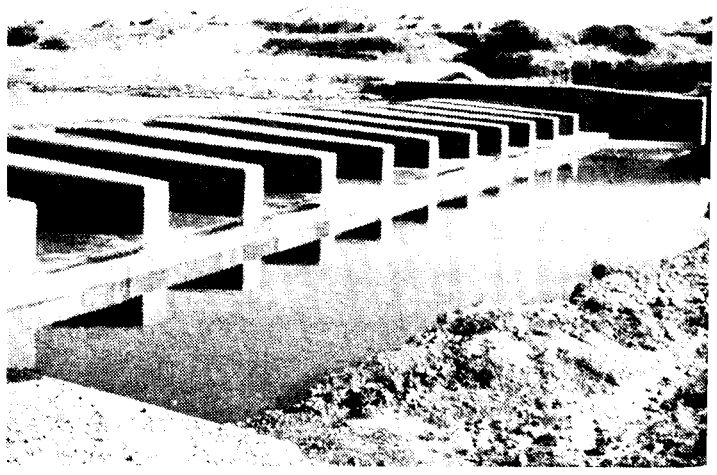
On précisera ici comment on a procédé à leur évaluation respective, dont les résultats sont rassemblés dans le tableau I. L'expression commune en millions de m^3/an n'est qu'un moyen d'addition commode, et nécessaire pour un bilan, mais ne peut masquer les différences profondes entre des volumes d'eau obtenus soit sous forme d'un écoulement permanent, au débit peu variable, soit par un apport massif, mais presque instantané, et en outre très variable d'une année à l'autre. Il est évident que les conditions d'utilisation de ces ressources diffèrent profondément, ainsi que leur valeur économique.

a) Les ressources en eau pérenne superficielle sont les plus régulières et leur évaluation précise est la plus facile. Leur variabilité annuelle ou interannuelle est faible : de l'ordre de 1 à 2 en général.

La totalité de ces eaux disponibles étant utilisée, on a compté comme ressource le débit cumulé annuel moyen qui est toujours supérieur au débit d'étiage moyen des sources.

Dans les petits périmètres irrigués des vallées atlasiques (Haut-Todrha, Amsed, Rheneg du Ziz), les ressources sont en fait supérieures aux besoins, car les surfaces irriguables sont faibles et non extensibles. Il en résulte des modules d'irrigation théoriquement très élevés (supérieurs à 1 l/s/ha), mais en réalité, les périmètres n'absorbent pas la totalité des eaux épandues, et des trop-pleins (« Return-flow ») se déversent à l'oued par des canaux de décharge (« Mesrefs »). Malgré tout, un gaspillage se produit et les ressources utilisées effectivement sont un peu inférieures aux ressources potentielles.

Barrage en terre primitif de dérivation de cours d'eau pérenne (« repta ») au Ferkla. (Cliché J.J. Oberlin)
(fig. 2)



(fig. 3)
Barrage moderne à fusibles pour le captage d'une résurgence : Tifounassine, sur l'O. Rheris, construit par les Travaux Publics. (Cliché Soletanche)

Partout ailleurs, la totalité des débits captés et distribués est absorbée et les débits restitués à l'aval sont nuls.

Les décharges du trop-plein des irrigations de l'amont étant utilisées par les périmètres situés plus en aval, il ne se produit pas globalement, à l'échelle du bassin, de perte par « return-flow », mais seulement par évaporation et évapotranspiration exagérée en quelques périmètres sur-irrigués de l'amont. Le volume perdu ainsi est difficilement chiffrable et on ne l'a pas compté parmi les ressources potentielles.

b) Les ressources en eau souterraine sont de deux sortes. L'exploitation par rhettaras ou par drains modernes (il n'existe pas de barrage souterrain) fournit un débit pérenne aussi régulier - parfois plus - que celui des sources et on a évalué de la même façon les volumes moyens annuels utilisés.

L'exploitation par puisage ou pompage fournit un volume annuel beaucoup plus variable et commandé par les utilisateurs. On pourrait définir comme ressource maximum le volume que fournirait le fonctionnement permanent des moyens d'exhaure existants. Mais ce n'est jamais le cas dans la pratique : les possibilités de puisage ou de pompage ne sont pas utilisées à plein. Par exemple, la capacité des 16 stations de pompage modernes existantes est au total de 1120 1/s, soit de 36.106 m3/an ; mais le volume annuel prélevé varie en fait entre 3 et 6.106 m3/an.

(fig. 4)
Une rhettara au Tafilalt (région de Mezguida). (Cliché Belin)

On a donc considéré comme ressource en eau souterraine exhaurée, le volume moyen annuel des prélèvements effectifs en l'état actuel de l'équipement et du régime d'exploitation. Sa traduction en débit permanent est donc fictive et n'a pour but que de permettre une comparaison commode.

Le développement des stations de pompage modernes depuis quatre ans a doublé à peu près le volume d'eau exhaurée et cette ressource peut être encore accrue dans des proportions considérables.

c) On a considéré comme ressource en eau de crue, le volume moyen épandu en année moyenne, dans l'état actuel de l'équipement hydraulique : il est fonction à la fois de la capacité des prises et de la durée des crues, mais est à peu près indépendant du volume total écoulé. L'évaluation de ces ressources est donc la plus imprécise et la définition des moyennes a peu de signification en raison de leur grande variabilité (ordre de 1 à 10).

Les évaluations faites ici sont sans doute un peu

(fig. 5)

Un « Arhrour » système de puisage primitif à outre basculante ou « Dlou », pour l'irrigation (Basse vallée du Ziz).
(Cliché Belin)

fortes, car on a admis que les prises fonctionnaient au maximum de leur capacité pendant toute la durée des crues.

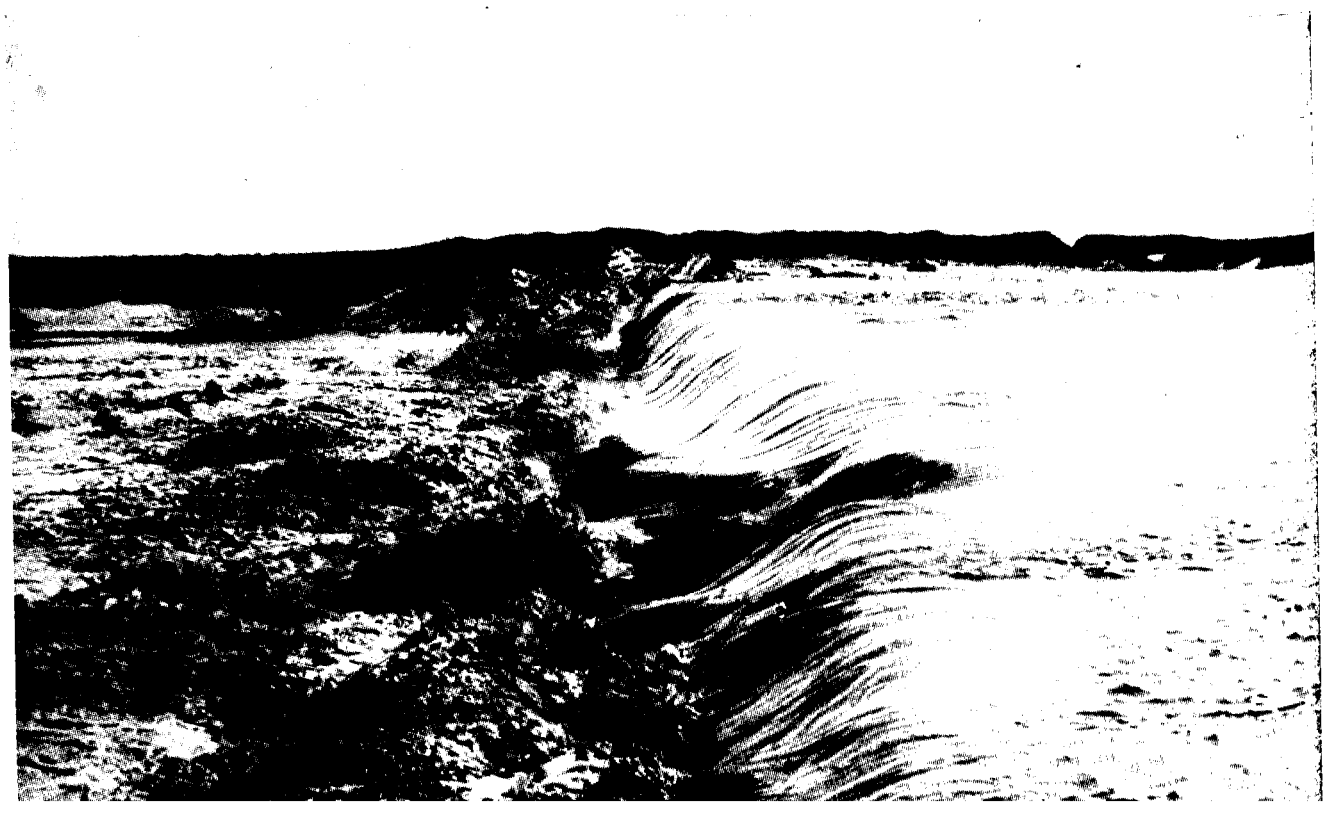
D'autre part, on n'a pas tenu compte, sauf pour le périmètre le plus aval — et le plus important — le Tafilalt s.s, des volumes d'eau de crue non absorbés par les irrigations et restitués à l'aval, (« return-flow »). Leur évaluation n'est pas possible, mais on sait qu'ils demeurent faibles dans les palmeraies petites et moyennes. Au Tafilalt, on l'a estimé arbitrairement à 1/8 (il doit varier en fait suivant les caractères des crues de 0 à 50 %).

Un puits à balancier rudimentaire au Mdarhra
(Cliché J. Margat)
(fig. 6)

Une station de pompage moderne au Tafilalt (Mesguida, capacité 100 l/s. Projet du C.E.H., réalisé par les Travaux Publics)
(Cliché Belin)
(fig. 7)

Irrigation par distribution californienne, réalisée au Tafilalt par le Génie Rural à partir des stations de pompage. (Cliché Belin)
(fig. 8)

Déversement d'une crue de plus de 1.000 m3/s de l'O. Rheris, sur le barrage de Medina el Ihoudi (1949) (Cl. J. Margat)
(fig. 9)



I. — SUPERFICIES CULTIVEES ET IRRIGUEES AU TAFILALT ET RESSOURCES EN EAU

(Bassin du Ziz - Rheris moins les hautes vallées atlasiques en amont du Rheneg du Ziz, de l'Amsed, du Todhra et de l'Ifer)

Bassin	Vallée	Palmeraie ou District	Superficie cultivable totale (Sc) (ha)	Superficie maximum irrigable en l'état actuel de l'équipement hydraulique (Si) (ha)	Superficie irriguée effectivement en année moyenne (Sm) (ha)	Ressources en eau pérenne (sources, rhéttaras) débit moyen (l/s)	Volume d'eau de crue maximum pouvant être répandu et absorbé par les irrigations en année moyenne en l'état actuel des ouvrages de prise (10^6 m^3)	Proportion dans les ressources en eau disponibles			Volume moyen annuel du total des ressources en eau (1) (10^6 m^3/an)	Volume moyen annuel du total des ressources en eau par ha irrigable (2)	
								d'eau de source ou d'eau pérenne (%)	d'eau souterraine exploitée (1) (%)	d'eau de crue (%)		(10^6 m^3/an)	m/s
RHERIS	RHERIS s.s.	Amsed	150	150	150	100 à 300	1	85	0	15	4 à 10	26 à 65	0,8 à 2
		Tadirhoust, Mhô et bled Tarhalt	1.000	650	450	100 à 200	2,5	65	0	35	5 à 10	7,5 à 15	0,25 à 0,5
		Idelsen, Taltfraout et divers	200	100	50	15 à 25	1	10	20	70	1 à 2	10 à 20	0,3 à 0,6
		Rheris	3.000	1.500 à 1.800	1.500	500 à 700	1,5 à 2,5	95	0	5	20	11	03,5
		Tilouine	250	250	200	150 à 250	0,5 à 1	85	5	10	7	15	0,5
		Bled Taïrhzat	1.000	200	50	—		0	0	100			
		Tarda	200	160	120	30 à 50	0	75	25	0	1 à 1,5	8 à 12	0,25 à 0,4
		Bled Tarountast de Touroug	1.000	100	20	0	0,5	0	0	100	0,5	5	0,15
		Fezna	3.000	2.400	500	150	8 (3)	0	20 (3)	80 (3)	10	8,5	0,27
		Jorf					6	0	45	55	11		
		Bouïa - Krair	400	400	1.000 à 2.000	200	1	0	85	15	7	17	0,55
		Siffa R.D.			300								
		Todrha	1.500	1.300	1.200	1.400 à 1.600	4 à 6	65	25	10	52	40	1,3
		Rhellil	8.000	300	200	0	0,5 à 1	0	0	100	0,5 à 1	1,5 à 3	0,05 à 0,1
		Ferkla	2.000	1.000	600	200	1 à 1,5	60	30	10	9	9	0,3
		Azguine	100	10	10	5	0	0	100	0	0,5	12,5	0,4
		Aït Ben Aomar	100	30	20	10	0	0	100	0			
		Tizougarine et Tirhermt n'Ourhoud	200	40	30	15	0	0	100	0	0,5	12,5	0,4
		Isilf et Bled Bou-Arar	200	150	100	50	0	0	100	0	1,5	10	0,3
		Bled Chtam	700	0	0	0	0	—	—	—	0	—	—
		Igli et Bled Tamendalt	350	250	200	50	0	0	100	0	1,5	6	0,2
		Mellab (+ Bled Tladouine et Tademrant)	500	150	100	50 à 100	0	80	20	0	1,5 à 3	10 à 20	0,3 à 0,6
		Touroug (dans Bled Tarountast)	300	200	150 à 200	20 à 40	0	70	30	0	0,5 à 1	2,5 à 1	0,07 à 0,15
RHERIS	TODRHA FERKLA	O. Imiter	200	100	80 à 100	25 à 50	0	15	80	5	1,5	15	0,5
		O. Ichem	20	10	10	5 à 10	0	0	100	0	0,25	25	0,8
		O. Touracht	30	10	10	5 à 10	0	0	100	0	0,25	25	0,8
		Ifer	1.000	300	250 (?)	100	0	100	0	0	3	10	0,3
		Rheneg	1.100	1.050	1.000	200 à 300 (4)	0	100	0	0	6 à 9 (4)	18 à 21	0,6 à 0,7
		Ksar-es-Souk				350 à 450	0	75	25	0	12		
ZIZ	ZIZ	Mdarhra	2.500	2.300	2.000	50 à 100	5 à 10	0	25	75	5 à 10	2,2 à 4,5	0,07 à 0,15
		Rteb et Meski	3.400	3.350	3.000	500 à 700	10 à 12	70	5	25	30	9	0,3
		Zia Aoufous	100		20	100	0	100	0	0	3	150	5
		Tizimi - Maadid	16.000	4.800	1.000 à 2.000		20 à 25						
		Od. Zorha		600	400	25 à 60	5 à 10	5	5	90	20 à 25	4	0,12
		Siffa R.G.		1.600	1.000	0							
		Tafilalt s.s.	20.000	14.000	8.000	100 à 150	100 (5)	1,5	5,5	93	110	7	0,23
		Merzouga - Remlia	500	150	50	0	0,5 à 1,5	0	20	80	1	6,5	0,20
		Taouz et Ouzina	1.000	40	30	0	0	0	100	0	0,3	7.5	0,25
TOTAUX	Total ZIZ		44.800	27.910	17.000	1.300 à 1.850	140 à 160	13	7	80	185 à 200	7	0,23
	Total RHERIS s.s.		10.000	5.060	4.920	1.250 à 1.900	23	52	18	30	66 à 88	13 à 17	0,4 à 0,6
	Total TODRHA FERKLA		15.200	3.850	3.000	1.950 à 2.250	5 à 8	61	30	9	72 à 75	20	0,6
	Total général		**70.000**	**36.820**	**24.920**	**4.500 à 6.000**	**170 à 200 - moyenne approximative : 185**	**29**	**16**	**55**	**325 à 360**	**9 à 10**	**0,3 à 0,35**

(1) *y compris les puits et les stations de pompage modernes (état en 1956), en comptant comme « ressource » le volume moyen annuel pompé.*

(2) *d'après l'évaluation indiquée dans la colonne 5 (Si).*

(3) *à partir de 1957 ; avant les eaux souterraines représentaient 100 % des ressources.*

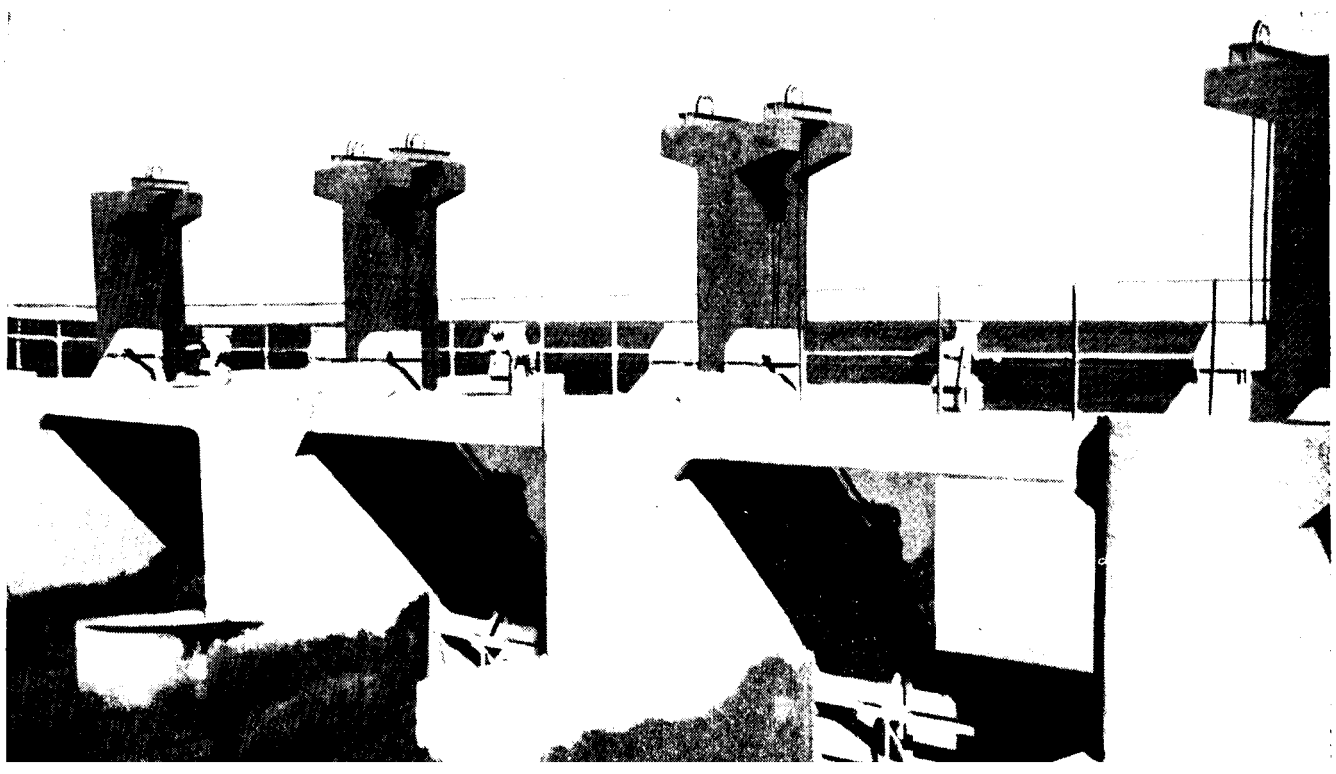
(4) *le débit utilisable au Rheneg du Ziz n'est limité que par la capacité des séguias, le débit pérenne du Ziz étant toujours supérieur à 1 m3/s.*

(5) *« Return flow » déduit.*

Barrage ancien de dérivation des crues : Irara, sur Zi au Tafilalt
Cliché J. Margat)

(fig. 10)

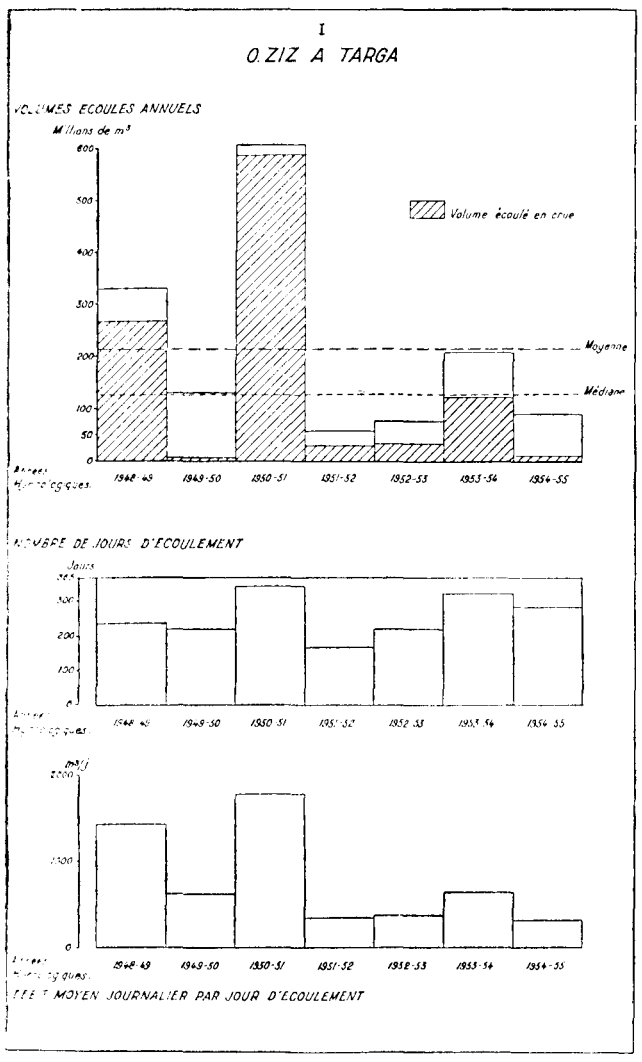
Barrage moderne de dérivation des crues : Moulay Brahim, sur l'O. Rheris, construit par les Travaux Publics. Les vannes de chasse. (Cliché Caspar, SEHM)
(fig. 11)



Variabilité des ressources en eau

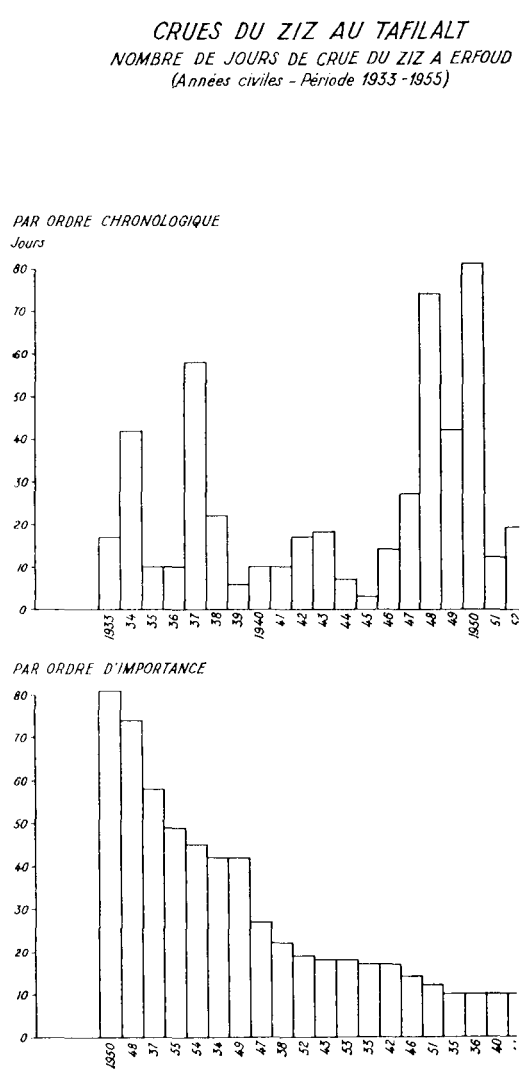
La notion d'année moyenne, à laquelle se réfère la variabilité des ressources, ne se définit pas dans les mêmes termes suivant chaque type de ressource.

En ce qui concerne les crues, ressources les plus variables, il faut bien distinguer le nombre moyen annuel de jours d'écoulement du volume moyen écoulé annuel, le premier ayant le plus d'importance. La variabilité des volumes écoulés n'est d'autre part pas directement fonction du régime interannuel des précipitations, en sorte qu'une « année moyenne » par le total annuel des chutes de pluie ne sera pas nécessairement moyenne par le volume écoulé, ni par le nombre de jours d'écoulement, et inversement (cf. fig. 12).



(fig. 12)

Le rapport des volumes écoulés annuels extrêmes mesurés est pour le Ziz à Ksar-es-Souk de 10,6 et celui des nombres annuels extrêmes de jours d'écoulement de 2,1 (période 1948-1955), tandis que celui des nombres annuels extrêmes de jours de crue du Ziz à Erfoud est de 27 (période 1933-55). Ces chiffres sont sans doute plus élevés pour le Rhéris et le Ferkla, et ils donnent une idée de la variabilité des ressources potentielles en eau Les ressources exploitées varient toutefois d mesure moindre puisque la capacité des c de prise est fixe.



(fig. 13)

La variabilité des débits des eaux superficielles est également fonction du ré nuel et interannuel des précipitations, mais net amortissement et avec un certain reta est de même et de manière plus accentuée régime des débits obtenus par drainage (r Là aussi, l'« année moyenne » ne coïncide cessairement avec une année à total de préc voisin de celui de l'« année normale ».

Par exemple, l'année hydrologique 1' a été des plus mauvaises et à très faible licité ; cependant, comme elle succédait à u à forte hydraulicité et à nombre élevé d'écoulement (1955-56), les débits des s des rhettaras étaient supérieurs à la moyer

Enfin, le volume des prélèvements par exhaure varie en fonction inverse du régime des autres ressources, ce qui découle de leur caractère de ressource d'appoint.

En définitive, la notion d'« année moyenne » est fictive, et dans l'évaluation des moyennes annuelles, la fréquence moyenne d'un certain volume a plus d'importance pratique que le « volume moyen annuel » calculé comme une moyenne arithmétique, surtout lorsqu'il s'agit de ressources très variables, comme les crues.

II. — BILAN DES RESSOURCES

(cf. Tableau I)

L'indice pluviométrique moyen du bassin du Ziz Rhéris est de 150 mm/an, sur 25.000 km2. Cela correspond à un volume d'eau moyen annuel de $3{,}75.10^9$ m3/an (un peu moins de 4 milliards de m3) pouvant varier suivant les années de 1 à 10 milliards de m3.

On doit toutefois déduire la partie du bassin située en aval du dernier périmètre cultivé et habité, c'est-à-dire de la plaine du Tafilalt. Le bassin se trouve alors réduit à 19.000 km2, mais l'indice pluviométrique est alors plus élevé, car celui de la zone retranchée est très faible (moins de 50 mm/an). Le volume d'eau moyen annuel tombé est, dans ce cas, de l'ordre de 3,5 milliards de m3/an.

Ressources potentielles

On peut définir comme ressources en eau potentielles maxima le total suivant (pour l'ensemble du bassin) :

1) Volume moyen annuel écoulé en surface à l'aval du bassin : 225.10^6 m3/an.

2) Volume moyen annuel absorbé par les irrigations :

eaux de sources et cours d'eau pérennes utilisés dans les hautes vallées atlasiques (1) : 240.10^6 m3/an ;

eaux de sources utilisées dans les palmeraies du Tafilalt : 125.10^6 m3/an ;

eaux de crue épandues dans les palmeraies du Tafilalt, moins le « return-flow » : 175.106 m3/an

Total : 540.10^6 m3/an.

3) Volume moyen d'écoulement des eaux souterraines à l'aval du bassin (exutoires occultes) négligeable (env. 3.10^6 m3/an).

4) Volume moyen annuel prélevé d'eaux souterraines 40 à $50{,}10^6$ m3/an.

Total : 810.10^6 m3/an.

(1) *Dans cette région, les ressources en eau pérennes superficielles s'élèvent au moins à 300.10⁶ m3/an environ, mais un excédent inexploité d'environ 60.10⁶ m3/an, s'écoule en débit semi-pérenne dans l'O. Ziz au-delà de l'Atlas et est compris dans le volume des crues.*

Traduites en débit fictif permanent, les ressources potentielles correspondent ainsi à 26 m3/s pour l'ensemble du bassin du Ziz-Rheris, et pour la région du Tafilalt telle qu'on la définie ici, à 570.10^6 m3/an, soit 18 m3/s.

Il est remarquable que les ressources potentielles paraissent s'élever ainsi à 23 % du volume d'eau reçu par le bassin en précipitations, ce qui est sensiblement plus élevé que dans beaucoup de bassins au Maroc, mais s'explique par le fort coefficient de ruissellement observé dans le haut-bassin du Ziz, et le grand développement de terrains perméables (calcaires), permettant une régularisation naturelle importante.

On notera aussi par ailleurs qu'une très grande partie de ces ressources provient du Haut-Atlas : 340.10^6 m3/an de ressources en eau pérennes superficielles ou souterraines) sur 410, soit 83 %, environ 350.10^6 m3/an des ressources en eaux de crue sur 400, soit 87 donc globalement : 690.10^6 m3/an sur 810, soit 85 %.

Ressources exploitées (dans le bassin du Tafilalt seulement) :

1) Volume moyen des eaux de source utilisées :	125.10^6 m3/an
2) Volume moyen annuel d'eaux de crue épandues et absorbées par les irrigations (« return-flow » déduit) :	175.10^6 m3/an
3) Volume moyen annuel prélevé d'eaux souterraines : 40 à	50.10^6 m3/an
Total :	345.10^6 m3/an.

ce qui équivaut en débit permanent fictif à 11 m3/s, soit à 60 % des ressources potentielles.

Conclusions de ce bilan.

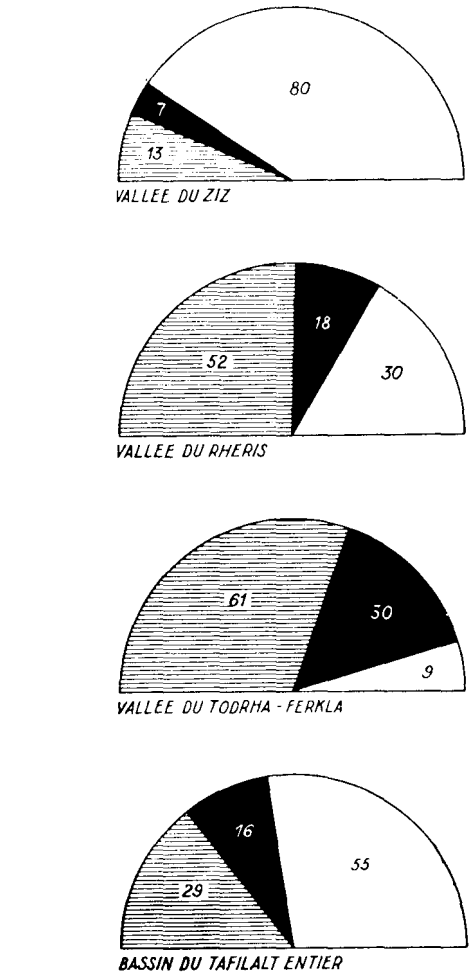
— Près de 2/3 des ressources potentielles sont déjà exploitées ;

— Les ressources actuellement disponibles ne pourront être accrues au maximum que de 225.10^6 m3/an (en année moyenne), c'est-à-dire dans la proportion de 65 %, ce qui suppose un équipement hydraulique complet ;

— L'accroissement des ressources n'est possible que par l'utilisation la plus complète des eaux de crue actuellement perdues ;

— L'exploitation accrue des eaux souterraines, qui est possible, n'est qu'un **moyen** d'utiliser plus complètement les eaux de crue. Accessoirement et localement, elle peut apporter une ressource nouvelle propre en diminuant certains effets de l'évaporation. Mais en l'état actuel des apports aux nappes phréatiques, leur exploitation isolée ne peut apporter des ressources nouvelles, à la fois importantes et durables.

PROPORTION DES DIVERSES RESSOURCES EN EAU DES PALMERAIES DU TAFILALT



(fig. 14)

III. — NATURE ET REPARTITION DES RESSOURCES EN EAU DES PALMERAIES DU TAFILALT

1) Généralités.

Les valeurs moyennes rassemblées dans le tableau 1 permettent d'évaluer ainsi les proportions respectives des divers types de ressources en eau pour l'ensemble des palmeraies du Tafilalt (fig. 14) :

eau pérenne superficielle : 29 %

eau souterraine exploitée : 16 %

eau de crue épandue : 55 %

Ces proportions globales, pour un ensemble de périmètres irrigués très divers, sont toutefois peu significatives, car elles sont influencées par celles de la vallée du Ziz, dont les ressources constituent plus de la moitié de toutes celles du Tafilalt (60 %), mais sont seules composées de manière prédominante par des eaux de crue (80 %).

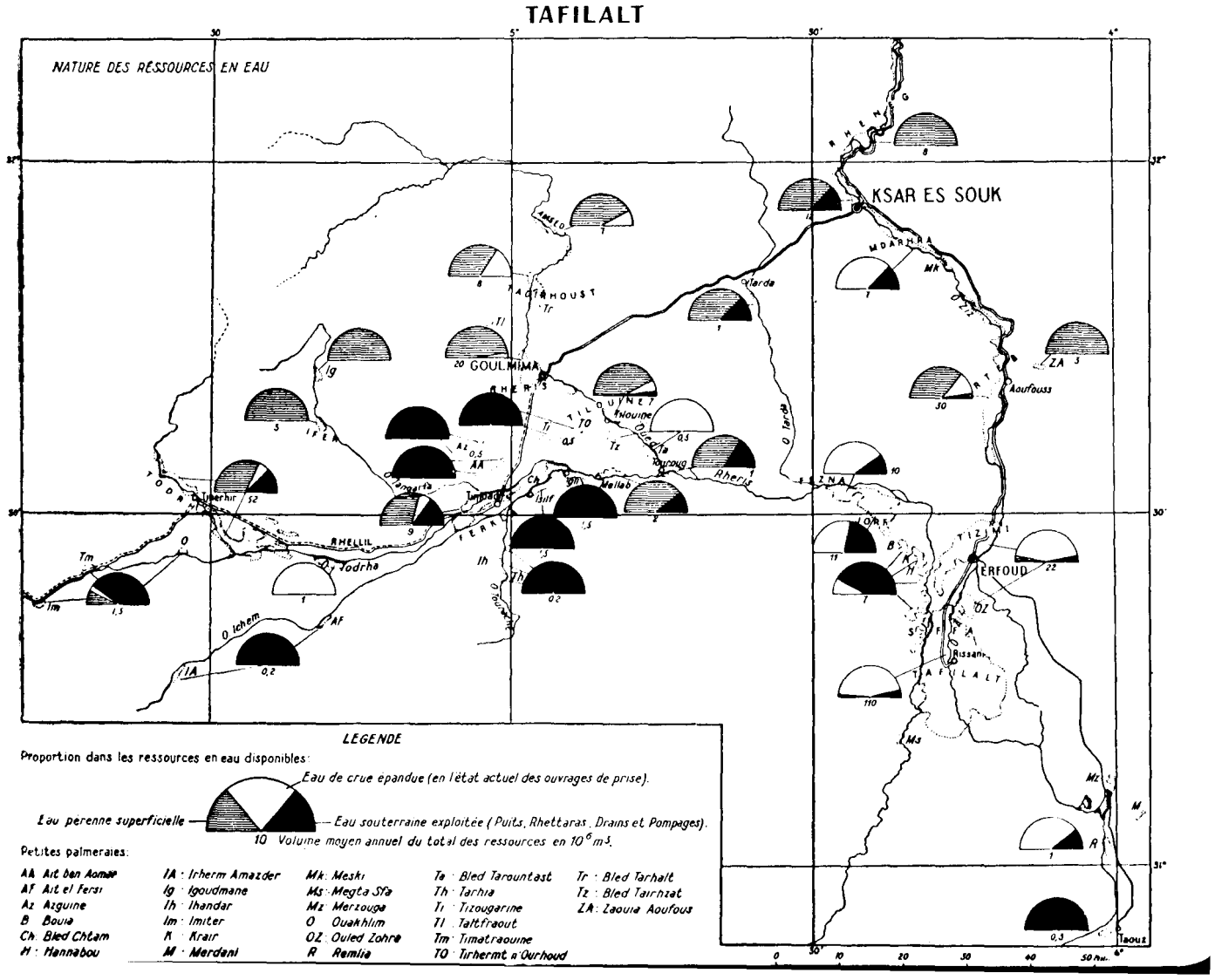
Il est plus instructif de considérer séparément chaque vallée (fig. 14) et plus encore chaque périmètre irrigué (fig. 15).

Les vallées du Rheris et du Ferkla, avec plus de 50 % d'eau pérenne dans leurs ressources, s'opposent radicalement à la vallée du Ziz où, au contraire, prédominent les eaux de crue (80 %). On notera

(1) *Valeurs moyennes.*

(fig. 15)

TAFILALT



aussi le fait que les proportions d'eau souterraine et d'eau pérenne superficielle s'accroissent également, en même temps que celles d'eau de crue diminuent, de la vallée du Ziz à celle du Rheris et de cette dernière à celle du Todrha-Ferkla.

Dans la vallée du Todrha-Ferkla, la proportion des ressources pérennes (superficielles ou souterraines) est la même que la proportion des ressources en eau de crue dans la vallée du Ziz : les 4/5.

2) **Classification des palmeraies** suivant la nature de leurs ressources en eau.

Les quarante palmeraies ou périmètres irrigués principaux étudiés ici peuvent se répartir aisément en 3 catégories suivant la nature de leur ressource en eau prédominante (fig. 15).

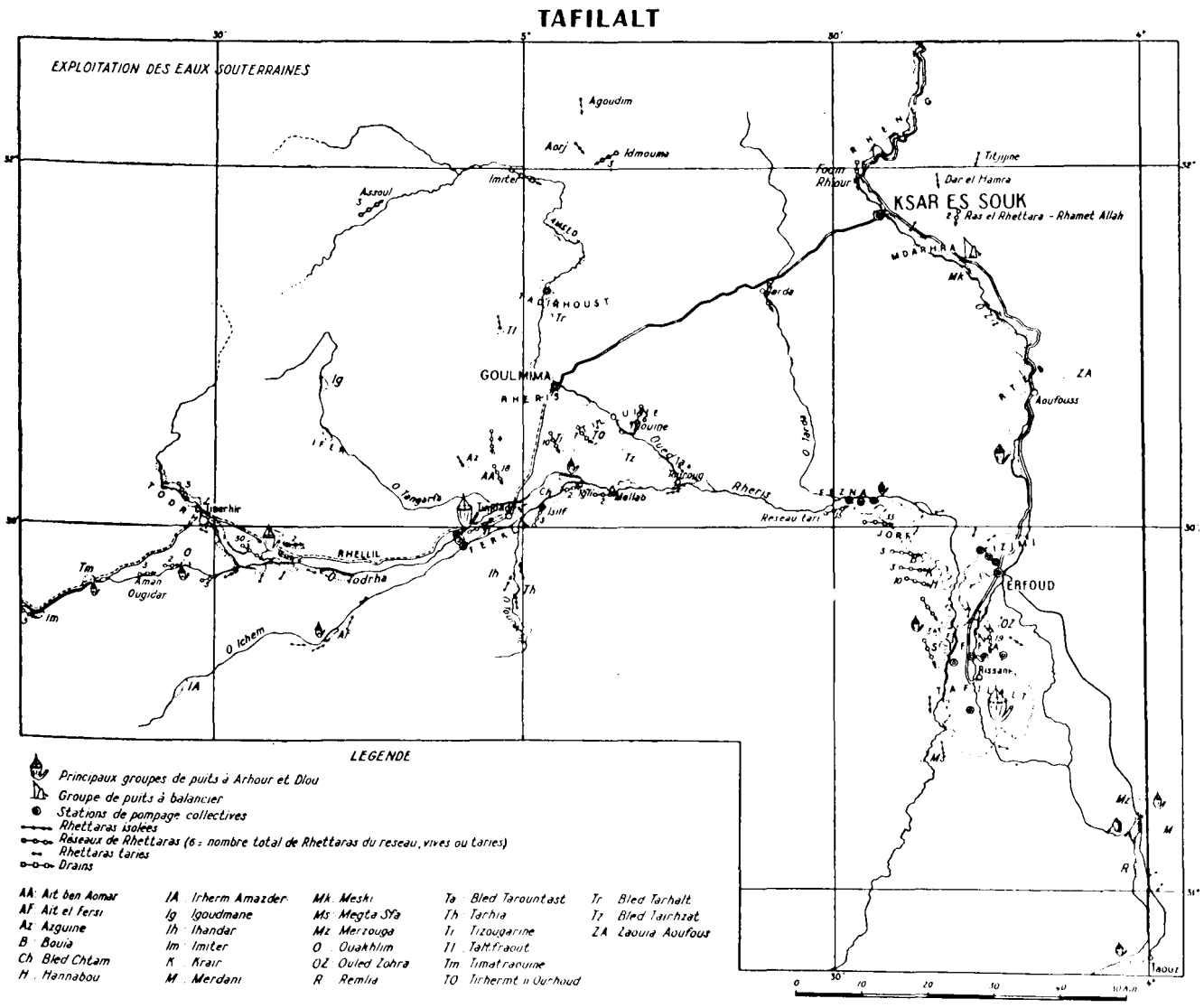
a) Palmeraies aux ressources en eau pérenne superficielles prédominantes : ce sont essentiellement les palmeraies des gorges atlasiques (Rheneg du Ziz, Amsed et Tadirhoust, Haut Todrha), du piémont sud-atlasique (Ksar-es-Souk, Ifer, Moyen-Todrha) et des gorges du plateau turonien (Rhéris, Tarda, Rteb), qui tirent 70 à 100 % de leurs ressources d'eaux pérennes superficielles.

S'y ajoutent les principales palmeraies de la vallée du Ferkla (Ferkla, Mellab, Touroug) avec 60 à 80 % d'eau pérenne et la palmeraie de Tilouine (85 %).

Ces palmeraies disposent de la quasi totalité des ressources en eau pérenne superficielle du Tafilalt : 3.900 l/s sur un total de 4.000 (1) (98 %). Ainsi les ressources en eau pérenne superficielle sont presque toujours ou bien largement prédominantes ou bien inexistantes : elles ne sont qu'exceptionnellement un appoint.

Un fait accentue encore l'opposition entre les palmeraies à eaux pérennes prédominantes et les autres : chez les premières, lorsque les eaux pérennes superficielles ne constituent pas la totalité des ressources, l'appoint est apporté dans la plupart des cas par l'exploitation des eaux souterraines également pérennes.

b) Palmeraies aux ressources en eau souterraines prédominantes : elles sont assez nombreuses, mais sont toujours de faible importance. Ce sont les palmeraies des vallées du domaine anti-atlasique (O.



(fig. 16)

(1) *Valeurs moyennes.*

Imiter, O. Ichem, O. Touracht, Taouz), de la vallée moyenne du Ferkla (Igli, Isilf) et de la rive droite du Rheris au Tafilalt (Bouïa, Krair, Hannabou), enfin la série des palmeraies échelonnées entre le Ferkla et le Rhéris (Aït ben Aomar, Azguine, Tizougarine), dont 100 % des ressources pour la plupart proviennent d'exploitation d'eau souterraine, surtout par rhettaras, mais dont toutes les ressources réunies ne constituent que 3,6 % de l'ensemble des ressources en eau de toutes sortes de tout le Tafilalt (13 millions de m3/an en moyenne).

Les ressources en eau souterraine dont dispose cet ensemble de palmeraies, ne totalisent d'autre part que 400 l/s, c'est-à-dire 1/3 à 1/4 seulement de l'ensemble des ressources en eaux souterraines du Tafilalt (1.200 à 1.500 l/s).

A la différence des eaux pérennes superficielles, les eaux souterraines exploitées sont donc principalement une ressource d'appoint.

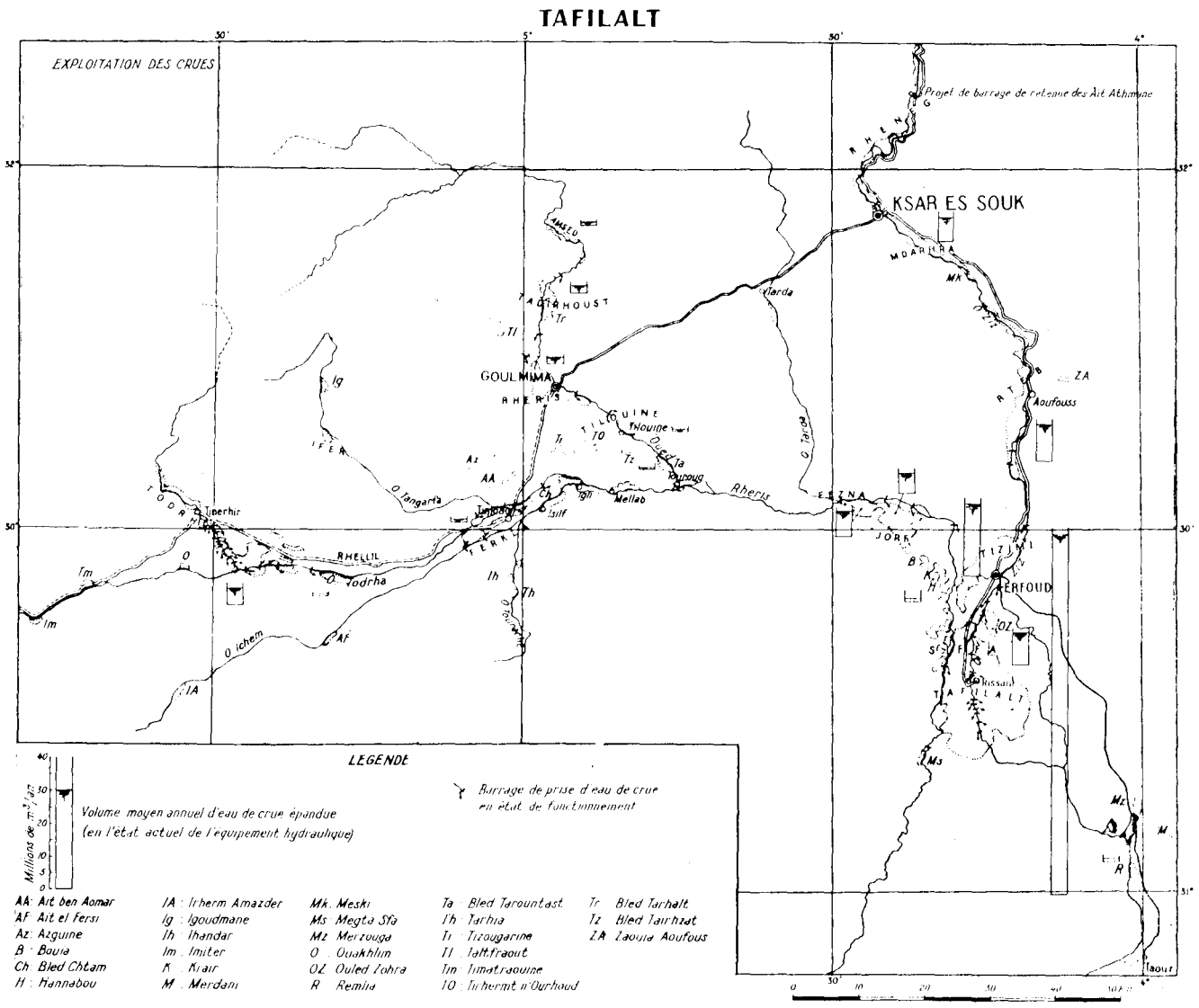
La quasi-totalité des eaux souterraines exploitées dans ces palmeraies est fournie par des rhettaras : il s'agit donc de ressources également pérennés. Dans la réalité, les palmeraies tributaires de sources et celles tributaires de rhettaras diffèrent peu: elles s'opposent ensemble aux palmeraies dépendantes des crues.

c) Palmeraies aux ressources en eaux de crue prédominantes : il s'agit d'une part des palmeraies du Mdarhra et de la plaine du Tafilalt (Fezna, Jorf, Tizimi, O. Zorha, Siffa et Tafilalt s.s.) et d'autre part de divers périmètres cultivés en « bour », qui sont des dépendances des palmeraies des types précédents : Rhellil, Bled Chtam, Bled Tarhalt, Bled Taïrhzat, Bled Tarountast.

On notera que les premières se situent surtout dans la vallée du Ziz, tandis que les seconds se répartissent dans les vallées du Ferkla et du Rhéris (fig. 15).

Les épandages d'eaux de crue y constituent 60 à 100 % des ressources (100 % dans tous les « bours »).

L'ensemble des périmètres de la plaine du Tafilalt utilise à lui seul 78 % des ressources en eau de crue de tout le Tafilalt : environ 145 millions de m3/an épandus en année moyenne sur 185.



(fig. 17)

Ainsi, de même que les eaux pérennes superficielles, les eaux de crue ne constituent le plus souvent qu'un faible appoint, là où elles ne constituent pas la ressource principale.

3) Variabilité comparée des ressources de chaque palmeraie.

La classification précédente groupe en même temps les palmeraies d'après la variabilité de leurs ressources. Mais de ce point de vue, on peut se borner à deux types essentiels : les palmeraies dont les ressources sont peu variables suivant les années (1ère et 2ème catégories) et celles aux ressources très irrégulières (3ème catégorie). La variabilité des ressources de ces dernières est, on l'a vu, du même ordre que celle du régime interannuel des crues.

Ces deux types sont nettement tranchés et il y a peu d'exemples de cas intermédiaires (dans une certaine mesure : le Jorf et le Tadirhoust).

Parmi les palmeraies à ressources en eau pérenne, on peut considérer que la variabilité de ces ressources est d'autant plus grande que les débits disponibles sont faibles, surtout s'il s'agit principalement de sources. La variabilité interannuelle du débit des sources importantes comme celles du Todhra ou du Rheris (Tifounassine) est de l'ordre de 1 à 1,5 au maximum. Les sources résultant de simples émergences des nappes phréatiques sont par contre plus sujettes aux fluctuations de ces dernières et leur débit peut varier dans la proposition de 1 à 3 (Ferkla, Mellab et Touroug, Mellahia au Tafilalt).

La variabilité des ressources en eau de crue est plus élevée dans les vallées du Rheris et du Ferkla, où des années suns crue ne sont pas exceptionnelles, que dans la vallée du Ziz ; cela explique en partie que les ressources potentielles en eau de crue soient encore mal utilisées dans les vallées du Rheris et du Ferkla.

La variabilité des ressources en eau souterraine enfin, concerne surtout les exploitations par puisage ou pompage, dont le volume varie en fonction inverse de celui des disponibilités superficielles. Par contre, le débit des rhettaras ne subit pas de grandes variations interannuelles (rapport de 1 à 1,5 au plus). Là où les stations de pompage modernes jouent déjà un rôle sensible dans l'irrigation (Ferkla, Fezna, Tafilalt s.s.), on peut admettre que les volumes fournis par elles varient d'une année à l'autre dans le rapport de 1 à 2 et en certains cas, de 1 à 3.

4) Importance des eaux souterraines.

Ainsi peut-on mettre l'accent sur le rôle d'appoint régularisateur le plus souvent imparti à l'exploitation des eaux souterraines, quelqu'en soit le mode, parce que sa variabilité, contrôlée par les usagers, est à l'inverse de celle des autres ressources. Cette exploitation a par là une importance plus grande que ne laisse paraître la part qu'elle assure dans l'ensemble des ressources en eau du Tafilalt, qui n'est d'ailleurs pas négligeable : 16 %, soit près de 50 millions de m3/an. Elle fournit les seules ressources en eau pérenne d'une vingtaine de palmeraies, et la plus grande part des ressources en eau pérenne dont disposent les 25.000 ha irrigables de la plaine du Tafilalt.

Il est à remarquer que sur la quarantaine de périmètres irrigués considérés ici, une dizaine seulement n'utilisent pas d'eau souterraine, alors que plus de vingt ne disposent d'aucune ressource en eau pérenne superficielle, et autant n'utilisent pas les eaux de crue : l'eau souterraine apparaît ainsi comme la ressource la plus fréquemment utilisée.

Enfin, même en valeur absolue, l'exploitation des eaux souterraines est importante : le volume d'eau qu'elle fournit est égal au quart de celui d'eau de crue épandue en année moyenne, et il est 3 à 5 fois supérieur à celui fourni par les seules sources d'émergence des nappes phréatiques du bassin du Tafilalt.

IV. — RAPPORT ENTRE LES RESSOURCES EN EAU ET LES SUPERFICIES CULTIVEES ET IRRIGABLES

On a distingué, dans le tableau 1, pour chaque périmètre la « Superficie cultivable totale » (Sc) c'est-à-dire indépendamment des ressources en eau potentielles ou effectives, la « Superficie maximum irrigable » (Si), en l'état actuel de l'équipement hydraulique, c'est-à-dire la superficie effectivement irriguée en année à hydraulicité utile maximum, et enfin la « Superficie irriguée effectivement en année moyenne » (Sm), Cette dernière est plus difficile à évaluer comme on l'a dit plus haut, il faut considérer la superficie cultivée la plus fréquente et non la moyenne arithmétique des surfaces cultivées, des années les plus humides aux plus sèches.

Les rapports entre SC et Si d'une part, entre Si et Sm de l'autre, caractérisent immédiatement les palmeraies suivant la nature de leurs ressources en eau et leur situation géographique.

Dans les vallées atlasiques, les superficies Sm, Si et Sc sont presque égales : les ressources en eau (toujours pérennes), sont plus abondantes que les terres cultivables.

Au delà de l'Atlas, Sc est plus souvent nettement plus grand que Si (du double au décuple, ou davantage) et il n'est pas sûr que l'utilisation de toutes les ressources en eau potentielles puisse suffir à mettre en valeur les 70.000 ha. disponibles. Sm et Si diffèrent peu lorsque les ressources en eau pérenne prédominent. Si dépasse par contre de beaucoup Sm dans les périmètres tributaires d'eaux de crue : la variabilité interannuelle des surfaces irriguées est naturellement fonction de celle des ressources.

Pour l'ensemble du Tafilalt, on a approximativement :

Sc ... 70.000 ha
Si ... 37.000 ha
Sm ... 25.000 ha

Mais la différence entre Sm et Si est presque entièrement due à la vallée du Ziz, où l'on a :

Sc = 45.000 ha
Si = 28.000 ha
Sm = 17.000 ha

Les surfaces irriguées dans les vallées du Rheris et du Ferkla sont donc globalement peu variables.

Si l'on considère les volumes moyens annuels des ressources en eau globales par hectare irrigable (Si), on notera des différences sensibles suivant les périmètres. Ces volumes varient entre 50.000 et 1.500 m3/an par ha (soit en débit permanent fictif 1,6 à 0,05 l/s par ha). A ce point de vue aussi, on pourra classer les palmeraies en 3 catégories

A. Palmeraies des vallées atlasiques et du piémont immédiat dont les ressources en eau excédent nettement 10.000 m3/an/ha (1/3 l/sha) : Todrha, Ifer, Amsed, Rheneg du Ziz.

B. Palmeraies à ressources en eau pérenne prédominantes, avoisinant 10.000 m3/an/ha (8 à 15.000 m3/an/ha, soit 1/4 à 1/2 l/s/ha) Tadirhoust, Rheris, Tilouine, Tarda, Rteb, Ferkla, Mellab et la plupart des petites palmeraies tributaires de rhettaras.

Parmi ces dernières, certaines disposent de ressources comparables à celles des palmeraies des vallées atlasiques : petites palmeraies de la rive droite du Rheris, au Tafilalt (17.000 m3/an/ha) ou des vallées du Sarhra et de l'Ougnat (15.000 à 25.000 m3/an/ha).

C. Palmeraies à ressources en eau de crue prédominantes ; comprises entre 1.500 à 10.000 m3/an/ha. Les principaux périmètres (Tafilalt s.s., Tizimi, Jorf et Fezna) disposent de 5 à 8.000 m3/an/ha, (soit 1/6 à 1/4 de l/s/ha). Plus défavorisé, le Mdarhra ne dispose que de 3 à 4.000 m3/an/ha (1/10 de l/s/ha).

Ces modules moyens expriment bien la variabilité des surfaces irriguées effectives, compte tenu du fait que les modules d'irrigation réels ne peuvent guère s'abaisser au-dessous de 1/3 de l/s/ha.

Il est intéressant de noter que c'est là la valeur moyenne globale trouvée pour l'ensemble du Tafilalt: 10.000 m3/an/ha, soit 0,33 l/s/ha (cf. Tableau 1), mais ce module s'élèverait à 15.000 m3/an/ha, soit 0,5 l/s/ha, si l'on rapportait le volume global des ressources à la surface irriguée en année moyenne, Sm, au lieu de Si.

On s'est borné ici à une comparaison entre les ressources et les surfaces irriguées : une étude plus particulière des modules d'irrigation s'éloignerait du cadre de ce travail.

Il n'est cependant pas inutile de souligner que dans un certain nombre de périmètres, notamment dans ceux riches en eau pérenne superficielle, les modules d'irrigation paraissent exagérément élevés, (plus de 1 l/s/ha pour l'ensemble du Todrha ou pour l'Amsed par exemple). Une meilleure économie de l'eau permettrait sans aucun doute de dégager, sans poser de problème technique particulier, de nouvelles ressources en eau pérenne.

C'est là un fait à ne pas négliger dans l'effort à entreprendre pour accroître les ressources en eau au Tafilalt.

V. — RAPPORT ENTRE LES RESSOURCES EN EAU ET LA POPULATION DE CHAQUE PALMERAIE

(Tableau II et fig. 19)

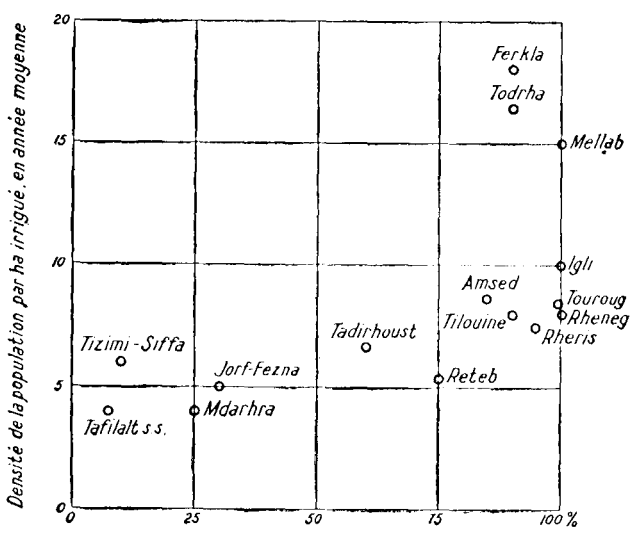
On a exprimé dans le tableau II, les densités de population par hectare irrigué (en année moyenne : Sm), les ressources en eau pérenne et globale par l'abitant, et enfin les densités de la population par unité de ressource en eau.

1. On constate que la densité de la population des palmeraies est toujours élevée : 4 à 25 à l'ha. (soit 400 à 2.500 au km2), mais ne dépasse pas 18 dans les grands périmètres. Elle est la plus élevée dans les palmeraies de la vallée du Todrha-Ferkla (10 à 18) tandis qu'elle demeure inférieure à 10 ailleurs : 4 à 8 dans les vallées du Ziz et du Rheris. Cette densité croît avec la proportion d'eaux pérennes dans le total des ressources (cf. fig. 18) ce qui fait bien ressortir l'importance prédominante de la régularité des ressources à volume moyen annuel égal.

Ainsi, 1 million de m3/an ne permet de faire vivre que 300 à 400 habitants par hectare irrigué, lorsqu'il est distribué sous forme d'eau de crue, et jusqu'à près de 1.500 habitants par hectare irrigué, lorsqu'il s'agit d'un débit pérenne.

La simple régularisation des ressources en eau de crue, sans accroissement du volume total disponible, permettrait donc de doubler ou de tripler leur rendement.

Relations entre la densité de la population à l'hectare irrigué et la proportion d'eaux pérennes dans le total des ressources.



(fig. 18)

II. — DENSITE DE LA POPULATION PAR RAPPORT AUX RESSOURCES

Vallée	Région	Palmeraie ou district	Population actuelle chiffres arrondis (en milliers)	Densité de la population à l'hectare irrigué (en année moyenne)	Ressource en eau : par habitant (total des ressources existantes pérennes ou non en année moyenne) (en milliers de m^3/an)	Ressources en eau pérenne par habitant (cours d'eau pérenne, sources et rhéttaras)		Densité de la population par l/s de ressources en eau pérenne	Densité de la population par million de m^3/an de ressources en eau globales
						10^3 m^3/an	l/minute		
ZIZ	Moyenne vallée du Ziz	Rheneg	4						
		Ksar-es-Souk	4,5	8	2,7	2,4 à 3	4 à 6	12	370
		Mdarhra	8	4	0,6 à 1,2	0,2 à 0,4	0,4 à 0,8	100	1.100
		Rteb et Aoufous	16	5,3	2	1,5	2,6	23	500
	Tafilalt	Tizimi-Maadid, Od Zohra et Siffa	20	6	2,8	0,4	0,7	85	355
		Tafilalt s.s.	31	4	2,5	0,10 à 0,15	0,2 à 0,3	240	400
	Bas-Ziz	Taouz et dépendances	2	25	0,6	0	0		1.700
RHERIS	Haute Vallée du Rhéris	Amsed, Tadirhoust et dépendances	5	7,5	2 à 4,4	1,4 à 3,3	2,7 à 8,4	11	310
	Moyenne Vallée du Rheris	Rheris	11	7,3	1,8	1,7	3,2	18	550
		Tilouine	2	8	3,5	3,2	6	10	280
		Tadra	0,5	4	2 à 3	2,4	5	12	400
		Jorf, Fezna	10	5	2,1	0,5	0,9	66	480
	Todrha	Todrha et dépendances	25	16,5	2,1	1,9	3,5	17	480
TODRHA FERKLA	Ferkla	Ferkla et dépendances	14	18	0,8	0,6	1,2	50	1.250
		Igli	2	10	0,7	0,7	1,5	40	1.430
		Mellab	1,5	15	0,7 à 1,5	0,7 à 1,5	2 à 4	20	900
		Touroug et Bled Tarountast	1,5	8	0,6 à 1	0,4 à 0,8	0,8 à 1,6	50	1.250
		Total de la Vallée du Ferkla	19	15	0,8	0,7	1,5	43	1.200
	Total...		153,0	6	2,4	0,9 à 1,2	1,8 à 2,3	20	440

2. Les ressources en eau par habitant sont naturellement d'autant plus faibles que la densité à l'ha. irrigué est plus forte. Elles varient entre 600 et 4.000 m3/an par habitant :

600 à 1.500 m3/an/hab. dans la vallée du Ferkla

2.000 à 3.500 m3/an/hab. au Todrha et dans la vallée du Rheris,

600 à 1.200 m3/an/hab. au Mdarhra

2.000 à 3.000 m3/an/hab. dans le reste de la vallée du Ziz et au Tafilalt.

Il apparaît ainsi clairement que les populations les plus dépourvues de ressources en eau sont celles du Mdarhra, dans le Ziz, et de la vallée du Ferkla, les seuls périmètres (avec le bas-Ziz) où l'on compte plus de 1.000 habitants par million de m3/an de ressources en eau globales.

3. Ces différences sont encore plus aiguës si l'on considère seulement les ressources en eau pérenne (superficielle ou souterraine) : ces dernières varient entre 100 et 3.300 m3/an par habitant, c'est-à-dire que l'on compte suivant les lieux de 240 à 10 habitants par l/s de ressources pérennes. Pour l'ensemble des palmeraies du Tafilalt, les ressources en eaux pérennes s'élèvent en moyenne à environ 1.000 m3/an par habitant (soit environ 2 l/minute).

On peut ainsi classer comme suit les palmeraies d'après la valeur de leurs ressources en eau pérenne par habitant (fig. 19) :

— Plus de 2.000 m3/an (4 l/m) par habitant : palmeraies des vallées atlasiques (Haut-Todrha, Amsed, Rheneg), Tilouine, Tarda, Zaouia Aoufouss.

— de 1.000 à 2.000 m3/an (2 à 4 l/m) par habitant : palmeraies du piémont du Haut-Atlas (Todrha, Tadirhoust, Bas-Rheneg, et palmeraies des gorges du plateau turonien (Rheris, Reteb).

— de 500 à 1.000 m3/an (1 à 2 l/m) par habitant : palmeraies de la vallée du Ferkla et Jorf-Fezna.

— moins de 500 m3/an (1 l/m) par habitant : palmeraies du Mdarhra et de la plaine du Tafilalt (Tizimi, O. Zohra, Siffa, Tafilalt s,s,p, ; basse vallée du Ziz.

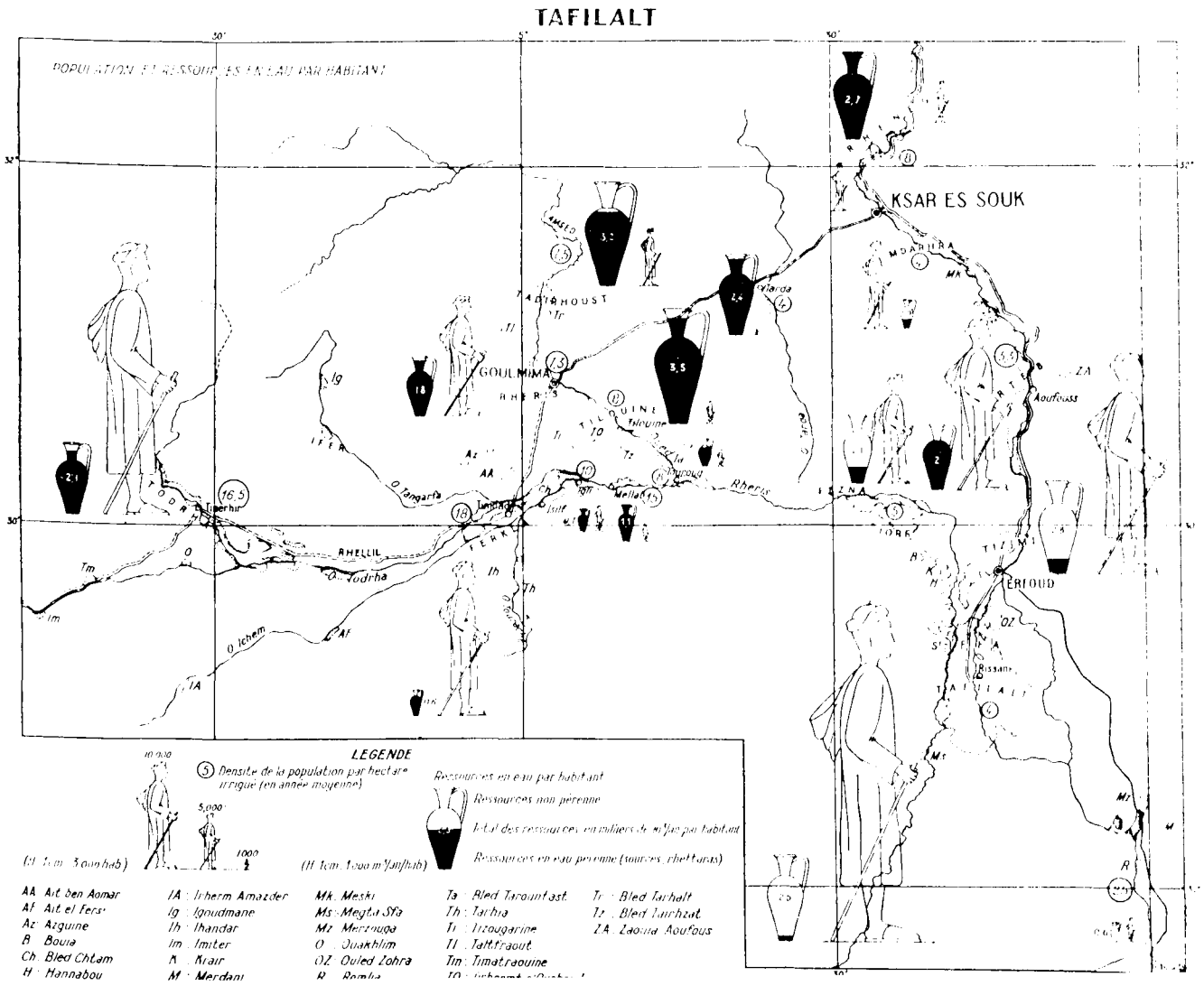
4. L'examen comparé des ressources en eau par habitant dans chaque palmeraie montre nettement où il est nécessaire de porter le plus d'efforts pour accroître les ressources :

— Au Mdarhra, palmeraie disposant des ressources les plus faibles (en eau pérenne comme en ressources globales) ;

— Dans la vallée du Ferkla, où les ressources globales sont aussi faibles et où l'on compte cependant les plus fortes densités de population à l'hectare irrigué ;

— Dans les palmeraies de la plaine du Tafilalt, où les ressources en eau pérenne sont infimes.

(fig. 19)



BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

HUBERT (Lt Col.) — *Inventaire des ressources en eau du cercle d'Erfoud* (*Rapport inédit, Archives du Territoire du Tafilalet*, 1949).

MARGAT (J.) — *Le bassin quaternaire du Tafilalt* (*Hydrogéologie du Maroc - VIII-3 - Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc - n° 97 - Rabat* 1952).

MARGAT (J.) — *La nappe phréatique du Tafilalt (Maroc). Bilan hydraulique. Minéralisation des eaux et évaporation* (*C.R. XIXe Cong. Géol. Int. Section VII, fasc. VII, p.* 169, *Alger* 1952).

MARGAT (J.) — *Rapport sur l'hydrogéologie et les problèmes de l'eau au Todrha* (*Rapport inédit - C.E. H. - 1953 — 104 p., 27 pièces*).

MARGAT (J.) — *Etude des palmeraies du Jorf et du Fezna* (*Hydrogéologie, problèmes de réalimentation de nappe*) (*Rapports inédits - C.E.H. - 1950-1955*).

MARGAT (J.), MARTIN (A.) — *Essai sur l'évaporation et les variations de concentration des eaux souterraines dans une nappe phréatique en pays prédésertique* (*Tafilalt, Sud Marocain*) (*Union Géod. Géoph. int. - Assoc. Int. Hydr. scient. n°* 36-37-38, *C.R. Assemblée gén. Rome* 1954, *T. II, pp.* 72-84 - *Louvain*, 1955).

MARGAT (J.) — *Note sur les cours d'eau perenne dans les bassins du Ziz et du Rheris.* (*Notes marocaines, n°* 6, *pp.* 22-25 - *Rabat* 1955).

MARGAT (J.) — *L'exploitation par stations de pompage de la nappe du Tafilalt.* (*Rapport inédit* 17 *p.*, 3 *tabl.*, 7 *phot.*, 1 *carte - Archives du C.E.H. -* 1956).

MARGAT (J.) — *Rapport sur le contrôle et le régime de la nappe phréatique du Tafilalt.* (*Rapport inédit - Archives C.E.H. - Octobre* 1956).

MARGAT (J.) — *Rapport sur l'hydrologie superficielle dans les bassins du Ziz et du Rheris et le régime de l'Oued* **Z***iz.* (*Rapport inédit - Archives C.E.H. - Janvier* 1957).

MARGAT (J.) — *L'exploitation des eaux souterraines au Tafilalt.* (*Rapport inédit -* 1957 - *Archives du C.E.H.*)

MARGAT (J.) — *L'utilisation des eaux de crue dans le bassin du Rheris.* (*Rapport inédit -* 1957 - *Archives du C.E.H.*)

MARGAT (J.) — *Le climat et les conditions hydrométéorologiques dans les bassins du* **Z***iz et du Rheris.* (*Rapport inédit -* 1957 - *Archives du C.E.H.*).

MONTS (Cap. de) — *Inventaire des ressources hydrauliques et renseignements généraux sur le Todrha.* (*Annexe des A.I. de Tinerhir - Mars* 1947).

MOULLARD (L.) — *L'exploitation par pompage de la nappe phréatique du Fezna.* (*Note inédite - C.E.H.* 1954).

MOULLARD (L.) — *L'utilisation des eaux de l'O.* **Z***iz et les possibilités de régularisation des crues* (*études d'emplacements de barrages*). (*Rapport inédit -* 13 *pages*, 2 *cartes*, 3 *fig.*, 1 *pl. - C.E.H. -* 1955).

ROBAUX (A.) — *L'eau et la vie dans le Sud Marocain.* (*Rev. Géogr. maroc. n°s* 1-2 - *pp.* 23-32 - 1941).

ROBAUX (A.) — *Les territoires du Sud Marocain et les ressources en eau.* (*L'eau n° spécial sur le Maroc. Paris* 1951. 38*e année, n°* 4 *p.* 71).

Circonscription de l'Hydraulique et de l'Electricité Direction des Travaux Publics (Maroc) — *Hydrologie marocaine* (*Editions Félix Moncho - Rabat* 1954).

La mise en valeur des régions sahariennes - l'aménagement hydraulique des bassins situés au sud-est du Haut-Atlas. (*Bull. Econ. Soc. Maroc, n°* 66, *vol. XIX, Rabat, sept.* 1955).

Bureau Technique de la Circonscription de l'Hydraulique et de l'Electricité — *Mise en valeur de la vallée du Ziz et du Tafilalt par le barrage des Ait Athmane.* (*Rapport inédit -* 1957 - *Archives de la C. H.E., avec la collab. de R. de Belabre, R. Guerin, Karst, J. Margat, H. Roederer*).