

HOMMES TERRE & EAUX

Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

SPECIAL SECHERESSE



Association Nationale des Améliorations Foncières de l'Irrigation et du Drainage
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
Association Nationale pour la Production Animale
Association Nationale pour la Production, la Protection et l'Amélioration Végétale

TRIMESTRIELLE - 13^{ème} ANNEE - VOLUME 13 - NUMERO 52/53 - SEPTEMBRE-DECEMBRE 1983

EDITORIAL

Notre pays vient de connaître une sécheresse très aiguë pendant 3 campagnes agricoles successives (1980-1981, 1981-1982, 1982-1983) ; cette sécheresse, la plus importante enregistrée, depuis le début du XX^{ème} siècle, a eu de graves conséquences tant sur les productions agricole et animale du Maroc, que sur son économie vu le rôle important qu'y joue l'agriculture.

Devant l'ampleur des problèmes qu'a entraînés cette sécheresse, les pouvoirs publics ont été amenés à prendre un certain nombre de mesures à caractère social et économique devant atténuer les effets de la sécheresse et éviter l'arrêt total de l'activité économique nationale.

Aussi, différentes organisations et associations s'intéressant de près ou de loin à l'agriculture nationale ont entrepris des études et organisé des manifestations pour traiter du problème.

Notre revue étant publiée par 3 associations nationales, membres de la Fédération des Associations Nationales pour le Développement Rural (F.A.N.D.E.R), et ayant, depuis la parution de son premier numéro en 1971, joué un rôle important de diffusion des études scientifiques et des informations se rapportant au monde rural, nous avons convenu de consacrer un numéro spécial à la sécheresse.

Vu l'intérêt des communications présentées, des débats suscités et des principales recommandations des séminaires organisés en 1981 et 1982 par l'association Nationale des Améliorations Foncières, de l'Irrigation et du Drainage (ANAFID), l'Association Nationale pour la Production, la Protection et l'Amélioration Végétale (ANAPPAV), l'Association Nationale pour la Production Animale (ANPA), et l'Association Nationale des Géographes Marocains, il nous est paru important de rassembler ces documents dans le présent numéro de Hommes, Terre et Eaux.

Nous signalons toutefois que l'Association Nationale des Géographes Marocains qui a publié en arabe les travaux du séminaire dans la Revue de Géographie du Maroc, a bien voulu nous apporter sa contribution sous la forme de résumés de deux articles.

Les séminaires dont sont publiés ici les communications, résumés des débats et recommandations avaient pour thème :

- « Gestion des périmètres irrigués en période de sécheresse », organisé par l'ANAFID le 21 Mai 1982,
- « Climat et production agricole » organisé par l'ANAPPAV le 26 Février 1982,
- « Stratégie alimentaire en période de sécheresse - Définition d'une politique nationale en matière d'alimentation animale » organisé par l'ANPA les 2 et 3 Juin 1981,
- « Journée relative à la problématique de la sécheresse » organisée par l'Association Nationale des Géographes Marocains le 9 Avril 1982.

Enfin, à l'occasion de ce numéro 52/53, nous voudrions informer nos lecteurs que la publication de notre Revue a pu être assurée depuis 1971 grâce aux efforts bénévoles de techniciens nationaux dévoués à la cause du développement de leur pays et grâce au soutien financier d'établissements publics et de sociétés privées ayant un lien direct ou indirect avec l'activité agricole. Nous les remercions tous pour leurs efforts et leur soutien.

Cette revue est diffusée très largement au niveau national en particulier auprès des Autorités Gouvernementales, Provinces, Facultés, Ecoles, Organismes Professionnels, Techniciens des Secteurs Privé et Public, qui œuvrent pour le développement rural.

Au niveau international, « Hommes, Terre et Eaux » est, aussi, largement diffusée auprès des Ambassades du Royaume du Maroc à l'étranger, des Organismes Internationaux, Présidents et Vice-Présidents (en exercice et honoraires) de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage, Instituts, Bibliothèques spécialisées, Universités,...

LE PRESIDENT DE LA FANDER
Abdallah BEKKALI

Association Nationale des Améliorations
Foncières, de l'Irrigation et du Drainage
(A.N.A.F.I.D.)



Séminaire
« Gestion des Périmètres Irrigués
en Période de Sécheresse »

21 Mai 1982
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

- RABAT -

GESTION DES BARRAGES EN PERIODE DE SECHERESSE

par
Ali BASTOS

Chef de la Division de l'Hydraulique Agricole et des Améliorations Foncières
Direction de l'Équipement Rural

Permettez-moi tout d'abord de remercier le Président de l'ANAFID ainsi que tous les membres du Bureau de cette association qui, par le biais de ce séminaire, nous offrent l'occasion de débattre de ce fléau qu'est la sécheresse qui nous a préoccupée depuis le début de la campagne écoulée et qui continue d'ailleurs à nous préoccuper à l'heure actuelle.

L'objet de la présente intervention est d'apporter quelques éléments d'information sur la manière dont nous avons suivi le déroulement de la campagne écoulée, les résultats obtenus et les leçons que nous avons tirées de cette campagne.

Situation en début de campagne

Le tableau I montre clairement la situation des réserves au niveau des barrages au 1^{er} Octobre 1980 comparée à la moyenne, à la même date, des réserves des 5 dernières années.

Pour les barrages Al Massira, My Youssef, Lalla Takerkoust, Mansour Addahbi, Youssef B. Tachfine et Oued El Makhazine, on peut dire que la situation était très satisfaisante alors que pour les barrages Mohammed V, Idriss 1^{er}, El Kansera, Binelouidane et Hassan Addakhil, il apparaît déjà des déficits plus ou moins importants (le déficit le plus important étant enregistré au niveau du barrage Hassan Addakhil).

Mais à ce stade, on avait considéré que la situation n'était pas dramatique, d'autant plus qu'on avait l'espoir de recevoir des apports substantiels durant la période pluvieuse. Néanmoins, compte-tenu des quelques déficits enregistrés, nous avons

été amenés à suivre l'évolution des précipitations ainsi que l'évolution des réserves au niveau des barrages.

En ce qui concerne les précipitations, le tableau II montre que, durant la période d'Octobre 1980 à Janvier 1981, hormis le Nord Est du pays qui a été suffisamment arrosé, les autres régions ont par contre, enregistré des déficits variant approximativement de 20 à 50 %.

Sur la base de ces déficits, nous avons tiré la sonnette d'alarme en attirant l'attention des Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole sur la nécessité d'envisager éventuellement l'application de mesures restrictives en matière d'utilisation de l'eau. C'est ainsi que nous avons procédé au début du mois de Mars 1981 à une comparaison entre les ressources disponibles et prévisionnelles entre Mars et Septembre 1981, d'une part, et les besoins des différents périmètres durant la même période, d'autre part. Les résultats de cette comparaison sont consignés dans le tableau III. De ce tableau, il ressort :

- 1 - Que pour les périmètres dominés par les barrages Al Massira, Mansour Eddahbi, Youssef B. Tachfine et Oued El Makhazine, les besoins agricoles sont largement couverts. Dans ce cas, aucune mesure n'a été préconisée.
- 2 - Que, pour les périmètres dominés par les barrages Mohammed V, Idriss 1^{er} et Binelouidane, la couverture des besoins est assurée sans pour autant qu'il subsiste une réserve pour assurer le démarrage de la campagne suivante. Il en découle la nécessité de réduire la consommation

CAMPAGNE AGRICOLE 1980-1981
Situation des reserves au 1^{er} Octobre

ORMVA	Barrages	(1) Moyenne des reserves au 1 ^{er} Octobre de 1975 à 1979 en Mm ³	(2) Reserves au 1 - 10 - 80 en Mm ³	(2/1)
Moulouya	Mohamed V	452	249	0.56
Gharb	Idriss 1 ^{er}	316	218	0.69
	El Kansera	143	111	0.79
Doukkala	Al Massira	958	1344	1.40
Haouz	Moulay Youssef	83	124	1.48
	Lalla Takerkoust	8	17	2.24
Tadla	Binelouidane	1102	805	0.73
Tafilalet	Hassan Eddakhil	113	51	0.45
Ourzazate	Mansour Eddahbi	206	437	2.12
Souss Massa	Youssef B. Tachfine	135	206	1.53
Loukkos	Oued El Makhazine	638	439	0.69

dans ces périmètres, soit par la réduction des superficies de certaines cultures, soit par la réduction dans les limites admissibles des doses ou des fréquences d'irrigation.

- 3 - Que, pour les périmètres dominés par les barrages El Kansera, Moulay Youssef, Lalla Takerkoust et Hassan Addakhil, il apparait des déficits relativement importants qui imposent l'application de mesures draconiennes pour faire face à la situation.

Mesures préconisées pour faire face à la sécheresse

Deux types de mesures ont été préconisées :

- Mesures revêtant un caractère général intéressant tous les périmètres. Parmi ces mesures, on peut citer :
 - a - la limitation stricte des turbinages par l'ONE aux demandes de l'agriculture et de l'eau potable.
 - b - l'incitation des comités techniques des ORMVA à créer des comités de vigilance chargés de faire respecter les tours d'eau instaurés, de lutter contre le gaspillage et de surveiller les réseaux contre toutes dégradations.

c - le traitement et recyclage des eaux usées notamment par les industriels.

d - l'économie de l'eau en milieu urbain.

e - enfin le recouvrement intégral des redevances d'eau d'irrigation.

● Mesures spécifiques :

- suppression du maraichage d'été et interdiction des plantations nouvelles dans le périmètre de la Moulouya.
- Couverture des besoins « domestiques » dans la vallée du Ziz et la plaine du Tafilalet et sauvegarde de l'olivieraie.

Résultats découlant de l'application de ces mesures

Malgré la sécheresse qui a donc sévi sur la plupart des périmètres on peut affirmer que la prise et l'application de mesures de restriction ont eu de très bonnes répercussions sur les productions agricoles. Le tableau IV illustre bien les résultats obtenus durant la campagne 1980-1981.

De ce tableau, on peut déduire que les productions de la campagne 1980-1981 sont sensiblement

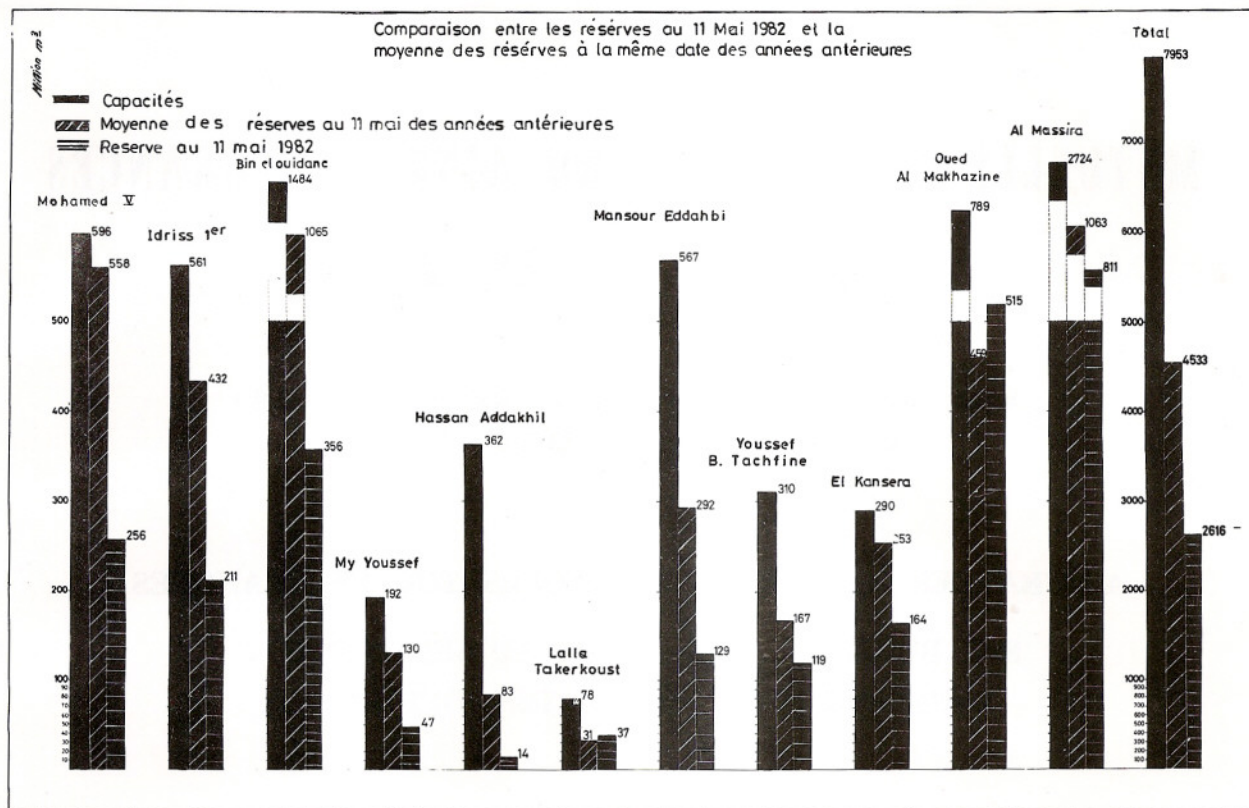
CAMPAGNE AGRICOLE 1980-1981

(1) ORMVA	(2) Barrages	(3) Reserves 1 ^{er} Mars 81 en Mm ³	(4) Apports minima Mars 81 à Sept. 81 en Mm ³	(5) Volume mobilisable à Sept. 81 en Mm ³	(6) Besoins agricoles Mars à Sept.81 en Mm ³	(7) Difcits en Mm ³ et en%
Moulouya	Mohamed V	238	133	371	360	
Gharb	El Kansera	118	25	143	180	37 (21%)
	Idriss 1 ^{er}	266	50	316	304	
Doukkala	Al Massira	865	350	1215	250	
Haouz	Moulay Youssef	86	120	206	217	11 (5%)
	Lalla Takerkoust	25	37	62	70	8 (11%)
Tadla	Bineloudane	530	140	670	611	
Tafilalet	Hassan Addakhil	30	17	47	82	35 (43%)
Ouarzazate	Mansour Eddahbi	396	100	496	200	
Souss Massa	Youssef B. Tachfine	170	2	172	50	
Loukkos	Oued El Makhazine	356	?		60	

TABLEAU COMPARATIF DES PRODUCTIONS AGRICOLES DES CAMPAGNES 79-80 et 80-81

SPECULATIONS	CAMPAGNE 1979-1980		CAMPAGNE 1980-1981		2 / 1
	Superficie (ha)	Production (T)	Superficie (ha)	Production (T)	
Cereales	1.066.704	1.286.088	1.055.931	870.398	0.68
Betterave	58.308	2.014.515	62.082	1.961.978	0.97
Canne a sucre	10.145	371.520	9.395	592.766	1.60
Coton	12.912	22.097	11.356	21.899	0.99
Fourrage	72.568	3.153.343	91.239	2.831.850	0.99
Maraichage	63.300	1.511.258	56.944	1.524.415	1.01
Agrumes	55.310	886.580	55.310	918.298	1.03

Source: Dossiers des conseils d'administration des ORMVA



équivalentes à celles de la campagne 1979-1980 sauf pour les céréales (qui paraissent être affectées puisque la chute de la production est de l'ordre de 30 % pour des superficies semblables) et la canne à sucre dont la production a connu une augmentation de 60 %.

A travers les chiffres que je viens de citer, il est aisé de constater que la sécheresse n'a pas eu d'effets néfastes sur les productions agricoles dans les grands périmètres d'irrigation. Toutefois, il est quasi-certain qu'il n'en sera pas de même pour la campagne en cours (1981-1982). En effet, le graphique n° 1 permettant de comparer les réserves au 11 Mai 1982 par rapport à la moyenne des années antérieures, à la même date, présage d'une situation critique dans les périmètres d'irrigation à l'exception de ceux des Doukkala et du Loukkos. Aussi, est-il impératif de procéder d'ores et déjà à l'application de mesures très restrictives d'utilisation de l'eau.

En guise de conclusion, je voudrais simplement faire quelques recommandations :

- Tout d'abord en ce qui concerne les études de régularisation des barrages, il me paraît indispen-

sable de les actualiser d'autant plus que nous disposons de séries hydrologiques plus longues et que nous maîtrisons mieux les besoins des différents utilisateurs (agriculture, ONEP et ONE).

- Il faudrait que les utilisateurs disposent de ces études de régularisation pour assurer une meilleure planification et gestion des eaux.
- Il faudrait encourager davantage les essais et les expérimentations pour maîtriser les besoins en eaux des cultures, à l'instar des essais effectués à la station expérimentale d'Oulad Gnaou dans le périmètre du Tadla. Ces essais viseront la détermination des rendements de chacune des principales spéculations en fonction des doses d'irrigation.
- Inciter et encourager les usagers à creuser et équiper des puits en vue d'assurer un apport d'eau complémentaire en cas de faiblesse des réserves au niveau des barrages.
- Réviser les redevances d'eau d'irrigation et les taxes de pompage.
Cette mesure devrait inciter les usagers à faire de considérables économies d'eau.

GESTION DU PERIMETRE DU GHARB EN PERIODE DE SECHERESSE

par
Othmane LAHLOU
Ingénieur en Chef du Génie Rural
Directeur de l'ORMVA du Gharb

La sécheresse qui a sévi durant la campagne agricole 1980-1981 a entraîné des pertes préjudiciables aussi bien pour les productions végétales qu'animales. La valeur de la production végétale a accusé une diminution estimée à près de 580 Millions de DH ; pour sa part, la production animale a accusé une baisse importante plus difficilement estimable à cause de la circulation des troupeaux d'une région à l'autre selon les conditions climatiques et l'état des pâturages (environ 45 à 50 Millions de DH de pertes sans compter la part de la diminution de l'autoconsommation en lait).

Cette production a été encore plus marquée par les pertes enregistrées dans le cheptel ; en effet, la mortalité a été estimée à 5-10 % pour les bovins et à 10-20 % pour les ovins.

Ces pertes, dans les deux types de production, auraient pu être encore plus catastrophiques si certaines mesures de sauvegarde n'avaient été prises tant sur le plan de la gestion hydraulique des volumes stockés au niveau des barrages, que dans l'exploitation des eaux superficielles régularisées et non régularisées, que dans la conduite des cultures et la sauvegarde du cheptel.

Principales caractéristiques du périmètre du Gharb

Les superficies irrigables sont estimées à 250 000 ha sur un total de superficie agricole utile de 380 000 ha, soit environ 21 % du potentiel national en terres irrigables.

Les superficies irriguées à fin 1981 étaient de 86 000 ha environ.

La pluviométrie annuelle moyenne dans la plaine du Gharb, bien que concentrée pour 80 % entre le

15 Octobre et le 15 Avril, reste relativement élevée : 520 mm environ dans les zones côtières et 420 mm environ dans les zones intérieures.

Les ressources en eau du périmètre du Gharb sont importantes, voire considérables par rapport aux ressources disponibles dans les autres régions du pays (le Sebou représente, à lui seul, près de 30 % des apports en eaux de surface par rapport aux ressources nationales : 6,61 Milliards de m³ pour un total de 22,36 Milliards de m³ en année moyenne).

Cependant, les ressources mobilisées à ce jour restent faibles. Ainsi, seuls deux barrages, le 1^{er}, El Kansera, construit en 1933-1936 et le second, Idriss 1^{er}, mis en service depuis 1972, permettent de régulariser une partie des eaux de deux affluents du Sebou (Beht et Inaouène), soit environ 850 Mm³ (290 Millions de m³ pour El Kansera et 560 Mm³ pour Idriss 1^{er}). Rappelons que les eaux régularisées par le barrage Idriss 1^{er} n'atteindront leur volume définitif, soit 1,4 Milliards de m³, qu'après la fin des aménagements prévus à cet effet : déviation de la route et de la voie ferrée Fès-Taza (en cours) et ensemble M'dez - Matmata.

La diversité des cultures conduites dans le périmètre irrigué d'une part (cultures d'hiver nécessitant une pré-irrigation dès les mois de Septembre-Octobre, les cultures de printemps nécessitant les irrigations en Mars-Avril-Mai, et les cultures d'été devant être irriguées en Juin-Juillet-Août, voire Septembre et Octobre), et le régime très irrégulier des pluies d'autre part, nous imposent le maintien en service des ouvrages et des réseaux hydrauliques pendant une période minimum de 10 mois sur 12 ; les seuls arrêts tolérés des irrigations restent possibles durant 1 à 2 mois pluvieux de l'hiver ; c'est-à-dire soit Décembre-Janvier, soit Janvier-Février.

Carte N°2

Schéma de l'aménagement hydraulique du bassin de Sebou

Nord



OCEAN ATLANTIQUE

KENITRA

-  P.T.I.
-  S.T.I.
-  T.T.I.
-  Beht

BARRAGE
EL KANSERA

MEKNES

BARRAGE
M' JARA

O. QUERRCHA

O. SEBOU

BARRAGE
IDRISS I




DERIVATION DE
MATMATA

FES

BARRAGE
AIT YOUN

O. INAQUENE

BARRAGE
M' DEZ

-  BARRAGE REALISE
-  BARRAGE EN PROJET
-  USINE HYDRAULIQUE

Certaines années, l'arrêt des irrigations durant ces 2 mois pour l'entretien et la maintenance des ouvrages et réseaux s'avère impossible.

Par ailleurs, les surfaces irriguées constituent, en fait trois ensembles distincts :

- le pompage privé dominant une superficie variable selon les conditions de l'année et les cultures mises en place (10 à 15.000 ha environ),

1 - Le périmètre du Beht (28 700 ha), irrigué à partir d'El Kansera est constitué par un vieux réseau gravitaire en très mauvais état et alimenté en très grande partie, à partir d'un canal principal assez ancien. Ce canal se trouve, actuellement, sous-dimensionné par rapport aux besoins réels.

La superficie irriguée à partir d'El Kansera est de 38 000 ha environ décomposée comme suit :

- gravitaire Beht : 22 080 ha ;
- pompage sur Canal Principal : 3 520 ha à partir de 4 stations de pompage ;
- pompage sur Oued : 11 960 ha à partir de 9 stations de pompage (pompage provisoire pour les secteurs P8 et P7 et devant être alimenté par le canal G à partir du Sebou).

2 - La Première Tranche d'Irrigation (35 700 ha) irriguée à partir d'Idriss 1^{er}, sauf provisoirement les secteurs P8 et P7 (8 055 ha). La P.T.I. est composée de 11 secteurs d'irrigation nouvellement équipés et dont les réseaux sont encore en bon état. Chacun de ces secteurs est alimenté par une ou 2 stations (seul le secteur 7 dispose de 3 stations de pompage) comportant un ou deux étages de pompage selon les réseaux aval (canaux portés en béton pour les assolements canne à Sucre, quinquennal et quadriennal ou l'assolement rizicole).

Le nombre total de stations de pompage pour la PTI est de 15 (3 sur le Beht pour les secteurs P8 et P7, le reste sur le Sebou) augmenté de 2 autres stations se trouvant à l'aval de la PTI et 3 stations de reprise devant alimenter les parties aval de 3 secteurs.

Sur les 11 secteurs, 10 sont irrigués gravitairement et 1 seul (P7 = 2560 ha) par aspersion.

3 - La Seconde Tranche d'Irrigation irriguée à partir d'Idriss 1^{er} et, devant comporter 67 500 ha en fin d'aménagement. Deux systèmes d'irrigation y sont retenus : gravitaire et aspersion. En 1981,

seuls les secteurs C1 et C2 (9458 ha) étaient équipés en réseau gravitaire et devaient être en partie irrigués (taux de mise en valeur encore réduits à cause de leur mise en eau récente).

La S.T.I. est, à l'image de la P.T.I., décomposée en secteurs d'irrigation (3 500 à 4 000 ha de moyenne par secteur), alimentée par stations de pompage à un ou deux étages. Les secteurs devant être irrigués par aspersion sont équipés en tête du réseau de distribution par une station de mise en pression assurant la reprise de l'eau pompée par les stations de pompage le long du Sebou.

Signalons trois contraintes importantes pour la gestion des barrages alimentant les secteurs irrigués du Gharb. L'option prise d'alimenter les terres aménagées de la Première et Seconde Tranches d'Irrigation à partir de stations de pompage construites le long du Sebou impose une gestion spécifique devant nécessairement assurer une tranche d'eau suffisante dans l'oued pour permettre le fonctionnement des pompes tant que le barrage de garde Lalla Aïcha, devant assurer le relèvement du niveau d'eau dans le Sebou et la protection contre la remontée des eaux salées, n'est pas construit ; de plus, vu la largeur importante du lit de la rivière, les débits lâchés à partir d'Idriss 1^{er} doivent être beaucoup plus importants que ceux pompés ; ce qui entraîne la perte vers la mer d'un volume d'eau important. Le volume perdu peut varier de 150 à 250 Millions de m³ selon les années dans les conditions d'exploitations actuelles.

- Les reports de réalisation de certains ouvrages hydrauliques (la liaison Sebou-Beht en particulier ou canal G) ont entraîné l'affectation de nouvelles superficies irriguées à la retenue d'El Kansera, superficies non prévues. Ainsi, les superficies irriguées à partir d'El Kansera (Périmètre du Beht, Moghrane, enfin les secteurs P8 et P7 de la P.T.I.) ne peuvent être irriguées de manière rationnelle et la totalité des besoins en eau ne peut être satisfaite; ce qui amène une surexploitation de la retenue du barrage et une diminution certaine de ses capacités de régulation interannuelle, régulation à efficacité déjà très réduite, vu son faible volume de retenue.

- Parmi les cultures irriguées pratiquées dans le périmètre du Gharb, certaines et non des moindres, sont grandes consommatrices d'eau, citons en particulier le riz (15 000 m³/ha à la parcelle, soit 17 000 m³/s environ au niveau de la sta-

tion de pompage et encore davantage au niveau du barrage) et la Canne à Sucre (12 000 m³/ha à la parcelle soit 13 000 à 13 500 au niveau de la station de pompage); de plus, leurs besoins en eau maximum se situent au mois les plus chauds (Juin-Juillet-Août-Septembre); les restrictions à appliquer à leurs besoins restent nécessairement faibles.

Enfin, le riz n'est pratiqué, pour l'ensemble du pays, que dans le Gharb.

Caractéristiques climatiques de la campagne 1980-1981 :

Alors que la moyenne des précipitations annuelles calculées sur 30 années se situe autour de 511 mm, durant la campagne 1980-1981 les précipitations n'ont atteint que 341 mm avec de très grandes variations entre les différentes zones, et une très mauvaise distribution au cours du cycle, puisque 47,3 % de ces précipitations ont été enregistrées en Octobre-Novembre et seulement 14,5 % pendant les périodes Décembre-Janvier et Février (et 36,8 % en Mars-Avril-Mai); ce qui a nécessité des irrigations pendant les mois de Décembre, Janvier et Février et, durant toute l'année agricole.

Les températures ont été anormalement basses avec de fréquentes gelées nocturnes (une vingtaine de nuits de gelée durant la période Novembre-Décembre-Janvier ont été enregistrées causant, ainsi, des dégâts importants dans certaines cultures telles la canne à sucre, les plantations...).

L'année 1980-1981 peut être considérée comme année à climat semi-aride à hiver tempéré.

Incidences sur le déroulement de la campagne 1980-1981 :

Les stocks d'eau au niveau des deux barrages au début de la campagne agricole, en Octobre 1981, pouvaient être considérés comme légèrement plus faibles qu'en année normale, mais n'avaient rien d'inquiétant. En effet, au début du mois d'Octobre 1980, les volumes stockés étaient de :

- 220 Millions de m³ à Idriss 1^{er} contre 268, 377 et 185 respectivement en 79, 78 et 77.

- 105 Millions de m³ à El Kansera contre 174, 150 et 113 en 79, 78 et 77.

Cependant, la sécheresse qui a sévi au début de la campagne, puis de Décembre à fin Février 1981 a nécessité une irrigation pratiquement continue des cultures en place. Si pour le Sebou, l'Office a cherché à utiliser au maximum les eaux sauvages (bassin intermédiaire entre Idriss 1^{er} et l'amont du périmètre) et préserver ainsi, au maximum, les eaux régularisées par le barrage (aucun volume n'a été lâché en Novembre et Décembre 1980), par contre, pour le Beht, les seules eaux exploitables restaient celles du barrage d'El Kansera.

Dès le mois de Janvier 1981, l'Office informait son Comité Technique réuni en session ordinaire de la situation inquiétante des volumes d'eau réservés à l'irrigation et de l'éventuelle nécessité, en cas de persistance de la sécheresse, de l'application de certaines restrictions en surfaces et en dotations aux différentes cultures en place ou programmées.

Dès le début du mois de Février 1981, l'Office a établi, sur la base des données disponibles, un programme de restrictions à appliquer. Les estimations et projections ont été affinées à la mi-Mars, en accord avec les données de la Direction de l'Hydraulique quant aux estimations des apports au niveau des deux barrages El Kansera et Idriss 1^{er} pour les années 1981 et 1982. A cette date les études prenaient en compte la nécessité de sauver les cultures en place et la nécessité de projeter la régulation des stocks et apports nouveaux d'eau sur deux campagnes en prévisions de la succession éventuelle de deux années sèches (1980-1981 et 1981-1982).

Des réunions fréquentes au niveau des techniciens, puis au niveau des responsables ont été organisées entre ORMVA du Gharb, Direction de l'Equipe-ment Rural, Direction de l'Hydraulique, Office National de l'Electricité et Office National de l'Eau Potable, ce dernier organisme étant intéressé par l'exploitation de la station de pompage flottante située à El Kansera et alimentant les villes de Khémisset et Tiflet.

Les estimations faisaient ressortir les déficits suivants (besoins pour la campagne 80-81 jusqu'au 30 Septembre 1981 comparés aux disponibilités; stocks augmentés des apports prévisibles durant cette période).

. Barrage Idriss 1^{er}

- besoins normaux pour un programme de cultures normal	→	304,260 Millions de m ³ .
- disponibilités	stocks à fin Février 81	→ 266 Mm ³
	apports nets prévisionnels à fin Septembre 81	→ 50 Mm ³
	soit un total de :	<u>316 Mm³</u>

. Barrage El Kansera

- besoins normaux pour un programme de cultures normal	→	179,835 Mm ³
- disponibilités	stocks à fin Février 81	→ 118,6 Mm ³
	apports nets prévisionnels à fin Septembre 81	→ 25,0 Mm ³
		<u>143,6 Mm³</u>

Ce qui nous donnait un déficit de 36 Mm³ pour El Kansera (+ la tranche non exploitable équivalente à 24 Mm³ — 60 Mm³) et un équilibre approximatif entre besoins et disponibilités, sous stock de sécurité, pour Idriss 1^{er}.

La situation s'aggravait quand on prenait en considération les apports estimés de l'année suivante avec la prévision qu'elle serait aussi sèche. Ainsi, les apports nets pour 1981-1982 pouvaient être estimés à 120 Mm³ pour Idriss 1^{er} et 100 Mm³ pour El Kansera.

Situation pour les deux années de Février 1981 à fin Septembre 1982.

Idriss 1^{er}

- besoins pour 2 campagnes normales	= 305 × 2 = 610 Mm ³
- disponibilités	= 316 + 120 = 436 Mm ³
	<u>soit un déficit de 174 Mm³</u>

El Kansera

- besoins pour 2 campagnes normales	= 180 × 2 = 360 Mm ³
- disponibilités	= 144 + 100 = 244 Mm ³
	<u>soit un déficit de 117 Mm³</u>

Aussi, des restrictions tant en superficies, qu'en dotation et une gestion sévère des irrigations devenaient nécessaires.

Le programme établi avait pour but de sauvegarder les cultures pérennes ainsi que les cultures

fourragères pour les animaux et de limiter les cultures annuelles non indispensables :

- assurer les besoins vitaux des plantations d'agrumes (et autres arbres fruitiers) avec une réduction de 30 % de la dose normale d'irrigation, soit $6\,800\text{ m}^3/\text{ha} \times 0,7 = 4\,760\text{ m}^3/\text{ha}$,

**Estimation des pertes enregistrées au niveau de la
production végétale au cours de la campagne 1980/1981
(par rapport a une année moyenne)**

Cultures	Programme initial ha	Réalisation ha	Récolte ha	Superficie endommagée et abandonnée (ha)	Rendements moyens réalisés t/ha	Production totale en tonnes	Manque à gagner		
							en superficie ha	en production tonne	en valeur (1000 DH)
Betterave à sucre	23 000	21 694	11 014	10 680	30,00	330 420	11 986	383 500	51 772
Canne à sucre									
. Existante	8 694	8 694	6 042	2 200 (1)	92,0	555 864	2 200	198 000	18 810
. Plantation	1 400	1 533							
. Récolte									
Coton	1 500	453	453		1,8	815	1 047	3 000	10 800
Riz	8 000	5 201	5 201 (Réc.)		4,5	23 404	2 799	12 595	33 000
Tournesol	8 000	7 773	5 429	2 344	0,6	3 257	2 571	4 740	8 800
Céréales	210 000	208 693	155 368	53 325	1,44	223 800	54 632	80 309	144 000
Légumineuses ...	25 000	12 848	8 137	4 711	0,6	4 900	16 863	19 050	48 000
Fourrages	16 250	15 146	15 146 (2)	-	14,4	220 000	1 104	251 000	33 800
Agrumes	21 474+	21 474+	17 563	3 911 (3)	25,0	439 000	-	52 690	63 300
Rosacées	1 264+	485+	1 264	279 (3)	4,0	3 940	-	6 370	-
Vignes	1 220+	1 220+	227	973 (3)	4,5	1 020	-	-	-
Oliviers	3 480+	3 480+	en cours	-	-	-	-	-	-
Jachère	39 260	63 730	-	-	-	-	29 191	-	-
Maraichages	10 250	5 868	5 868	-	20,0	118 000	4 382	132 500	145 000
Total	378 792	378 792	231 712	78 423	-	-	126 775	-	579 582

(+) Superficies existantes

(1) Canne coupée au stade herbacée et donnée comme fourrage

(2) 2000 ha de fourrage ont été réalisés en déroché

(3) Superficies arrachées

- Manque à gagner : (S. programmée - S. récoltée) x rdt en A.N. + S. Récoltée (rdt A.N. - rdt obtenu) en production A.N. : Année Normale.

- assurer les besoins vitaux de la canne à sucre avec une réduction de la dose d'irrigation de 30 %, soit 7 000 m³/ha au lieu de 10 000 m³/ha,
- assurer un programme normal en superficie réservée aux cultures fourragères avec réduction de 50 % de la dose d'irrigation, soit 4 500 m³/ha au lieu de 9 000 m³/ha, et ceci afin de subvenir aux besoins alimentaires d'entretien d'un cheptel dont l'alimentation était déjà très diminuée. Un intérêt particulier a été apporté au maïs en irrigué (5 000 ha réalisés en irrigué pour la 1^{ère} fois dans le Gharb),
- maintien des besoins en irrigation d'appoint de la betterave à sucre en place,
- interdiction de toute nouvelle plantation d'arbres,
- diminution du programme de plantation de la canne à sucre (1 500 ha au lieu de 3 000 ha avec annulation de tout le programme dans les secteurs irrigués à partir d'El Kansera) ;
- diminution du programme de coton (500 ha au lieu de 1 500 ha à 2 000 ha et diminution de la dose d'irrigation),
- interdiction des cultures dérobées (telles le soja),
- interdiction des cultures maraichères,
- diminution du programme de culture de riz avec interdiction de cette culture dans les zones dominées par El Kansera (5 000 ha au lieu de 8 000 ha),
- interdiction des turbinages pour l'O.N.E. en délais des demandes pour les besoins de l'irrigation.

De plus, des comités de vigilance locaux, au niveau de chaque cercle, étaient mis en place et ce à partir du mois d'Avril ; ces comités devaient contrôler de manière continue le respect du tour d'eau, le respect des superficies emblavées en différentes cultures et interdire, par les saisies des groupes motopompes, tout pompage clandestin, et non autorisé auparavant.

Le programme des restrictions ainsi établi a été discuté et adopté lors de la réunion du Comité Technique de l'Office réuni le 6/4/1981 spécialement à ce sujet. Le suivi journalier de la situation (évolution des stocks au niveau des barrages, évolution des cultures, conduite des irrigations, respect des autorisations de pompage) était assuré par les agents de l'Office tant ceux de la gestion des réseaux que ceux des C.M.V. Des réunions fréquentes (hebdomadaires souvent) étaient tenues avec les autorités locales qui

apportaient leur concours efficace à l'Office (convocation des irrigants n'ayant pas respecté les normes de restriction en surface, en dotation ou les consignes d'interdiction de pompage privé ; sorties sur les lieux, verbalisation, saisie des groupes motopompes...).

Devant l'aggravation de la situation : diminution des stocks d'eaux au niveau des barrages, multiplication de cultures maraichères interdites, difficultés de plus en plus importantes d'alimentation en eau potable de nombreuses communes, une réunion groupant les intéressés (autorités provinciales et locales, représentants des agriculteurs, élus représentant les communes touchées, services techniques) a été tenue en Août 1981 ; des mesures encore plus restrictives sont arrêtées. Ainsi en plus des saisies et amendes normales (100 DH) appliquées par les tribunaux communaux, une nouvelle amende sous forme de double facturation du volume d'eau volé est instaurée (cette fois, la facturation est faite au bénéfice de l'Office) ; de plus aucune restitution du matériel saisi n'est opérée avant la fin de la campagne. Le principe de la constitution de groupements d'irrigants, responsables de la distribution de l'eau d'irrigation, du respect des tours d'eau et de l'application des normes d'irrigation, enfin de la maintenance des réseaux tertiaires (assainissement et irrigation) est adopté. L'Office est chargé d'en établir les projets de statuts en accord avec les représentants des irrigants.

En Septembre 1981, l'Office établit un nouveau programme des irrigations en fonction des données actualisées au niveau des cultures en place et des stocks d'eau aux barrages. Ce programme concernait la nouvelle campagne d'irrigation Octobre 1981-Septembre 1982. En fait, il n'y a pas eu réellement arrêt ou interruption et la nouvelle campagne a commencé avant que la précédente ne soit achevée.

Devant la persistance de la sécheresse et les difficultés grandissantes, un nouveau programme actualisé et tenant compte des estimations d'apports est établi en Novembre ; ainsi, le programme de Septembre est repris et affiné. Le Comité Technique adopte ce nouveau programme et met en place un comité de vigilance provincial. Un projet de déviation d'une partie des eaux du Sebou vers le Beht pour assurer l'irrigation du secteur P7 et sauver une partie des superficies traversées par la déviation (au total 5 000 ha environ), projet étudié et proposé par l'Office, est adopté. De plus, des batardeaux consti-

tués de sacs de plastique remplis de terre sur le Sebou et le Beht sont prévus. Ces batardeaux avaient pour but de limiter les pertes d'eau vers la mer par le relèvement de la cote de l'eau des stations de pompage. Par ailleurs, une vaste campagne de sensibilisation et de mobilisation des agriculteurs intéressés par ces projets est menée. Ainsi, les travaux sont menés avec grande rapidité avec l'aide des intéressés (main d'œuvre gratuite) ; 4 batardeaux sont mis en place, les travaux de déviation sont entamés et presque achevés avant les premières pluies enregistrées le 3 Décembre 1981 et qui ont marqué l'arrêt de ces travaux et l'arrêt définitif de toutes les irrigations.

Durant toute la période Mars-Décembre 1982, des réunions fréquentes ont été tenues entre les responsables des services chargés de la gestion des barrages et de l'exploitation de leurs eaux : O.N.E. - D.H. - ONEP - ORMVA du Gharb. Ainsi, une coordination continue a pu être assurée entre ces services.

Le programme adopté en Novembre 1981 comparait plusieurs hypothèses quant aux superficies irriguées et dotations d'irrigation, donc des besoins.

Les hypothèses comparées étaient les suivantes :

Situation normale

Situation réduite (réduction sur les surfaces des différentes cultures).

Situation très réduite (réduction importante sur la surface des différentes cultures).

Situation très réduite avec réduction de la dose d'irrigation (80 % de la dose normale).

Situation très réduite avec réduction de la dose d'irrigation (60 % de la dose normale).

Et ce sont de nouvelles mesures qui sont arrêtées :

- aucune irrigation de la canne à sucre durant la période hivernale ;
- prévoir, en cas de prolongation de la sécheresse, l'arrachage de la canne à sucre des secteurs P7 et P8 ;
- arrêt de toute irrigation même en présence de sécheresse durant un mois ;
- considérer la betterave emblavée même sur les terres aménagées comme betterave à conduire en bour ;
- interdiction totale de toute nouvelle plantation et procéder à leur arrachage en cas de plantation illécite ;
- réunion mensuelle du comité de vigilance provincial pour mise au point et adaptation des program-

mes en fonction de l'évolution des situations des barrages.

Malgré l'adoption des besoins réduits, il était enregistré des déficits prévisionnels importants : 80 à 100 Mm³ à El Kansera et près de 200 Mm³ à Idriss 1^{er}.

Les programmes prévisionnels étaient révisés et adaptés tous les mois.

Conclusions :

- Malgré les efforts déployés par les différents responsables (services techniques, autorités locales et provinciales), les restrictions et normes d'exploitation des retenues ainsi que la conduite des irrigations n'ont pas toujours été appliquées strictement par les intéressés. Cependant, nous pouvons retenir qu'un début de « discipline » des habitudes et pratiques commence à voir le jour tel que le respect de certaines règles ignorées jusqu'ici, autorisations d'exploitation des eaux souterraines et superficielles, autorisation des plantations...
 - Les difficultés vécues ont entraîné une meilleure utilisation de l'eau par les agriculteurs. Le facteur eau qui était disponible en quantité abondante était gaspillée. La pénurie a entraîné une meilleure utilisation.
 - Le besoin vital d'eau a entraîné un développement de l'irrigation privée par la multiplication de l'utilisation des groupes moto-pompes. Nous pouvons craindre cependant que cette mobilisation ne soit vite oubliée dès la fin de la période difficile.
 - Le manque d'alimentation pour le bétail et la situation difficile, qu'il a traversée, a entraîné un développement important des cultures fourragères, cultures qui avaient peu de succès dans le Gharb malgré l'existence d'un cheptel de race ou améliorée important, et les efforts entrepris par l'Office pour généraliser ces cultures.
 - La pénurie a entraîné, par ailleurs, une meilleure coordination et une meilleure compréhension entre les services techniques intéressés par l'exploitation et la gestion des retenues des barrages ; ce qui a permis d'assurer un suivi continu des stocks et apports au niveau de ces barrages et d'arriver à une meilleure connaissance des évolutions des stocks et une approche concertée du problème.
- Nous pouvons noter, enfin, que l'année de sécheresse que nous avons vécu, nous a permis de constater que nos barrages et l'exploitation qu'on en fait, ne permettent pas une régulation interannuelle des

apports de nos cours d'eau, et ce, contrairement à nos estimations et croyances anciennes. Aussi, il est nécessaire de corriger ces données pour l'avenir et d'établir une méthodologie et une approche commune entre services concepteurs, gestionnaires, exploitants et utilisateurs pour établir des prévisions communes et des programmes avec la sécurité nécessaire. Les besoins en eau d'irrigation étant plus importants en période de sécheresse qu'en période normale et les superficies aménagées à grands frais pour l'irrigation ne pouvant être soumises à des aléas continus, il est impérieux que l'approche du calcul des besoins et des disponibilités tienne réellement compte de la nécessité d'une régulation interannuelle de nos retenues.

De plus, un vaste programme de sensibilisation des responsables et des utilisateurs (irrigants) doit être mené afin de les amener à saisir et accepter la

notion de régulation interannuelle et la nécessité de l'adopter. Les dernières pluies enregistrées en Avril 1982 ayant amené une certaine amélioration de la retenue d'un barrage, les moments difficiles sont déjà oubliés et une nouvelle période d'euphorie semble voir le jour chez les utilisateurs.

Enfin, nous pouvons relever que nous n'avons pas de connaissances précises des besoins réels des plantes aux conditions limites. Déjà, les besoins estimés de ces plantes en conditions normales sont approchés de manière très approximative. Il devient nécessaire d'affiner nos connaissances dans ce domaine. Rappelons que les normes de restrictions adoptées découlaient beaucoup plus des conditions imposées (disponibilités en eau) que de connaissances approfondies des besoins des plantes.

Je ne reprends pas les recommandations faites par Mr. BASTOS auxquelles j'adhère entièrement.

S O M A G E C

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE 15 750 000 DH

SOCIETE MAGHREBIENNE DE GENIE CIVIL

•
SIEGE SOCIAL, ET ENTREPOTS
ANGLE RUE CORBI ET RUE MESFIOUI
TEL. : 24-89-45 – 24-07-84/85
TELEX : 25634M

CASABLANCA 05

Directeur Général : M. Riad SAHYOUN

TERRASSEMENTS

GENIE CIVIL

BETON ARME

OUVRAGES D'ART

GESTION DU PERIMETRE DU TADLA EN PERIODE DE SECHERESSE

par

Taïeb BENCHEKROUN

Chef du Service Gestion des Réseaux à l'O.R.M.V.A. du Tadla

Introduction

Avec le climat semi-aride de la plaine du Tadla, la sécheresse définie généralement comme un manque de précipitation, est accompagnée le plus souvent d'une température plus élevée que la normale entraînant une augmentation de la demande climatique. La convergence de ces deux phénomènes (manque de pluie et accentuation de l'évapotranspiration) aboutit à une augmentation des besoins des cultures en eau d'irrigation. En revanche les ressources en eau, permettant de satisfaire cette demande, accusent une nette diminution.

En plus de ce manque physique en eau (augmentation de la demande, diminution de l'offre), l'on assiste à une avidité démesurée des agriculteurs pour ce facteur de production.

Dans la présente note, on se propose de décrire les effets des sécheresses qui ont affecté le Périmètre du Tadla ainsi que les mesures prises pour les enrayer ou du moins atténuer leur acuité. Les diverses répercussions de ces dernières seront présentées aussi.

Présentation sommaire du périmètre du Tadla

Celui-ci est, en fait, constitué de deux périmètres distincts absolument indépendants sur le plan hydraulique celui des Béni-Amir et celui des Béni-Moussa.

Le périmètre des Béni-Amir est irrigué grâce à un barrage de prise au fil de l'eau (se trouvant sur l'Oum-Rbiâ), et le second à partir de la retenue du barrage Bin-El-Ouidane, (érigé sur l'Oued Laâbid). Il en résulte que le déficit hydrique revêt des aspects différents dans les deux cas.

Dans le premier, il s'agit d'un manque d'eau en fin d'été en raison de la faiblesse des débits d'étiage, alors que dans le second, on est confronté au risque de vider la retenue du barrage.

L'équipement de ces deux périmètres dont la superficie totale est de l'ordre de 110.000 ha s'est échelonné des années 1930 à 1976, date à laquelle a eu lieu la mise en eau du dernier secteur.

Périodes de sécheresse antérieures à 1976

Depuis le début de l'aménagement du Périmètre du Tadla deux périodes de sécheresses ont été enregistrées avant l'année 1976 au cours des campagnes agricoles 65-66 et 74-75. Pour le Périmètre des Béni-Amir, elles n'ont eu aucune répercussion, si ce n'est une légère baisse du débit d'étiage de l'Oum-Rbiâ qui n'a pratiquement pas eu de conséquence sur l'irrigation.

Au niveau des Béni-Moussa aussi, elles n'ont nécessité aucune mesure particulière car le volume régularisé par le barrage dépassait les besoins du périmètre dont l'équipement n'était pas encore achevé.

Du reste, ces périodes de sécheresse avaient une courte durée et étaient suivies d'épisodes pluvieux assez importants ce qui a réduit leurs effets.

Période de sécheresse allant de 1980 à 1982

Cette période de sécheresse est de loin plus importante que les deux précédentes aussi bien par son acuité que par sa durée. En outre, elle intervient à un moment où les besoins en eau du périmètre ont atteint leur plafond puisque l'équipement de tous les secteurs est terminé.

Avant d'étudier les effets de cette sécheresse, il serait utile de décrire le contexte dans lequel elle est intervenue. En effet, pour des raisons différentes, les deux périmètres connaissaient une consommation excessive de l'eau, puisque les volumes distribués dépassaient les besoins en eau des cultures de 30 à 40 %. Il en résultait, en plus des pertes d'eau, une remontée spectaculaire de la nappe phréatique surtout dans les Béni-Moussa.

Ayant duré de 1980 à 1982, cette sécheresse a intéressé donc les campagnes agricoles 1979-1980, 1980-1981 et 1981-1982.

Campagne agricole 1979-1980

Mis à part les mois de Mars et Avril, le reste de la campagne a été caractérisé par un déficit hydrique. La pluviométrie enregistrée d'Octobre 1979 à Septembre 1980 n'était que de 327 mm au niveau de la S.E.H.A. des Ouled Gnaou contre une moyenne de 425 mm (entre 1951 et 1978).

L'apport global de la campagne agricole au niveau du barrage Bin-El-Ouidane était inférieur à 800 Mm³ alors que le volume moyen régularisé est de 1100 Mm³.

Le débit d'étiage des mois d'Août et Septembre de l'Oum-Rbiâ suffisait à peine au besoin de l'agriculture, posant ainsi le problème du débit de réserve nécessaire pour l'évacuation des égouts de la ville de Kasba Tadla.

Une tentative de réduction des dotations accordées aux agriculteurs a été essayée. Elle a donné un résultat très timide puisque les demandes des agriculteurs sont restées très élevées. Les volumes utilisés pour l'agriculture se sont élevés à 822 et 251 Mm³ respectivement pour les Béni-Moussa et les Béni-Amir.

C'est d'ailleurs au cours de cette campagne agricole que la tendance des agriculteurs à emblaver la quasi totalité des soles en dérobé a atteint son point culminant (les cultures concernées étaient : certains maraichages, la niora, le sésame et le maïs local).

Le volume turbiné et lâché dans les canaux principaux des Béni-Moussa a atteint 1.180 Mm³. Autrement dit 358 Mm³ ont été turbinés sans qu'ils soient demandés pour l'agriculture, ces débits excédentaires se jetaient dans l'Oum-Rbiâ en queue du Coursier et Canal « D ».

Campagne agricole 1980-1981

C'est au cours de cette campagne agricole que la sécheresse s'est faite sentir d'une façon très nette,

puisque pratiquement il n'a plu qu'au mois de Novembre et à la fin Mars. La pluviométrie cumulée d'Octobre 1980 à Septembre 1981 au niveau de la S.E.H.A. des Ouled Gnaou n'a guère dépassé 176 mm, et l'apport au barrage Bin-El-Ouidane pour la même période n'était que de 423 Mm³.

Dès le début de Janvier, lors d'une réunion entre l'ORMVA Tadla et l'O.N.E., il a été décidé d'aligner les débits turbinés à Afoufer sur les demandes de l'agriculture afin de réduire au minimum possible les débits qui se déversaient dans l'Oum-Rbiâ.

D'ailleurs, les vannes Amil qui sont situées à l'aval immédiat des dernières prises sur les canaux principaux ont été maintenues dans une position fermée permanente. Ceci a nécessité une vigilance constante pour éviter tout débordement. Des cas se présentaient parfois le soir lors des pointes du réseau électrique.

Au cours du mois de Mars, le déficit hydrique s'étant confirmé d'une façon plus nette, un train de mesures visant l'économie de l'eau a alors été décidé, il consistait en :

- la distribution de l'eau aux agriculteurs selon les besoins en eau des cultures et non selon leur demande qui est souvent exagérée,
- la limitation des cultures en dérobé par l'interdiction d'ensemencer en été les soles de betterave et de céréales,
- l'interdiction de pratiquer les cultures du sésame, de la niora et du maïs local.

Pour l'application de ces mesures, des comités de vigilance ont été créés au niveau des secteurs hydrauliques. Ils sont composés des représentants de l'ORMVA (directeur de C.M.V. et aiguadiers), de l'autorité locale ainsi que des élus communaux, des membres de la chambre de l'agriculture et de certains agriculteurs volontaires. Leur tâche consistait à :

- participer à une vaste campagne de sensibilisation sur l'économie de l'eau lancée à tous les niveaux,
- veiller sur le bon fonctionnement du réseau en déclarant toute anomalie surtout en ce qui concerne les débordements des canaux,
- signaler et certifier toutes les infractions (vol d'eau, casse de cadenas ou vanne Tor, bouchonage etc...).

En matière d'entretien des réseaux d'irrigation, un effort très intense a été déployé pour assurer leur fonctionnement le plus correct possible. Ainsi les vannes mixtes et amil qui étaient dérégées, ont été réparées, de même le matériel hydro-mécanique, qui subissait des déprédations, était renouvelé le plus rapidement possible.

Au début de leur application, ces mesures ont soulevé un grand tolé avec des manifestations de mécontentement parfois assez spectaculaires, et comme prévu, les infractions ont connu une recrudescence, mais les dispositions prises, notamment l'aide apportée par les comités de vigilance qui ont plus ou moins bien fonctionné, ont permis de juguler le problème malgré son ampleur.

Pour le Périmètre des Béni-Moussa les résultats de l'application de ces mesures ont été largement positifs puisque du mois d'Avril (date de commencement effectif de l'exécution des décisions) jusqu'à Septembre les volumes distribués ont diminué de 30 % par rapport à la même période de la campagne précédente, soit une économie d'eau de 140 Mm³, alors qu'au cours des six premiers mois de la campagne agricole ce volume a augmenté de 66 % toujours par rapport à la même période de la campagne précédente, et ce en raison des manques de pluie et de l'augmentation de l'évapo-transpiration.

Par ailleurs les mesures visant l'alignement des débits turbinés sur les demandes de l'agriculture ont permis de réaliser une importante économie d'eau, puisque les turbinages n'ont dépassé les volumes destinés à l'agriculture pendant l'ensemble de la campagne agricole que d'une trentaine de millions de m³, dont la majeure partie a eu lieu avant l'application de cette décision, c'est à dire au cours du mois de Novembre (22 Mm³). Rappelons que pour la campagne agricole précédente ce volume a été égal à 358 Mm³.

Pour le Périmètre des Béni-Amir, des hypothèses basées sur des études statistiques, ont permis de faire des prévisions sur les débits d'étiage, les réductions sur les dotations accordées aux agriculteurs ont été prévues à l'avance. Une application partielle a commencé avant la diminution des débits pour préparer progressivement les agriculteurs à utiliser des volumes d'eau plus faibles que d'habitude. De cette façon la période d'étiage (Août et Septembre) est passé presque inaperçue moyennant des réductions un peu plus poussées mais qui ne présentaient aucun danger pour les cultures.

Concernant la production agricole, la réduction des dotations en eau d'irrigation accordées aux agriculteurs n'a entraîné aucune diminution des rendements des cultures. Au contraire, cette campagne agricole a enregistré une légère amélioration des rendements des céréales et du coton. Par contre l'olivier et surtout les agrumes ont connu une baisse sensible des productions mais ce phénomène n'était pas dû à un quelconque manque d'eau mais aux gelées exceptionnelles qui ont eu lieu au cours des mois de Novembre et Décembre.

Sur le plan financier, cette campagne agricole a été très rentable pour les agriculteurs du périmètre qui ont vu leur rendement se stabiliser, voire s'améliorer alors que dans le bour périphérique les productions agricoles ont été très faibles ou même nulles dans certaines zones.

S'agissant de l'évolution de la nappe phréatique, les superficies incultes (profondeur du toit de la nappe comprise entre 0 et 50 cm) ont été réduites de 60 % environ (en comparant celles de 1981 avec celles de 1980). Ce résultat est très positif attendu la gravité des problèmes que pose ce phénomène.

Mais le rabattement de la nappe n'est pas seulement dû à la réduction des irrigations mais aussi à deux autres facteurs, à savoir : le creusement de nouveaux drains et l'entretien plus efficace des réseaux existants.

Campagne agricole 1981-1982

Après la sécheresse très poussée de la campagne précédente, le doute régnait sur les conditions de lancement des cultures d'automne, du moins dans le Périmètre des Béni-Moussa. Car, pour les Béni-Amir, les statistiques montrent qu'en dehors des périodes d'étiage, les débits de l'Oum-Rbiâ suffisent pour satisfaire les besoins de l'agriculture même en période de sécheresse.

La réserve du barrage Bin-El-Ouidane n'était que de 350 Mm³, mais l'on espérait, à l'instar des périodes de sécheresse qu'a connues la région par le passé, une bonne reprise des précipitations. Aussi a-t-il été décidé de démarrer une campagne agricole normale en suivant avec vigilance l'état de la réserve du barrage et en continuant à distribuer l'eau selon les besoins des cultures.

Si la réserve du barrage devait continuer à baisser, trois marges de manoeuvre étaient envisageables à savoir :

- l'arrêt des cultures à cycle court (maraichages et fourrages autres que la luzerne).
- restriction sur la distribution de l'eau, autrement dit irrigation en deçà des besoins des cultures.
- interdiction des cultures de printemps et d'été.

Au cours des trois premiers mois, la sécheresse a continué à sévir d'une façon très aiguë. Aussi à la fin de l'année 1981, la réserve du barrage a atteint son minimum absolu puisqu'elle est descendue à 200 Mm³.

La pluviométrie cumulée de ces trois mois n'a pas dépassée 5 mm et l'apport à la retenue du barrage n'était que de 25 Mm³, alors que la moyenne des apports de ce trimestre (de 1971 à 1980) s'élève à 110 Mm³.

Des mesures radicales ont alors été prises pour faire face à cette situation critique. Deux des trois marges de manoeuvre mentionnées ci-dessus ont été utilisées à savoir :

- réductions des irrigations : celles-ci ont été décidées conformément aux résultats obtenus au niveau de la S.E.H.A. des Ouled Gnaou, de façon à n'avoir qu'une faible incidence sur les rendements des cultures,

Elles se résument comme suit : irrigation des betteraves et des agrumes à 80 % de leur besoins et réduction du nombre d'irrigations des autres cultures à 5 pour la luzerne, 3 pour les céréales, 2 pour l'olivier et une pour les maraichages et fourrages existants.

- arrêt des cultures à cycle court : l'installation de nouveaux maraichages et fourrages autres que la luzerne a été prohibée dans l'ensemble du périmètre des Béni-Moussa, sauf pour les propriétés disposant d'une station de pompage dans la nappe phréatique.

Ceci a d'ailleurs incité un grand nombre d'agriculteurs à creuser des puits puisque la profondeur de l'eau n'est pas importante.

La procédure suivie pour délivrer les autorisations de mobilisation de l'eau souterraine à des fins agricoles a été simplifiée au maximum dans l'ensemble du périmètre irrigué, puisque ces prélèvements participent au rabattement de la nappe phréatique qui pose tant de problèmes. Ceci favorisera, d'ailleurs, le recyclage des eaux d'irrigation et augmentera sensiblement les ressources en eau du périmètre.

A partir du mois de Janvier des pluies de moyenne importance mais bien réparties ont commencé à tomber, ce qui a permis de réduire considérablement les volumes distribués pour l'agriculture.

Toutefois pour la retenue du barrage, elles n'ont eu qu'une très faible efficacité puisque les apports du premier trimestre n'ont pas dépassé 82 Mm³ alors que la moyenne des apports de ce trimestre (de 1971 à 1980) s'élève à 454 Mm³.

La réserve du barrage augmente très lentement ; jusqu'au 26 Avril, elle n'était que de 311 Mm³ contre 1200 Mm³ comme moyenne à la même époque pour les cinq dernières années.

Concernant les cultures d'été, la totalité du programme est réalisée dans les Béni-Amir, par contre dans les Béni-Moussa, la superficie du coton est réduite à 4600 ha (contre 7 000 ha en 1981). Les maraichages sont toujours limités aux propriétés disposant de station de pompage, quant au sésame, à la niora et au maïs local, ils restent interdits.

S'agissant des rendements attendus, les prévisions faites actuellement montrent que les principales cultures d'automne auront des rendements au moins aussi importants que ceux de l'année dernière, notamment la betterave.

Pour l'arboriculture (agrumes et oliviers), la prochaine production a toutes les chances d'être plus élevée que la dernière en raison de l'absence du gel.

Conclusion

En conclusion on peut affirmer que si cette sécheresse s'arrête à ce niveau là, avec une bonne reprise des apports au niveau du barrage, malgré les conditions extrêmement difficiles par lesquelles est passée la distribution de l'eau, le bilan sera loin d'être négatif pour le périmètre du Tadla.

En effet, non seulement les diverses mesures prises au cours des deux dernières campagnes agricoles, n'ont pratiquement pas eu d'incidence sur la production agricole, mais elles étaient bénéfiques pour le périmètre, car elles ont permis de démontrer concrètement aux agriculteurs que les quantités d'eau qu'ils utilisaient étaient excessives et qu'il est possible de les réduire sans entraver la production.

Du reste, cette expérience constituera un départ très encourageant pour la campagne de grande envergure qu'a engagé l'Office du Tadla sur la rationalisation de la distribution de l'eau pour éviter dans l'avenir tout gaspillage de l'eau.

En ce qui concerne les effets indirects de ces mesures, le rabattement de la nappe phréatique constitue un acquis très appréciable. Mais pour le rendre permanent, il est impératif de continuer à distribuer l'eau d'une façon rationnelle même en année faste.

GESTION DES PERIMETRES IRRIGUES EN PERIODE DE SECHERESSE

Cas de la Tessaout Amont

par

El Haj HALLANI et Zitouni LAKLACH
Service de Gestion des Réseaux
d'irrigation et de drainage
ORMVA du Haouz

Avant d'aborder l'analyse des différentes mesures prises en période de sécheresse pour assurer une continuité d'eau d'irrigation dans le périmètre de la Tessaout-Amont et leurs conséquences sur la production agricole, on a jugé utile de définir d'une manière succincte les besoins en eau du périmètre et la potentialité de l'ouvrage de régularisation (Barrage Moulay Youssef) en fonction des apports de l'oued Tessaout. Ces besoins ont été étudiés à travers le projet initial établi en 1964, les révisions et modifications faites au cours de l'équipement du périmètre en 1975 et enfin selon le plan d'assolement et les réalimentations des droits d'eau retenus à l'achèvement des équipements (1978).

1. Evaluation des besoins en eau des cultures et régularisation du barrage.

1.1. *Projet initial (1964)*

- Superficie retenue = 27.140 hectares
- Dotation brute = 223 Mm³ constituant les restitutions des droits d'eau.

1.2. *Révisions et modifications au cours de l'équipement (1978).*

- Superficie = 30.093 hectares
- Dotation brute = 265 Mm³

1.3. *Bilan définitif des besoins en eau selon le plan d'assolement et les réalimentations des droits d'eau établi à la fin de l'aménagement (1978)*

- Superficie :	
* Secteur moderne	= 25.999 ha
* Secteur traditionnel	= 26.820 ha
	<hr/>
Total.....	= 52.819 ha
- Dotation brute :	
* Secteur moderne	= 225 Mm ³
* Secteur traditionnel	= 91 Mm ³
	<hr/>
Total.....	= 316 Mm ³

Ainsi on remarque que le volume régularisé, retenu à la fin de l'aménagement, dépasse celui du projet initial de 93 Mm³ soit d'environ 41 % et celui révisé au cours de l'équipement (1975) de 51 Mm³, soit d'environ 19 %. Ce dépassement est dû essentiellement au volume des réalimentations des droits d'eau qui ont été négligés en grande partie dans le projet initial qui n'a retenu que 27 Mm³ alors qu'il est en réalité de 91 Mm³ et aussi à certaines extensions et réajustements dans les équipements des différents secteurs.

Le problème qui s'est donc posé est de savoir si la régularisation du barrage Moulay Youssef peut supporter ces prélèvements.

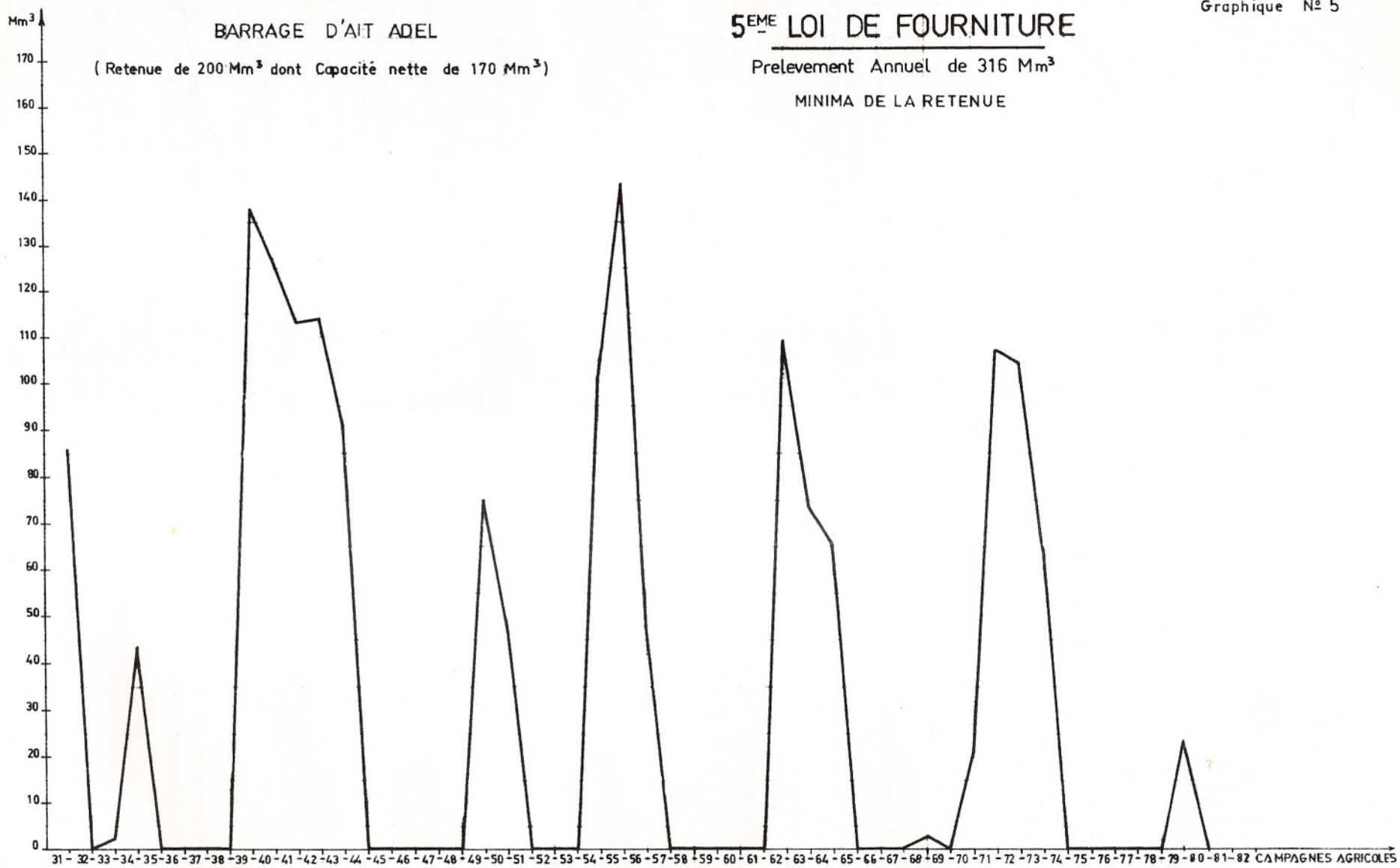
Une étude de la régularisation du Barrage Moulay Youssef sous l'effet de cinq lois de fournitures mensuelles a été effectuée :

- La première loi de fourniture correspond à celle adoptée dans le projet initial dont le volume total est de 223 Mm³.

BARRAGE D'AÏT ADEL

(Retenue de 200 Mm³ dont Capacité nette de 170 Mm³)5^{EME} LOI DE FOURNITUREPrelevement Annuel de 316 Mm³

MINIMA DE LA RETENUE



- Les deuxième et troisième lois de fourniture correspondent à celles établies par la Direction de l'Hydraulique et l'Office du Haouz dont le volume global est le même pour les deux lois, soit 260 Mm³.
- La quatrième loi de fourniture correspond à celle effectuée au cours des deux campagnes agricoles 1977-1978 et 1978-1979 dont le volume est de 270 Mm³.
- La cinquième loi de fourniture correspond à celle déterminée à partir du bilan définitif des besoins en eau après achèvement de l'aménagement dont le

volume est de 316 Mm³ (y compris toutes les réalimentations).

Cette étude de régularisation a été faite pour les cinq lois de fournitures à partir de la première année de jaugeage de l'oued Tessaout : campagne agricole 1931-1932 avec l'hypothèse que la retenue est de 200 Mm³, soit une capacité nette de 170 Mm³ si on enlève 30 Mm³ d'envasement ; les prélèvements annuels sont constants et sont répartis mensuellement selon les cinq lois de fournitures.

Le tableau 1 résume les résultats de calcul obtenus par cette étude :

TABLEAU 1

	1 ^{ère} loi	2 ^{ème} loi	3 ^{ème} loi	4 ^{ème} loi	5 ^{ème} loi
Retenue à sec sur 40 ans	4 années (8 %)	13 années (27 %)	12 années (25 %)	13 années (27 %)	27 années (56 %)
Nombre de période à retenue insuffisante	2	6	5	7	7
Cycle Alternance des séries d'années à retenue nulle avec des séries d'années à retenue comprise entre 0 et 170 Mm ³		séries d'années à retenue à sec 2-3 ans série d'années à retenue comprise entre 0 et 170 Mm ³ 5-7 ans	série d'années à retenue à sec 2-3 ans séries d'années à retenue comprise entre 0 et 170 Mm ³ 5-7 ans	série d'années à retenue à 2-3 ans séries d'années à retenue comprise entre 0 et 170 Mm ³ 5-6 ans	série d'années à retenue à 4-5 ans série d'années à retenue comprise entre 0 et 170 Mm ³ 3-4 ans

Le graphique N° 5 illustre aussi les résultats de la 5^{ème} loi de fourniture (316 Mm³) = Minima de la retenue et alternance des séries d'années à retenue nulle et celles des années à retenue comprise entre 0 et 170 Mm³.

Il ressort de ce qui précède que la 5^{ème} loi de fourniture qui correspond à la situation réelle constitue déjà une contrainte à la gestion des eaux d'irrigation indépendamment des problèmes pouvant être posés par l'hydrologie de l'oued Tessaout. La capacité de l'ouvrage ne peut assurer les besoins d'eau des cultures sans trop de risque. Ce risque est évalué à 56 % dans l'étude de la régularisation. Une étude statistique parallèle a montré que ce risque atteint 40 % avec une forte probabilité de 99 %.

Pour faire face à cette contrainte deux possibilités sont envisageables :

- * La première consiste à réviser les assolements retenus et les dotations en eau des cultures pour ne répartir qu'un volume régularisé de l'ordre de 260 Mm³. Cette mesure serait beaucoup plus sûre étant donné qu'elle correspond en général aux données du projet (régularisation révisée par la Direction d'Hydraulique et l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz).
- * La seconde consiste à maintenir les besoins de 316 Mm³ mais il serait nécessaire de réajuster les assolements au début de chaque campagne agricole par des restrictions à déterminer en fonction de réserve disponible au barrage et selon qu'on se

trouve en phase des séries d'années sèches ou humides. C'est ainsi qu'on a pu déterminer que :

* **En période humide :** Le programme sera entamé normalement si la réserve au 1^{er} Octobre est égale à 80 Mm³.

Des restrictions seront prises si la réserve se trouve inférieure à 80 Mm³. Ces restrictions seront de l'ordre de :

7 % si la réserve est comprise entre 60-80 Mm³

13 % si la réserve est comprise entre 40-60 Mm³

* **En période sèche :** Le programme sera entamé normalement si la réserve au 1^{er} Octobre est égale à 140 Mm³. Si la réserve comprend un volume inférieur à 140 Mm³, des restrictions devront être prises dans l'ordre suivant :

7 % si la réserve est comprise entre 120-140 Mm³

13 % si la réserve est comprise entre 100-120 Mm³

19 % si la réserve est comprise entre 80-100 Mm³

25 % si la réserve est comprise entre 60- 80 Mm³

32 % si la réserve est comprise entre 40- 60 Mm³

Ces contraintes dues à la régularisation se sont ajoutées bien entendu à celles causées par les 2 campagnes agricoles 1980-1981 et 1981-1982 marquées par la sécheresse qui feront l'objet de l'analyse ci-dessous.

2. Les années de sécheresse

2.1. Campagne agricole : 1980-1981

2.1.1. Données hydrologiques et besoins des cultures

* Pluviométrie moyenne de la zone	= 257 mm
* Pluviométrie enregistrée	= 190 mm
* Déficit pluviométrique	= 33 %
* Réserve du barrage au 1 ^{er} Octobre 1980	= 124 Mm ³
* Apports de la campagne 1980-1981	= 152 Mm ³
* Apports moyens de l'oued Tessaout	= 360 Mm ³
* Déficit des apports	= 50 %

– Besoins en eau mensuel du périmètre (programme théorique) (en Mm³).

Oct	Nov	Dec	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Total
23	20	20	11	23	28	36	35	28	31	38	23	316

2.1.2. Déroulement de la campagne agricole : 1980-1981

La réserve du barrage de 124 Mm³ au début de la campagne a permis d'entamer normalement le plan des cultures préconisé. Cependant, vers la fin du mois de Février 1981, il a été constaté une nette insuffisance dans les apports de l'oued Tessaout dont le déficit s'élevait à 47 % par rapport aux apports moyens de la période. En effet, il n'a été enregistré durant cette période que 69 Mm³ sur 129 Mm³. De même, les précipitations étaient très en dessous de la moyenne et présentaient aussi un déficit de 64 mm soit 41 %.

Ainsi la campagne agricole 1980-1981 paraissait sèche dès le début du mois de Mars 1981. Cette situation a nécessité la prise des mesures qui s'imposent, afin de sauver les cultures en place notamment les céréales et garantir un rendement minimum des oliviers et de la luzerne par des irrigations en été. Il a été donc procédé à l'étude de 3 variantes de restitution d'eau envisageables en relation avec les apports éventuels de l'oued Tessaout :

- **La première variante :** consistait à évaluer la réserve du barrage pour le reste de la campagne de Mars à Septembre 1981 avec des apports moyens.
- **La deuxième variante :** consistait à évaluer la réserve avec des apports moyens des années sèches (l'ensemble des années dont les apports se trouvent inférieurs à la moyenne).
- **La troisième variante :** consistait à prendre en considération les apports de la campagne 1974-1975 qui était une campagne relativement sèche.

Le résultat auquel on a abouti est le suivant :

a) Première variante : (apports moyens)

* Apports prévisibles (Mars-Septembre 1981)	= 173 Mm ³
* Réserve du barrage au 1 ^{er} Mars 1981	= 87 Mm ³
* Volume disponible	= 260 Mm ³
* Restitution normale (Mars-Septembre 1981)	= 217 Mm ³

Avec cette variante, le programme initial pourrait être réalisé sans difficulté et la réserve à la fin de

la campagne serait de 43 Mm³. Ce volume serait insuffisant pour assurer la campagne agricole de 1981-1982 (voir calcul de la régularisation précédente en fonction de la 5^{ème} loi de fourniture).

b) Deuxième variante : (apports moyens des années sèches).

b.1. Cas des restitutions normales :

- * Apports prévisibles = 120 Mm³
- * Réserve au 1^{er} Mars 1981 = 87 Mm³
- * Volume disponible = 207 Mm³
- * Restitution normale = 217 Mm³

Avec cette sous-variante, on aurait enregistré un déficit de 10 Mm³ et une vidange totale du barrage au mois de Septembre 1981.

b.2. Cas des restitutions avec restrictions sur les cultures d'été (coton - maraichage et maïs d'été).

- * Apports prévisibles = 120 Mm³
- * Réserve au 1^{er} Mars 1981 = 78 Mm³
- * Volume disponible = 207 Mm³
- * Restitutions = 177 Mm³

Dans ce cas, il serait possible de continuer les irrigations des plantations et de la luzerne durant les mois d'été sans vider le barrage qui aurait au début du mois d'Octobre 1981 une réserve de 30 Mm³.

c) Troisième variante : (apports de la campagne 1974-1975)

- * Apports prévisibles = 80 Mm³
- * Réserve du barrage au 1^{er} Mars 1981 = 87 Mm³
- * Volume disponible = 167 Mm³
- * Restitutions :
 - dans le cas normal = 217 Mm³
 - dans le cas restrictif = 177 Mm³

Avec cette variante et dans les deux cas, on aurait enregistré un déficit dans la retenue avec une

vidange totale. Dans le premier cas, le déficit serait de 51 Mm³ et dans le second cas, il serait de 11 Mm³. Des restrictions seraient donc envisagées en été au niveau des plantations et de la luzerne.

Après la définition de ces 3 variantes, l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz a demandé la réunion de son Comité Technique de la Province d'El Kelâa en vue de l'informer de la situation et de prendre les mesures qui s'imposent. Ainsi cette réunion a été tenue le 16 Mars 1981 et a donné lieu aux décisions suivantes :

- * Considération de la 2^{ème} variante (b.2.): apports de la moyenne des années sèches.
- * Réserver l'eau disponible aux cultures en place (céréales et plantations).
- * Annulation de la culture du coton, des maraichages d'été et maïs d'été pour la campagne 1980-1981.
- * En cas d'amélioration des apports, les superficies réservées aux cultures supprimées seront emblavées en maïs et cultures maraichères.
- * Tenir des réunions avec l'ensemble des usagers pour les informer de la situation et les sensibiliser à la bonne utilisation de l'eau.
- * Constitution des commissions locales et d'une commission provinciale chargées de suivre la bonne application des mesures arrêtées par le Comité Technique.
- * Instauration d'un contrôle sur les vols d'eau et détérioration des canaux en collaboration avec les autorités locales et les tribunaux communaux de la zone.

Evolution de la réserve du barrage de Mars à Juin 1981

L'application des mesures prises par le Comité Technique a permis l'évolution suivante : (en Millions de mètres cubes).

	Mars	Avril	Mai	Juin
Réserve	87	79	75	62
Apports	25	29	11	
Restitution	33	24	24	

Cette évolution attire la remarque suivante : la réserve prévisible au mois de Juin est 84 Mm³ selon la variante prise en considération par le Comité Technique alors que la réserve réelle de ce mois n'est que de 62 Mm³.

En effet, des irrigations supplémentaires ont été données aux céréales en raison de la sécheresse, ce qui a permis d'avoir un bon rendement (voir les conséquences ci-dessous).

Evolution de la réserve du barrage de Juin à fin Septembre 1981.

A la fin de la campagne céréalière (mois de Juin)¹, une autre mise au point a été faite avec les autorités locales et les usagers en vue de définir les modalités d'irrigation pour l'été et le début de la campagne 1981-1982, compte tenu des très faibles apports qui ont été en réalité inférieurs à la moyenne des années sèches. Il a été ainsi admis, pour permettre d'avoir un minimum de réserve au barrage à la fin du mois de Septembre 1981 et pouvoir faire face, ne serait-ce qu'aux besoins domestiques, de réduire de 15 % les besoins des plantations, de la luzerne et des réalimentations. Avec ces nouvelles dispositions, on est arrivé au 1^{er} Octobre 1981 avec une réserve de 15 Mm³ (y compris la réserve du compensateur de Timinoutine).

2.2. Campagne agricole : 1981-1982

2.2.1. Déroulement de la campagne durant la période de Octobre à fin Novembre 1981.

A la veille de la campagne agricole 1981-1982, l'Office du Haouz a réuni le Comité Technique (17 Septembre 1981) en vue de lui exposer la situation alarmante de la réserve du barrage qui se trouvait déficitaire de 120 Mm³ pour entamer normalement une campagne agricole en période de sécheresse (voir étude de la régularisation précédente). C'est ainsi qu'il a été retenu dès le début du mois d'Octobre, après consultation des usagers, les décisions suivantes :

- Réduire de 50 % les irrigations prévues pour le mois d'Octobre et Novembre 1981 pour les cultures en place (plantations, luzerne et réalimentation).
 - Retarder la mise en place des céréales et de la betterave en attendant une éventuelle amélioration des conditions climatiques et de la réserve.
- Avant la fin de cette période, il s'était avéré que les mois d'Octobre et Novembre étaient très secs. La réserve du barrage ne comprenait à ce moment là que 1 million de mètres cubes.

Parallèlement à ce programme, une étude prévisionnelle a été faite. Elle consistait à étudier l'évolution de la réserve en fonction des 4 variantes d'apports et des besoins normaux des cultures :

- Première variante = Apports moyens mensuels
- Deuxième variante = Apports moyens des années sèches
- Troisième variante = Apports de l'année la plus sèche (1937)
- Quatrième variante = Apports minima déterminés statistiquement à 99 % de probabilité.

Le tableau 2 montre l'évolution de la réserve en fonction de ces 4 variantes d'apports et des besoins des cultures prévus par le plan d'assolement (y compris la réalimentation des droits d'eau, le rendement du réseau est de 0,90 pour les cultures assolées) (en Millions de mètres cubes).

TABLEAU 2

Mois	Besoins des cultures			1 ^{re} Variante		2 ^{me} Variante		3 ^{me} Variante		4 ^{me} Variante	
	Cult asso.	droits d'eau	Total	App.	Réser.	App.	Réser.	App.	Réser.	App.	Réser.
Oct. 1981	14,71	7,83	22,54	14	15,00	12	15	10,6	15	13,32	15
Novembre	12,70	7,01	19,71	37	6,46	16	4,46	14,5	3,06	14,08	5,78
Décembre	13,16	7,14	20,30	22	23,75	17	0,75	19,4	0	16,5	0,15
Janvier	3,79	7,40	11,19	23	25,45	22	0	15,0	0	20,2	0
Février	16,03	7,11	23,14	33	37,26	23	10,81	12,0	3,81	22,5	9,01
Mars	19,25	8,89	28,14	51	47,12	30	10,67	9,5	0	34,00	8,37
Avril	27,70	8,51	36,21	65	69,90	33	12,53	5,4	0	46,7	14,23
Mai	26,48	7,97	34,45	49	90,77	25	9,32	6,2	0	36,4	24,72
Juin	20,32	7,03	27,35	24	113,32	14	0	4,1	0	18,4	26,67
Juillet	24,05	7,13	31,18	13	109,97	9	0	2,8	0	9,7	17,72
Août	30,98	7,31	38,29	10	91,79	6	0	3,3	0	6,7	0
Septembre	16,12	6,82	23,00	12	63,50	12	0	3,3	0	0,6	0
Oct. 1982					52,50		0		0		0
TOTAL			315,5	353		219		106,0		247,1	

Il paraissait donc, d'après ce tableau, que seule la 1^{ère} variante permet la réalisation du programme normal. Pour les autres variantes, ce programme ne peut nullement être réalisé étant donné que le barrage serait en général vide vers le mois de Décembre.

Par conséquent, lorsqu'il a été constaté que les mois d'Octobre et de Novembre sont très secs, il a été pris en considération que la campagne agricole serait sèche et la variante d'apports retenue est celle de l'année la plus sèche (3^{ème} variante = 106 Mm³).

2.2.2. Déroulement de la campagne agricole de Décembre 1981 à fin Avril 1982.

En prenant en considération les apports de la 3^{ème}

* plantations	= 50 % des besoins normaux, soit	8,72 Mm ³
* luzerne	= 50 % des besoins normaux, soit	17,12 Mm ³
* cultures associées	= 40 % des besoins normaux, soit	15,40 Mm ³
* céréales	= 50 % des besoins normaux, soit	17,66 Mm ³
* Réalimentations des droits d'eau	= 50 % des besoins normaux, soit	45,10 Mm ³
		<hr/>
		104 Mm ³
		10 Mm ³
		<hr/>
Perte dans le réseau		114 Mm ³

Ce programme prévisionnel élimine les cultures suivantes : culture de la betterave, cultures maraichères, coton, bersim, maïs, légumineuses.

Il a été aussi retenu qu'en cas d'amélioration des apports en Février 1982, des cultures de printemps et d'été pourraient être réalisées (cultures maraichères, maïs, coton, etc...).

Pratiquement, les irrigations ont été arrêtées à partir du mois de Décembre 1981, pour pouvoir constituer une réserve afin de la programmer. Cet arrêt n'a pas empêché les agriculteurs du périmètre d'emblaver presque la totalité de la superficie (15.000 hectares environ) en céréales à la suite des pluies du mois de Janvier 1982. Mais il a permis

variante : 106 Mm³ et la réserve du barrage au 1^{er} Octobre 1981 qui était de 15 Mm³ soit un total de 121 Mm³ et sachant qu'on ne peut garantir un programme d'irrigation, les propositions de l'Office du Haouz étaient les suivantes :

- * annuler la culture de betterave,
- * les céréales seront réalisées à l'initiative des agriculteurs sans aucun programme d'irrigation assuré,
- * assurer les besoins d'abreuvement,
- * des lâchers d'eau d'irrigation seront opérés si la réserve le permettait (plantations, stade critique des céréales, luzerne, etc...).

Un programme prévisionnel théorique a été arrêté pour toute la campagne :

ainsi de constituer vers le début du mois de Mars 1982 une réserve de 32,5 Mm³.

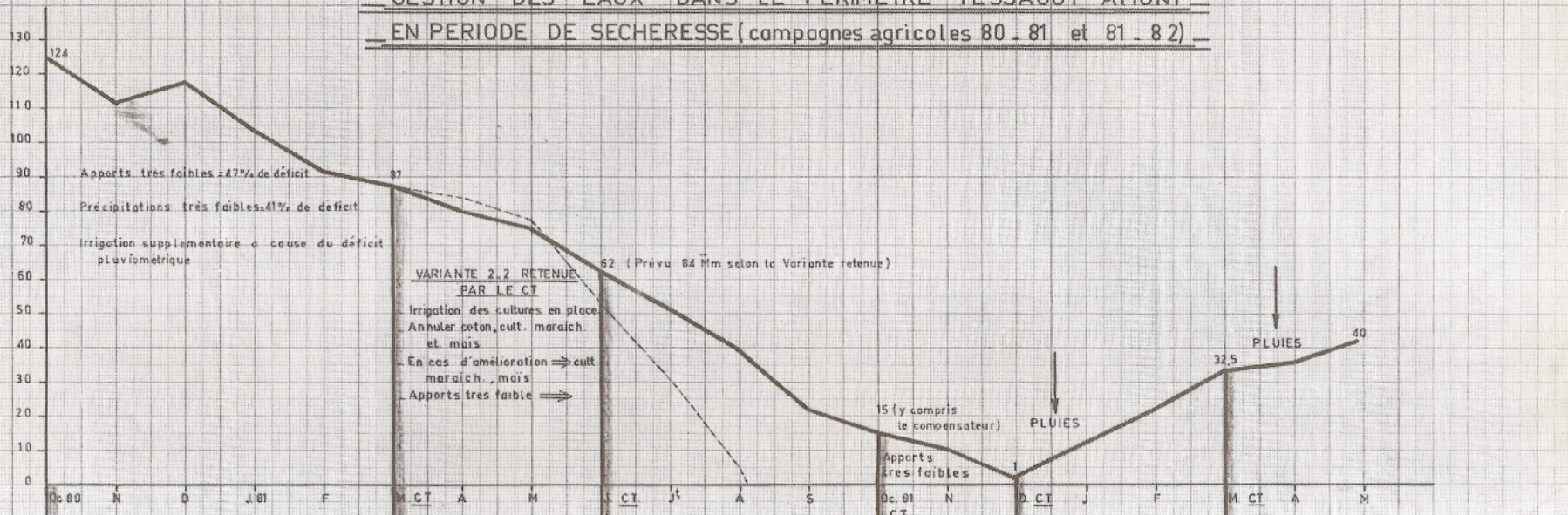
Le stade de tallage des céréales et la floraison des oliviers rendant nécessaire au moins une irrigation, un programme d'irrigation a été établi pour le reste de la campagne qui consistait à donner :

- Une irrigation complète pour les cultures en place (céréales, plantations, fourrage et séguias traditionnelles au mois de Mars) = 37 Mm³
- Une irrigation à 50 % des besoins de ces cultures pour le mois d'avril = 13,5 Mm³
- Une irrigation à 50 % des besoins pour le mois de Mai = 13,5 Mm³
- Une irrigation pour les plantations en Août = 7 Mm³

L'évolution prévisionnelle de la réserve a été la suivante :

	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE
Réserve	23,5	15	6,9	0	4,1	6,9	6,5
Apports	9,5	5,4	6,2	4	2,8	3,3	
Restitution	27	13,5	13,5	0	0	7	

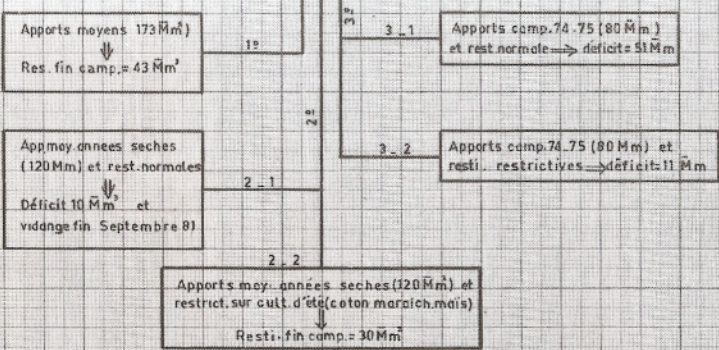
GESTION DES EAUX DANS LE PERIMETRE TESSAOUT-AMONT EN PERIODE DE SECHERESSE (campagnes agricoles 80-81 et 81-82)



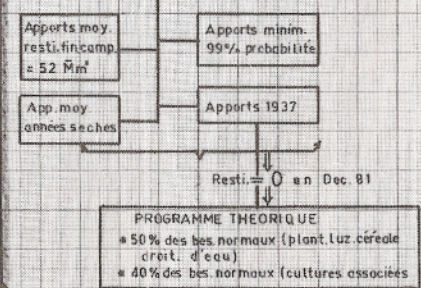
VARIANTE 2,2 RETENUE PAR LE CT
 Irrigation des cultures en place
 Annuler coton, cult. maraich. et maïs
 En cas d'amélioration ⇒ cult. maraich., maïs
 Appports très faible ⇒

15 (y compris le compensateur)
 Appports très faibles

3 VARIANTES



4 VARIANTES



Pas de coton, maïs, culture maraich.
 Programme établi
 Mars = 27 Mm (cult. en place)
 Avril = 13,5 (50%)
 Mai = 13,5 (50%)
 Août = 7 (plantation)
 Après pluies Avril 82
 50% besoins des cultures en place

1) BILAN DE LA CAMPAGNE 80-81

- Réserve au 1^{er} oct. 80 = 124 Mm³
- Appports = 152 Mm³
- Restitutions = 276 Mm³
- Réserve au 1^{er} oct. 81 = 15 Mm³

2) RESTRICTION

- Coton = 40 Mm³
- 15% sur = 14,5 Mm³
- Luzerne plant.
- Bersim = 5,5 Mm³
- = 60 Mm³

CAMPAGNE 81-82

- Appports à fin avril 82
- 70% de déficit année moy. (73 / 245 Mm³)
- 15% de déficit/année sèche 1937 (73 / 86 Mm³)

2) RESTITUTIONS

- V = 48 Mm³
- 70% de déficit/bes. normaux
- 26% / progr. arrêté

3) CULTURES RETENUES

- Cereales
- Luzerne
- Plantations
- Réalimentations

Une fois l'irrigation du mois de Mars réalisée, le mois d'Avril 1982 a été humide et on a enregistré des précipitations importantes (93 mm sur une moyenne de 43 mm). Cependant, on doit noter que, depuis le début de la campagne agricole jusqu'au mois d'Avril 1982, les apports ont été les plus faibles. Le bassin versant du barrage n'a reçu que des précipitations faibles. Les apports enregistrés sont beaucoup plus faibles que ceux de l'année sèche considérée (1937). Ils sont déficitaires par rapport à l'année normale de 70 % soit 73 Mm³ sur 245 Mm³, y compris les apports du mois d'Avril 1982, et par rapport à l'année sèche (1937), 15 % soit 73 Mm³ sur 86 Mm³.

De même, les restitutions ont accusé un déficit de 70 % par rapport aux besoins normaux (48 Mm³

sur 159 Mm³) et de 26 % par rapport aux besoins arrêtés selon l'année sèche (48 Mm³ sur 65 Mm³).

2.2.3. Programme d'irrigation et évolution de la réserve pour le reste de la campagne.

Dès le début du mois de Mai, et avec l'arrêt des irrigations pendant le mois d'Avril, il a été possible d'accumuler 40 Mm³, cette réserve a permis de modifier le programme précédent. C'est ainsi qu'il est retenu d'assurer l'irrigation pour 50 % des besoins pour toutes les cultures en place (céréales, luzerne, plantations, cultures associées et réalimentation des droits d'eau). L'évolution prévisible de la réserve serait la suivante (apports de l'année 1937) :

	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE
Réserve	40	34,5	28,5	21,5	12	6,5
Apports	9	4	3	3	3	
Restitution (50 % des besoins)	14,5	10	10	12,5	8,5	

2.3. Evaluation et bilan des restrictions

Cette évaluation ne peut se faire que pour la campagne agricole achevée 1980-1981. Par contre, pour celle de 1981-1982, on peut dire tout de suite qu'il n'y a aucun programme d'irrigation. La gestion de la réserve se fait sans aucun programme d'irrigation précis et déterminé à l'avance ; l'irrigation se fait pratiquement au fil de l'eau, d'autant plus que les apports enregistrés depuis le début de la campagne

sont nettement inférieurs à ceux même de l'année la plus sèche (1937).

Il s'agit par cette évaluation de la campagne agricole 1980-1981 de déterminer si les restrictions opérées ont eu un effet positif ou négatif sur la production agricole.

Le tableau 3 permet de comparer les rendements d'une année normale à ceux de la campagne 1980-1981 et 1981-1982 (les rendements de 1981-1982 sont estimés et donnés à titre indicatif) :

TABLEAU 3

Cultures	CEREALES		OLIVIERS		BETTERAVE		COTON		FOURRAGE		MARAICHAGE	
	S ha	Rt qx/ha	S	Rt qx/ha	S	Rt T/ha	S	Rt qx/ha	S	Rt T/ha	S	Rt T/ha
Normale	9000 (1)	25 (1)	9700	31	1000	30	1100	15	5498	53	3800	16
1980-1981	15317	26	9700	30 (4)	1020	30	0	0	3844 (5)	45	1500 (6)	14
1981-1982	14500 (3)	16 (7)	9700		0	0	0	0	3000	35 (7)	0	0

Le tableau 3 nécessite quelques remarques :

- 1) Les 9000 hectares représentent la superficie céréalière dans la zone aménagée (6964 ha) auxquels il faut ajouter la superficie céréalière menée dans le cadre des cultures associées (intercalaires qui se trouvent essentiellement à Sahrij sous les oliviers) : 2100 hectares. Ces rendements correspondent à ceux de la moyenne des 5 dernières campagnes agricoles.
- 2) Les 15.317 hectares représentent la superficie céréalière habituelle dans la zone aménagée ainsi que les 7000 ha de céréales menés en intercalaire auxquels il faut ajouter les superficies céréalières cultivées dans certaines parcelles réservées officiellement au maraichage ou au fourrage.
- 3) La superficie céréalière réalisée en 1981-1982 n'a atteint que 14.500 ha à cause du manque d'eau d'irrigation et du retard des pluies. Les ensemencements n'ont commencé que vers le mois de Janvier.
- 4) Le rendement à l'hectare de 30 quintaux atteint en 1980-1981 sur les oliviers est un rendement normal par rapport à la moyenne qui atteint dans la Tessaout les 31 quintaux à l'hectare.
- 5) La superficie fourragère assolée est de 5498 hectares. Elle n'a atteint que 3844 ha en 1981-1982 et 3000 ha en 1980-1981 à cause de l'annulation du bersim et du manque d'eau.

6) Malgré l'annulation du maraichage, il a été réalisé clandestinement 1500 hectares en 1980-1981.

7) Les rendements de la campagne 1981-1982 sont estimés.

Il ressort aussi de ce tableau que les restrictions ont entraîné :

- l'annulation de la culture de coton sur 1100 hectares.

- l'annulation des cultures maraichères. Cependant, il a été réalisé illégalement 1500 ha qui étaient irrigués à partir des eaux destinées aux céréales, plantations ou cultures fourragères.

Si ces restrictions n'étaient pas appliquées, les irrigations auraient été arrêtées par manque d'eau dans le barrage dès fin Juillet. Ce qui aurait provoqué :

* Une diminution dans les rendements de l'olivier de l'ordre de 25 %

* Une perte par dessèchement des 1100 hectares de la culture cotonnière

* Un flétrissement des cultures fourragères sur une superficie de 3844 hectares.

* Une perte par dessèchement du maraichage avec un déficit de production de l'ordre de 75 % sur une superficie de 3000 hectares environ.

Avec ces restrictions, il a été possible de limiter les pertes suivantes :

- Olivier	$9700 \text{ ha} \times 0,25 \times 3 = 7275 \text{ T} \times 900 \text{ DH}$	= 6.547.500 DH
- Coton	$1100 \text{ ha} \times 3400 \text{ DH} (1)$	= 3.740.000 DH
- Maraichage	$3800 \text{ ha} \times 4000 \text{ DH} (2)$	= 15.200.000 DH
- Fourrage	$3844 \text{ ha} \times 45 = 172.900 \text{ T} \times 250 \text{ DH}$	= 43.245.000 DH
TOTAL		68.732.500 DH

(1) 3400 DH correspondent aux charges d'hectare de coton

(2) 4000 DH correspondent aux charges d'hectare de maraichage.

Par conséquent, la décision prise pour annuler le coton et les cultures maraichères a permis de sauver les cultures déjà en place et particulièrement les plantations et les cultures fourragères.

Cette mesure restrictive n'a été donc que positive étant donné qu'elle a permis d'éviter une perte importante estimée à 69 millions de dirhams environ, ce qui n'est pas négligeable.

LES LOIS DE RESTRICTIONS DANS LES ETUDES DE REGULARISATION DES BARRAGES

par
Abdelaziz TABET
Ingénieur Principal SCET-Maroc

Lors des exposés de ce matin, il vous a été présenté les dispositions et les mesures qui ont été prises pour faire face à une défaillance de longue durée des ouvrages de stockage et de régularisation des eaux. Cette défaillance se caractérise évidemment par un manque d'eau (pénurie).

L'objet de mon intervention est de mettre en relief certains aspects inhérents aux études de régularisation des barrages pour l'irrigation afin de mieux cerner la nature du concept de la défaillance et d'analyser objectivement ses multiples aspects et implications.

Ceci permettra aux techniciens gestionnaires des périmètres irrigués de mieux comprendre les limites d'un ouvrage de stockages d'eau dont le dimensionnement a été avant tout basé sur des considérations économiques.

1. Caractéristiques et expression du déficit

Lors de l'élaboration d'un projet de barrage, on procède entre autre à des études de régularisation qui consistent à simuler sur une période aussi longue que possible le fonctionnement de la retenue pour satisfaire un besoin donné selon une certaine loi de fourniture.

Cette ou ces simulations nous permettent de dégager un certain nombre de résultats qui reflètent le comportement de l'ouvrage, sur la base desquels des décisions à caractère socio-économique seront prises pour le dimensionnement de l'ouvrage.

Plusieurs questions se posent à ce niveau :

- la période hydrologique sur laquelle porte la simulation est une période anté-fonctionnement.

Dans quelle mesure peut-on penser que les 50 ou 100 ans à venir auront des apports similaires à la période passée ? Il est bien sûr toujours possible qu'une série d'années de sécheresse critique plus importante que celles observées puisse survenir. Les méthodes d'analyse stochastiques permettent actuellement d'extrapoler à partir d'une série de base courte une série plus longue (200 ans), tout en gardant les caractéristiques de la série d'origine.

Par ailleurs, pour cette même série hydrologique doit-on envisager de construire un ouvrage pour satisfaire les besoins durant une période de sécheresse dont la fréquence d'apparition est présumée rare ?

- Qu'est-ce qu'on entend par satisfaction d'un besoin donné ? Doit-on absolument le satisfaire ou peut-on se permettre de ne le satisfaire qu'en partie ?

Il est évident que s'il s'agit d'alimenter en eau des populations et le cheptel, la satisfaction du besoin doit être totale. Il en est de même pour l'industrie car son immobilisation faute d'eau peut engendrer des pertes irrémédiables.

Par contre, s'il s'agit de cultures, la notion de satisfaction des besoins peut être nuancée comme on le verra par la suite.

Il est possible donc de tolérer que le système hydraulique pour l'irrigation soit défaillant et donc qu'un manque d'eau apparaisse parfois.

Plusieurs critères ont été avancés pour exprimer cette défaillance.

- la défaillance proprement dite qui est le rapport entre le nombre de jours où le système a été défaillant, c'est-à-dire n'a pas pu satisfaire le besoin au nombre total de jours de la période.

- le déficit en volume. C'est la différence entre le volume programmé (V_p) qui correspond justement au besoin et le volume réellement fourni (V_f):

$$D_i = V_p - V_{fi} \quad \text{année } i$$

Il peut être exprimé en % VP

$$d_i = \frac{V_p - V_{fi}}{V_p} \cdot 100 = \frac{D_i}{V_p} \cdot 100$$

Le déficit moyen interannuel est :

$$K = \sum_i^n \frac{d_i}{NT} \quad \text{NT} = \text{Nombre d'année de période de simulation}$$

Le déficit moyen interannuel n'indique ni le nombre, ni l'importance de chacun des déficits.

- Le déficit en fréquence

C'est le nombre d'années avec déficit sur le nombre total d'années de la période.

$$d_f = \frac{NF}{NT}$$

que l'on réduit sous la forme $m/10$ ce qui veut dire

que l'on admet en moyenne m années sur 10 avec déficit.

Le critère n'indique pas l'importance en volume de chacun des déficits. On comptabilise de la même manière une année avec un faible déficit et une année avec un fort déficit.

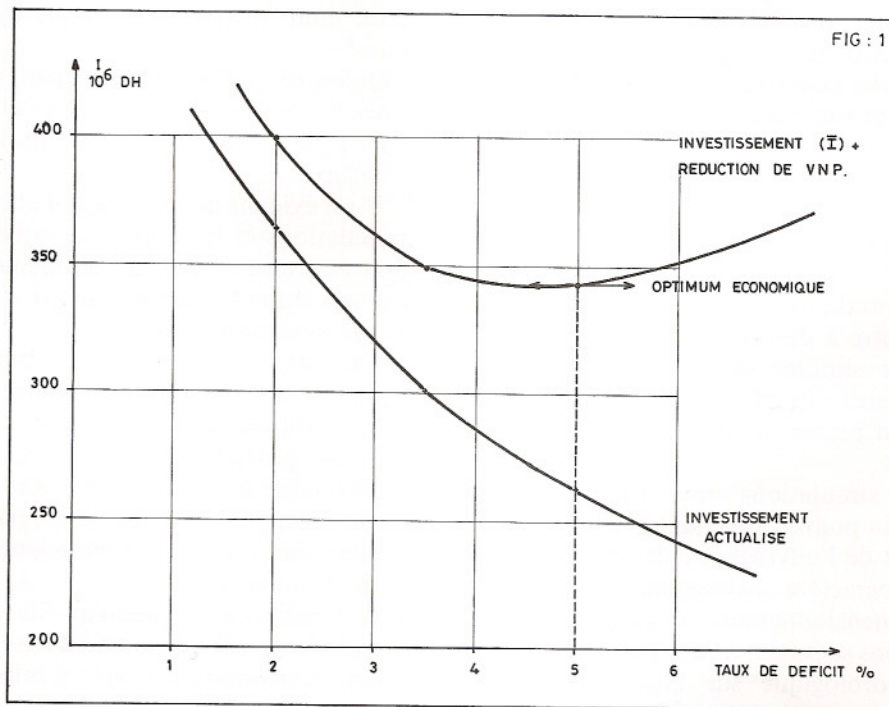
Ces deux derniers critères n'étant pas entièrement satisfaisants, car ils ne décrivent pas complètement la défaillance. La Direction de l'Hydraulique introduit un nouveau critère : la courbe des déficits annuels D , classés en fonction de leur fréquence de retour F associée au déficit moyen interannuel K .

Quant il s'agit du dimensionnement d'un barrage, ces calculs sont menés pour différents volumes programmés. On conçoit aisément que plus on est ambitieux dans la satisfaction des besoins, plus le risque de voir ces besoins non satisfaits augmente.

Le principe du calcul revient à tester plusieurs volumes programmés afin de déterminer celui pour lequel on a un déficit admissible.

Un optimum économique peut être trouvé dans ce cas si l'on sait que le coût des ouvrages augmente à mesure que le déficit toléré diminue et que la perte en valeur nette de production augmente avec le déficit.

Cette approche est illustrée par l'exemple suivant tiré de l'étude du Plan Directeur du Haouz central (Fig. 1).



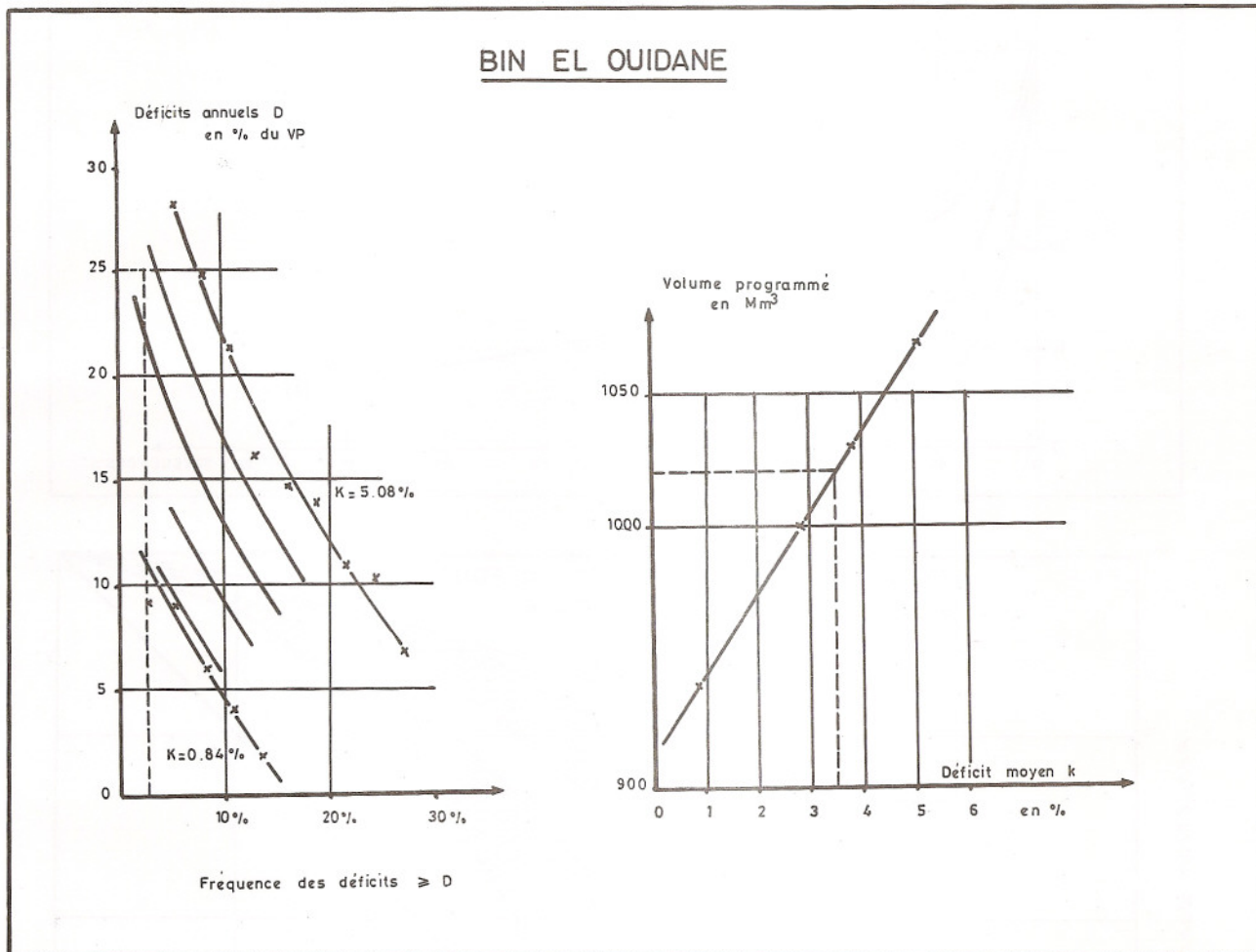
L'optimum économique fixerait donc le déficit à 5 %. Seulement comme on le verra, ce déficit risque d'engendrer des pertes inadmissibles au niveau des exploitations agricoles. Pour cela, les responsables ont fixé ce taux à 3,5 %.

Une analyse bibliographique sur des cas étudiés aux E.U. fixe en moyenne les critères suivants pour le dimensionnement d'un barrage.

Déficit moyen annuel	3 %
Déficit annuel maximum	50 %
Déficit pour 2 années consécutives	70 %
Nombre max. d'années avec déficit	27 %

Les figures 2 et 3 suivantes présentent quelques exemples de présentation des résultats.

FIG : 2



2. Conséquences d'un déficit en eau sur la production agricole et sur le revenu des agriculteurs

La notion de réponse de rendement de différentes cultures au déficit hydrique est très importante pour planifier l'utilisation de l'eau en période de pénurie.

La valeur ajoutée à l'hectare et par là le revenu des agriculteurs sont donc fonction de la dotation en eau allouée.

On ne peut donc d'un point de vue purement social, tolérer que les revenus des agriculteurs subissent des variations importantes d'une année à l'autre. Ce qui oblige donc à choisir pour le calcul des barrages des déficits moyen pas très forts.

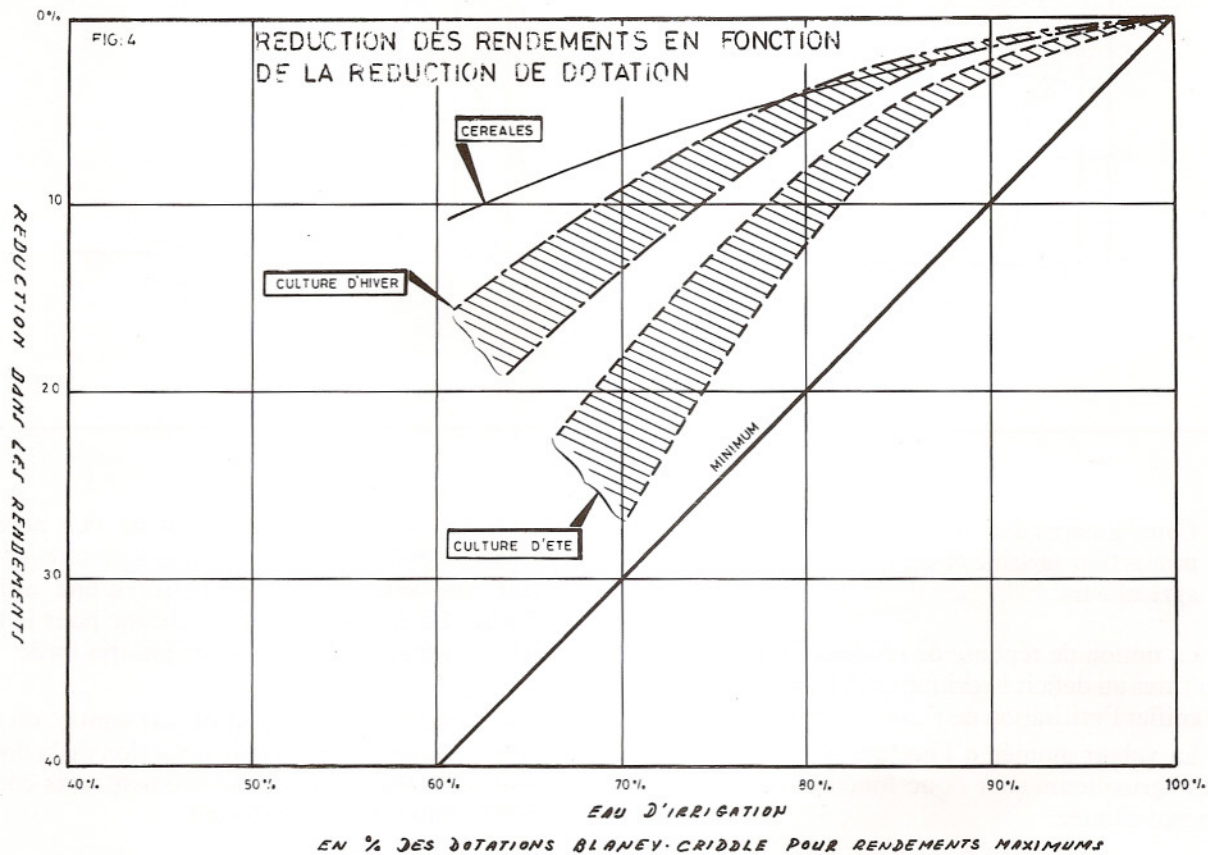
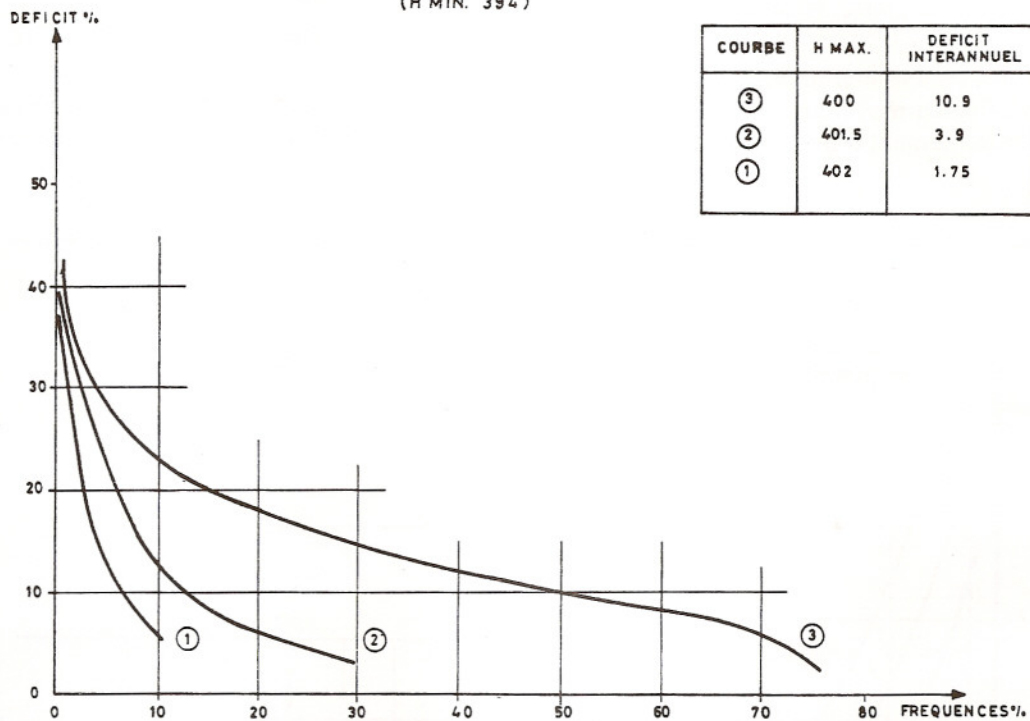
En période de forte pénurie par contre, on est en droit de se demander quelle réduction de la dotation peut-on pratiquer et à quel moment sans compromettre entièrement la récolte ?

BOUFRAH

COURBE DES DEFICITS CLASSES

BESOINS AGRICOLES $2.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

(H MIN. 394)



Seule une expérimentation poussée faite dans des conditions pratiques de cultures et pour des conditions économiques comparables à celles existants dans la région où l'aménagement est étudié permettrait d'établir de façon précise les relations entre le déficit en eau - baisse de rendement et baisse de revenu.

Ce type d'analyse a été néanmoins tenté lors de l'étude de régularisation du barrage Mohamed V en utilisant des données recueillies aux Etats-Unis. La figure suivante présente les courbes retenues pour l'analyse de l'effet de la pénurie sur le revenu des agriculteurs (Fig. 4).

Récemment, la FAO a publié un bulletin sur la réponse des rendements des cultures à l'eau. On peut y trouver les courbes de réponse à l'eau pour différentes cultures.

3. Lois de restriction

Une exploitation de barrage sans consignes de restriction consiste à satisfaire la demande mensuelle tant que les apports naturels et les réserves disponibles au barrage le permettent. Il existe donc un risque de bloquer les déficits sur les derniers mois de la campagne agricole lorsque les besoins sont les plus élevés et les apports naturels les plus faibles.

Une telle façon de procéder renferme des risques énormes de faire tomber à zéro ou presque la production de l'année et celle de l'année suivante pour les plantations.

Il vaut mieux donc quand on dispose d'un volume d'eau réduit de le concentrer sur des superficies réduites de cultures afin de pouvoir satisfaire leurs besoins durant tout le cycle végétatif.

La restriction consiste donc à diminuer la fourniture d'eau selon une loi préétablie permettant d'avoir une exploitation de la retenue sans déficit d'eau.

Les restrictions consistent :

- Soit à réduire la superficie irriguée si le déficit est connu avant la date de mise en culture.
- Soit à réduire les dotations de l'ensemble ou d'une partie des superficies en culture.

A partir d'une loi de restriction à définir en fonction de la perte de revenu résultant d'une baisse des quantités d'eau attribuées, ou des superficies irriguées, le modèle de gestion indique quelle est la politique à suivre devant telle ou telle situation de stock.

Réduction des superficies

Cette mesure consiste donc à diminuer les superficies ensemencées au début de la campagne agricole quand le volume stocké dans la retenue est insuffisant. Elle a lieu en Septembre-Octobre. Durant toute la campagne les besoins en eau seront donc moindres. Cette mesure si elle est suivie d'un évènement crue en hiver ou au printemps doit autoriser la mise en place des cultures de printemps.

Réduction de dotation

Partant de l'analyse qui a été faite sur le comportement des cultures vis-à-vis d'une pénurie d'eau, il apparaît qu'une réduction globale des dotations de 20 % n'est pas très préjudiciable aux cultures (sauf pour certaines cultures très sensibles et à certains moments de leur cycle végétatif).

Afin d'illustrer les divers aspects des études de régularisation avec des consignes de restrictions, les exemples suivants ont été commentés par l'orateur (Fig. 5,6 et 7).

EXEMPLES DE TABLEAUX DE RESULTATS

BARRAGE YOUSSEF BEN TACHFINE

Sans restriction

VOPR (Mm3)	K %	D max	Nbre années déf.
100	10	91	8/31
130	22	93	15/31

Avec restriction

VOPR Mm3	Déficit agr. annuel		Nbre	Déf. Théorique annuel	
	Moyen	Max.		Moyen	Max.
100	3	57	4	12	68
130	4	86	4	28	93

BARRAGE HASSAN ADDAKHIL (Ziz)

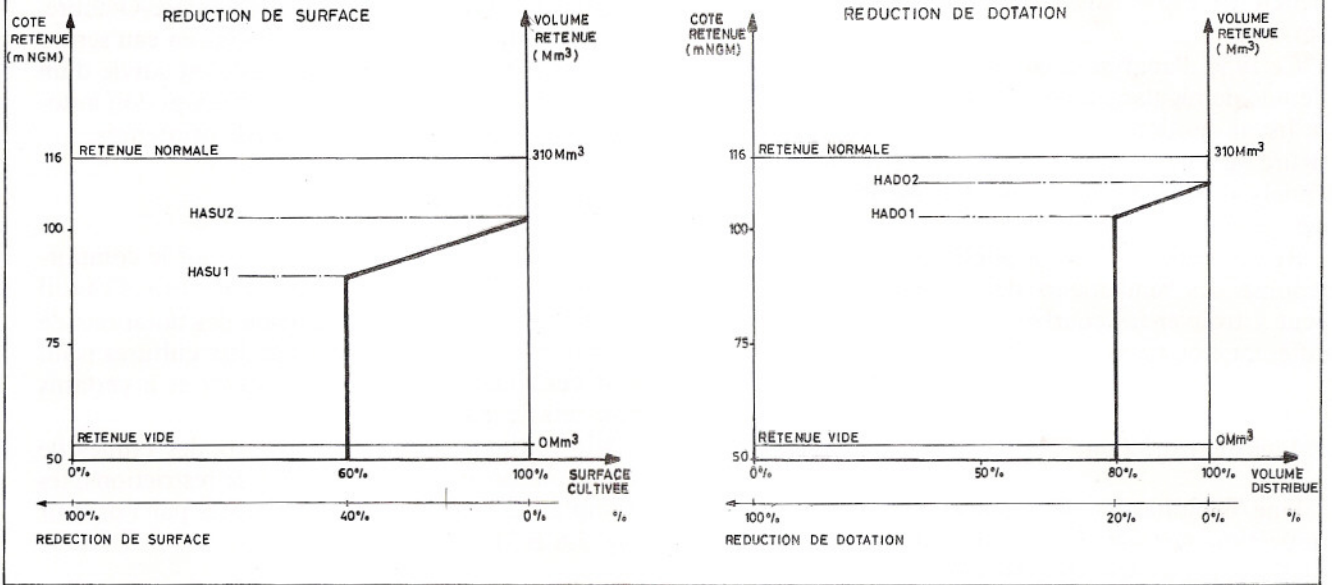
Sans restriction

VOPR Mm3	K %	D max	Nbre année déf.
140	4,5	63	85/200
160	12,4	83,6	79/200

Avec restriction

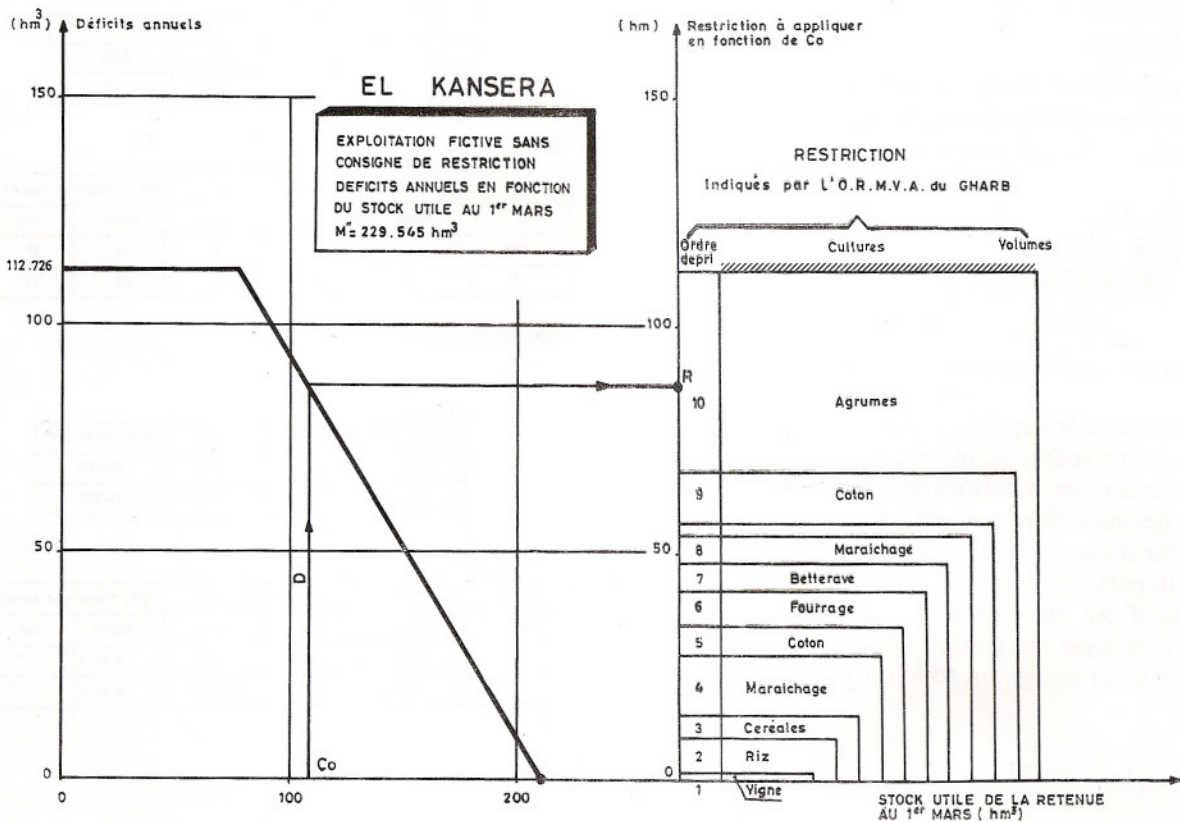
VOPR Mm3	Déficit Agr. Annuel (%)		Nbre	Déf. Théorique annuel	
	Moyen	Max.		Moyen	Max.
140	0,27	38,3	4/200	8,86 %	"
160	1,48	35,1	20/200	8,86 %	"

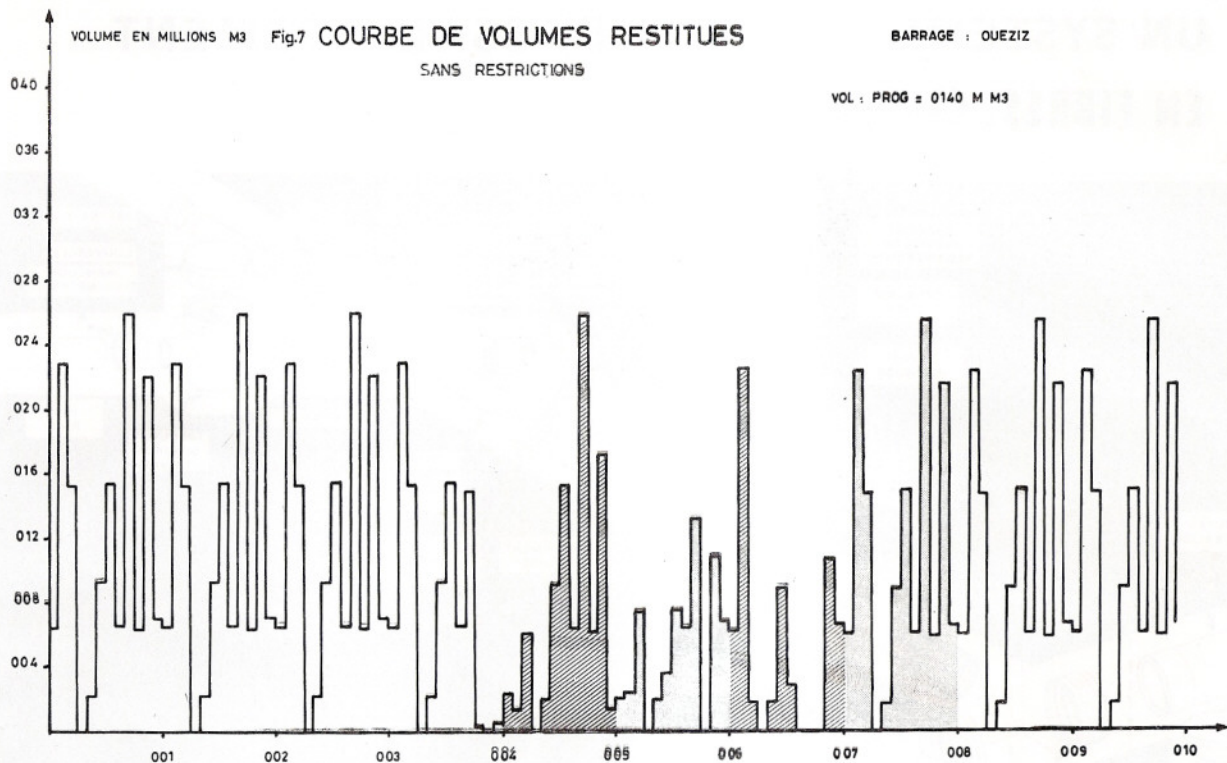
LOIS DE RESTRICTION
BARRAGE YOUSSEF BEN TACHFINE
(MASSA)



SOURCE : DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE

FIG: 6





Documents consultés

MARA/DMV Note sur les déficits admissibles dans la fourniture d'eau pour l'irrigation (1972).

CB THOMSON Etude des déficits dans la fourniture d'eau potable et industrielle et d'eau pour les irrigations (Traduction Direction de l'Hydraulique).

SCET Intérêt de la connaissance des courbes de réponse à l'eau des cultures dans le dimensionnement des projets d'irrigation (Nouden-Janvier 1975) - Note Interne.

C.O.B.

Etude de gestion de barrages avec consignes de restriction (barrage Idriss 1^{er} et El Kansera) - Juin 1973.

MARA/DE

Etude de l'aménagement et de la mise en valeur hydro-agricole du Haouz Central et de la Tessaout Aval (GRONTMIJ Décembre 1976).

DH

Etude de régularisation du barrage Youssef ben Tachfine (MASSA) 1976.

F.A.O. (1980)

Réponse des rendements à l'eau - Bulletin d'Irrigation et de drainage n° 33.

LES RESSOURCES EN EAU ET LA SECHERESSE

par
P. Carlier et M. Normand
Direction de l'Hydraulique

1. Introduction

La sécheresse a pour cause un déficit prolongé du bilan hydrique saisonnier annuel ou pluriannuel.

Une sécheresse doit se définir quantitativement par rapport à une situation moyenne relative à une période de référence, ce qui permet de lui attribuer une période de retour ou de la situer historiquement.

Les différents types de sécheresse seront analysés à l'aide d'exemples au niveau du climat, des cours d'eau, des lacs, des nappes d'eaux souterraines et des sources ; ensuite les diverses méthodes de prévisions seront passées en revue.

2. Les différents types de sécheresse

2.1. Sécheresse climatique

Elle est due à un déficit de précipitation par rapport à une situation moyenne. Il lui correspond en général des durées d'insolation et des températures élevées. Elle est à l'origine des autres types de sécheresse mais son influence sur celles-ci est variable selon les périodes de l'année essentiellement à cause du caractère saisonnier de l'évapotranspiration. Dans l'état actuel de nos connaissances, **la sécheresse climatique est imprévisible au delà de quelques jours** : en effet on sait prévoir au mieux, avec un degré de certitude satisfaisant, le temps qu'il fera dans les 10 prochains jours.

Analyse de la situation pluviométrique

Nous avons choisi le poste d'Ifrane aéroporté (altitude 1663 m) pour illustrer la situation pluvio-

métrique de ces dernières années dans le Moyen Atlas. La pluviométrie moyenne sur une période de 23 ans (1957-1958 à 1979-1980) est de 1091 mm oscillant entre 1806 mm en 1962-1963 et 708 mm en 1965-1966. L'année 1980-1981 avec 830 mm a donc été déficitaire de 24 % par rapport à la normale : sa période de récurrence est de l'ordre de 7 années (fig. 1).

La figure 2 donne la comparaison entre la pluviométrie mensuelle de Septembre 1979 à Mars 1982 et la pluviométrie moyenne mensuelle relative à la période 1957-1958 à 1979-1980.

Elle montre que c'est essentiellement la période allant de Novembre 1979 à Novembre 1981 qui est déficitaire par rapport à la normale. Au cours de cette période les mois les plus déficitaires furent essentiellement les mois d'hiver :

- Novembre 1979 à Février 1980

- Décembre 1980 à Mars 1981

- Mai à Novembre 1981

Ainsi si on considère une période de 25 mois consécutifs, allant de Novembre de l'année (i) à Novembre de l'année (i+2), la pluviométrie moyenne sur une période de 23 ans (Novembre 1957 à Novembre 1979) est de **2316 mm**. La période allant de Novembre 1979 à Novembre 1981 avec **1507 mm** a donc été déficitaire de 35 % par rapport à la normale : sa période de récurrence est de l'ordre de 40 à 50 ans.

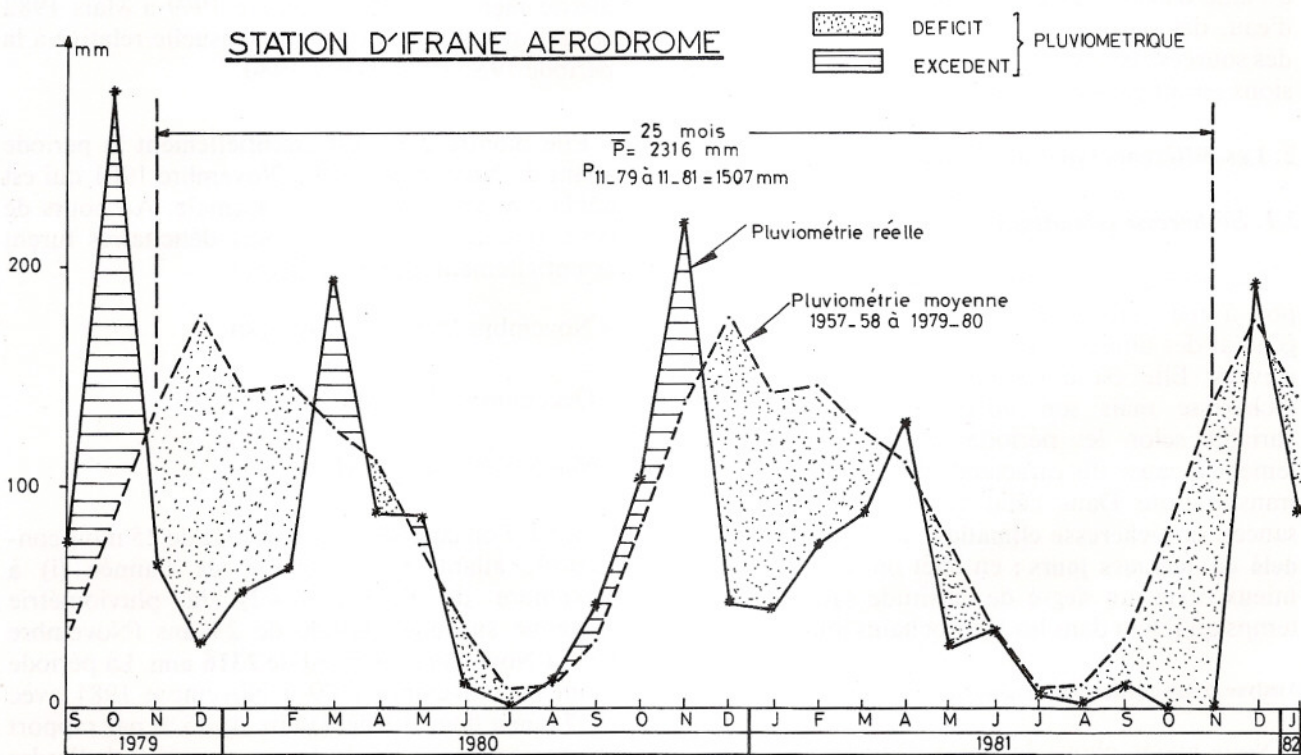
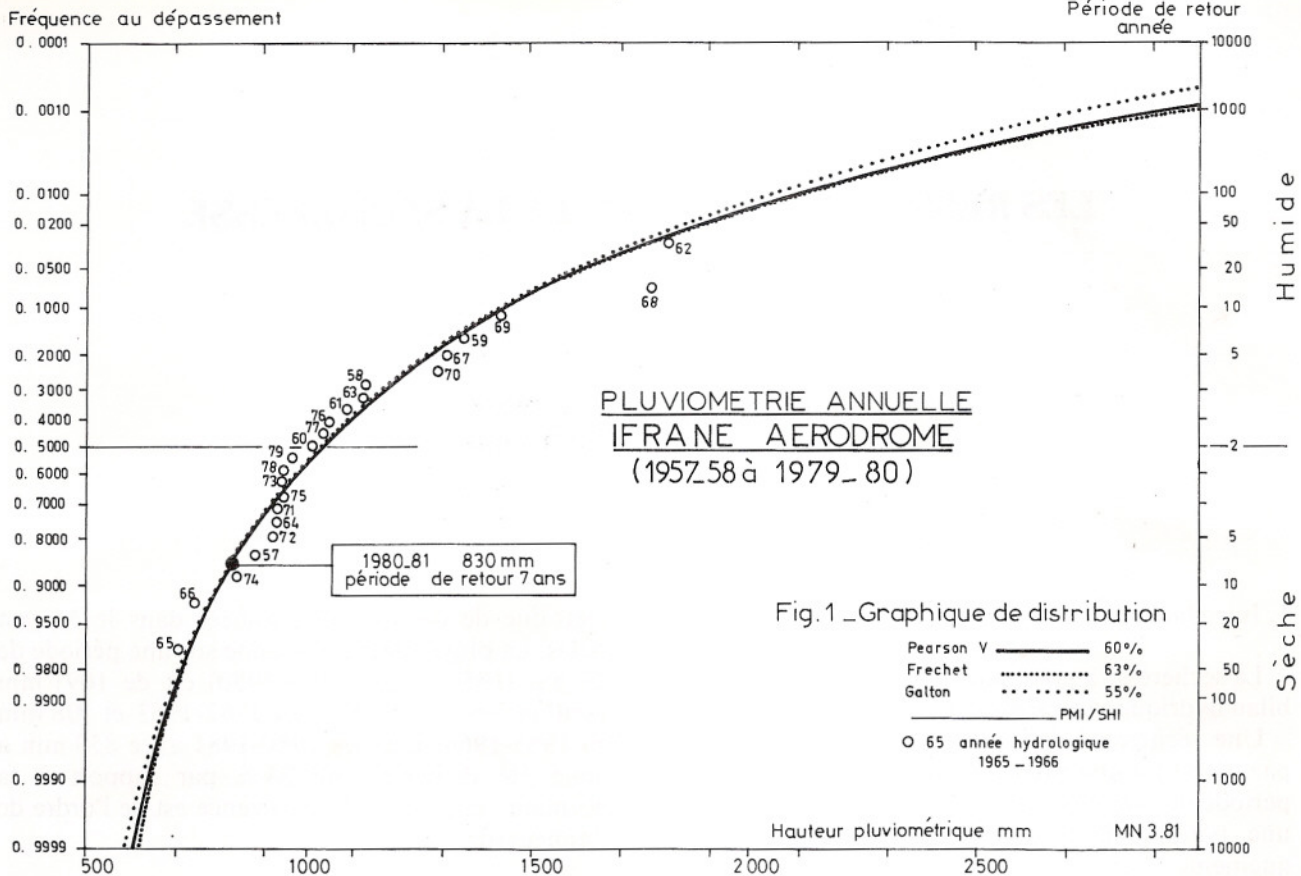


Fig. 2 - Comparaison entre la pluviométrie mensuelle de septembre 1979 à janvier 1982 et la pluviométrie moyenne relative à la période 1957-58 à 1979-80

Analyse de l'évolution interannuelle de la situation pluviométrique et son influence sur le stock d'eau dans les réservoirs naturels (lacs et nappes d'eaux souterraines).

L'évolution du stock d'eau dans les réservoirs naturels reproduit plus ou moins fidèlement l'évolution de la situation pluviométrique sur leur bassin d'alimentation. La représentation graphique de l'évolution du stock d'eau contenu dans les réservoirs naturels par l'intermédiaire de leurs manifestations telles que les variations de la charge piézométrique (ou du niveau d'eau d'un lac) ou celles du débit des émergences des nappes d'eau souterraines (sources) qui en constituent les exutoires traduit un phénomène de cumulation des apports et des pertes.

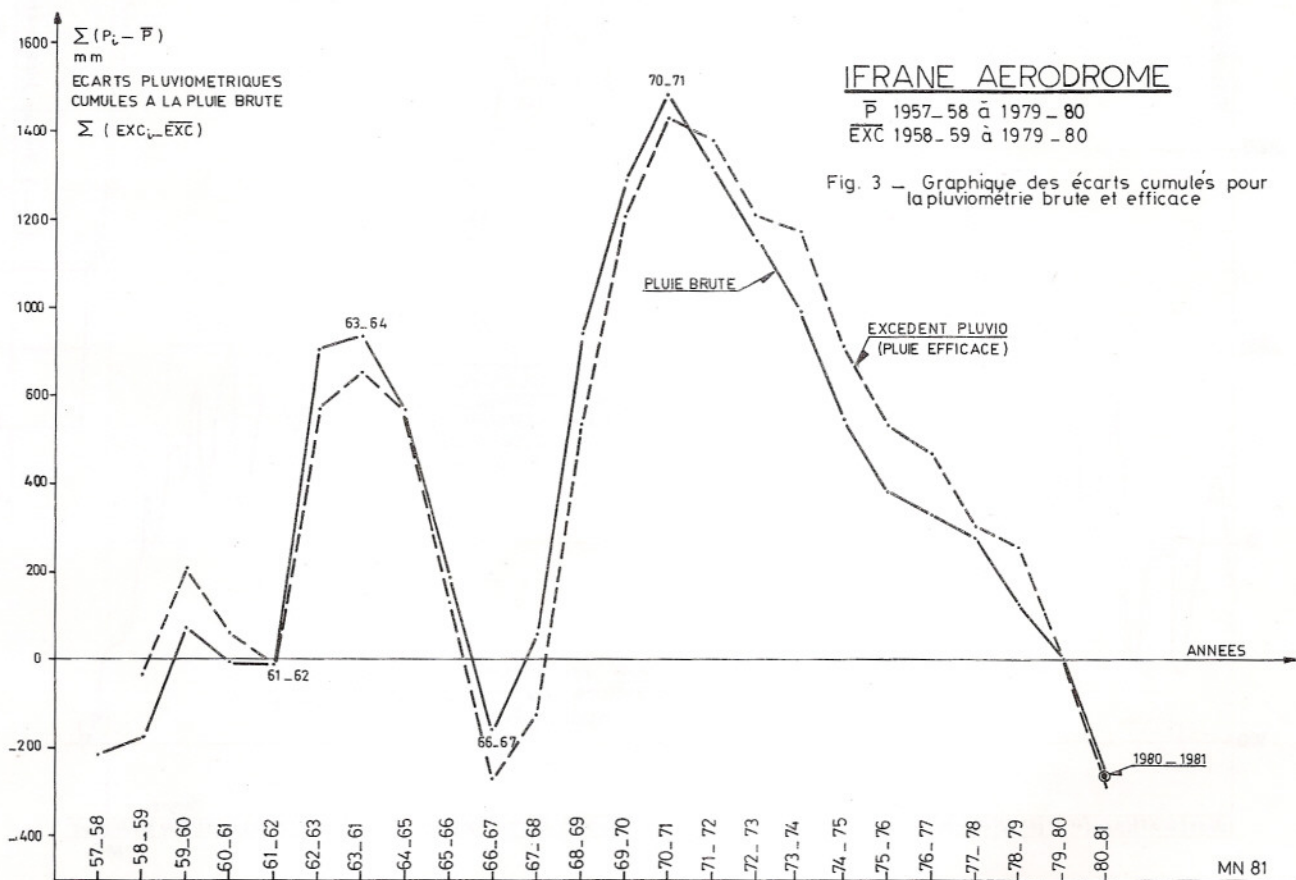
L'expérience montre que la ligne du cumul des écarts algébriques à la moyenne des précipitations mesurées dans des intervalles de temps successifs (mois, année) donne une image valable des fluctuations du régime des réservoirs naturels.

La figure 3 représente le graphique des écarts cumulés des pluviométries annuelles d'Ifrane Aérodrôme à la moyenne pluviométrique de la

période 1957-1958 à 1979-1980. Cette figure met en évidence que l'on se situe depuis 1970-1971 dans une séquence d'alimentation pluviométrique déficitaire. On a représenté sur la même figure la ligne des écarts cumulés des pluviométries efficaces annuelles (ou excédents pluviométriques calculés par la méthode de Turc mensuel) à la moyenne des pluies efficaces de la période 1958-1959 à 1979-1980. Cette variable plus représentative que la précédente montre bien la même séquence déficitaire depuis 1970-1971, c'est-à-dire depuis 10 ans avec deux périodes de sécheresses plus marquées sur deux années consécutives :

- 1974-1975 et 1975-1976
- 1979-1980 et 1980-1981

La figure 4 représente le graphique des écarts cumulés des pluviométries mensuelles d'Ifrane aérodrôme à la pluviométrie moyenne mensuelle relative à la période 1957-1958 à 1979-1980. Cette représentation graphique montre les mêmes tendances générales que la figure 3 et met en évidence les fluctuations saisonnières que l'on peut mettre en parallèle avec les variations de charges piézométrique des nappes du Sais, avec celles du débit des sources et celles de la cote des lacs naturels.



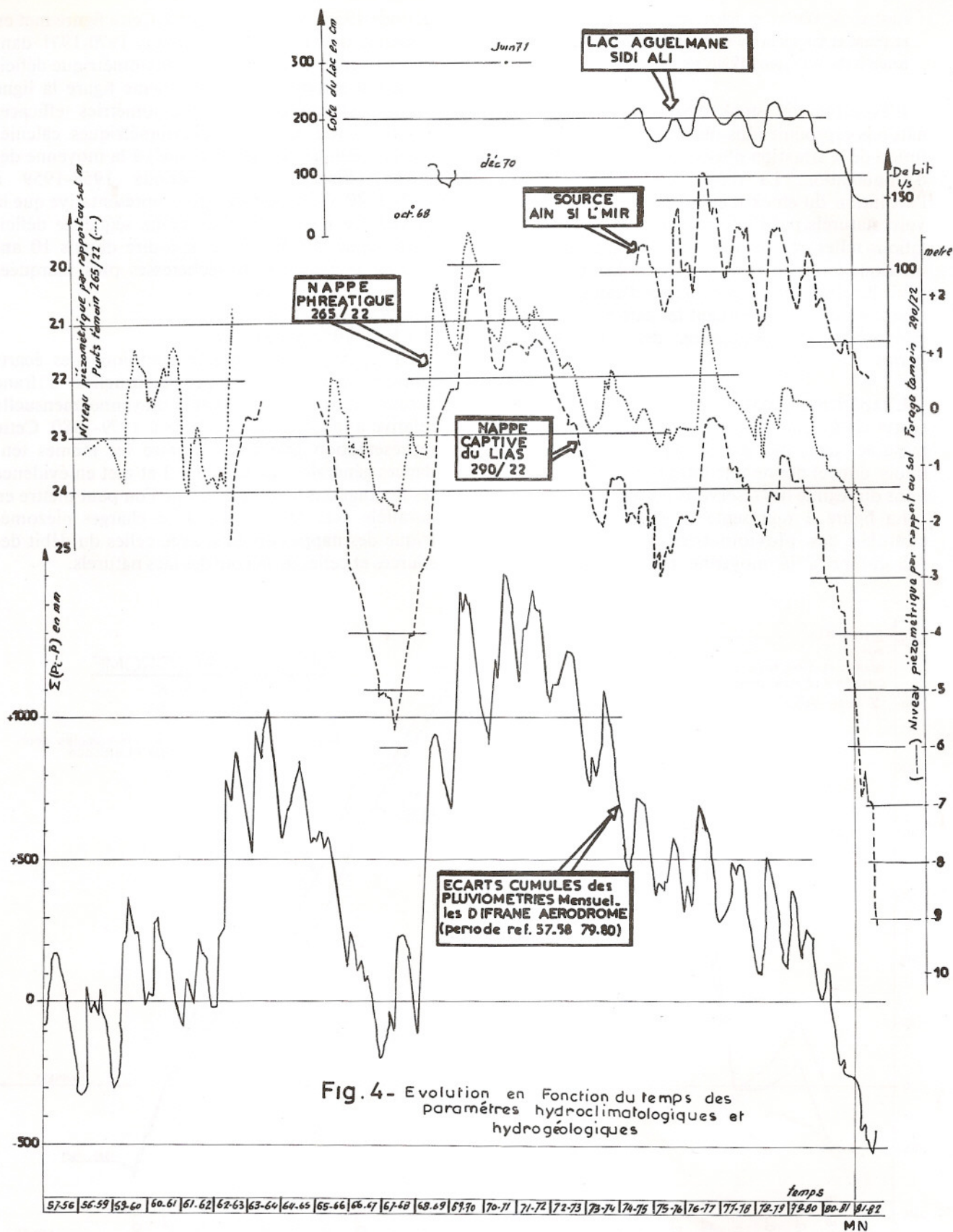


Fig.4- Evolution en Fonction du temps des paramètres hydroclimatologiques et hydrogéologiques

2.2. - Sécheresse des cours d'eau

Il s'agit d'une faiblesse des débits des cours d'eau qui sont à l'étiage et donc des réservoirs artificiels (retenues de barrages) situés sur leur cours. En fait il y a des décalages dans le temps pour ces derniers ce qui les rapproche un peu des nappes d'eau souterraines. Cette sécheresse hydrologique dépend de la pluie, des réserves du sol et des réserves souterraines dans le régime pluvial. Dans les régions montagneuses l'importance du stock neigeux et la fusion nivale ou glaciaire peut jouer un rôle important dans l'alimentation des cours d'eau.

L'étiage des cours d'eau peut poser de nombreux problèmes :

- gêne ou empêchement des pompages et dérivations au fil de l'eau soit pour l'irrigation soit pour des usages industriels.
- diminution du taux de remplissage des retenues de barrage d'où des conséquences sur
 - l'importance des lachures pour l'irrigation
 - l'importance des turbines et ses conséquences sur la production d'énergie électrique
 - les prélèvements pour l'A.E.P.
- pollutions (dilution réduite) mettant en péril la vie biologique du cours d'eau.

Bien que les sécheresses et les étiages sévères reviennent plus souvent que les crues graves, bien que leurs effets pèsent davantage sur l'économie que les dommages dus aux inondations, ils ont fait l'objet de beaucoup moins d'études scientifiques. De nombreux critères sont utilisés pour caractériser les étiages : débit minimal pour une période définie, durée, dates, extension géographique, comparaisons historiques, débits caractéristiques, distribution statistique, etc...

Quelques exemples au Maroc :

* L'Oued Sebou à la station d'Ain Timedrine a un bassin versant de 4398 Km. Nous disposons des débits annuels de cette station depuis Septembre 1932 (fig. 5). Le module annuel moyen de cet oued relatif à la période 1932-33 à 1980-81 (49 ans) est de $20,7 \text{ m}^3/\text{s}$: il varie entre $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1944-45 et $35,9 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1933-34, ce qui montre l'extrême variabilité des débits des oueds en climat aride et semi-aride (coefficient de variation de 33 %). Une analyse statistique des modules annuels (fig. 6) montre que la loi de Galton est celle qui donne la meilleure adéquation à cet échantillon. La période de retour du module de 1980-81 (soit $11,3 \text{ m}^3/\text{s}$) est de l'ordre de 15 ans

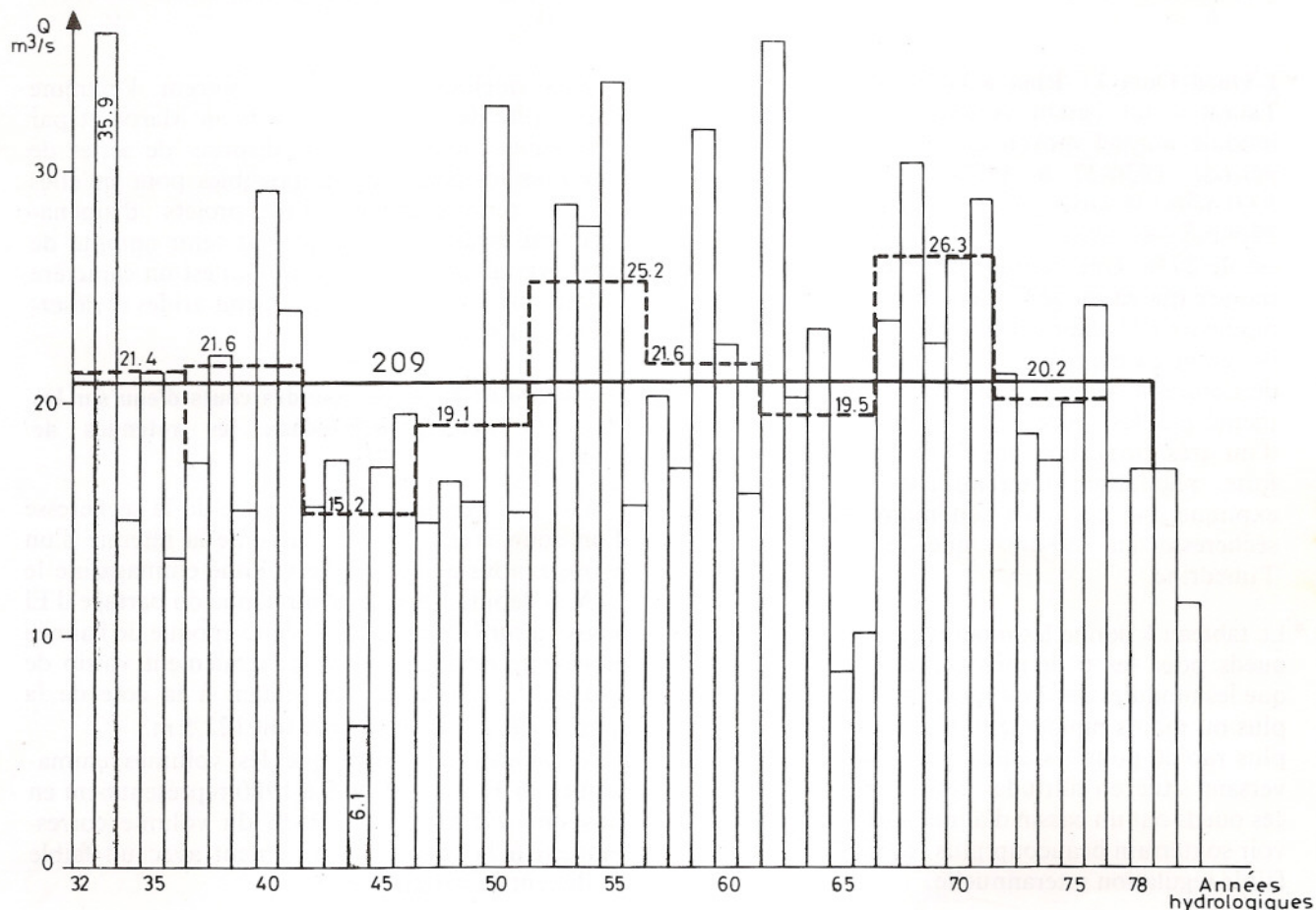
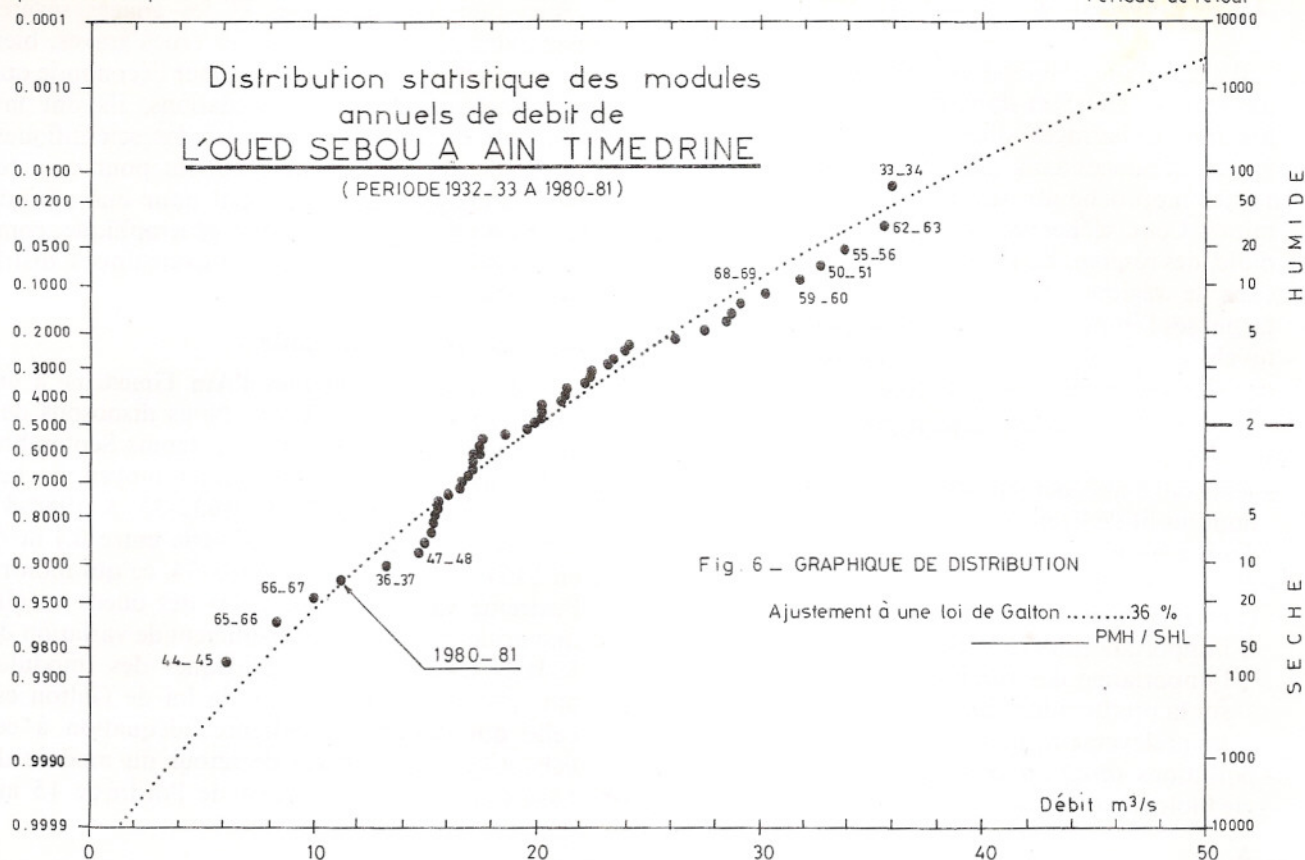


Fig. 5 - OUED SEBOU - STATION D'AIN TIMEDRINE - MODULE ANNUELS
(Période 1932-33 à 1978-79)



* L'Oued Oum Er Rbia à la station de Khenifra-Tahrat a un bassin versant de 1086 Km². Le module annuel moyen de cet oued relatif à la période 1936-37 à 1976-77 (41 ans) est de 19,0 m³/s : il varie entre 11,2 m³/s en 1944-45 et 29,9 m³/s en 1962-53. Le coefficient de variation est de 27%. Une analyse statistique des modules montre que la loi de Galton est celle qui donne la meilleure adéquation à cet échantillon. La période de retour du module de 1980-81 soit 15,4 m³/s est de l'ordre de 4 ans. L'Oued Oum Er Rbia est alimenté par les sources de l'Oum Er Rbia, issues d'un très important réservoir souterrain à très forte régulation interannuelle : c'est ce qui explique que cet oued soit moins affecté par la sécheresse en 1980-81 que le Sebou à Aïn Timedrine.

* Le tableau 1 donne les modules annuels de quatre oueds pour les 6 dernières années. On constate que les modules des 3 dernières années décroissent plus ou moins rapidement. Cette décroissance est plus rapide pour les oueds ayant un petit bassin versant situé en altitude : les sources alimentant ces oueds ont un bassin d'alimentation et un réservoir souterrain beaucoup plus réduit d'où une très faible régulation interannuelle.

Ces quelques exemples montrent l'extrême variabilité des débits des oueds au Maroc et par conséquent la nécessité de disposer de séries de mesures les plus longues possibles pour qu'elles soient représentatives. Les projets d'aménagements hydroagricoles doivent tenir compte de cette variabilité interannuelle qui est un caractère spécifique des climats arides, semi-arides et désertiques du Maroc.

*** Influence de la sécheresse des cours d'eau sur les volumes emmagasinés dans les retenues de barrage**

A titre d'exemple de l'influence de la sécheresse d'un cours d'eau sur le volume de la retenue d'un barrage, nous avons pris le volume emmagasiné le 1^{er} Mai depuis 1969 dans la retenue du barrage d'El Kansera sur l'Oued Beht. A cette époque de l'année le volume emmagasiné est généralement voisin de 290 Mm³, volume correspondant à la cote de la crête de l'évacuateur de crue soit 122,5 m.

Le tableau 2 montre que les volumes emmagasinés au 1^{er} Mai de 1969 à 1980 représentaient en moyenne 275 Mm³, soit 95 % du volume correspondant à la cote de déversement avec un faible coefficient de variation 8 %.

TABLEAU 1
Modules annuels des débits (en m³/s) de quelques oueds

Oued Station	SEBOU Timedrine	OUMER RBIA Khenifra-Tahrat	AMANGOUS Tamchachat	GUIGOU Pont Aït Aïssa
Superficie du bassin versant Km ² altitude m.	4387 610	1086-1036 827-866	133 1685	205 1906
1975-1976	20,0	19,0	1,018	1,029
1976-1977	24,2	25,1	1,884	1,160
1977-1978	16,6	22,2	1,129	0,763
1978-1979	17,2	25,6	1,596	1,390
1979-1980	17,0	19,8	0,647	0,589
1980-1981	11,3	15,4	0,248	0,264
Module Débit	20,7	19,0	-	-
Interannuel période de réf.	32-33 à 80-81	36-37 à 76-77		

En 1981 et 1982 les volumes emmagasinés, par suite de la faiblesse des apports de l'Oued Beht ne représentaient respectivement que 40 et 45 % du volume correspondant à la cote de déversement. Cette baisse des volumes emmagasinés aura des répercussions sur les lâchures pour l'irrigation du périmètre de Sidi Slimane et sur les turbinés pour la production d'énergie électrique.

2.3. Sécheresse des lacs naturels

Les variations du niveau d'eau des lacs naturels traduisent un phénomène de cumulation des apports (précipitation, ruissellement sur le bassin

versant) et des pertes (évaporation, pertes par infiltration). On constate d'ailleurs une évolution similaire entre la ligne des écarts pluviométriques cumulés et les fluctuations de cote des lacs avec un certain déphasage dans le temps et un amortissement des variations saisonnières.

Quelques exemples au Maroc :

* Aguelmane Sidi Ali

Nous prendrons comme exemple l'Aguelmane Sidi Ali dans le Moyen Atlas. Ce lac situé à 2078 m

TABLEAU 2
Volume emmagasiné dans la retenue du Barrage d'El Kansera au 1^{er} Mai de 1969 à 1982

Année	Volume Vi Mm ³	Vi/290 Mm ³	Année	Volume Vi Mm ³	Vi/290 Mm ³
1969	301	1,04	1976	263	0,91
1970	274	0,94	1977	281	0,97
1971	286	0,99	1978	286	0,99
1972	277	0,96	1979	285	0,98
1973	212	0,73	1980	269	0,93
1974	297	1,02	1981	116	0,40
1975	266	0,92	1982	130	0,45

d'altitude a une superficie de 300 ha. Il renferme un volume d'eau de 33,3 Mm³ (pour une cote à l'échelle de 220 cm). Le Service de l'Hydrologie procède, essentiellement depuis Janvier 1975 à des observations journalières des cotes de ce lac : quelques mesures ont été effectuées entre 1968 et 1975. Les valeurs extrêmes mesurées depuis Octobre 1968 sont 50 cm en Octobre 1968 et 300 cm en Juin 1975. La figure 7 donne l'évolution de la cote moyenne mensuelle du lac de Janvier 1975 à Mars 1982. On note sur cette figure une baisse presque systématique du niveau depuis Mai 1979 (233 cm) jusqu'en Décembre 1981 (cote 53 cm le 20.12.1981). Il convient de noter que cet important abaissement du plan d'eau a permis à l'ancienne route goudronnée reliant la RP21 à l'ancienne auberge du lac d'émerger. Un grand diverticule du lac situé au Nord de cette ancienne route s'est asséché entraînant la mort de milliers de poissons. Puis la cote du lac a remonté légèrement pour atteindre 64 cm le 23 Avril 1982, date de la dernière mesure disponible. Compte tenu du fait qu'à fin Avril la quasi totalité des pluies efficaces sont tombées et que l'évaporation devient alors prépondérante il est vraisemblable que le niveau de ce lac va se remettre à décroître et que la cote du lac atteindra cet été des valeurs nettement inférieures à celles de l'été 1981.

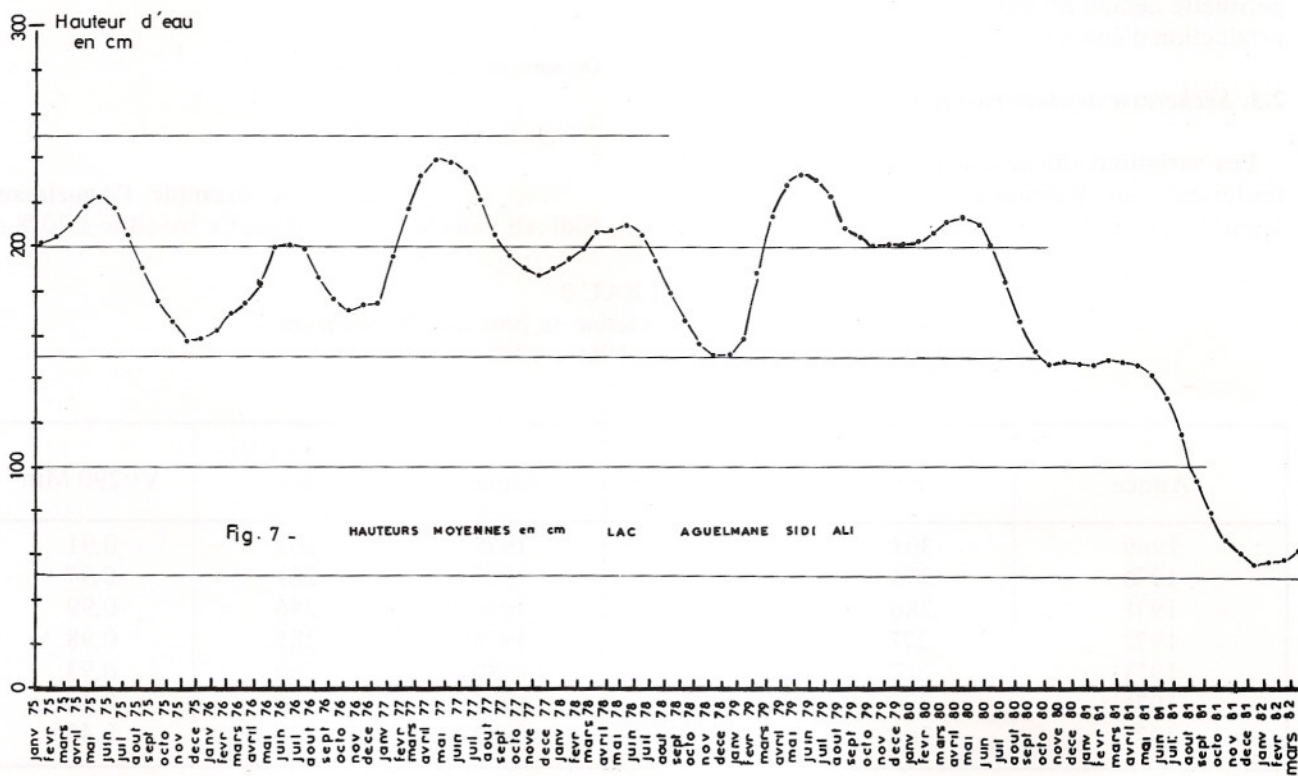
* Autres lacs du moyens Atlas

L'Aguelmane n°Tifounassine sur lequel nous disposons depuis Janvier 1975 d'observations limnimétriques journalières est un lac d'une superficie de 62 hectares et d'une faible profondeur (moins de 1 m) dans la moyenne partie du lac dite « marais ». Seule une petite zone semi circulaire de 2 hectares dénommée le « cratère » a une profondeur maximum de l'ordre de 6 m. Au cours de l'été 1981, la quasi totalité du « marais » s'est asséchée entraînant la mort de milliers de poissons (brochets, carpes et tanches), seule la zone du cratère restant en eau : cette dernière était d'ailleurs isolée du reste du lac par un cordon de tourbe séchée.

Aguelmane N°doutit

Il s'agit d'un petit lac situé à 3 Km à l'Ouest de Timahdite. Il s'est totalement asséché, au dire des habitants, juste avant le Ramadan (Juillet 1981). Il se serait asséché déjà en 1976.

La dénivelée totale entre le fond du lac et les traces du niveau maximum est de 3 m. Là encore des milliers de poissons sont morts. Fin avril 1982 ce lac était toujours complètement sec.



MN.82

2.4. Sécheresse des nappes souterraines

2.4.1. Généralités :

Les divers types de réserves d'eau sont liés ; cette partie traitera de l'influence de la sécheresse sur les aquifères avec comme conséquence pour l'utilisateur une baisse du niveau des nappes pouvant entraîner l'assèchement des puits ou forages.

Le temps de réponse d'une nappe à une pluie efficace varie de quelques jours à quelques mois pour les nappes superficielles à plusieurs années pour les nappes captives ou libres de grandes dimensions.

La prévision de l'influence d'une sécheresse sur une nappe ne peut se faire que régionalement avec une étude spécifique pour chaque unité hydraulique en utilisant des observations quantitatives sur les plus longues périodes possibles.

L'effet de la sécheresse sur les eaux souterraines est la conséquence de la diminution de la pluie efficace pendant la période de Novembre à Avril dans le cas général du Maroc atlasique et nord-atlasique qui reçoit plus de 90 % des précipitations. La sécheresse se manifeste sur les nappes de deux manières :

- * sans délai par la baisse de l'alimentation
- * avec retard par la diminution de l'écoulement souterrain et de la réserve (1) = épuisement de la réserve régulatrice et prélèvement sur la réserve permanente.

Les aquifères jouent un rôle régulateur par leur inertie due à leurs dimensions.

Les facteurs de la vulnérabilité à la sécheresse des nappes sont :

- les conditions aux limites = puissance de l'aquifère
longueur de l'aquifère
types d'émergences,
relation nappe-rivière.
- La lithologie en rapport avec la perméabilité et le coefficient d'emmagasinement.
- Les paramètres hydrauliques = transmissivité T, coefficient d'emmagasinement S, diffusivité (rapport T/S).

La taille des systèmes aquifères est une base de leur classification en ce qui concerne la vulnérabilité à la sécheresse.

G. Castany distingue 3 degrés de vulnérabilité :

degré de vulnérabilité	taille de l'aquifère (Km ²)	Types d'aquifères
faible	millier	nappes captives, grandes nappes libres
moyen	centaine	nappes libres faiblement drainées par les cours d'eau
élevé	dizaine	aquifères karstiques, nappes alluviales drainées.

Dans le cadre de la gestion des périmètres irrigués en temps de sécheresse, les nappes d'eau souterraine à réserves importantes et taux de renouvellement (2) faible peuvent jouer un rôle important.

Ces nappes à faible degré de vulnérabilité à la sécheresse en subissent les effets avec un décalage pouvant atteindre plusieurs années et souvent plusieurs mois. Une surexploitation contrôlée et tem-

1) La réserve est la quantité du volume d'eau gravitaire contenue, à une date donnée dans un aquifère.

La réserve régulatrice est la part variable de la réserve d'un aquifère libre, c'est l'eau gravitaire contenue dans la zone de fluctuation pour une période définie.

La réserve permanente est formée par l'eau gravitaire située en dessous de la zone de fluctuation d'une nappe libre.

L'exploitation de la réserve non renouvelable n'est possible que pendant un temps limité avec ensuite une reconstitution de la réserve (arrêt ou diminution des prélèvements).

Les ressources exploitables sont définies comme les quantités d'eau utilisable qu'il est techniquement possible et économiquement avantageux de prélever dans les aquifères en un lieu et une durée définis.

(Cf. Dictionnaire français d'hydrogéologie - BRGM - Orléans 1977).

2) Le taux de renouvellement est le rapport de l'alimentation moyenne annuelle d'une nappe, exprimée en volume, à la réserve moyenne de l'aquifère.

La durée de renouvellement est le temps théoriquement nécessaire pour que le volume cumulé de l'alimentation d'une nappe soit égal à sa réserve moyenne.

poraire de ces aquifères est possible à condition qu'ils n'aient pas été déjà surexploités avant la période de sécheresse, dans ce cas les nappes ne pourraient plus jouer un rôle régulateur.

Pour les aquifères dont la vulnérabilité à la sécheresse est forte, il est possible de prévoir l'évolution des niveaux piézométriques à la condition d'avoir des mesures nombreuses au moins une fois par mois, et une série la plus ancienne possible. L'analyse des courbes de recharge et leur comparaison avec un historique le plus long possible (15 ans est un minimum pour avoir des références), permet une prévision approchée de l'évolution des niveaux pendant la période sans pluie efficace, c'est à dire de Mai à Octobre.

2.4.2. Exemple de nappe à faible vulnérabilité à la sécheresse : la nappe de la Mamora (fig.8).

La nappe de la Mamora s'étend sur environ 2000 Km² et constitue un réservoir bien alimenté par les précipitations avec une réserve de plusieurs centaines de millions de m³.

Le piézomètre 2 662/14 servant d'exemple est situé à 7 km au Sud-Est de Kénitra en dehors de la zone d'influence des captages situés autour de la ville. Il a une profondeur de 107 mètres et la nappe a une épaisseur de 40 mètres en moyenne, les fluctuations ne dépassent pas 1 m pendant les 14 années de mesures.

A Kénitra la pluviométrie annuelle normale est égale à 606 mm, le tableau montre année par année les écarts à la normale en %.

1981-1982*	- 16 %	1975-1976	- 19 %
1980-1981	- 33 %	1974-1975	- 53 %
1979-1980	- 10 %	1973-1974	- 9 %
1978-1979	- 13 %	1972-1973	- 20 %
1977-1978	- 11 %	1971-1972	+ 10 %
1976-1977	- 3 %	1970-1971	+ 34 %
		1969-1970	+ 22 %

*jusqu'au 30.04.1982.

L'année 1981-1982 est la 10^{ème} année déficitaire au poste de Kénitra, le déficit global pour cette période est de 19 % de la normale et il n'apparaît pas de baisse du niveau de la nappe due a une diminution de son alimentation. Si le déficit avait été nettement plus important, il est vraisemblable qu'une influence sur la nappe se serait manifestée.

Actuellement les variations de niveaux observées dans divers secteurs de cette nappe sont dues aux exploitations par forages, puits ou drains, les débits captés changeant d'une saison ou d'une année à l'autre.

2.4.3. Exemple de nappe à vulnérabilité moyenne à la sécheresse : les nappes du panneau de Haj Kaddour dans la plaine du Saïs.

Il existe dans la plaine du Saïs deux nappes superposées séparées par plusieurs centaines de mètres de marnes Toarciennes : la nappe profonde captive du lias et la nappe phréatique des calcaires pliocènes.

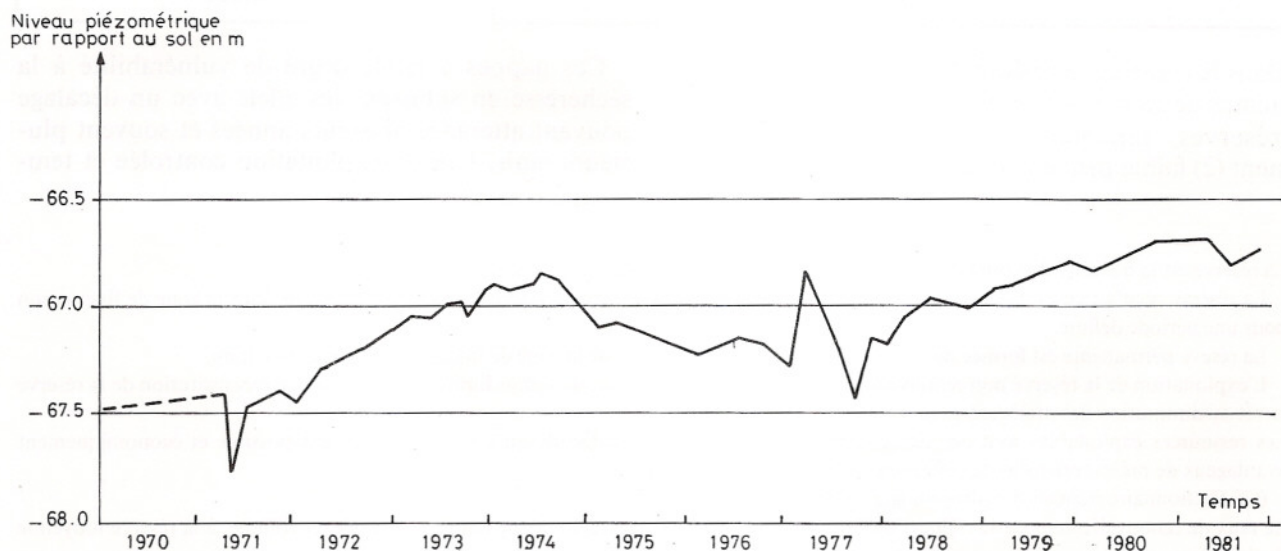


Fig. 8 - NAPPE DE LA MAMORA - VARIATIONS DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE DU PUIT TEMOIN 2262 / 14

Nous avons présenté sur la figure 4 les fluctuations du niveau piézométrique de deux puits témoins de la plaine du Saïs appartenant au panneau hydrogéologique dit de Haj Kaddour, le forage n° IRE 290/22 qui représente le niveau de la nappe captive du lias et le puits n° IRE 265/22 qui représente le niveau de la nappe phréatique. On notera une évolution similaire entre la ligne des écarts pluviométriques cumulés et les fluctuations des niveaux des piézométriques des deux puits témoins avec un déphasage de plusieurs mois. Les variations saisonnières sont plus amorties dans la nappe du Lias que dans la nappe phréatique.

Nappe captive du Lias

Le bassin d'alimentation de cette nappe est le Causse d'Agourai dont la superficie est de l'ordre de 250 Km². Les terrains calcaro-dolomitiques du Lias plongent à la faveur d'une flexure-faille sous le recouvrement des marnes toarciennes et donnent une nappe captive. Le puits témoin 290/22 est situé à 13 Km environ de cette flexure-faille donc à proximité de la zone d'alimentation de la nappe.

Jusqu'au 15 Octobre 1981, les seuls prélèvements effectués dans la nappe captive du Lias correspondaient aux débits des deux forages artésiens de l'Agriculture 553 et 554/22 (ces deux forages débitent en artésien sans possibilité de réglage du débit depuis leur mise en service vers 1975). Les niveaux piézométriques mesurés dans le forage témoin 290/22 représentent donc bien les variations naturelles du niveau piézométrique. Les mesures effectuées depuis Mars 1963 montrent de grandes variations interannuelles avec :

- une période de montée de la charge piézométrique qui a atteint son maximum entre Décembre 1963 et Novembre 1965. Pendant toute cette période, ce forage était artésien jaillissant et il n'a pas été possible de mesurer le niveau piézométrique.
- une période de baisse de la charge piézométrique qui a atteint son minimum en Décembre 1967 et Janvier 1968 avec -5,71 m par rapport au sol.
- une période de montée de la charge piézométrique qui a atteint son maximum les 3 Juin et 14 Juillet 1970 avec + 2,10 m par rapport au sol.
- une période de baisse plus ou moins régulière jusqu'en Novembre 1975 (cote -2,49 m par rapport au sol) suivie d'une remontée jusqu'en Juillet 1977 (-0,18 m par rapport au sol), suivie d'une décroissance très nette jusqu'à la période actuelle.

Jusqu'au 15 Octobre 1981 (cote comprise entre -5,33 et -5,57 m), les conditions naturelles d'exploitation de la nappe étaient identiques. Depuis le

16 Octobre 1981, l'ONEP a mis en exploitation 4 forages pour l'AEP de Meknès. Les effets conjugués de la sécheresse et de ces prélèvements nouveaux font que l'on observe une baisse rapide du niveau piézométrique qui atteignait -9,76 m par rapport au sol le 24 Avril 1982.

Il y a donc là le problème de l'interaction entre différents modes de captage (exploitation du débit de la source d'Aïn Kharrouba pour l'AEP de Meknès, exploitation de la nappe par forages) et de la concurrence entre différents utilisateurs : AEP de Meknès et Irrigation ; d'où la nécessité d'effectuer des études de synthèse des ressources en eau d'une région en tenant compte des répercussions éventuelles des différents modes de captage des eaux utilisées.

Nappe phréatique

Le niveau de la nappe phréatique mesuré dans le puits témoins 265/22 montre des variations similaires à celles de la nappe profonde. Le niveau minimum relatif à la période de mesure allant de Novembre 1958 à Avril 1982 est celui atteint le 5 Avril 1982 avec -24,67 m par rapport au sol. Le précédent record était celui du 28 Février 1968 avec - 24,40 m par rapport au sol. Il est cependant difficile de savoir si les conditions d'exploitation de la nappe phréatique n'ont pas changé entre ces deux dates : il semble que de nombreux puits nouveaux exploitent cette nappe.

2.5. Sécheresse des sources

Nous prendrons, pour illustrer la situation hydrologique des sources, l'exemple de quelques sources de la plaine du Saïs et du Moyen Atlas. Il existe dans ces régions de très nombreuses sources dont les débits qui présentent la principale ressource en eau sont essentiellement utilisés pour l'irrigation des périmètres de Petite et Moyenne Hydraulique et pour l'alimentation en eau potable des grands centres urbains (Meknès, Fès, Azrou, Ifrane, Imouzzer du Kandjar, Taza etc...) et de nombreux centres ruraux. Ces sources sont les exutoires de systèmes aquifères karstiques dont les zones d'alimentation se trouvent essentiellement dans le Moyen Atlas. Le déficit d'alimentation pluviométrique systématiquement déficitaire depuis 1970-1971 s'est accentué ces deux dernières années. L'évolution des réserves aquifères karstiques reproduit plus ou moins fidèlement l'évolution de la situation pluviométrique, ce qui s'est traduit par

une baisse importante des débits des sources et même l'assèchement de certaines.

L'analyse des renseignements dont nous disposons permet de faire les remarques suivantes :

1) On a observé l'assèchement de certaines sources :

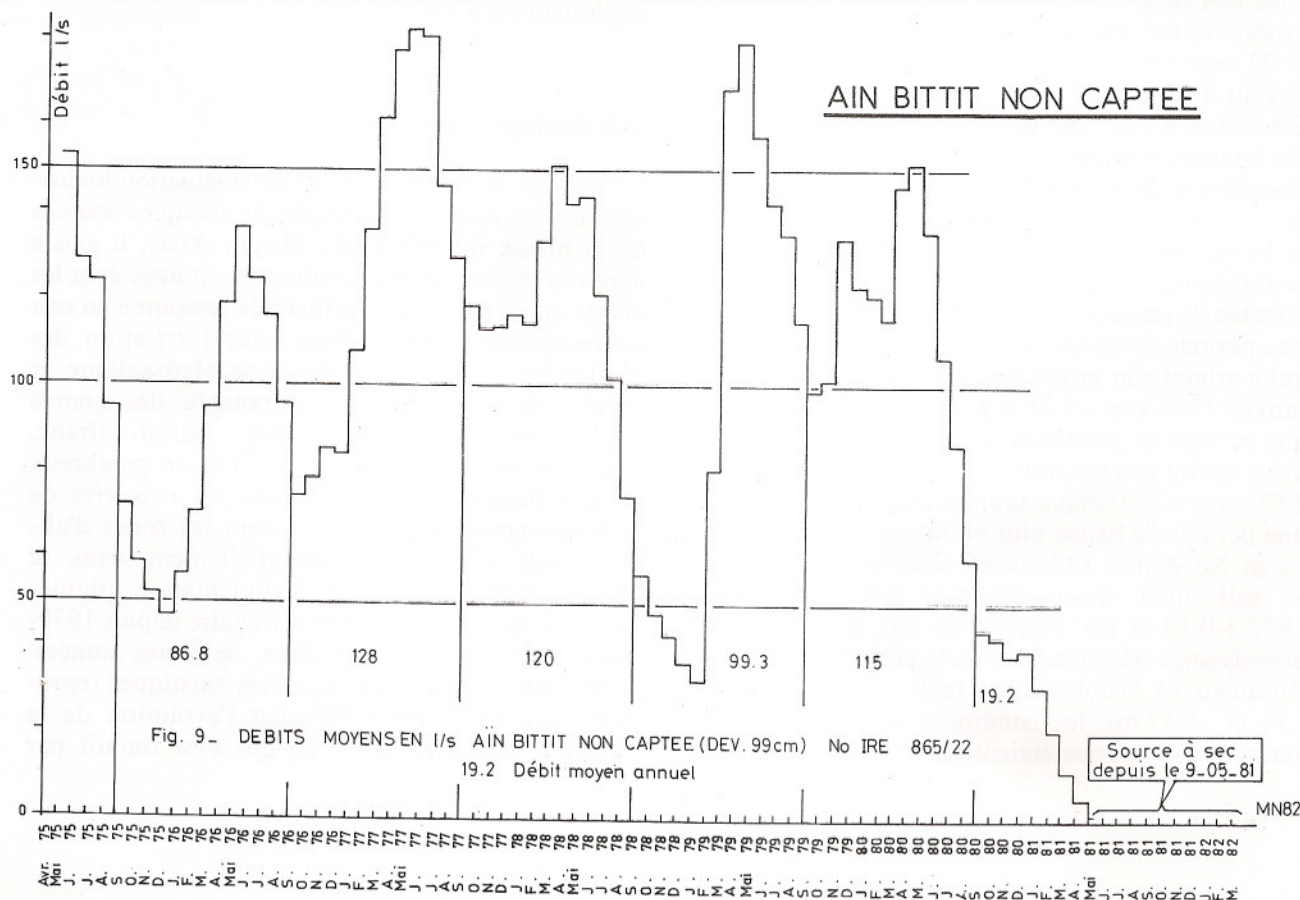
- * Aïn Bittit non captée du 9 Mai 1981 jusqu'au moins au 20 Avril 1981. (fig. 9).
- * Aghbalou Lamnakhar du 3 Juin 1981 jusqu'au moins au 19 Mars 1982.
- * Aïn Agla et Aïn Meziane (région d'Imouzzer du Kandar) de Juillet 1981 jusqu'au moins en Octobre 1981.

* Notons également les arrêts d'écoulement d'Aïn Sebou du 17 au 25 Septembre et du 24 Octobre au 22 Décembre 1981 qui relèvent d'un autre type de phénomène complexe mais qui est lié avec la sécheresse souterraine [cf « La sécheresse dans le Saïs et le Moyen Atlas. Quelques éléments d'appréciation chiffrés » M. Normand 1981].

2) Les débits observés sur les autres sources fin 1981 – premier trimestre 1982 sont extrêmement faibles, de l'ordre de ceux observés lors de la sécheresse de 1966-1967, sinon plus sévères se rapprochant de celle de 1945-1946. Le tableau 3 donne les modules annuels des débits des 6 dernières années pour quelques sources.

TABLEAU 3
Modules annuels des débits en l/s de quelques sources du
Moyen et Haut Atlas et de la plaine du Saïs

Sources	Aïn Timedrine	Aïn Aguemguem	Aïoun Hijja	Aïn Bittit non captée	Aïn Si L'Mir	Aïoun Bittit captée	Aghbalou Anzar ou Founes
Année							
1975-1976	1220	1434	–	86.8	98.6	1661	–
1976-1977	1590	2169	434	128.4	132.1	1813	–
1977-1978	1180	1566	408	119.9	116.3	1899	–
1978-1979	1159	1741	332	99.3	100.5	1762	395
1979-1980	1192	1471	339	114.8	93.0	1658	351
1980-1981	824	550	176	19.2	56.3	1563	252



On constate une baisse notable des débits surtout en 1980-1981 mais plus ou moins marquée selon les sources. Les figures 10 et 11 donnent l'évolution des débits moyens mensuels des sources Si L'Mir et Hijja jusqu'en mars 1982.

Le tableau 4 donne les débits au mois de Mars de quelques sources ou groupe de sources de la plaine du Saïs pour les 7 dernières années.

TABLEAU 4
Situation hydrologique au mois de Mars

Sources Années	Zone Ribaa Bittit *	Oued Bou Rkaïz	Oued Chkef	Oued Cheggag
1976	5184	1524	954	1149
1977	9570	3071	1268	1570
1978	7227	2063	918	1555
1979	8982	2229	1118	1212
1980	6819	-	-	-
1981	3802	799	645	-
1982 (1)	3266	380	482	663

* groupe de 10 sources (Ribaa aval et amont, El Atrous, Akkous Aguemguem, Ahallal, Bittit captée et non captée, Sebaa, l'Mir).

(1) du 8 au 11 Mars 1982.

L'analyse de ce tableau montre une baisse notable des débits depuis 1979.

Certaines sources sont utilisées pour l'irrigation et pour l'alimentation en eau potable de grands centres urbains. Ainsi pour la zone Ribaa-Bittit, deux sources : Bittit captée et Ribaa aval, sont partiellement captées pour l'A.E.P de Meknès. Les débits prélevés pour l'A.E.P sont relativement constants de par la conception même des captages et, par conséquent, les débits réservés pour l'irrigation sont beaucoup plus variables, plus faibles notamment lors des périodes de sécheresse. Ainsi, en Mars, les débits prélevés pour l'A.E.P représentent en moyenne pour la période 1976-1982, 676 l/s avec une variabilité interannuelle de 3 % alors que les débits réservés à l'irrigation représentent en moyenne 5731 l/s avec une variabilité interannuelle de 42 %.

Pour situer en fréquence la sécheresse de l'année 1980-1981 nous disposons de deux exemples :

a) Aïn Si L'Mir

Le débit moyen annuel de l'Aïn Si L'Mir pour 1980-1981 est 58,3 l/s ce qui correspond à une

période de retour sèche comprise entre 5 et 10 ans [cf. « Etude hydrologique de la source Aïn Si L'Mir ». M. Normand Mai 1981]. Notons à titre d'information que des modules annuels plus faibles ont été mesurés dans le passé :

- 45,2 l/s en 1945-1946
- 36,3 l/s en 1946-1947
- 41,9 l/s en 1947-1948.

b) Aïn Timédrine (fig. 12)

Le débit moyen annuel d'Aïn Timédrine pour 1980-1981 est de 824 l/s ce qui correspond à une période de retour sèche comprise de l'ordre de 25 ans [cf. « Etude hydrologique de la source Aïn Timédrine - Période 1931-1980 » /M. Normand 1980]. Notons à titre d'information qu'au cours de la période étudiée des modules annuels plus faibles ont été mesurés dans le passé :

- 693 l/s en 1965-1966
- 687 l/s en 1966-1967.

Mais il s'agissait alors de débits influencés par des prélèvements pour l'irrigation alors qu'en 1980-1981 il s'agit de débits naturels.

Il est, cependant difficile à partir de deux exemples seulement portant sur des échantillons relatifs

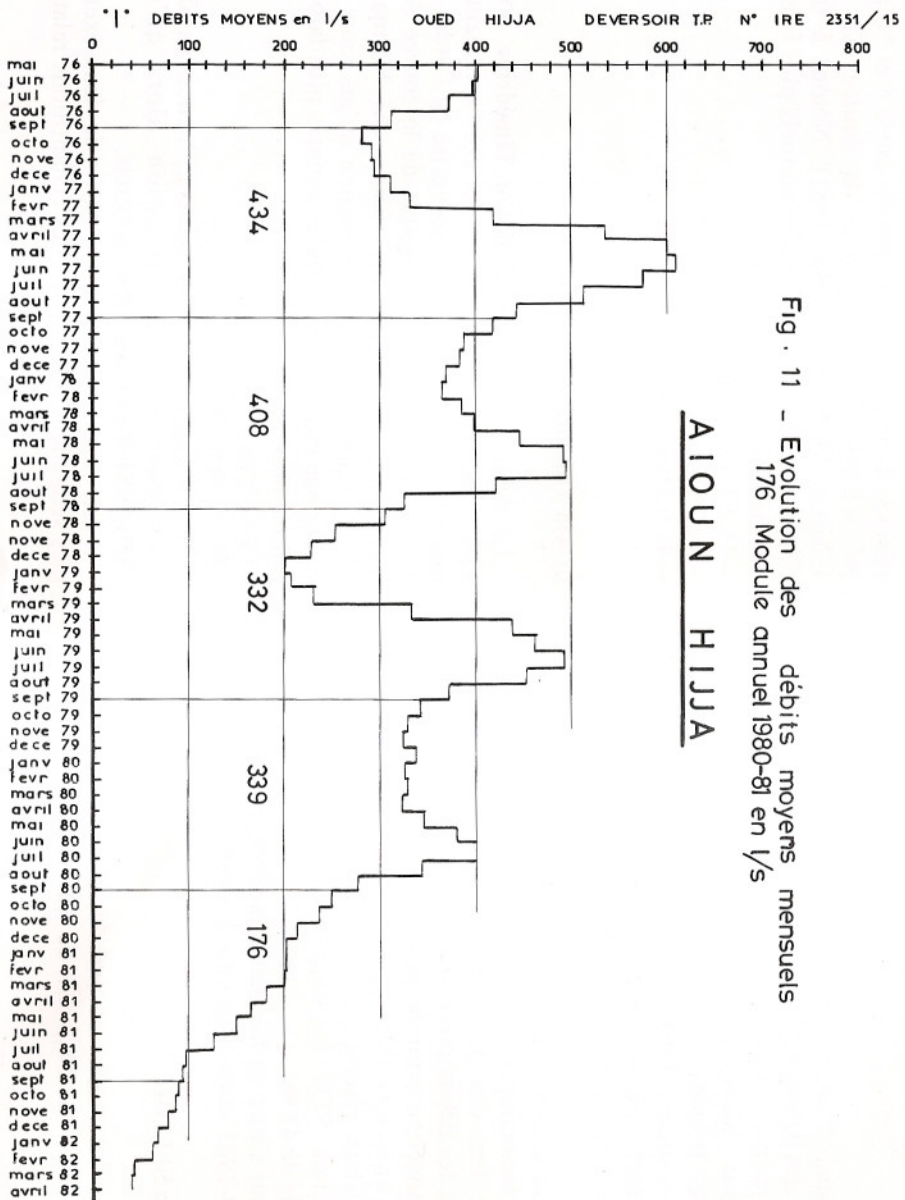


Fig. 11 - Evolution des débits moyens mensuels
176 Module annuel 1980-81 en l/s

AIOUN HIJJA

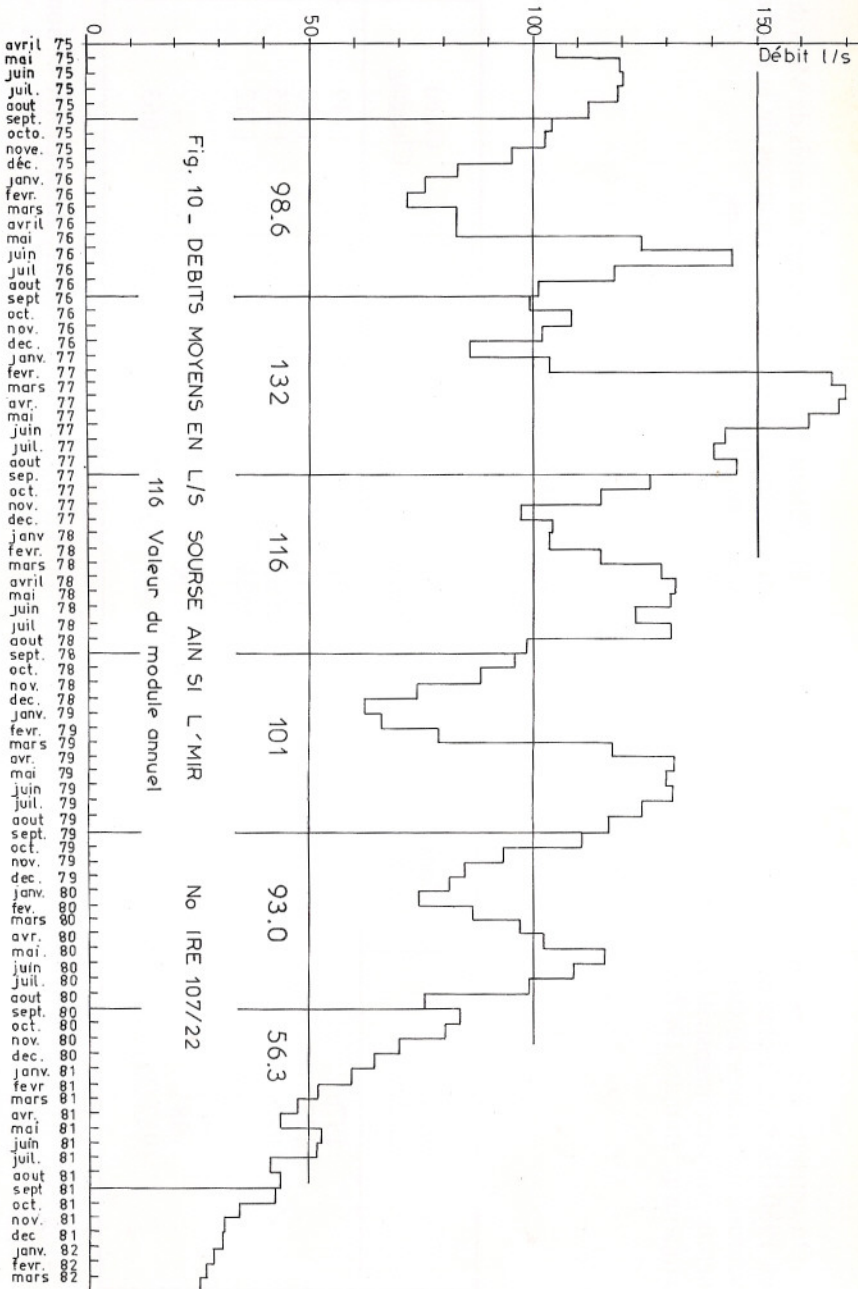


Fig. 10 - DEBITS MOYENS EN L/S SOURCE AIN SI L'MIR
No IRE 107/22

MIN 82 30582 SHL / PMH

à des périodes différentes de chiffrer la période de retour du module annuel de l'année 1980-1981 pour l'ensemble des sources de cette région : on peut seulement penser qu'elle est comprise entre décennale et vingtennale sèche.

3. Gestion des périmètres irrigués en temps de sécheresse

3.1. Généralités

L'eau d'irrigation sert à satisfaire l'activité biologique optimale des plantes lorsque l'humidité du sol, provenant de la pluie, est insuffisante. Cette eau d'irrigation peut avoir diverses origines :

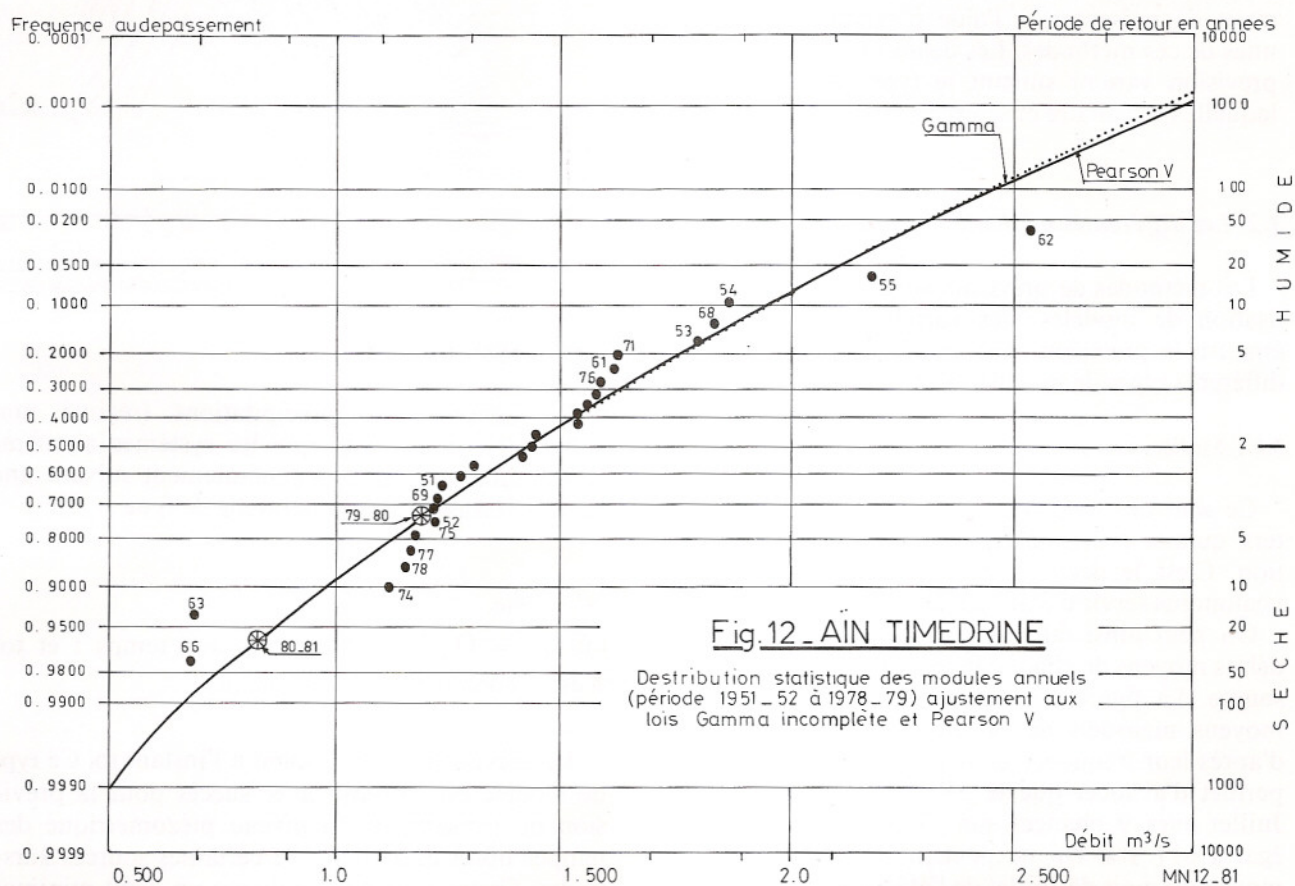
- dérivation au fil de l'eau sur un oued ou une source
- pompage dans une nappe d'eau souterraine
- lâchure à partir d'une barrage de régularisation
- origine mixte.

Certaines ressources en eau peuvent avoir des utilisations multiples (irrigation, eau potable, industrie) dont les besoins sont croissants et souvent concurrentiels. Or les ressources en eau d'une région

sont limitées quantitativement, et parfois qualitativement, et très variables dans le temps. Les sécheresses de ces dernières années ont mis en évidence la nécessité d'établir des plans d'aménagement des eaux en vue d'assurer une **gestion** optimale des ressources en eau dans le cadre des plans de développement envisagés.

Les mesures effectuées sur le réseau hydrométéorologique et piézométrique national et les études de ressources en eau superficielles et souterraines constituent les données de base indispensables pour toutes les études d'aménagements hydrauliques actuelles et prévisionnelles. Elles constituent également les bases indispensables pour toutes ces études de gestions des ressources en eau.

La gestion des ressources en eau d'une région est une tâche complexe. Elle ne peut être efficace que si l'on peut connaître à l'avance à la fois les fluctuations de la ressource disponible et celles de la consommation. En fait, il est généralement suffisant de prévoir les variations de l'alimentation. La demande est le plus souvent mieux connue : elle est assez constante, avec la même variation saisonnière chaque année.



Les précipitations sont actuellement quasiment imprévisibles au delà de quelques jours. En effet les services météorologiques savent maintenant prévoir, avec un assez bon degré de certitude, le temps qu'il fera dans les quatre prochains jours. Le Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à moyen terme est, pour l'instant, le seul organisme produisant quotidiennement des prévisions numériques à dix jours.

Dans ces conditions, les prévisions se périment assez rapidement et il convient donc d'opérer très rapidement pour éviter que le temps nécessaire à l'élaboration de la prévision soit supérieur ou égal à la portée de la prévision.

Dans un souci d'efficacité, il conviendra de faire un compromis entre la précision de la méthode utilisée et le temps nécessaire à sa mise en œuvre, en n'oubliant pas que le délai de prévision comprend le temps nécessaire :

- à l'acquisition des données les plus récentes,
- pour effectuer les calculs de prévision,
- à la frappe et au dessin du bulletin de prévision,
- à la distribution du bulletin aux services intéressés.

Le but de cette note n'est pas de faire une analyse exhaustive des méthodes de prévision mais simplement de présenter, à l'aide d'exemples, quelques unes de ces méthodes. Les délais et les méthodes de prévision varient suivant le type de sécheresse à laquelle on a affaire et selon les saisons.

3.2. Les différentes méthodes de prévision

Les méthodes de prévision sont fondées sur l'utilisation de modèles ; les variables utilisées pour émettre la prévision sont appelées prévisseurs. Les différents types de modèles sont les suivants :

3.2.1. Modèles sans prévisseur

Ce sont des modèles saisonniers qui ne permettent qu'une prévision statistique ou prédétermination. C'est le degré zéro de la prévision. Il peut néanmoins servir d'état de référence.

On peut ainsi faire une étude fréquentielle des débits moyens de chaque mois pour un oued ou une source. La figure 13, donne la courbe des débits moyens mensuels de la source d'Aïn Timédrine d'après leur fréquence de dépassement. Cette étude permet d'avancer que le débit moyen du mois de Juillet aura 9 chances sur 10 d'être supérieur ou égal à 611 l/s. On ne peut ainsi chiffrer le débit moyen du mois de Juillet de l'été à venir.

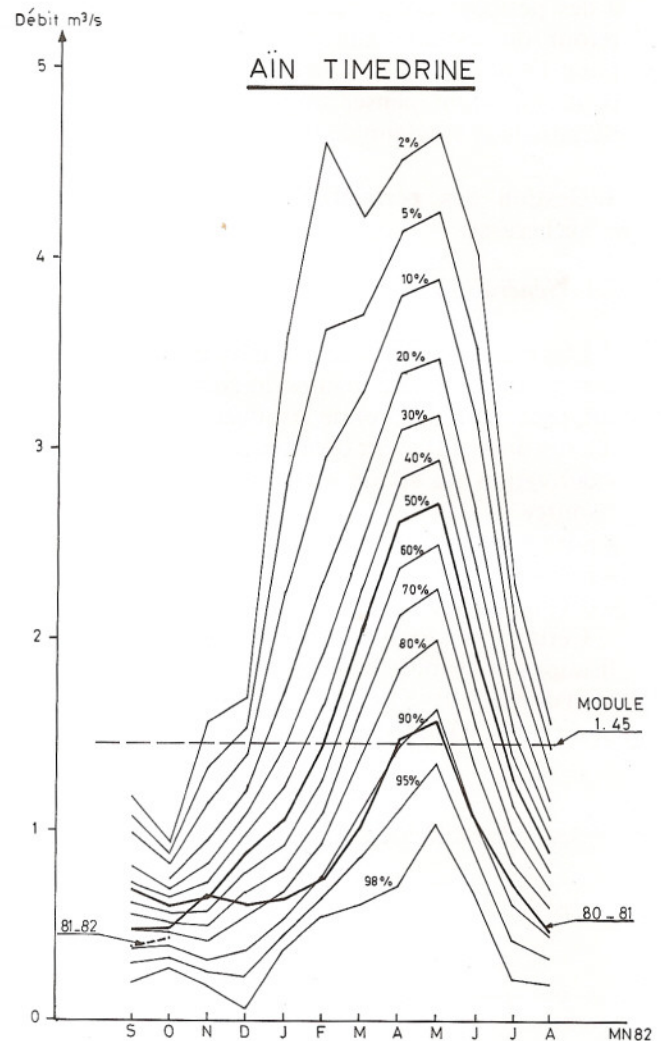


Fig. 13 - REPARTITION FREQUENTIELLE DES DEBITS MOYENS MENSUELS D'APRES LEUR FREQUENCE DE DEPASSEMENT (Période de 1951-78)

3.2.2. Modèles de tarissement

En l'absence de précipitations (régime non influencé) on constate que les systèmes aquifères souterrains se vidangent généralement suivant une loi de décroissance exponentielle de type :

$$Q_t = Q_{t_0} e^{-a(t-t_0)}$$

où $Q_t = Q_{t_0}$ sont les débits aux temps t et t_0 , a est le coefficient de tarissement.

Le prévisseur est ici le débit à l'instant t_0 . Ce type de modèle est employé avec succès pour la prévision du tarissement du niveau piézométrique des nappes libres et du débit de certaines sources karstiques. Ce type de modèle donne un débit minimal

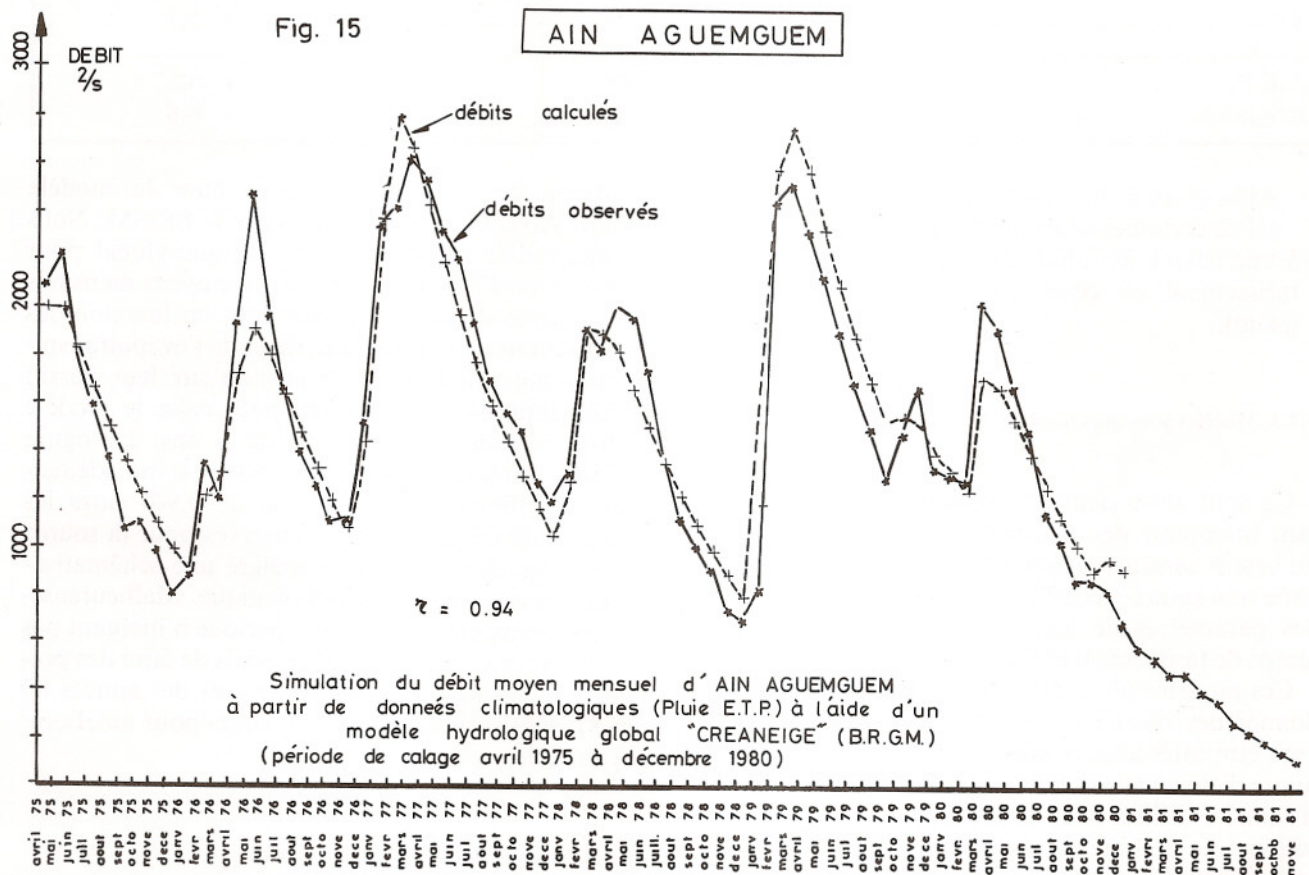
garanti correspondant au tarissement de la réserve en eau du bassin versant en l'absence de précipitation.

La détermination du coefficient de tarissement se fait à partir de l'analyse d'une chronique de débits journaliers en ordonnées semi logarithmiques sur la plus longue période possible. Cette méthode s'applique bien au Maroc où les saisons sont très tranchées. Ce type de modèle présente toutefois quelques inconvénients :

- il ne peut être appliqué que tardivement dans une phase de tarissement non influencé. Une telle méthode ne peut être utilisée quand une remontée de niveau est prévue.
- il suppose que le coefficient de tarissement est une constante : or l'expérience montre que pour une

même source il peut varier d'une année à l'autre et au cours d'un même étiage.

Nous utilisons ce type de modèle depuis l'étiage 1981 pour effectuer des prévisions des débits des sources de la zone Ribaa-Bittit (piémont du Causse Moyen Atlasique). A titre d'exemple la figure 14, donne l'évolution des débits de la source d'Aïn Aguemguem du 1^{er} Mai au 15 Novembre 1981 et les prévisions de débit minimum garanti émises à partir du 1^{er} Septembre 1981 jusqu'au 15 Novembre 1981. Ces prévisions ont pu être diffusées le 10 septembre 1981. On constate que les prévisions sont bonnes jusqu'à fin Octobre et qu'ensuite les débits observés deviennent inférieurs aux débits prévus. Cette anomalie traduit une augmentation progressive du coefficient de tarissement.



La comparaison entre les débits prévus sur les dix sources du secteur Ribaa-Bittit (tabl. 5) et ceux mesurés lors d'une campagne de jaugeage du 9 au 13 Novembre 1981 (soit 70 jours environ après) montre que les prévisions émises le 1^{er} Septembre sont dans l'ensemble satisfaisantes .

Le débit prévu pour l'ensemble des sources 3309 l/s est inférieur de 5 % au débit mesuré. Les écarts significatifs enregistrés sur certaines sources sont dus essentiellement :

- à des difficultés de mesure des débits de basses eaux dans certaines sections de jaugeage Aïn

TABLEAU 5

Dénomination de la source	Débit au 1/09/1981	Débit du 9 au 13/11/1981		
		Prévu	Mesuré	Ecart par rapport à la prévision en %
Aïn Ribaa-aval	320	317	263	- 17
Aïn Ribaa-amont	671	642	734	+ 13
Aïn El Atrous	60	51,5	53,9	+ 5
Aïn Aguemguem	210	138	120	- 13
Aïn Bittit captée	1524	1488	1524	+ 2
Aïn Bittit non captée	0	0	0	0
Aïn Si L'Mir	40	305	29,2	- 4
Aïn Sebaa	382	381	437	- 15
Aïoun Hijja	90	83,0	82,6	- 0,5
Aïoun Akkous	214	178	247	+ 39
Total	3511	3309	3491	+ 5,5
A.E.P.	710	706	658	+ 6,8
Irrigation	2801	2603	2833	+ 8,8

Akkous ou à des modifications du régime naturel de certaines sources (Aïn Ribaa-aval).

- à une augmentation de la valeur du coefficient de tarissement au cours de l'étiage (Aïn Aguemguem).

3.2.3. Modèles physiques (explicatifs ou conceptuels)

Ce sont généralement des modèles globaux faisant intervenir des paramètres physiques : surface du bassin versant, capacité de réservoirs simulant la zone non saturée, coefficient d'emmagasinement, et des paramètres de lois physiques : constantes de temps de tarissement etc...

Ces modèles pluie-débit ou pluie-niveau peuvent donner des résultats très intéressants mais ils doivent être calés avec le plus grand soin sur une chronique d'observations fiables la plus longue possible. Il faut les utiliser avec prudence car ils comportent souvent un nombre élevé de paramètres et leur trop grande souplesse n'assure pas toujours l'unicité de la solution et peut conduire à des résultats erronés.

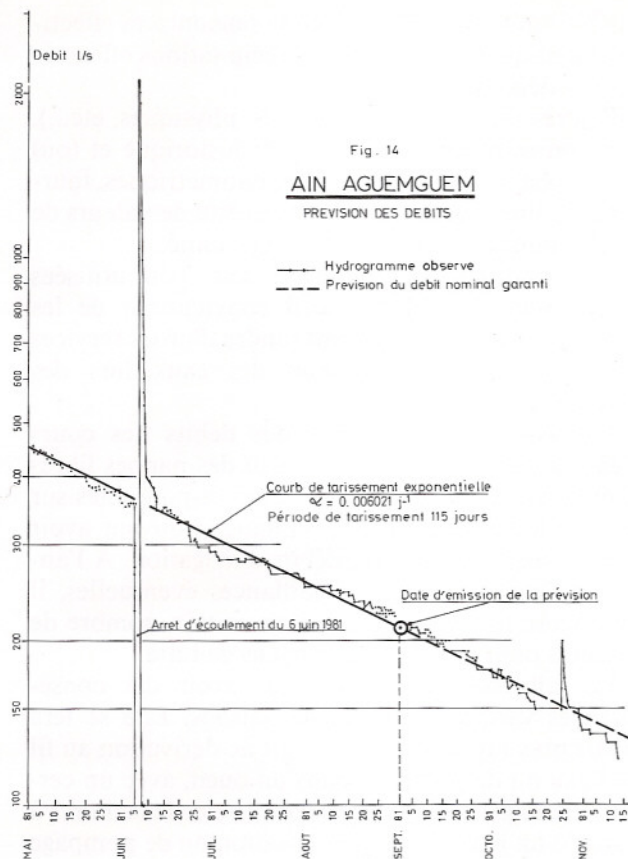
Une fois que le modèle est calé il peut être utilisé pour simuler les débits ou niveau piézométrique résultant de séquences de précipitations prévisibles (par exemple différents scénarii de précipitations observés historiquement) ou prévus.

Parmi ces modèles, on peut citer le modèle « CREANEIG » mis au point par le BRGM. Nous avons utilisé ce modèle hydrologique global pour représenter l'évolution des débits moyens mensuels des sources de la zone Ribaa-Bittit en fonction des fluctuations de la pluviométrie et de l'évapotranspiration potentielle (Turc mensuel) sur leur bassin d'alimentation. On disposait pour caler le modèle d'une période d'observation de 6 ans. La figure 15 m montre qu'il existe une assez bonne adéquation (coefficient de corrélation de 0,94) entre les débits calculés et les débits observés pour la source d'Aïn Aguemguem et ceci malgré une schématisation poussée du bassin hydrologique. Malheureusement ce modèle, calé sur une période n'incluant pas de sécheresse sévère, n'a pas permis de faire des prévisions satisfaisantes des sécheresses des années 80 et 81. Des recherches sont en cours pour améliorer ce modèle.

3.2.4. Modèles linéaires « boîtes noires »

Ce sont des modèles qui utilisent comme variable explicative :

- toutes sortes de données disponibles à la date d'émission de la prévision (débit, précipitation, température, etc...)
- des données statistiques pour les mois futurs



Ces modèles ont été employés avec succès en France pour la prévision du débit de certaines rivières. Il convient cependant d'utiliser avec précaution ce genre de modèles en limitant au maximum le nombre des variables explicatives.

3.2.5. Modèles mixtes

Ce sont des modèles qui associent une partie physique et une partie boîte noire.

3.2.6. Modèles stochastiques

Les méthodes stochastiques consistent à rechercher sur un échantillon d'observations les paramètres de la fonction F , qui relie la grandeur à prévoir Y aux diverses grandeurs susceptibles de la conditionner X_1, X_2, \dots, X_n .

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

La forme analytique de la fonction F n'est a priori pas connue, mais on fera en général une première approche linéaire : c'est la régression multilinéaire. Pour respecter la condition d'homoscédasticité, il est parfois nécessaire d'effectuer des transformations sur les variables.

L'un des avantages de la régression multilinéaire est qu'elle fournit avec l'équation de prévision, la distribution de l'erreur probable (sous condition toutefois d'homoscédasticité et de normalité du résidu).

Exemple de prévision à long terme : Prévision des apports d'été du 1^{er} Juillet au 31 Août à la station d'Aïn Timedrine sur l'Oued Sebou (futur site de barrage).

On dispose de 32 années de débits journaliers sur le Sebou (1949-1980), on peut faire sur chacune de ces 32 années le cumul des apports du 1^{er} Juin au 31 Août (A6-8). Quels sont les termes susceptibles de conditionner ces apports ?

L'état hydrologique du bassin à la date du 1^{er} Juin est certainement le plus important. On peut prendre comme indice de cet état des réserves le débit moyen des 7 derniers jours de Mai : Q_7 .

La corrélation A6-8, Q_7 n'est pas très forte ($R = 0,777$) mais la condition d'homoscédasticité n'est visiblement pas remplie : en effet, le nuage des points présente une courbure assez nette qui incite à effectuer une transformation de la variable explicative. On prendra $\ln Q_7$ au lieu de Q_7 . L'équation de régression trouvée est alors :

$$A_{6-8} = 67,8 \ln Q_7 - 110,2 \pm t 16,0$$

$$r = 0,911 \quad n = 32 \text{ (période 1949-1980)}$$

A_{6-8} en millions de m^3 (Mm^3)

Q_7 en m^3/s .

L'écart type résiduel $S_{y,x}$ ($16,0 Mm^3$) exprime l'incertitude qui demeure sur la valeur prévue, si on utilise cette équation dans un but prévisionnel. Il permet de tracer l'intervalle de confiance de la prévision pour un seuil de confiance donné : dans un schéma gaussien 80 % des valeurs sont comprises entre $m + 1,28 S$ et $m - 1,28 S$, m étant la moyenne et S l'écart type de la distribution (fig. 16).

Ainsi, connaissant le débit moyen des 7 derniers jours de Mai 1981 qui était de $13,5 m^3/s$, il a été possible d'émettre au 1^{er} Juin la prévision suivante :

Apports d'été du 1^{er} Juin au 31 Août 1982 à attendre :

- 80 chances sur 100 pour qu'il soit compris entre 86,7 et 45,8 Mm^3
- 90 chances sur 100 pour qu'il soit compris entre 92,5 et 40,0 Mm^3
- 95 chances sur 100 pour qu'il soit compris entre 97,6 et 34,9 Mm^3

Les apports observés ont en fait été de 53,8 millions de m^3 .

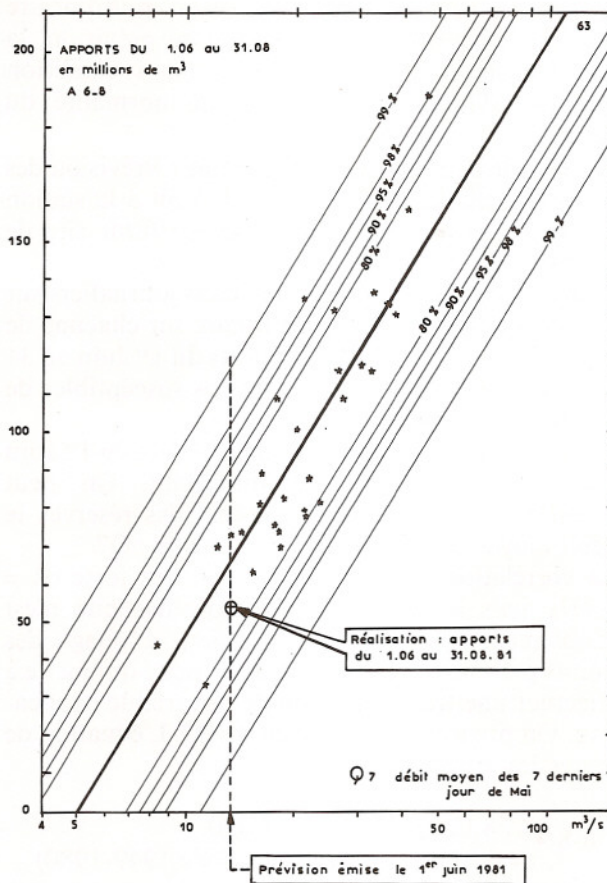


Fig. 16 - Prédiction des apports d'été (1^{er} Juin au 31 Août) de l'oued sebou à Ain Timedrine (Période de référence 1949 -1980)

$$A_{6.8} = 67.8 \times Q_7 - 110.2 \pm t_{\alpha} \times 16.0$$

$$n = 32 \quad r = 0.911$$

M N 82

Ce schéma, volontairement simple, pourrait être complété par d'autres variables, par exemple le débit moyen du mois de Mai, ce qui diminuerait l'influence néfaste d'averses fortes dans les 7 derniers jours du mois (comme en 1963 dont le point s'écarte du nuage). On pourrait également introduire des variables inconnues au moment de la prévision mais probabilisables comme les précipitations de Juin et de Juillet.

Ce type de prévision à long terme est particulièrement adapté pour effectuer une gestion rationnelle des retenues de barrages de régularisation.

3.3. A quoi servent ces prévisions ?

Les méthodes de prévision d'étiage se différencient principalement par la nature de la prévision proposée :

- certaines (tarissement par exemple) se limiteront à offrir un débit minimal garanti, c'est à dire un

débit limite inférieur qui ne se rencontrera effectivement qu'en l'absence de précipitations efficaces sur le délai de prévision.

- d'autres (modèles stochastiques, physiques, etc...), en intégrant un comportement historique et (ou) en probabilisant les entrées pluviométriques, fourniront une valeur ou une fourchette de valeurs de débit pour un seuil de confiance donné.

Ces méthodes de prévision sont peu utilisées actuellement au Maroc et il conviendrait de les développer car elles peuvent rendre d'utiles services notamment pour la gestion des eaux lors des périodes de sécheresse.

L'émission de prévisions des débits des cours d'eau et des sources et du niveau des nappes libres peut servir à attirer l'attention des responsables sur des éventuels risques de défaillance pouvant avoir des conséquences sur les débits d'irrigation. A l'annonce de prévisions de défaillances éventuelles, il est encore temps de prendre un certain nombre de mesures pour planifier les moyens de lutte.

La faiblesse des débits peut avoir des conséquences variables suivant les saisons. Elle se fera sentir plus rapidement s'il s'agit de dérivation au fil de l'eau ou de pompage dans un oued, avec un certain décalage dans le temps dans le cas de lachures à partir d'un barrage de régularisation ou de pompage dans une nappe. Ce décalage sera d'autant plus grand que la capacité de stockage de la retenue sera grande. De même ce décalage sera d'autant plus grand que la nappe d'eau souterraine sera étendue et puissante et que les ouvrages d'exploitation seront loin des zones d'alimentation de la nappe. Plus le décalage entre la sécheresse climatique et son effet sur les réservoirs naturels (nappes d'eau souterraines, lacs) ou artificiels (retenues de barrage de régularisation) sera grand, plus les délais de prévision pourront être importants jusqu'à un an pour certains niveaux de grandes nappes libres.

Ces prévisions peuvent inciter les responsables à rouvrir des captages anciens, à forer de nouveaux puits ou forages, à réglementer la consommation et/ou la répartition de l'eau entre les divers utilisateurs (A.E.P., Irrigation, Industrie), à choisir des spéculations agricoles moins consommatrices d'eau, à concentrer les irrigations sur une surface plus réduite.

De toute façon les utilisateurs devraient s'habituer à interpréter toute prévision en terme de probabilité, c'est à dire ne déclencher les procédures de protection que si le produit (probabilité du risque) x (importance du risque) dépasse des seuils à fixer d'un commun accord entre les utilisateurs et les services sollicités pour leur venir en aide.

4. Conclusion :

La gestion des ressources en eau en temps de sécheresse nécessite que l'on dispose de réseaux de mesures climatologiques, hydrologiques et hydrogéologiques fonctionnant régulièrement sur la plus longue période possible. De telles mesures permettent :

- de bien connaître les apports et leur variabilité saisonnière et interannuelle, base indispensable à tout projet d'aménagement hydroagricole,
- d'élaborer des plans régionaux d'aménagement des eaux,
- d'élaborer des schémas de prévision des apports.

S O C E A

SOCIÉTÉ EAU ET ASSAINISSEMENT

B.P. 121

51, avenue Allal- Ben Abdallah

RABAT

**BÉTON CENTRIFUGÉ PRÉCONTRAIT CONDUITES FONTE
DES FONDERIES PONT - A - MOUSSON ET ACCESSOIRES**

DISTRIBUTION FREQUENTIELLE DES APPORTS AUX BARRAGES EN PERIODE DE SECHERESSE

par
Abdelhadi LAHLOU
Ingénieur en Chef
Chef de la Division Exploitation

Introduction

La communication suivante fait suite à d'autres analyses similaires réalisées par l'auteur de cette note, dès l'apparition de la sécheresse qui a sévi sur notre pays depuis la campagne agricole 1980/1981.

Certes, la succession de deux années sèches, d'hydraulicité critique jamais observée au Maroc (pire pour certaines régions que celles des 2 années successives 1944 et 1945 puis 1965 et 1966, considérées les plus sèches dans la série la plus longue des débits observés), nous a incité à une gestion rigoureuse des eaux des retenues. Les décisions de lâchures pour les divers utilisateurs et, particulièrement pour les périmètres irrigués et l'eau potable, ont été basées sur les prévisions d'apports aux barrages.

A cet égard une analyse stochastique de la distribution fréquentielle des apports mensuels de la série la plus longue (obtenue à partir des débits observés avant la construction du barrage et durant l'exploitation du barrage), a été effectuée : quatre programmes à l'ordinateur, correspondant aux lois statistiques d'ajustement des courbes des débits classés : Gumbel, loi normale, log normale et Γ incomplète, ont été réalisés. Seule la dernière loi a été retenue, étant donné que l'expérience montre qu'elle ajuste mieux les débits observés.

L'étude suivante porte, après un bref aperçu d'un rappel des lois statistiques adoptées, sur les analyses suivantes :

- Comparaison des apports prévus aux barrages à ceux qui y sont observés, du 1^{er} Avril à fin septembre 1981
- Comparaison de la situation prévue (basée sur une fréquence de 95 %), à celle observée du 1^{er} Octobre à fin avril 1982. Détermination des fréquences des apports réellement observés au cours de cette période
- Etude de la prévision des volumes disponibles cumulés dans les retenues des barrages, à partir de mai 1982 jusqu'à fin septembre 1982

1. Méthodes utilisées pour la détermination des étiages

Les méthodes actuellement utilisées pour la détermination des étiages, sont les suivantes :

- Méthode historique, basée sur les relevés antérieurs et s'étendant sur une période étendue, fournit des ordres de grandeur des débits d'étiages observés,
- Méthode de comparaison, elle se base sur : la méthode des débits spécifiques, sur la méthode des indices de faiblesse (l'indice de faiblesse d'étiage étant le rapport entre le débit moyen annuel et le débit d'étiage étant le rapport entre le débit moyen annuel et le débit d'étiage exceptionnel), et sur la méthode des indices d'irrégularité (l'indice d'irrégularité des étiages étant le rapport entre le plus fort et le plus faible des débits d'étiage exceptionnels connus).

- Méthodes probabilistes : c'est cette méthode qui a été appliquée dans l'étude de prévision suivante, des apports d'eau dans les barrages du Maroc.

- La courbe des débits classés moyens mensuels (donnant en abscisse la fréquence d'apparition de l'ensemble des débits supérieurs au débit porté en abscisse et, en ordonnée, le débit moyen mensuel), représente la loi de distribution des débits, dans la mesure où l'on peut assimiler la probabilité d'occurrence future d'un événement quelconque à la fréquence d'apparition passé d'événements de même nature et, dans la mesure où l'on peut considérer les débits comme des variables indépendantes.

L'expérience montre qu'on peut toujours ajuster une courbe des débits classés par des courbes de distributions fréquentielles du type Fréchet, Galton-Gibrat, Gauss, Halphen, Pearson, Foster, Gumbel, Log normale, Γ incomplète... Ayant adopté la loi qui s'approche le mieux du phénomène observé, on obtient les débits d'étiage par extrapolation de la courbe mathématique : on remarque que les lois de distribution des probabilités : log normale et incomplète, représentent le meilleur ajustement des débits moyens mensuels.

Il faut remarquer que l'extrapolation de ces courbes n'est pas satisfaisante pour les très faibles débits : on remarque de fortes variations de courbes pour les faibles débits.

2. Rappel de notions statistiques en vue de l'application de la méthode probabiliste

a) Distribution normale

Equation de la distribution normale de densité de probabilité

x : variable
 \bar{x} : moyenne
 s : écart-type

$$y = \varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} \text{ où } t : \text{variable réduite} = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

Cette équation montre que x varie linéairement avec t

b) Distribution log-normale

Lorsque les valeurs d'un caractère ne sont pas distribuées normalement il arrive que le logarithme de ces valeurs soit normalement distribué, on écrira :

$$t = \frac{\log x - \log \bar{x}}{\log s}$$

Pour placer sur le graphique les divers points constituant un échantillon donné, on calcule pour chaque débit sa fréquence expérimentale de dépassement ou de non-dépassement par l'équation :

$$f = \frac{m - 0,5}{n}$$

où n est le nombre d'années constituant l'échantillon et m est le rang qu'occupe le débit dans l'échantillon. La fréquence expérimentale ainsi calculée est assimilée à la probabilité d'apparition de cette valeur.

On trace une droite moyenne qu'on extrapole.

c) Loi de Gumbel

Cette loi a été créée pour l'étude de la distribution des fréquences des valeurs extrêmes : ici minimum. On la représente sous la forme :

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

- avec $y = a(x - x_0)$, $F(x)$: probabilité de la variable x .

x = débit étudié

$$a \text{ et } x_0 \text{ définis par : } \frac{1}{a} = 0,780 \text{ et } x_0 = \bar{x} - \frac{0,577}{a}$$

$$\text{avec } a = \sqrt{\frac{\sum(x - x_0)^2}{n - 1}}$$

Soit u la variable dont la probabilité au non dépassement est $F(u)$.

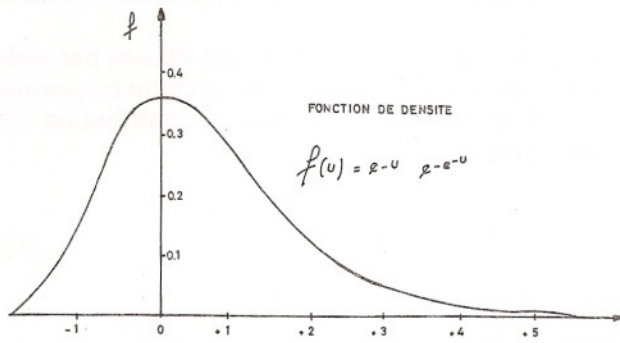
La probabilité pour que toutes les valeurs d'un échantillon de

$$Q \text{ soient à } < u \text{ est } [1 - (1 - F(u))]^n$$

Si n est grand, $1 - F(u)$ est petit, la probabilité ci-dessus peut s'écrire approximativement exp

$$[-n(1 - F(u))]$$

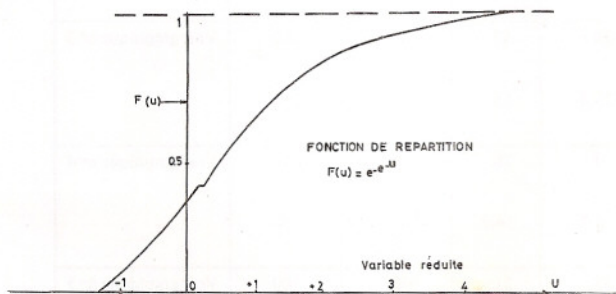
La fonction de probabilité devient $e^{-e^{-u}}$



Programme SUBROUTINE PGUMB calcule les paramètres d'une distribution de Gumbel, par la méthode du maximum de vraisemblance : Il fournit les valeurs de la variable sous forme d'un vecteur et la taille n de l'échantillon.

Le sous-programme calcule :

- Les valeurs du paramètre de position
- du paramètre d'échelle
- la moyenne de l'échantillon.



3. Fréquence a adopter en période sèche

Il existe deux méthodes de classement des débits mensuels pour l'analyse de distribution fréquentielle :

a) Cas où les débits sont classés par ordre décroissant

(Exemple : graphique de distribution fréquentielle des débits au barrage Hassan Ed Dakhil).

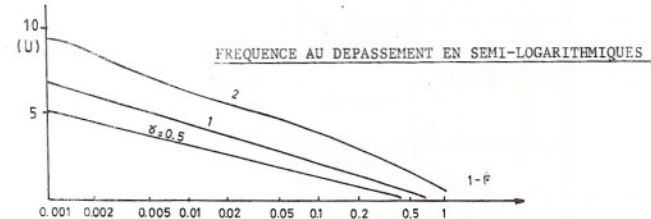
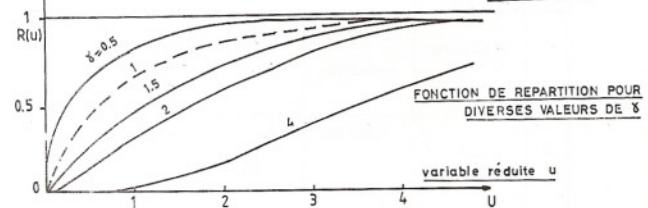
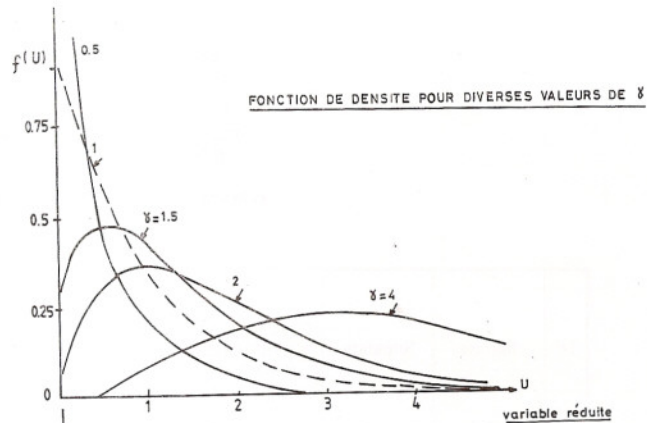
Distribution Γ incomplète

$$\text{La fonction de répartition } F(x) = \frac{1}{\Gamma(\gamma)} \int_0^u e^{-t} t^{\gamma-1} dt$$

avec : $u = \frac{x - x_0}{s}$, $F(x)$ est la fréquence au non

dépassement : La fonction de densité est donnée par

$$f(u) = \frac{1}{\Gamma(\gamma)} u^{\gamma-1} e^{-u}$$



Le programme SUBROUTINE PCAMA calcule les paramètres d'une distribution incomplète, non tronquée, adaptée à un échantillon de taille connu, sans troncature ; pour la méthode du maximum de vraisemblance, le programme principal fournit les valeurs de Q sous forme d'un vecteur de taille N.

Selon le critère international, communément appliqué, la classification suivante est adoptée :

- Sont considérés comme très secs les mois dont les débits mensuels présentent une fréquence calculée : $f > 90\%$.
- Sont considérés comme secs les mois dont les débits mensuels présentent une fréquence : $90\% > f > 65\%$.
- Sont considérés comme intermédiaires (ni secs, ni humides) les mois dont les débits mensuels présentent une fréquence : $65\% > f > 35\%$.

- Sont considérés comme trop humides les mois dont les débits mensuels présentent une fréquence : $35 \% > f > 10 \%$.
- Sont considérés comme trop humides les mois dont les débits mensuels présentent une fréquence : $f < 10 \%$.

b) Cas où les débits sont classés par ordre croissant

Dans le cas où les débits sont classés par ordre croissant, c'est $p = f$, qu'il faut prendre en considération (Exemple : graphiques de distribution fréquentielle n° 1,2,3,5,6 et 7).

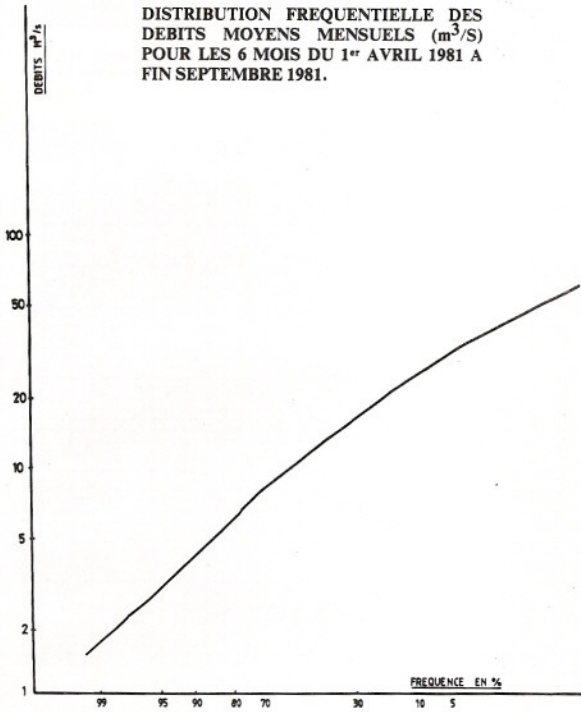
Comparaison de la situation prévue au 1^{er} avril 1981
(Basée sur une fréquence de 95 %)
et celle réellement observée du 1^{er} avril à fin septembre 1981
détermination des fréquences des apports réellement observés
au cours de cette période

Comparaison entre les débits, apports, évaporations, apports nets,
fréquences, besoins agricoles, prévus à partir du 1^{er} avril 1981
(et ceci pour une fréquence de 95 %)
et la situation réellement observée du 1^{er} avril 1981 à fin septembre 1981

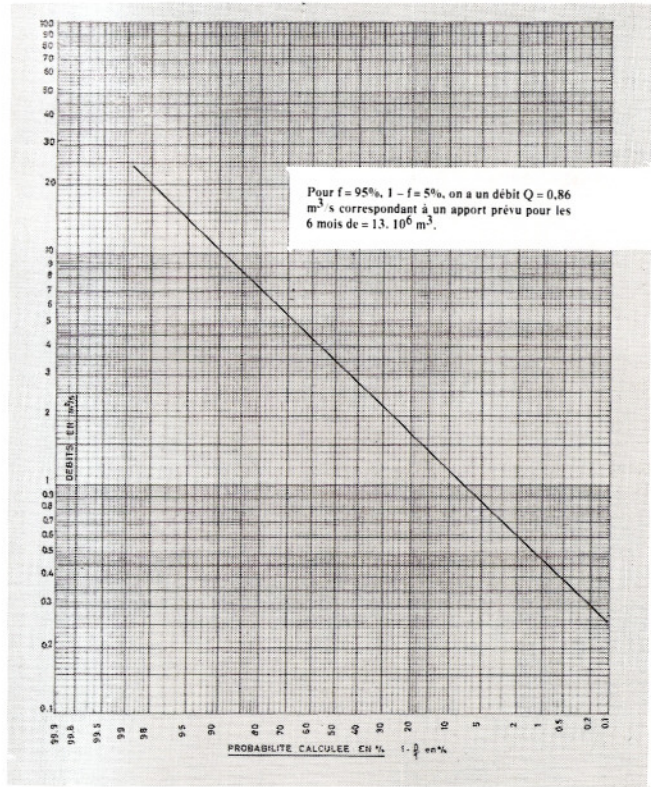
N°	Barrage	Situation	Capacité au 1 ^{er} Avril 1981 (10 ⁶ m ³)	Apports, débits et fréquences pour les 6 mois d'avril à septembre 1981		Evaporation (10 ⁶ m ³)	Apports (10 ⁶ m ³)	Volumes disponibles à fin septembre 1981 (10 ⁶ m ³)	Besoins agricoles d'avril à septembre 1981 (10 ⁶ m ³)	Observations
				Apports (10 ⁶ m ³)	Fréquences %					
1	El Kansera	- prévue	117	34 (Débit : 2,2)	95 %	14	20	137	125	Voir graphique n° 1
		- observée		37,9 (Débit : 2,4)	98 %	8,2	29,7	147	119	
2	Lalla Takerkoust	- prévue	30	13 (Débit : 0,86)	95 %	4	9	39	57	Voir graphique n° 2
		- observée		34 (Débit : 2,2)	70 %	2,7	31	61	55	
3	Idriss 1 ^{er}	- prévue	268	67 (Débit : 4,3)	95 %	20	47	315	260	Voir graphique n° 3
		- observée		81,4 (Débit : 5,2)	92 %	26,6	55	322	119	
4	Hassan Ed Dakhil	- prévue	32	36 (Débit : 2,3)	95 %	7	28	605	35	Voir graphique n° 4
		- observée		15 (Débit : 0,97)	100 %	2,7	14,3	44,3	30	
5	Mansour Ed Dahbi	- prévue	384	27 (Débit : 1,75)	95 %	48	21	363	100	Voir graphique n° 5
		- observée		44,6 (Débit : 2,8)	91 %	45,4	0	383,2	176	
6	Mohamed V	- prévue	227	181 (débit = 11,5 m ³ /s)	95 %	11	170	397	346	Voir graphique n° 6
		- observée		116,9 (Débit = 7,5)	99 %	23,2	93,7	320,7	232	
7	Youssef Ben Tachfine	- prévue	166	3,3 (Débit = 0,21)	95 %	16	-12,7	169,3	82	Voir graphique n° 7
		- observée		8 (Débit = 0,5)	65 %	11	-3,0	163	52	
8	El Makhazine	- prévue	356	150 (Débit = 9,7)	95 %	37	113	469	60	Voir graphique n° 8 le fort lâcher de 283 10 ⁶ m ³ durant les 6 mois est réalisé pour des considérations énergétiques
		- observée		176 (Débit = 11,4)	70 %	26	150	506	283	

BARRAGE : MOULAY YOUSSEF

DISTRIBUTION FREQUENTIELLE DES DEBITS MOYENS MENSUELS (m³/S) POUR LES 6 MOIS DU 1^{er} AVRIL 1981 A FIN SEPTEMBRE 1981.

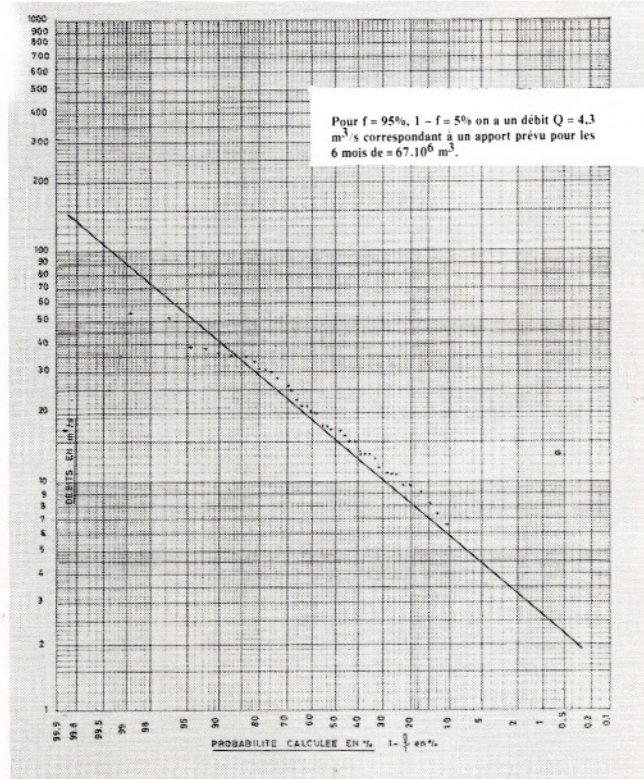


DISTRIBUTION FREQUENTIELLE DU DEBIT MOYEN MENSUEL (m³/S) POUR LES 6 MOIS DU 1^{er} AVRIL 1981 A FIN SEPTEMBRE 1981.



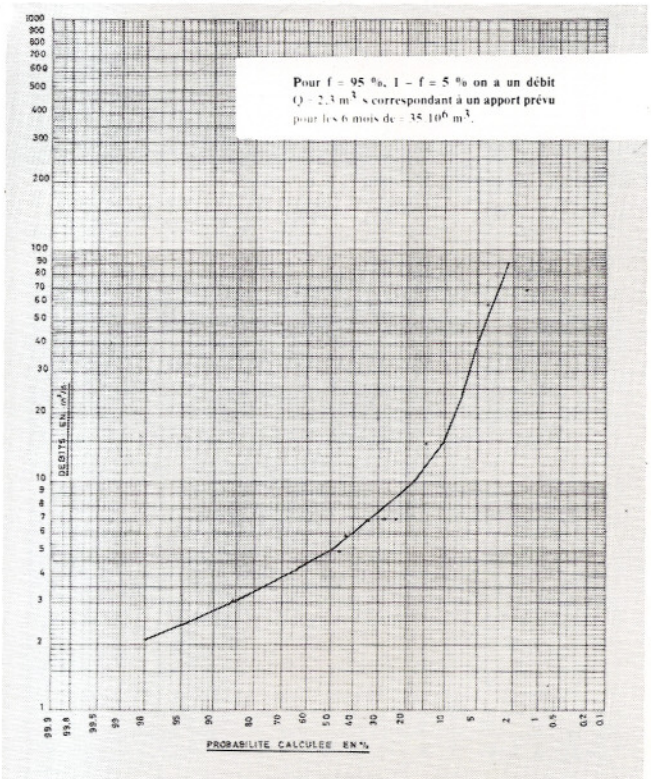
BARRAGE : IDRISSE 1^{er}

DISTRIBUTION FREQUENTIELLE DU DEBIT MOYEN MENSUEL (m³/S) POUR LES 6 MOIS DU 1^{er} AVRIL 1981 A FIN SEPTEMBRE 1981.
01m³/s



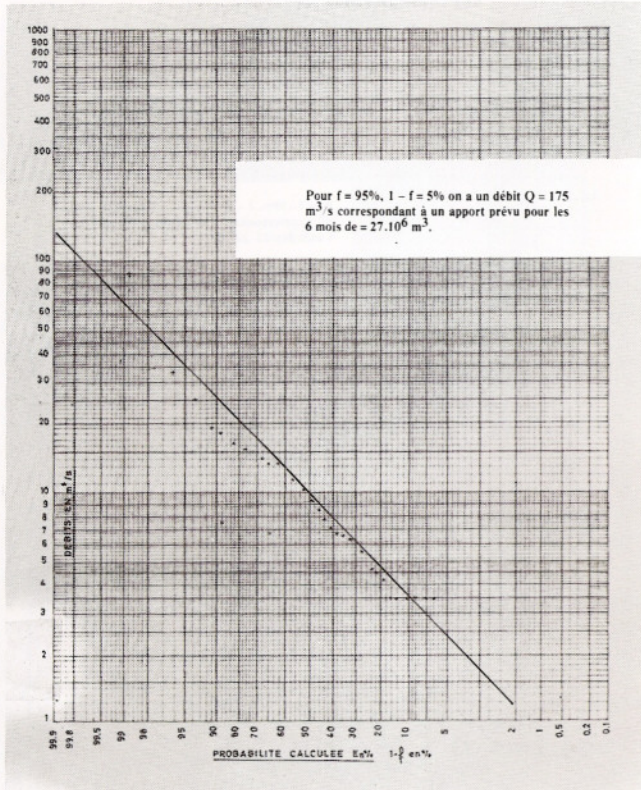
BARRAGE : HASSAN ED DAKHIL

DISTRIBUTION FREQUENTIELLE DES DEBITS MOYENS MENSUELS (m³/S) POUR LES 6 MOIS DU 1^{er} AVRIL 1981 A FIN SEPTEMBRE 1981.



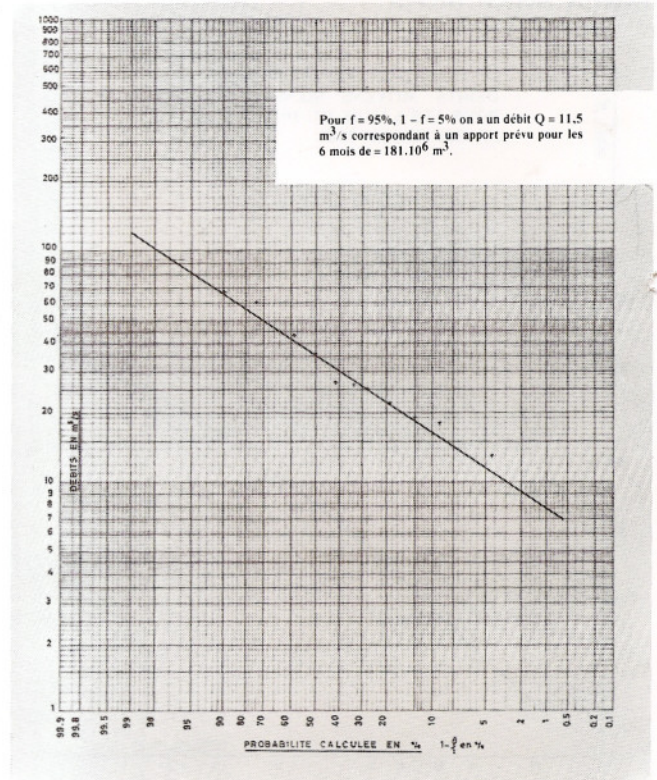
BARRAGE : MANSOUR ED DAHBI

DISTRIBUTION FREQUENTIELLE DU DEBIT MOYEN MENSUEL (m³/S) POUR LES 6 MOIS DU 1^{er} AVRIL 1981 A FIN SEPTEMBRE 1981.



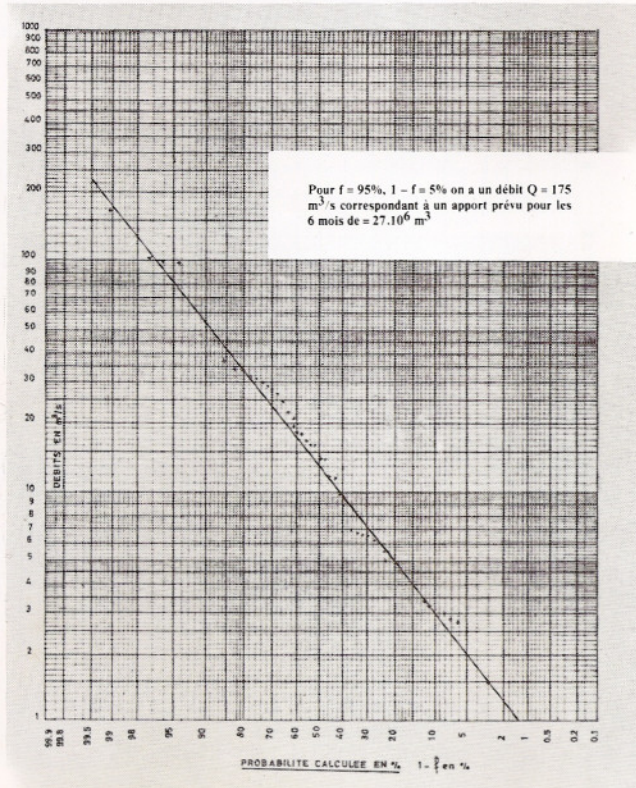
BARRAGE : MOHAMMED V

DISTRIBUTION FREQUENTIELLE DU DEBIT MOYEN MENSUEL (m³/S) POUR LES 6 MOIS DU 1^{er} AVRIL 1981 A FIN SEPTEMBRE 1981.



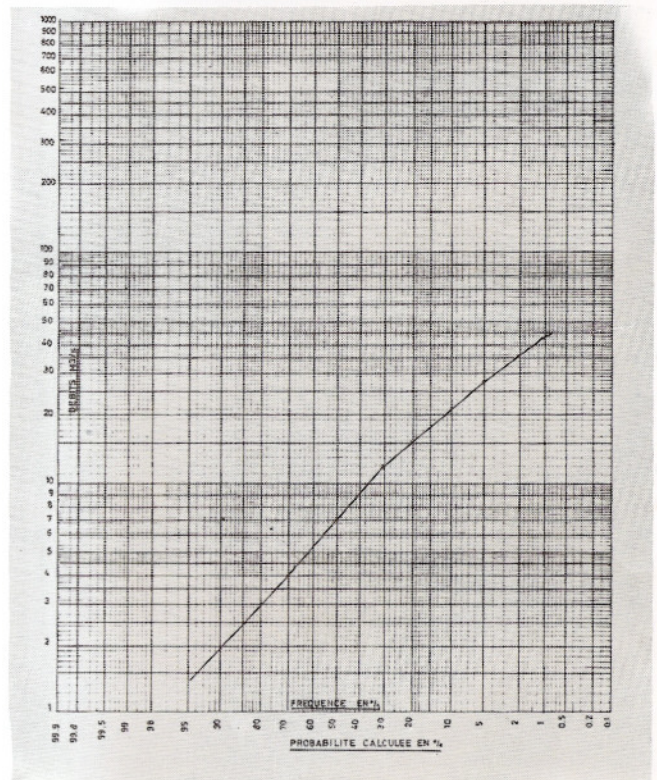
BARRAGE : YOUSSEF BEN TACHFINE

DISTRIBUTION FREQUENTIELLE DU DEBIT MOYEN MENSUEL (m³/S) POUR LES 6 MOIS DU 1^{er} AVRIL 1981 A FIN SEPTEMBRE 1981.



BARRAGE : EL MAKHAZINE

DISTRIBUTION FREQUENTIELLE DES DEBITS MOYENS MENSUELS (m³/S) POUR LES 6 MOIS DU 1^{er} AVRIL 1981 A FIN SEPTEMBRE 1981.



Comparaison de la situation prévue au 1^{er} octobre 1982 (basée sur une fréquence de 95 %) à celles réellement observée du 1^{er} octobre 1982 à fin mars 1982 détermination des fréquences des apports réellement observés au cours de cette période

Apport prévus et observés aux barrages volumes agricoles restitués à partir des barrages pour la campagne agricole actuelle* (10⁶m³)

Barrages		Octobre 1981	Novembre 1981	Décembre 1981	Janvier 1982	Février 1982	Mars 1982	Avril 1982
El Kansera	Apports prévus	3	5	8	11	12	8	5
	Apports observés	8,9	5,6	6,8	16	19,7	17,6	53,2
	Fréquence de l'apport observée	75	95	99	93	72	85	35
	Restitués agricoles	6,9	8,2	0,7	0,2	0,2	0,5	0,5
Lalla Takerkoust	Apports prévus	0	0	3	0	2,5	3	2,6
	Apports observés	1,8	2,4	2,7	4,3	3,4	3,15	17,1
	Fréquence de l'apport observée	75	50	90	75	85	95	50
	Restitués agricoles	2,9	2,9	1,9	0,27	0,48	1,4	1,5
Hassan Addakhil	Apports prévus	0	0	0	3	2,5	5	2,5
	Apports observés	0,8	0,4	0,5	1,4	0,48	0,24	3,2
	Fréquence de l'apport observée	90	90	90	99	100	100	93
	Restitués agricoles	0	0	0	0	0	0	0
Mansour Eddahbi	Apports prévus	3	2,5	3	3	3	5	2,5
	Apports observés	7,6	8,4	4,4	7	7,4	7,2	8,3
	Fréquence de l'apport observée	70	68	83	72	75	92	77
	Restitués agricoles	26,4	24,5	13,10	9,9	21,8	22,8	22
Mohamed V	Apports prévus	0	5	11	8	14,5	24	31
	Apports observés	19	5,7	17,6	15,7	23,2	16,8	198,5
	Fréquence de l'apport observée	60	95	80	82	88	97	44
	Restitués agricoles	35	16	13,4	19,6	0	19,7	20
Youssef Ben Tachfine	Apports prévus	0	0	0	0	0	0	0
	Apports observés	0,45	1,5	0	37,4	1,8	2,3	23,4
	Fréquence de l'apport observée	70	68	80	15	88	82	12
	Restitués agricoles	6,5	7,1	6,8	4,5	5,4	9,8	9,7
El Makhazine	Apports prévus	0	2,5	3	8	5	11	5
	Apports observés	0,3	0,8	130	143	82	44,2	90,2
	Fréquence de l'apport observée	78	97	28	42	64	75	32
	Restitués agricoles	18,75	4,11	15,81	45,8	60,3	19	20
Moulay Youssef	Apports prévus	5	5	8	8	7	11	10
	Apports observés	7,6	3,5	10,5	11,6	11,8	12	12
	Fréquence de l'apport observée	82	97	85	88	80	94	94
	Restitués agricoles	9,8	10	6	1	0,1	7,6	7
Idriss 1 ^{er}	Apports prévus	3	0	5	8	12	16	13
	Apports observés	6,7	3,7	21,8	39,8	34,8	3,1	58,3
	Fréquence de l'apport observée	65	85	67	60	70	99	58
	Restitués agricoles	37,2	36,6	3,6	0	0	0	0

* Apports et restitués sont exprimés en 10⁶ m³, fréquence en %.

**Etude de la prévision des volumes disponibles
dans les retenues des barrages du 1^{er} mai 1982
à fin septembre 1982, et fréquence adoptée**

N°	Barrages	Capacité à la cote normale	Capacité du 1 ^{er} Mai 1982	série des débits mensuels analysés	Volumes disponibles cumulés prévus à fin septembre 1982	Fréquences adoptées des apports en %
1	El Kansera	290	130	de 1932 à 1981 (49 ans)	220	10 %
2	Lalla Takerkoust	77,7	29,6	de 1923 à 1981	65	30 %
3	Hassan Eddakhil	361	9,4	de 1948 à 1981 (34 ans)	45	70 %
4	Mansour Eddahbi	566,9	111,4	de 1936 à 1981 (39 ans)	204	30 %
5	Mohamed V	595,8	222,9	de 1952 à 1981	336	70 %
6	Youssef Ben Tachfine	310,0	119,2	de 1921 à 1981	136	10 %
7	El Makhazine	788,9	519	de 1933 à 1981 (42 ans)	580	30 %
8	Moulay Youssef	191,6	33,2	de 1932 à 1981 (49 ans)	115	50 %
9	Idriss 1 ^{er}	1.207	202	de 1932 à 1981	218	80 %
10	Al Massira	2.724	763,6	de 1934 à 1970 (36 ans)	1.168	95 %
11	Bin El Ouidane	1.484	330,3	de 1933 à 1981	660	70 %

Volume et capacité en 10⁶ m³

Conclusion

Cette étude nous montre que les besoins normaux des périmètres irrigués, calculés à partir du 1^{er} Avril 1981 et jusqu'à fin septembre 1982 sont satisfaits dans les pourcentages variables en fonction des fréquences prévues adoptés. A cet égard des programmes réduits de lâchures ont été arrêtés, en commun accord, avec les divers utilisateurs et particulièrement avec les services intéressés du Ministère de l'Agriculture, et ceci depuis le début de la campagne agricole.

Les débits mesurés aux barrages au cours des derniers mois, ont permis d'adopter les fréquences mentionnées les plus probables.

Toutefois les apports mensuels réels qui seront définis à la fin de chaque mois, à partir de la gestion journalière des barrages et par application des bilans hydrauliques, permettra de mieux connaître la fréquence à adopter pour la prévision du débit du mois suivant, et de rectifier ainsi le tir, au fur et à mesure, en corrigeant la fréquence adoptée préalablement, et ceci, mois par mois.

GESTION DES RETENUES A BUTS MULTIPLES DURANT LA PERIODE DE SECHERESSE 1980-1982

Office National de l'Electricité
Direction de la Production
et du Transport
Service Mouvements d'Energie

La sécheresse qui a affecté l'ensemble du pays durant les trois années 1980-1982 est la plus sévère jamais observée depuis près d'un demi-siècle d'observations statistiques.

Il faut remonter à la période 1944 à 1946 pour retrouver une situation similaire. Il s'agit aussi de la première grande expérience de la gestion de barrages en période de rareté de l'eau.

Les défaillances qui en ont découlé et les mesures efficaces prises sur le terrain pour y faire face constituent des données supplémentaires pour une gestion optimale englobant l'ensemble des utilisateurs.

Cette sécheresse prolongée a eu des effets directs sur la gestion des barrages et, partant, sur la satisfaction des besoins spécifiques des principaux utilisateurs : l'agriculture et l'énergie (1).

La faiblesse des apports, conjuguée aux destockages destinés à l'agriculture, ont eu des conséquences sur la production d'électricité d'origine hydraulique qui a vu sa part diminuer énormément.

La substitution par l'énergie électrique d'origine thermique (charbon et fuel) a alourdi de manière considérable la facture de combustibles de l'O.N.E.

La baisse des volumes dans les retenues, à des niveaux inférieurs à ceux des trajectoires de gestions optimales interannuelles, s'est traduite par des pertes d'énergie importantes par suite des baisses des chutes et de la dégradation des rendements des groupes.

De plus, plusieurs centrales ont dû être arrêtées et les prélèvements agricoles assurés par lâchures ont entraîné des pertes de production non négligeables.

Durant toute la période de déficit, la gestion des barrages a fait l'objet de concertations permanentes entre les différents utilisateurs, notamment entre les ORMVA et l'O.N.E. Chaque fois que cela était possible, il a été tenu compte des impératifs de chacun de ces deux utilisateurs.

1. Sécheresse et gestion des barrages

Nous examinerons successivement les apports, ensuite la gestion des barrages et leur fonction de régularisation.

1.1. Les apports

Dans les annales statistiques nationales, les années successives les plus sèches observées furent 1943/1944, 1944/1945 et 1945/1946. Dans le tableau 1 nous comparons les apports de ces années à ceux de la période actuelle.

Nous distinguons trois types de situation :

a) Al Massira-Bine El Ouidane-Idriss 1^{er}

Ces barrages ont connu un déficit prolongé de trois années plus sévère que celui des années de référence.

Les apports sont inférieurs de 405 hm³ pour l'Oum Er Rebia et 110 hm³ pour l'Oued Abid.

Le déficit est encore plus accentué si l'on considère les deux années 1981-1982.

(1) Les besoins en eau potable prélevés à partir des barrages sont en permanence garantis par des tranches réservées.

TABLEAU 1
Apports des années les plus sèches (HM3)

Gestion des retenues

BARRAGES - OUEDS	Années 1943/1944, 1944/1945 et 1945/1946 (1)			Années 1979/1980, 1980/1981 et 1981/1982 (2)			Variation (2) par rapport (1) %		
	l'année la plus sèche	2 années les plus sèches	ensemble des 3 années	l'année la plus sèche	2 années les plus sèches	ensemble des 3 années	l'année la plus sèche	2 années les plus sèches	ensemble des 3 années
Al Massira - Oum Er Rebia	1065	3060	5145	1190	2440	4740	+12	-20	-8
Bine El Ouidane - El Abid	370	1105	1910	470	950	1800	+27	-14	-6
El Makhazine - Loukkos	100	520	1180	275	525	-	-	0	-
Idriss 1 ^{er} - Innaouene	115	295	800	170	390	740	+48	+32	-8
Mohamed El Khamis - Moulouya	355*	875*	-	360	770	-	1	-12	-
Mansour Ed Dahbi - Draa*	100	290	460	105	335	-	+5	+16	-
El Kansera - Beht	115	350	620	140	340	-	+22	-3	-
Moulay Youssef - Tessaout	135	335	575	135	330	-	0	0	-

* Cycle sec de référence 1965-1967.

L'Oued Oum Er Rebia a enregistré 620 hm³ de moins que les apports cumulés des deux années les plus sèches du cycle de référence et l'Oued El Abid 155 hm³ de moins.

Enfin l'Oued Innaouene a connu des apports supérieurs de 95 hm³ à ceux des deux années les plus sèches parmi les trois années et 60 hm³ sur les trois années.

Ceci découle du fait que le cycle de trois années se compose d'une année sèche (1979/1980) et des deux années très sèches (1980/1981 et 1981/1982).

Il y a là donc une reconsidération des apports minimaux observés en trois années pour ces cours d'eau dans la gestion future de ces barrages.

b) Mohammed V-El Kansera-Moulay Youssef

Oued El Makhazine

Ces barrages ont connu un déficit sur deux années aussi sévère que 1944-1946.

Pour l'Oued Moulouya, les apports sont inférieurs de 105 hm³.

c) Mansour Ed-Dahbi

Ce barrage a lui aussi connu un cycle sec de deux années bien que leurs apports soient de 45 hm³ supérieurs à ceux des années de référence. Cependant, ce barrage a connu une sécheresse exceptionnelle notamment en 1981/1982 dont les apports coïncident avec ceux de l'année la plus sèche observée.

Le tableau suivant donne la comparaison des apports moyens annuels durant cette période de sécheresse par rapport à l'hydraulicité normale.

	Oum Er-Rebia	El Abid	Loukkos	Innaouene	Moulouya	Draa	Beht	Tessaout
% des apports de l'hydraulicité normale	53	54	45	49	34	52	54	35

Durant l'ensemble des années sèches vécues (3 ou 2 selon le cas) par chacun des cours d'eau, l'hydraulicité est très sèche.

1.2. Gestion de l'eau et fonction de régularisation des barrages

Le tableau 2 donne les prélèvements effectués sur les différentes retenues comparés aux apports enregistrés.

Année 1979-1980

Durant cette première année du cycle sec, les prélèvements ont été, de manière globale, satisfaits par les apports.

Année 1980-1981

Il s'agit d'une année d'hydraulicité très sèche qui succède à une année sèche pour toutes les retenues. Durant cette année la fonction de régularisation des barrages a joué à plein son rôle, ce qui a permis d'assurer les besoins normaux de l'irrigation, sauf

pour le périmètre de Moulouya qui a subi dès cette année des restrictions.

Le taux de couverture des prélèvements par les apports varie entre 37 et 66 %.

Année 1981-1982

A l'exception du Barrage Oued El Makhazine dont l'hydraulicité s'est améliorée dès le mois de Décembre, les apports ont été très secs et tardifs. Jusqu'en Avril, les débits ont été excessivement faibles, jamais observés.

Les apports d'Avril et Mai ont été déterminants dans l'hydraulicité de cette année ; ils représentent 35 à 70 % de l'apport total annuel.

Les conséquences de la persistance de la sécheresse sur le démarrage des campagnes agricoles différents selon les périmètres. Ceux dominés par des barrages à régularisation pluriannuelle (Bine El Ouidane, Al Massira, El Makhazine, Mansour Ed Dahbi) n'ont pas connu de difficultés ; par contre, le

TABLEAU 2
Prélèvements effectués sur les différentes retenues

Gestions des retenues

	Al Massira	Bine El Ouidane	El Makhazine	Mohamed El Khamis	Idriss 1 ^{er}	Mansour Ed Dahbi	El Kansera	Moulay Youssef	Total
Prélèvements (hm ³) 1979/1980	1638	1180	475	735	380	430	315	290	5443
en % des apports nets	134	67	42	96	80	166	86	117	101
Prélèvements (hm ³) 1980/1981	2025	870	430	410	235	350	230	305	4855
en % des apports nets	58	48	55	66	57	37	54	61	55
Prélèvements (hm ³) 1981/1982	1140	445	490	210	255	210	120	95	2960
en % des apports nets	115	98	163	132	78	26	150	136	106

TABLEAU 3
Situation des retenues au 30 Novembre 1981 et au 18 Mai 1982

BARRAGES	Cote (m)	Volume total en réserve (hm ³)	Coef. de remplissage (%)	Volume utile en réserve (hm ³)	Coef. de remplissage (%)	Energie en réserve (GWh)	OBSERVATIONS
B. El Ouidane 30-11-1981 18- 5-1982	759,97 771,58	251,9 429,9	16,9 28,9	110,2 288,2	8,2 21,5	137,2 250,0	
Moulay Youssef 30-11-1981 18- 5-1982	808,30 842,68	0,7 55,4	0,4 28,9	- 20,5	- 13,0	- 1,9	Usine à l'arrêt du 7 Août 1981 au 1 Mai 1982 niveau inférieur à la limite de fonctionnement des groupes.
Al Massira 30-11-1981 18- 5-1982	257,99 265,41	443,1 838,1	16,3 30,7	- 394,6	- 17,3	70,0 170,1	
El Kansera 30-11-1981 18- 5-1982	101,04 116,82	21,5 186,9	7,4 64,5	4,5 169,9	1,5 62,2	0,3 13,4	
Idriss 1 ^{er} 30-11-1981 18- 5-1982	178,40 190,89	52,1 216,0	9,3 38,6	- -	- -	- -	Usines à l'arrêt depuis le 2 Août 1981 niveau de la retenue inférieur à la limite de fonctionnement des groupes.
O.El Makhazine 30-11-1981 18- 5-1982	41,91 53,44	200,1 492,3	25,4 62,3	- 290,6	- 49,4	- 23,0	
Med. El Khamis 30-11-1981 18- 5-1982	 196,20 209,90	 28,1 285,0	 4,7 47,5	 - 174,4	 - 35,6	 - 15,1	Usine à l'arrêt du 27 Août 1981 au 15 Avril 1982 niveau inférieur à la limite de fonctionnement des groupes.
Lalla Takerkoust 30-11-1981 18- 5-1982	640,41 657,87	5,0 41,5	6,4 52,5	- -	- -	- -	Usine en cours de refonte depuis Juillet 1980
Mansour Ed Dahbi 30-11-1981 18- 5-1982	1091,24 1088,99	170,6 135,1	30,1 23,8	138,7 103,2	25,9 19,3	10,8 7,7	
Situation au niveau de l'ensemble des retenues au	30-11-81 18- 5-82	1173,1 2638,3	16,3 36,6	253,4 1441,4	4,5 25,3	218,3 481,2	

démarrage de la campagne n'a pu se faire normalement dans les périmètres du Gharb, Haouz et Moulouya dont les barrages étaient pratiquement vidangés en Automne.

Hormis les périmètres des Doukkala et du Loukkos (en cours d'équipement), tous les autres subissent des restrictions plus ou moins sévères.

La situation des retenues au 30 Novembre 1981, juste avant les pluies, comparée à l'actuelle (18 Mai 1982) est donnée dans le tableau 3.

2. Sécheresse et production d'électricité

Avant d'aborder les répercussions de la sécheresse sur la production d'énergie électrique, il convient de donner un aperçu sur l'importance du potentiel hydroélectrique dans le système de production de l'O.N.E.

La production d'énergie électrique provient de deux sources d'énergie : hydraulique et thermique dont les puissances installées (P_i) et les productibilités (P_e) sont :

En thermique

$P_i = 700$ MW avant mise en service
de la centrale
 $P_e = 4700$ GWh de Mohammedia

$P_i = 1000$ MW

Après mise en service des deux groupes de la centrale de Mohammedia fin 81 début 82.

$P_e = 6800$ GWh

En hydraulique

$P_i = 600$ MW.

$P_e = 2050$ GWh (Productibilité moyenne).

Le potentiel du parc hydraulique subit les aléas de l'hydraulicité ; les fluctuations sont cependant atténuées par la régularisation des barrages.

La puissance disponible varie dans une grande proportion avec le niveau des retenues.

Durant la décennie 1970-1979, la participation hydraulique dans la production a été en moyenne de 45 %.

Durant les trois années 1977 à 1979, l'hydraulique a assuré 36 % des besoins.

Qu'en est-il de la part de l'hydraulique pendant cette période de sécheresse ?

Répartition de la production thermique et hydraulique pour les années 1980, 1981 et 1982 :

	PRODUCTION HYDRAULIQUE		PRODUCTION THERMIQUE		Total
	en GWh	en %	en GWh	en %	
1980	1515	32	3247	68	4762
1981	1024	20	4123	80	5147
1982	500	9	4900	91	5400

Nous constatons que la part de l'hydraulique n'a pas cessé de se dégrader pour tomber à 20 % puis à 9 %, alors qu'en hydraulicité moyenne, l'équipement actuel permet de satisfaire 38 % des besoins.

Durant les périodes pluvieuses avec l'arrêt des irrigations, notamment aux Beni Moussa et Doukkala, la participation de l'hydraulique a baissé jusqu'à 5 %.

En valeur absolue, la production de l'année 1982 représente à peine 25 % de la productibilité moyenne.

Pour compenser le déficit important en production hydraulique, l'O.N.E a mis en œuvre tous les moyens thermiques pour satisfaire sans restrictions les besoins du pays en énergie.

Cependant durant l'hiver 1981-1982, il s'est posé le problème de la satisfaction des besoins en puissance aux heures de pointe du soir, par suite de diminution importante de la puissance disponible des centrales hydroélectriques.

Du fait de l'arrêt de trois centrales (Idriss 1^{er}, Mohammed El Khamis et Moulay Youssef), par baisse du niveau de leur retenue en-dessous de la cote limite de fonctionnement, et de l'exploitation des autres centrales de lac (Al Massira, Bine El Ouidane, Oued El Makhazine et El Kansera) à des hauteurs de chute très basses, la puissance disponible du parc hydraulique a diminué jusqu'à 250 MW dont seulement 150 MW pouvaient être mis en œuvre en raison des restrictions imposées pour limiter les prélèvements aux seuls besoins de l'irrigation.

Aux heures de pointe de l'hiver 1981/1982, la participation des centrales hydro-électriques est tombée à 15 % alors qu'en situation normale, elle atteint 50 % pour une puissance disponible utilisable de 450 MW.

Malgré la mise en œuvre de tous les moyens thermiques, cette situation a réduit considérablement la

réserve de puissance indispensable pour faire face aux incidents et a même engendré un déficit de l'ordre de 5 % aux heures de pointe durant l'hiver 1981/1982.

Ce déficit a pu être résorbé par des aménagements de la charge de certains abonnés tels que l'O.C.P., les Cimenteries, les Stations de Pompages Agricoles sans conséquences sur leur activité.

Situation actuelle et future

Les réserves dans les barrages demeurent actuellement à des niveaux très critiques et vont encore diminuer avec les prélèvements pour l'irrigation. Cependant, grâce à la mise en service de la centrale de Mohammedia qui représente près de 30 % des besoins en puissance de pointe et 40 % en énergie, la situation sur le plan énergétique a pu être sauvée et la satisfaction des besoins est assurée sans restrictions, mais au prix d'une lourde facture pétrolière.

Ceci nous amène à examiner la consommation de combustibles et les dépenses correspondantes.

	CHARBON(1)		FUEL		Total du combustible (millions de DH)
	Milliers de tonnes	Millions de Dirhams	Millions de tonnes	Millions de Dirhams	
1980	595	79	570	391	470
1981	700	130	765	805	935
1982	670	219	900	1076	1295

La facture de combustibles a été multipliée par 2,8 de 1980 à 1982. Cette situation n'est pas sans conséquence sur la situation financière de l'O.N.E.

Par le fait même de l'hydraulicité et en comparaison au productible d'année normale, la sécheresse s'est traduite par des dépenses supplémentaires en combustibles de l'ordre de 850 millions de Dirhams.

Pompages agricoles

Une autre conséquence de la sécheresse sur le secteur énergie est l'augmentation de la consommation des pompages agricoles qui sont en pleine expansion dans les zones d'action des ORMVA avec l'introduction de l'irrigation par aspersion et chez des particuliers notamment dans la région du

(1) La consommation du charbon de JERADA, combustible national est prioritaire sur les autres combustibles pétroliers. Les quantités consommées dépendent essentiellement des possibilités de production par les charbonnages de JERADA.

Souss (substitution des moto-pompes Diesel par des moto-pompes électriques à la suite des augmentations du prix du gasoil). Le taux d'augmentation de la consommation du secteur agriculture dépasse 20 % actuellement.

Lorsque l'équipement de tous les périmètres sera achevé, la consommation en énergie électrique des pompes agricoles représentera une part non négligeable dont il faut tenir compte dans l'élaboration des prévisions de la consommation.

3. Relations ORMVA-ONE

Durant toute cette période difficile de sécheresse, les relations entre les services de gestion de l'O.N.E et des ORMVA n'ont jamais cessé et se sont même renforcées pour améliorer la gestion et l'utilisation de l'eau compte tenu des impératifs de chacun.

La situation exige un suivi permanent de l'évolution des réserves et des apports probables afin d'adapter les prélèvements aux disponibilités.

L'O.N.E et les ORMVA ont le même objectif à savoir l'amélioration des réserves dans le but :

- côté agricole, d'assurer l'irrigation des cultures en cours tout en garantissant les besoins futurs des cultures pérennes.
- côté énergie, d'améliorer les rendements et les puissances disponibles des groupes. L'O.N.E ne cherche pas à maximiser sa production hydraulique alors que les retenues sont bien en deça des courbes de gestion optimale.

A titre d'information, les pertes énergétiques « fatales » du fait de la baisse des niveaux des retenues ou des volumes non turbinés dans les barrages dont le niveau est descendu en-dessous de la cote limite inférieure de fonctionnement sont évaluées pour les années 1981 et 1982 à 280 GWh, soit l'équivalent de 70 000 tonnes de fuel.

Si l'on exclut les deux cas particuliers des retenues d'Al Massira et Oued El Makhazine, où le problème de la satisfaction des besoins agricoles et autres ne s'est jamais posé, toutes les autres retenues ont été gérées et le sont encore strictement suivant les besoins de l'agriculture.

Même le complexe de l'Oued El Abid qui comprend les centrales d'Afourir et Bine El Ouidane a pu être, pour la première fois, arrêté pendant toutes les périodes où l'irrigation des Beni Moussa s'arrêtait à la suite des pluies.

L'O.N.E a surtout disposé des centrales Oued El Makhazine, Al Massira et les centrales de l'Oum Er Rebia inférieur pour atténuer les fluctuations de la production hydraulique asservie à l'irrigation notamment celles d'Afourer-Bine El Ouidane.

4. Les leçons d'une expérience

La sécheresse des années 1980-1982 confirme celle observée déjà en 1944-1946 et constitue une donnée supplémentaire intéressante dans la connaissance de l'hydrologie des différents cours d'eau en période de déficit.

Aussi sévère et exceptionnelle soit-elle, la sécheresse actuelle n'est pas imprévisible ; c'est un événement dont la fréquence de retour est très faible et en tant que tel il n'influencera que très peu sur les règles de gestion optimale des réservoirs.

De même que, pour des raisons économiques ou parfois techniques, on ne peut dimensionner démesurément les ouvrages de retenues pour emmagasiner les crues exceptionnelles et améliorer la capacité de régularisation, il n'est pas concevable pour faire face à des sécheresses exceptionnelles d'adopter une attitude conservatrice qui se traduirait par pertes d'énergie par déversement.

De manière générale les barrages ont joué pleinement leur rôle de régularisation chacun selon sa capacité (régularisation annuelle ou pluriannuelle).

Par ailleurs, l'expérience de cette année a montré qu'il est possible de faire des économies d'eau appréciables dans les volumes alloués à l'irrigation par :

- la distribution de l'eau selon les besoins réels des cultures et non pas à la demande des agriculteurs.
- l'amélioration de l'efficacité des réseaux d'irrigation.
- le recours au pompage dans les nappes qui accumulent des quantités importantes d'eau provenant de la surirrigation.

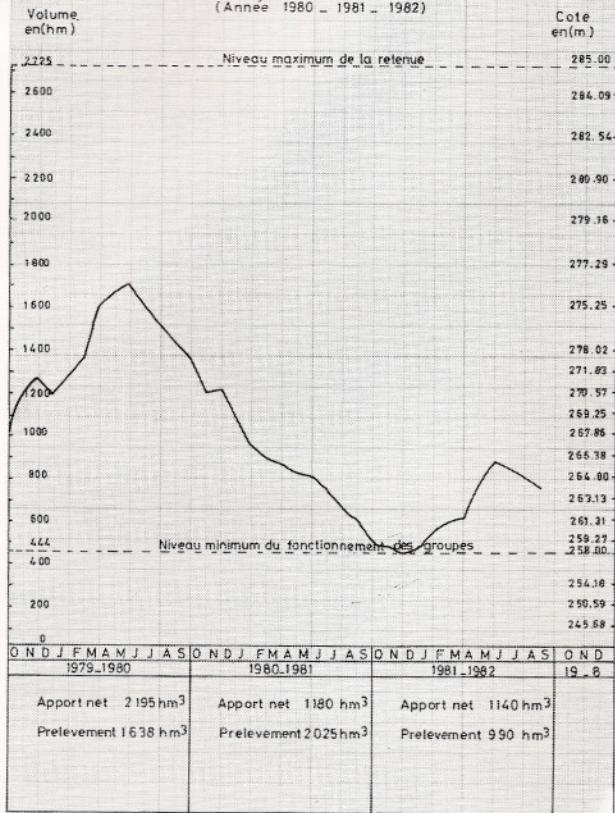
En ce qui concerne l'énergie électrique, l'équipement thermique peut faire face à cette situation très défavorable, ce qui permet de réserver l'eau à l'agriculture pour ne pas aggraver les déficits dans les périmètres irrigués. La gestion des barrages concerne l'ensemble des utilisateurs qui doivent oeuvrer, de manière solidaire, à la mise en place d'une gestion optimale et coordonnée de l'eau.

ONE_DPT_ME
21-5-82

BARRAGE D'AL MASSIRA

EVOLUTION DE LA RETENUE

(Année 1980 - 1981 - 1982)

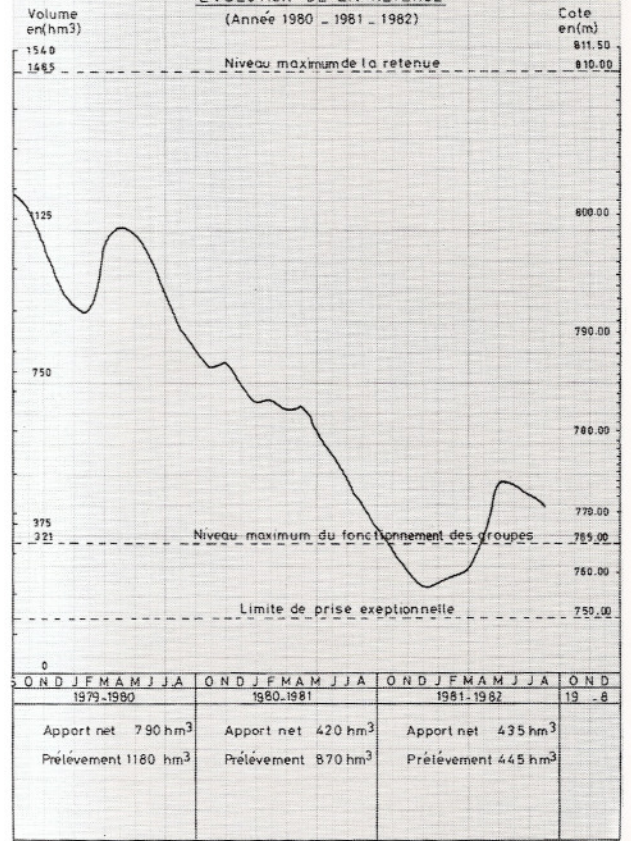


ONE_DPT_ME
21-5-82

BARRAGE DE BINE EL OUIDANE

EVOLUTION DE LA RETENUE

(Année 1980 - 1981 - 1982)

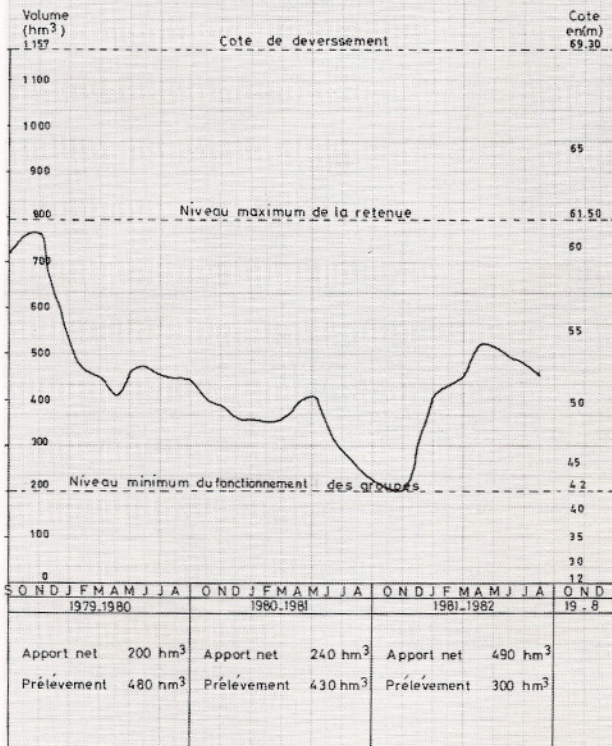


ONE_DPT_ME
21-5-82

BARRAGE DE OUED EL MAKHAZINE

EVOLUTION DE LA RETENUE

(Année 1980 - 1981 - 1982)

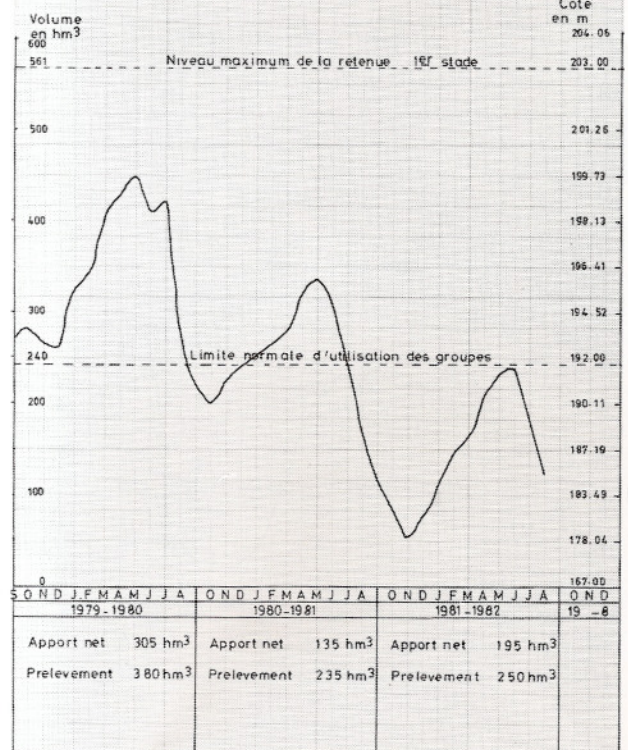


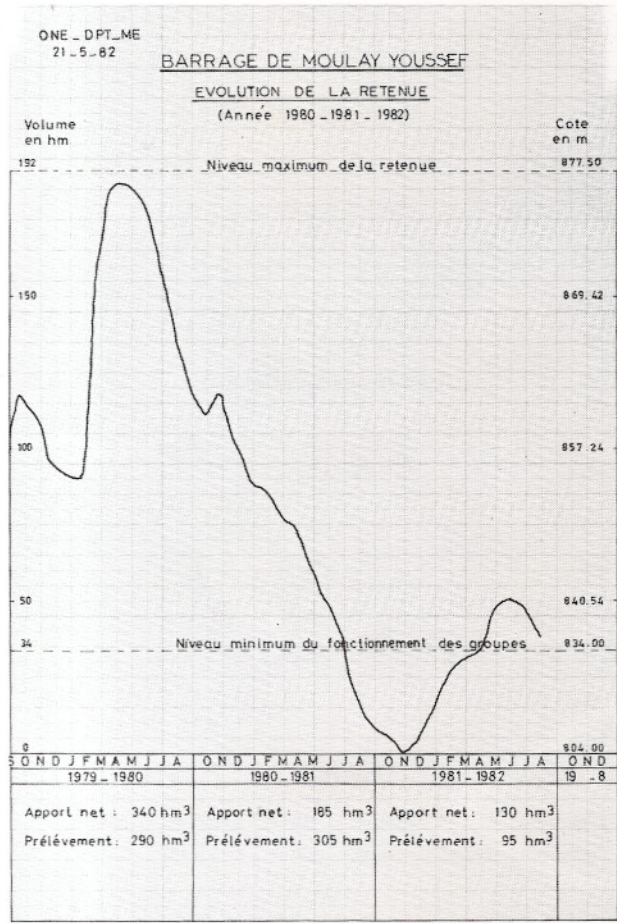
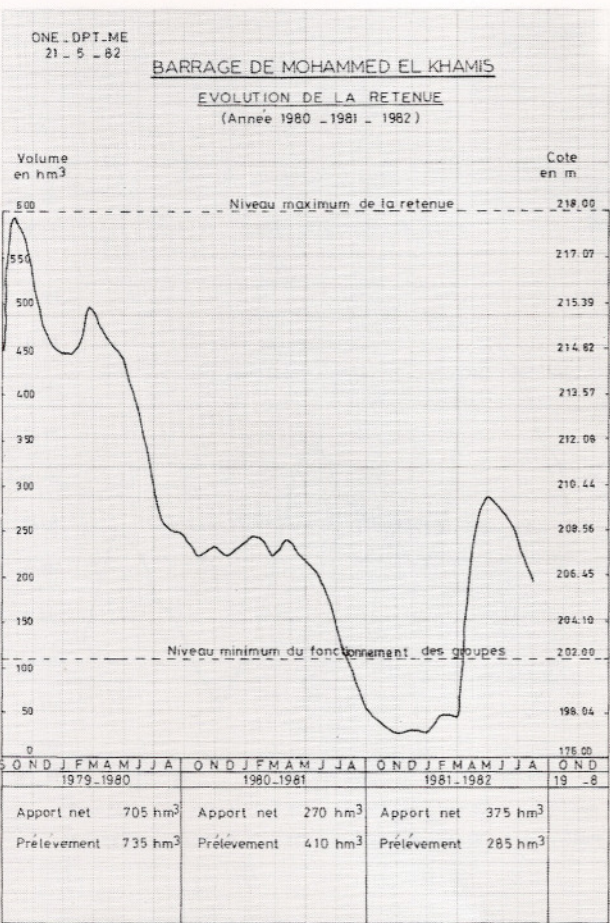
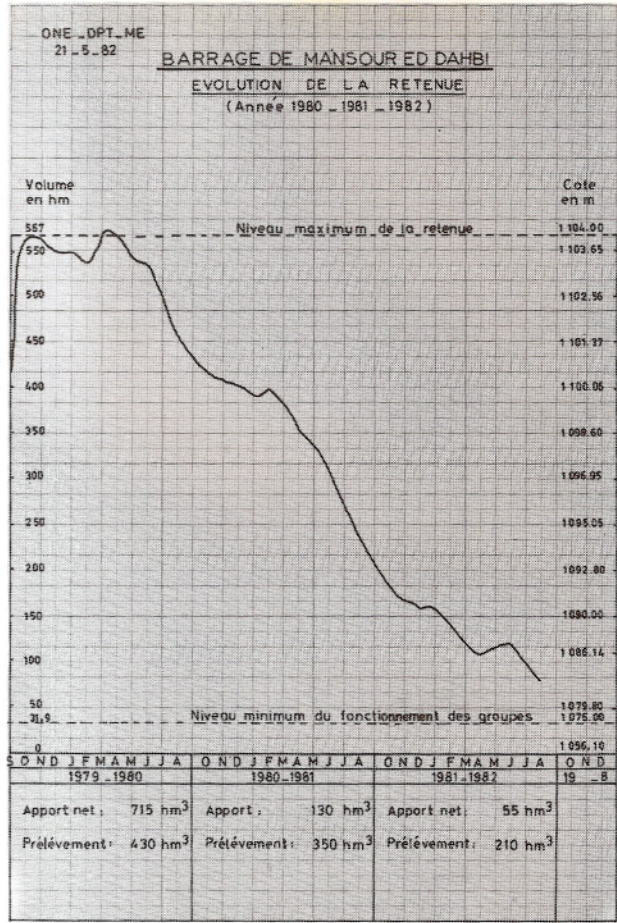
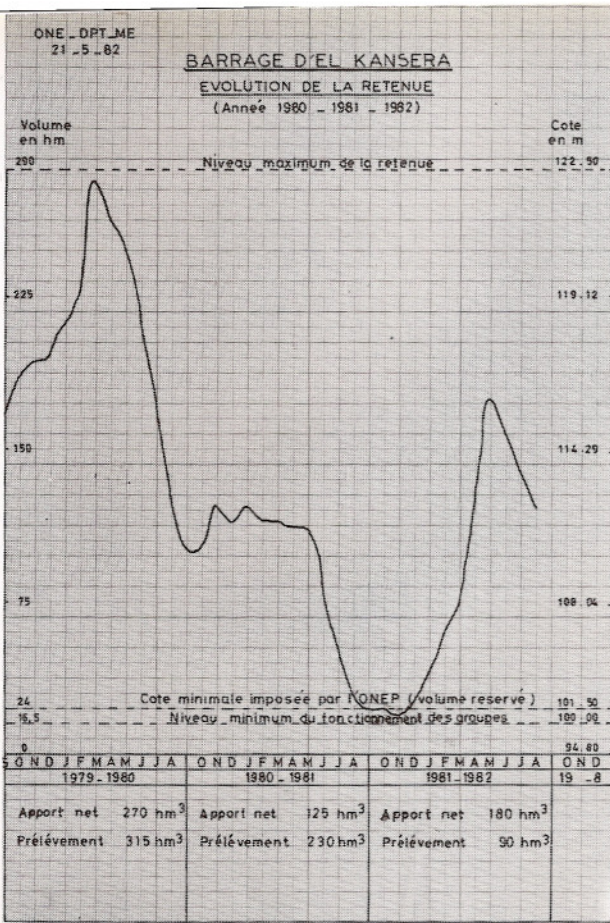
ONE_DPT_ME
21-5-82

BARRAGE IDRISS 1er

EVOLUTION DE LA RETENUE

(Année 1980 - 1981 - 1982)





RESUME DE LA DISCUSSION

par

Mustapha BOUHAMIDI
Monique MOULAY RCHID

L. SAID (ORMVA Gharb)

La révision des assolements en période de sécheresse est gênée par les cultures pluri-annuelles (canne, arboriculture en partiel culier au Gharb).

Pour ces cultures, il y a lieu de calculer les superficies qui leur sont réservées sur la base du volume maximum mobilisable, en période de sécheresse, nécessaire pour leur survie et de réserver le reste de la superficie aux cultures annuelles.

O. LAHLOU (ORMVA Gharb)

En période de sécheresse, les cultures pérennes constituent une contrainte dans la gestion ; il est pensable pour les agrumes de procéder à l'arrachage des anciennes plantations et d'interdire provisoirement les nouvelles.

D'autre part une large campagne de sensibilisation doit être menée auprès des agriculteurs car les mesures théoriques prises ne peuvent se concrétiser qu'avec la participation des intéressés.

A. CHAFAI (ORMVA Gharb)

L'efficacité de l'irrigation par aspersion est-elle supérieure à celle de l'irrigation gravitaire en temps de sécheresse ?

O. LAHLOU (ORMVA Gharb)

Il vaudrait mieux poser la question de cette façon : quel est celui des deux systèmes le plus adapté aux agriculteurs même en dehors de la période de sécheresse ?

Actuellement la conduite de l'irrigation par aspersion sur un secteur de 2.600 ha du Gharb (non représentatif) aboutit à des consommations par hectare comparables à celles du gravitaire.

A. TABET (Scet-Maroc)

Au sujet de la communication relative au périmètre du Tadla, la réduction de la dotation de 30 % a-t-elle porté sur la dose ou sur la fréquence des irrigations ? Comment s'est faite son application pratique ?

Cette réduction a-t-elle été modulée en fonction du type d'exploitation agricole puisque la chute de revenu sera beaucoup plus ressentie chez les petits agriculteurs, que chez les grands.

M. LAHBABI (SMIRRI)

Plusieurs intervenants ont signalé que les mesures restrictives d'alimentation en eaux des cultures irriguées, pendant la campagne 80-81 n'ont eu que de faibles répercussions sur les rendements de ces cultures.

Serait-il possible d'avoir confirmation de ces faits et de comparer les rendements avec ceux des campagnes précédentes ?

T. BENCHEKROUN (ORMVA Tadla)

Au Tadla, au cours du 2^{ème} trimestre 1981, il a été décidé de délivrer l'eau selon les besoins des cultures et les rendements n'ont nullement été affectés. Pour cette campagne 1981-1982, les prévisions actuelles sont toutefois très optimistes.

O. LAHLOU (ORMVA Gharb)

Le planning d'irrigation a été modifié pour réduire d'abord la fréquence des irrigations et, par la suite la dose d'irrigation.

Au sujet des rendements, il n'est pas possible de donner des chiffres précis ; toutefois, il a été constaté au niveau des agrumes une détérioration sur la qualité, pour la canne également.

Cependant, il faut signaler que le gel de l'hiver 1980-1981 est également responsable des réductions de rendements et de qualité.

M. HALLANI (ORMVA Haouz)

Dans le cas de la Tessaout, on a constaté des améliorations de rendement.

Ainsi 7 milliards de centimes ont été gagnés au niveau de la production, à l'échelle du périmètre, grâce au programme de sécheresse.

A. BENNANI (ORMVA Loukkos)

L'approche effectuée à l'ORMVA du Haouz constitue un modèle de suivi et prise de décision pour l'adaptation des programmes agricoles aux disponibilités des ressources en eaux.

Il est cependant important de connaître le minimum admissible par l'agriculteur et les répercussions de réduction de fourniture d'eau sur le revenu de l'agriculteur. Dans le CIA, il est stipulé que l'agriculteur doit consommer un minimum de 3.000 m³/ha ; il est peut être nécessaire de fixer un volume garanti à l'hectare pour une durée de deux années sèches et en tenir compte au niveau du dimensionnement et de la gestion de la retenue au niveau des utilisateurs.

M. BADRAOUI (IAV Hassan II)

Au Tadla, il y a eu diminution des doses d'irrigation et corrélativement diminution du niveau de la nappe. Vous avez proposé de conserver cette diminution des doses en deça des besoins des cultures pour garder la nappe à un niveau tel que celui de cette année. Ne pensez vous pas qu'il est plus logique d'apporter aux plantes leurs besoins en eau et faire des efforts au niveau du système de drainage ?

T. BENCHEKROUN (ORMVA Tadla)

Au Tadla, la campagne 1980-1981 n'a pas été une campagne de restriction mais plutôt une rationalisation de la distribution. Le niveau de la nappe est lié essentiellement aux apports de l'irrigation ; le recyclage des eaux d'irrigation est bénéfique en période de sécheresse.

A. AOMARI (ORMVA Gharb)

Les manipulations opérées sur les vannes Amil n'ont elles pas posé des problèmes de sécurité de fonctionnement dans le cas du Tadla.

T. BENCHEKROUN (ORMVA Tadla)

Le canal principal sert en fait de bassin de compensation après l'usine électrique, ce qui n'est pas sans poser des problèmes. Le blocage des vannes Amil a été nécessaire pour éviter les pertes d'eau dans les décharges.

Cette manipulation nécessitait une surveillance constante par les gardes du canal et dès que le niveau augmentait les gardes procédaient aux corrections nécessaires.

M. DANIANE (ORMVA Gharb)

A travers les différents exposés, il ressort que la grande hydraulique s'est avérée incapable de faire face à une situation de sécheresse aussi réduite soit-elle.

N'y aurait-il pas lieu de s'intéresser davantage à la Petite et Moyenne Hydraulique qui peut s'adapter aux conditions locales et nécessite de faibles investissements ?

A. LAHLOU (D.H)

Pour ce qui est de faire face à la situation, on peut souligner qu'on a essayé de respecter les impératifs pour lesquels les bar-

rages ont été réalisés, soit au niveau des études de régularisation, soit au niveau des études de gestion.

La Direction de l'Hydraulique ainsi que tous les utilisateurs : O.N.E, agriculture... ont travaillé presque quotidiennement en relation pendant 18 mois pour que les besoins des utilisateurs soient satisfaits avec le moins de difficultés possibles. En ce qui concerne la P.M.H., ce problème sort de mon domaine.

A. BASTOS (D.E.R)

Dans mon intervention, j'avais donné quelques productions enregistrées pour la campagne agricole 1980-1981 comparée à celle de 1979-1980 et j'avais fait remarquer que, mis à part les céréales pour lesquelles on a constaté une baisse de 30 % de la production, pour les autres spéculations les résultats en 1980-1981 étaient assez semblables à ceux de 1979-1980. Les chiffres cités étaient des chiffres globaux à l'échelon de l'ensemble des ORMVA et faisaient abstraction des distorsions qui existent entre les divers offices.

M. NORMAND (D.R.E.)

Les ressources en eau en matière de P.M.H. sont essentiellement au Maroc des dérivations d'eau à partir des oueds et des sources, qui sont particulièrement sensibles à la sécheresse et surtout à une longue série d'années relativement déficitaires. Par exemple rien que pour la zone de Beht effectivement, on est passé de 9 m³/seconde au 1^{er} Mars 1979 à 3,2 m³/seconde au 1^{er} Mars 1982 ; vous pouvez en tirer les conséquences au niveau des irrigations. Je crois que le secteur de PMH, en raison de l'origine de l'eau qu'il utilise (sources, dérivations au fil de l'eau sur les petits oueds, généralement en altitude) est particulièrement touché par la sécheresse.

A. LAHLOU (D.H)

La question nous a été présentée comme une concurrence entre PMH et grande hydraulique ; en fait, il n'y a jamais eu de concurrence entre grande hydraulique et PMH ou entre grande hydraulique et bour ; ce sont des secteurs complémentaires. La question qui se pose est de pouvoir mettre tout en œuvre pour tirer de notre potentiel national ce qu'il est possible d'en tirer aussi bien du bour, que de la PMH, que de la G.H.

Avec la grande hydraulique on dispose de grandes capacités de stockage ; il est alors possible d'envisager une régulation interannuelle donc de réduire en partie les effets de la sécheresse. Avec la PMH, il existe très peu de possibilités de stockage et elles sont minimes ; donc il n'est pas du tout possible de réaliser une régulation inter-annuelle. La PMH doit donc être plus touchée que la grande hydraulique, comme vient de le préciser M. Normand.

Même en grande hydraulique, on peut constater que les grands réservoirs permettent de mieux répondre à la sécheresse que les petits réservoirs. Par exemple le barrage Idriss 1^{er} a permis une meilleure résistance à la sécheresse que le barrage El Kansera dont le volume régularisé et le volume stocké sont beaucoup plus faibles.

M. KAIGHANI (ORMVA Moulouya)

Les ressources mobilisables étant relativement limitées dans notre pays, il importe de rentabiliser au maximum le m³ d'eau utilisé dans l'agriculture ; jusqu'à présent le calcul des besoins en

eau des cultures se faisait suivant une méthodologie européenne où le climat est humide, alors que le Maroc est situé dans une zone semi-aride. Ceci aboutit à irriguer les cultures abondamment, ce qui se traduit dans certains cas par la remontée de la nappe M. Lahlou a expliqué que, par la force de choses, les cultures ont été peu arrosées (60 % de leurs besoins) en 1981, M. Tabet a montré par ailleurs un graphique faisant ressortir que la chute de rendements des cultures est moins forte que le déficit en eau. Aussi dans quelle mesure peut-on pratiquer une politique restrictive en irrigation, susceptible d'augmenter la surface irriguée et par là même la production agricole et ceci durant une année normale.

O. LAHLOU (ORMVA Gharb)

Le problème me semble mal posé ; c'est un calcul économique qu'il faut faire entre un rendement escompté avec un volume donné et le rendement augmenté en fonction d'un volume normal.

D'autre part, l'investissement pour un hectare équipé (qui vaut de 40.000 à 50.000 DH barrage compris) serait-il toujours valable pour un rendement de culture plus faible.

Afin d'éviter le gaspillage, il faut cerner au mieux les vrais besoins de la plante afin de consacrer les volumes stockés aux superficies réellement irriguées.

A. TABET (Scet-Maroc)

Dans mon intervention, j'ai essayé de présenter essentiellement une problématique avec toutes ses implications des relations entre l'eau, la plante et sa production, et d'une analyse statistique des observations faites sur les ressources en eau. Effectivement il existe un problème au niveau de la détermination des besoins en eau des cultures et de la détermination des besoins optimum.

Pour certaines hypothèses de relations entre dotation et production, certains auteurs ont montré que la dotation optimum correspondait à 80-85 % des besoins réels des cultures ; ceci permettrait de préconiser de dimensionner un périmètre irrigué à 80-85 % des besoins. Il serait alors possible d'étendre les superficies irriguées dans le périmètre puisqu'il y aurait disponibilité en eau. Pour l'instant personne n'ose se lancer dans cette voie, la formule de Blancy Criddle n'étant pas très sûre ; seules les expérimentations peuvent démontrer la validité des formules européennes dans notre pays.

M. BOUHAMIDI (ORMVAG)

Dans les périmètres irrigués le problème de la date de déclenchement des irrigations demeure posé. Cette date qui doit en fait tenir compte des conditions climatiques, des réserves du sol (état hydrique) et du type de culture (résistance à la sécheresse) semble malheureusement, pour le moment, obéir plutôt à d'autres critères et particulièrement à la pression des agriculteurs.

Il serait nécessaire, dans un souci d'économie d'eau et de meilleure gestion des eaux de mettre en place des moyens scientifiques, des normes objectives pour le déclenchement des irrigations au niveau des CMV ou des stations de pompage.

M. YACOUBI (IAV Hassan II)

Les réductions quantitatives (20,30,40 %) sont importantes comme indice de réduction du rendement. Ce qui est encore plus

important, c'est le stade végétatif auquel on place ces réductions. Par exemple pour certaines plantes la réduction de rendement pourrait être multipliée par 2 ou 3 si une irrigation est sautée avant ou pendant la floraison. Par contre les réductions de rendement seraient beaucoup plus basses lors des autres stades végétatifs (après tallage, montaison pour les céréales). Aussi un travail de recherche devrait traiter les deux points : quand réduire les doses d'irrigation et de combien les réduire.

H. LAMRANI (Scet-Maroc)

D'après les interventions du matin, il semble que les utilisateurs des réserves d'eau étaient surpris par la sécheresse de 1981. Ces exposés de l'après-midi ont montré qu'il y a des méthodes de prévision assez élaborées basées sur des études statistiques.

La D.H. dispose-t-elle actuellement de modèles éprouvés de prévisions pour les différentes retenues, ou bien ces modèles sont ils en cours d'élaboration et alors quelles sont les perspectives de leur utilisation dans le futur.

A. LAHLOU (D.H)

En ce qui concerne les modèles de prévisions, il y a quelques années un certain nombre de modèles avaient été mis au point par un spécialiste de l'E.D.F. qui utilise beaucoup de genre de modèle ; à l'époque il était peu utilisé car l'eau était abondante. Maintenant il faudrait redévelopper ce genre de modèle dont on voit l'utilité, pour assurer la gestion en période de sécheresse. Mais l'utilisation de ce genre de modèle suppose la disponibilité des mesures hydrologiques fiables et sur de longues périodes, ce qui n'est pas toujours le cas actuellement.

Sur la période des prévisions, mon avis diverge de celui de M. Smouni car on doit essayer de faire un effort en matière de prévisions et ce n'est pas possible de commencer à faire des prévisions en Mars. Car l'année agricole est pratiquement terminée. Il faudrait plutôt commencer à faire des prévisions en Septembre et les corriger chaque mois, apporter les corrections nécessaires au lieu de commencer à réagir en Mars. On peut ainsi par exemple retarder la mise en place de quelques cultures ou les remplacer en Janvier-Février par des cultures de printemps.

M. YACOUBI SOUSSANE (D.E.R)

Au niveau de la pluviométrie, le Maroc se caractérise par une grande variabilité interannuelle et par une variation intra-annuelle correspondant à deux périodes pluvieuses (printemps et automne) au cours desquelles tombent 80 % des précipitations annuelles. Le phénomène de sécheresse est un phénomène habituel de notre climat.

De plus on constate de grandes variations entre régions ; en effet en 1980-1981, alors que la sécheresse était très accentuée dans les plaines occidentales et le Sud, l'Oriental était très bien arrosé. Cette année 1981-1982 par contre, l'Oriental subit la sécheresse alors que le Nord-Ouest jusqu'à Settat bénéficie d'un climat humide. Des prévisions peuvent à mon avis être faites en début de campagne suivant différentes hypothèses d'apports de printemps.

A. ARAFA (A.D.I)

Les préoccupations des utilisateurs sont parfaitement compréhensibles bien qu'elles semblent en contradiction ; ce n'est pas un

problème d'intérêts contradictoires mais c'est en fait un problème de préoccupations différentes. Quand il s'agit de programmer des cultures d'automne il s'agit finalement de faire des programmations en Juillet-Août et les cultures sont mis en place en Septembre-Octobre. Il s'agit donc de répondre à la question : quel est le minimum de surface qu'il faut couvrir ? Pour certaines cultures, comme les céréales, c'est l'agriculteur tout seul qui prend le risque puisque les céréales ne sont pas intégrées. Par contre pour les cultures comme la betterave, la canne... c'est l'état aménageur qui amène l'eau et qui fait prendre le risque à l'agriculteur. Mais disposons nous actuellement de séries aussi bien hydrologiques que climatiques pour minimiser ce risque qu'on fait prendre à la collectivité.

Soit on fait prendre des risques aux agriculteurs, soit à l'inverse on prend trop de précautions en minimisant les surfaces, maximisant les retenues, avec un manque à gagner au niveau de la production agricole.

Il s'agit donc de gérer l'imprévisible avec des aléas énormes, compte tenu du fait que toutes les données statistiques dont nous disposons ne permettent en aucune manière de donner des précisions avec un coefficient de sécurité supportable. Nous prenons donc une part de risque, dans le cas de l'agriculture, que nous faisons prendre aux agriculteurs.

RBAIBI (DPA Houribga)

Les apports solides n'ont ils pas une influence sur la capacité des barrages ?

A. HAMIDOU (ORMVA Doukkalas)

Des dispositions sont elles prises pour récupérer les pertes importantes dans l'Oum Er Rbia, inhérentes au débit sanitaire à l'aval de Mâachou (10 m³/sec pour moins de 0,5 m³/sec. pour l'alimentation d'Azemmour). Ces pertes peuvent être évaluées à 300 millions de m³ par an, ce qui garantirait l'irrigation de près de 30.000 ha.

EL HAOUTI (ORMVA Souss-Massa)

Y a-t-il une influence de la sécheresse sur le déplacement du front salin pour les nappes à proximité de la mer ? Dans quelles mesures les services de l'Hydraulique peuvent ils prévoir ce phénomène ?

A. LAHLOU (D.H)

Est-il possible de faire des analyses déterministes au niveau des nappes. Ne faudrait-il pas un nombre plus importants de piezo pour faire cette analyse.

En ce qui concerne l'envasement, il y a chaque année environ 70 millions de m³ qui se déposent dans les différents barrages du Maroc : par exemple 10 millions de m³ au barrage Mohamed V ; 1,5 à El Kansera ; 1,5 à Hassan Dakhil ; 1,5 à Oued El Makhazine soit l'équivalent de 7 000 ha de pertes par an en surface irriguée.

Ce phénomène des transports solides est intégré dans l'étude de régularisation. Ainsi par exemple, pour le barrage Mohamed V, l'ingénieur conseil prévoyait 1 million de m³ de dépôts et nous avons réalisé en 1975 une bathymétrie qui confirmait 10 millions de m³ ; le problème réside donc dans l'actualisation de toutes les études de régularisation ce qui nécessite beaucoup de travail.

Pour ce problème d'envasement, il n'est pas pensable au Maroc de procéder au dévasage en raison de son prix très élevé. Ce problème est très important car nous avons au Maroc l'une des plus fortes dégradations des bassins versants dans le monde : environ 10.000 tonnes par km² par an.

P. CARLIER (D.R.E)

Le problème des nappes côtières est lié avant tout à la surexploitation de ces nappes. Ce problème est un problème de police des eaux et dépasse la Direction de l'Hydraulique.

Au Maroc, il existe de nombreuses nappes en bordure de mer, le problème de la sécheresse se pose beaucoup moins que celui de la surexploitation : l'exploitation de ces nappes n'est pas contrôlée et on ne tient pas compte des remarques de la D.H. On ne peut pas dire qu'il ait été observé une invasion de la nappe par l'eau salée en raison de la sécheresse mais celle-ci est liée à la surexploitation.

En ce qui concerne l'analyse déterministe au niveau des nappes, il existe deux types de nappes :

- les nappes très vulnérables à la sécheresse pour lesquelles il est possible, lorsqu'on a une série de mesures suffisantes de pouvoir dès la fin mai prévoir ce qui peut arriver jusqu'à septembre, jusqu'à la prochaine saison humide,

- les nappes peu vulnérables à la sécheresse ; ces nappes ont une régularisation annuelle. A partir d'une série de mesures de plusieurs dizaines d'années la méthode la plus utilisée consiste à se replacer dans des situations historiques comparables, de voir comment la nappe a réagi dans une situation de déficit comparable et de tenir compte de l'évolution de l'exploitation.

Enfin il faut plusieurs dizaines d'années de mesures pluviométriques réelles pour pouvoir faire ce type de prévisions.

EL AMRANI (D.H)

Le débit sanitaire de l'Oum Er Rbia est de 63 millions de m³ ; ce débit pourrait effectivement être récupéré avec la construction d'un barrage de garde.

Au niveau des prévisions il faut distinguer barrage à régularisation annuelle et barrage à régularisation interannuelle. Si l'on respecte les règles de gestion et les courbes d'alerte établies préalablement lors du dimensionnement du barrage pour satisfaire les besoins, le déficit est acceptable et il est généralement déterminé à l'échelle interannuelle et même à l'échelle annuelle.

Aussi il semble nécessaire d'avancer les recherches pour la prévision, l'hydrologie mais il est beaucoup plus urgent de tirer les conclusions de ces deux années sèches en vue d'épargner de l'eau lors des années humides et de faire face aux besoins lors des années sèches.

SMOUNI (O.N.E.)

Le débit sanitaire de l'Oum Er Rbia n'est pas de 63 millions de m³ mais de 10 m³/seconde.

Recommandations de M. Zerhouni
(ORMVA Tafilalet)

Compte tenu de l'expérience de l'ORMVA du Tafilalet en matière de sécheresse, il paraissait important que l'ORMVAT

apporte sa contribution : le Tafilalet connaît depuis 10 ans une situation déficitaire en eau que l'on peut approcher à travers les chiffres suivants :

Au niveau du barrage Hassan Addakhil :

Apport projet : 182 millions m³/an

71/72 - 80/81 : 128 millions m³/an soit - 32 %

Volume projet régularisé : 140 millions m³/an

71/72 - 80/81 : 113 millions de m³ soit - 20 %

Le manque à gagner au niveau de la production agricole a été estimé pour la campagne 80-81 à 30 milliards de centimes, de cette situation il ressort quelques idées maîtresses qui peuvent donner lieu à des recommandations :

- reprendre l'étude de régularisation compte tenu des données enregistrées durant les dix dernières années,
- mobiliser les eaux de surface des bassins intermédiaires d'où l'intérêt des ouvrages de dérivation et de réserves (lacs collinaires, petits ouvrages de retenue),
- étudier et entreprendre le transfert des eaux vers les périmètres équipés : dans le cas présent transport depuis le Rhis vers le Ziz,
- entreprendre des recherches au niveau des nappes profondes,
- une fois les différentes mesures engagées, adopter une politique rationnelle et rigoureuse et à long terme de gestion des eaux.

O. LAHLOU (ORMVA Gharb)

Des différentes interventions je tirerai personnellement trois conclusions principales :

- La nécessité d'actualiser nos études de régularisation barrage par barrage en fonction des nouvelles données,
- la nécessité de faire adopter par l'ensemble des utilisateurs (agriculteurs, énergie, hydraulique) une méthodologie de régulation interannuelle,
- tout d'abord la nécessité de faire admettre aux utilisateurs la notion de régulation interannuelle car ils n'arrivent pas à comprendre qu'ils aient de l'eau au niveau de la retenue et qu'ils ne puissent pas l'utiliser. C'est une recommandation principale.

T. BENCHEKROUN (ORMVA Tadla)

Tout d'abord il faut constater qu'un bon nombre de barrages ne sont pas encore sortis de la zone de danger ; il faudrait mener une campagne de sensibilisation car des pressions seront certainement exercées sur les techniciens, en leur demandant de lâcher l'eau, la situation étant moins dangereuse.

D'autre part, toute politique de distribution rationnelle de l'eau ne peut passer que par le biais d'une police des eaux sévère vis à vis des contrevenants qui perturbent complètement les tours d'eau.

M. EL AMRANI (D.H)

Il ne suffit pas d'avoir une législation des eaux, il faut aussi avoir une structure pour l'appliquer et qu'elle dispose de tous les

moyens juridiques, administratifs pour faire respecter cette législation.

M. YACOUBI SOUSSAN (D.E.R)

Je voudrais faire une recommandation en matière de besoins en eaux : celle d'exécuter un programme de recherche établi dans ce domaine qui est pour l'instant uniquement appliqué au Tadla pour la campagne prochaine dans une station du Haouz et deux stations du Souss-Massa.

A. ARAFA (A.D.I)

Je voudrais vous proposer ici les principales conclusions et recommandations qui se dégagent de ce séminaire : à la suite des difficultés rencontrées engendrées par la mobilisation de l'eau durant les années de sécheresse, il s'agit pour les techniciens d'attirer l'attention sur les retombées et implications de cette politique de mobilisation de l'eau.

Tout d'abord au niveau des retombées économiques et financières de cette situation, il s'agit d'attirer l'attention sur le fait que la politique d'aménagement a été mise en route depuis plus de 20 ans, de faire un bilan et de tenir compte des retombées de cette situation dans l'avenir.

Des interventions et débats, il ressort :

- la nécessité d'une concertation continue et régulière entre les Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole - la Direction de l'Hydraulique - l'Office National d'Electricité pour arrêter en début de campagne une stratégie commune pour la gestion des retenues sur la base des besoins de la campagne agricole et des prévisions d'apports aux barrages. Cette stratégie devrait par la suite faire l'objet d'une adaptation périodique aux conditions climatiques de l'année ;
- la nécessité d'intégrer l'exploitation des eaux des nappes à celles des barrages dans le cadre d'une mobilisation globale des ressources en eau au profit des périmètres irrigués ;
- la nécessité de veiller à une appréciation stricte de la législation en vigueur dans le cadre d'une police des eaux visant l'exploitation rationnelle des ressources en eau de notre pays.

En matière d'hydrologie, il faudrait arriver à réactualiser les études de régularisation et assurer le suivi pour une meilleure rentabilisation des investissements.

D'autre part il apparaît qu'un programme d'expérimentation en matière de besoins en eaux des cultures doit être soutenu.

Par ailleurs il y a lieu d'attirer l'attention sur le fait qu'en matière d'eau, nous sommes en train d'aller vers des périodes de pénuries, ne relevant pas forcément de la sécheresse, liées au fait que nos ressources sont appelées de plus en plus à satisfaire des besoins divers croissant.

L'ETUDE DU CLIMAT EN AGRICULTURE NOUVELLE APPROCHE D'UN VIEUX PROBLEME

par

Tayeb AMEZIANE et Saïd OUATTAR

Maîtres de Conférences

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

1. Introduction

L'étude du climat en agriculture revêt une importance considérable étant donné ses effets multiples sur l'activité agricole et son incidence déterminante sur la production végétale et animale. En effet, si l'on considère l'évolution des rendements des céréales au Maroc sur les 20 dernières années (fig. 1B), on est tenté de faire une liaison directe avec la variabilité climatique. La tentation est d'autant plus forte que nous subissons encore les contre-coups de la sécheresse des deux dernières années. Dans ce sens, de nombreux auteurs (Abdani, 1978, Vis, 1978, Papy, 1979) ont rapporté des corrélations positives entre rendement et pluviométrie annuelle dans les principales régions céréalières du Maroc semi-aride (Chaouia, Doukkala, Haouz et Tadla).

Cependant si l'on examine de plus près l'évolution des rendements dans quelques pays à agriculture développée, on constate que leur variabilité était intimement liée aux variations climatiques jusqu'aux années 40 mais qu'actuellement l'effet du climat est largement atténué. Comparez par exemple (fig. 2) la situation « sous-développée » du Montana avant 1940 où rendements et pluviométrie présentent une parfaite liaison et la situation après 1950 où les rendements accusent un saut quantitatif important malgré un régime pluviométrique resté inchangé.

La situation des zones semi-arides marocaines ressemblerait beaucoup à celle du Montana avant 1950 et ce cas précis montre que lorsqu'on élève le niveau technologique, les fluctuations des rendements sont

atténuées et que les nouvelles techniques culturales permettent largement de tamponner les effets climatiques.

Praticiens et chercheurs se trouvent souvent désarmés devant la complexité des liaisons entre le climat et la productivité agricole. Plusieurs méthodes d'étude existent et il est nécessaire de connaître leur intérêt et les limites de leur utilisation. Nous adopterons une approche historique dans la présentation de ces différentes méthodes.

2. Les nouvelles méthodes d'étude traditionnelles

2.1. Tradition agricole, adages et proverbes

La tradition agricole qui s'étend sur plusieurs milliers d'années a permis à l'homme d'avoir du climat une notion très globale, plus ou moins intuitive et difficilement quantifiable. Cette globalité s'est traduite par une perception qualitative des effets du climat sur la production végétale et animale et a amené l'agriculteur à parler de « bonne » ou de « mauvaise » année selon son expérience propre.

Cette expérience se trouve aujourd'hui codifiée par de nombreux adages et proverbes qui en ont assuré la transmission de génération en génération. Les adages et proverbes constituent probablement la première tentative par l'homme de relier les effets du climat à la production agricole. Ainsi les proverbes du type ci-dessous sont très connus au Maroc (figure 1A).

TABLEAU I : QUELQUES EXEMPLES D'INDICES

INDICE	VARIABLES CLIMATIQUES	AUTEURS	APPLICATIONS AU MAROC ET A L'ETRANGER	REFERENCES
THERMIQUE	$k = (T_m - T_o)$	REAUMUR BOUSSIGNAULT	<ul style="list-style-type: none"> - Caractérisation des phases de développement végétal - Réalisation des stades d'une culture donnée - Choix des dates de semis et de récolte - Introduction de cultures nouvelles dans une région 	(24) (3)
PLUVIOMETRIQUE	P annuelle saisonnière décadaire	Multiplés	<ul style="list-style-type: none"> - Régression - Rendement - Pluviométrie - Détermination des dates optimum de semis des cultures en zone semi-aride - Cartographie et répartition des espèces végétales spontanées 	(6) (12) (25) (13)
PLUVIO- THERMIQUE	P, T_m	De Martonne Gausson Sauvage Ionesco	<ul style="list-style-type: none"> - Détermination du cycle optimum des cultures dans une région donnée et le type de précocité le plus adapté - Corrélation - Re dement - Pluviométrie et jours de chergui - Classification des bioclimats et études phytosociologiques 	(16) (22) (27)
Evapotranspiration ETP	R_g, HR, T V, h	Kutsch Penmann Turc	<ul style="list-style-type: none"> - Etudes hydroagricoles - Détermination des besoins en eau des cultures - Caractérisation de l'intensité et des périodes de risques de déficit hydrique - Choix des cultures et de leur cycle optimum 	(21) (27)
Indice de potentialité Agricole I_C F_T = Facteur thermique F_L = Facteur lumière F_S = Facteur sécheresse	$F_T = f(T_m, T_M)$ $F_L = f(R_g, N)$ $F_S = f(P, ETP)$ $I_C = F_T \times F_L \times F_S$	Paterson TURC Fitzpatrick	<ul style="list-style-type: none"> - Productivité potentielle de systèmes forestiers - Potentialités des productions fourragères intensives - Potentialités des productions pastorales - Classification des potentialités régionales 	(21) (27)

Légende : T_m = Température moyenne ; P = Pluviométrie ; R_g = Rayonnement ; HR = Humidité relative , N = Latitude

Bien que ces adages soient encore largement utilisés par les agriculteurs dans différentes régions du monde, cette méthode échappe à toute quantification et de ce fait sa valeur reste très limitée.

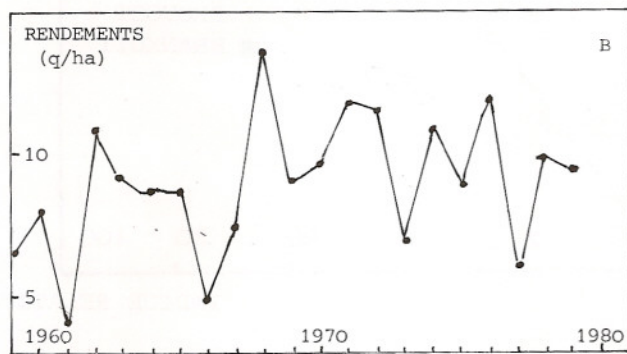
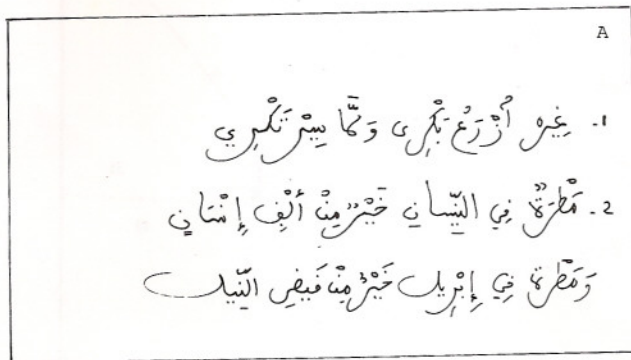


FIG. 1 (A) QUELQUES ADAGES
(B) EVOLUTION (FLUCTUATIONS) DES RENDEMENTS CEREALIERS AU MAROC DEPUIS 1960
SOURCE A.M. JOUVE (1982)

2.2. Approche empirique quantitative

C'est au début du 18^{ème} siècle que des relations quantitatives entre composante climatique et production végétale voient le jour. Réaumur (1737), Boussignault (1837) et Tisserand (1875) se sont aperçus que les facteurs thermiques jouent un rôle prépondérant sur le développement des plantes et ont montré que la « somme de température » connue aujourd'hui sous le nom de « somme de degrés x jours » constitue un indice intéressant dans la prévision des dates de floraison, de maturation et de récoltes des cultures.

Par la suite, cet indice, initialement basé sur la température moyenne, a été affiné en tenant compte des températures minimales, maximales et de température de base spécifiques à chaque plante.

Actuellement cet indice est utilisé pour choisir des cultures nouvelles à introduire dans une région donnée, pour élaborer des programmes d'avertissements agricoles, et pour planifier des dates de

semis et de récolte dans l'agro-industrie (ex. conserverie). Au Maroc l'utilisation de cet indice a permis de déterminer chez le maïs, les types de précocité les plus adaptés aux principales zones maïsicoles des Doukkala (Chlouchi et Ouattar, 1978).

Comme pour la température, d'autres indices climatiques ont été développés, intégrant un ou plusieurs facteurs du climat. Le Tableau 1 en résume les principaux. A titre d'exemple Papy et al. (1979) appliquant la méthode de l'indice pluviométrique dans certaines régions du Maroc, rapportent pour le blé et l'orge une liaison positive pluviométrie annuelle/rendement en zone semi-aride, en « bour favorable » ($P > 300$ mm), ils ne trouvent pas de corrélation mais ils observent un effet positif de la pluviométrie du mois de mars et un effet dépressif de la pluviométrie d'Avril sur le rendement.

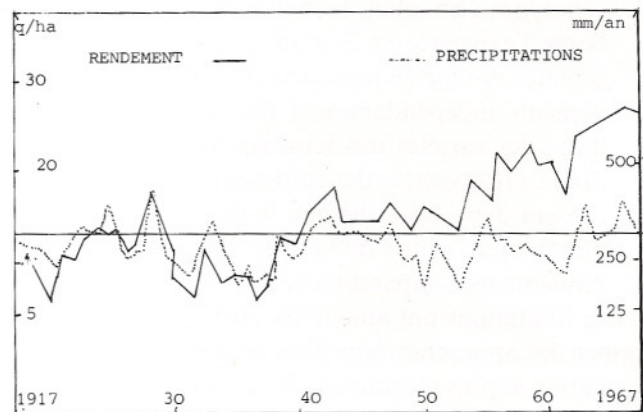


FIG. 2 : EVOLUTION DES PRECIPITATIONS ET DES RENDEMENTS SUR 50 ans à L'EST DU MONTANA (USA)
Source : CHAPMAN Et AL. (1976)

Des indices intégrant la pluviométrie et la température ont été efficacement utilisés pour expliquer la répartition géographique des espèces de végétation naturelle et pour définir des étages bioclimatiques (De Martonne, 1923, Gaussen, 1957, Sauvage, 1963, Ionesco, 1965).

Par la suite, Monteith (1965), Fitzpatrick (1970) et Turc (1972) développent des indices agrométéorologiques qui tiennent compte, en plus des facteurs du climat, de certaines caractéristiques agronomiques liées au type de sol et à la végétation étudiée. Ces indices ont été largement utilisés dans l'évaluation des potentialités agricoles à l'échelle régionale, mais ils présentent de sérieuses limitations.

2.3. Limites des indices agro-climatiques

Les indices que nous venons de passer en revue présentent un intérêt dans les études à caractère phyto-écologique et dans la détermination des zones favorables à l'introduction de cultures nouvelles. Leur intérêt quant à l'estimation des potentialités agricoles reste limité pour plusieurs raisons :

- Sur le plan de leur conception, ces indices reposent sur la base de corrélations entre productivité et composantes climatiques. Or la dépendance du rendement vis-à-vis du climat est souvent complexe et ne peut être analysée par de telles relations. Ces indices sont donc empiriques, et ne reflètent point un effet causal du climat sur la productivité.
- Sur le plan de leur utilisation, ces indices restent très globaux et ne permettent pas d'apprécier les possibilités réelles de production de différents géotypes. En effet la figure 3 montre pour l'orge l'existence de 3 groupes de variétés : un premier groupe (Bankuti) ayant les mêmes rendements indépendamment des valeurs de l'indice ; des variétés très sensibles aux niveaux de l'indice (Provost) et des cultivars (Atlas) qui produisent deux fois plus que le groupe précédent aux faibles valeurs de l'indice et présentant des rendements comparables aux valeurs élevées.

Ces limitations ont amené les chercheurs à développer des approches nouvelles basées sur l'expérimentation et plus récemment sur la modélisation.

3. Les nouvelles méthodes d'approche

Ces méthodes se distinguent des précédentes par trois innovations essentielles :

- L'utilisation des connaissances physiologiques qui permettent de déterminer le **potentiel intrinsèque** de production pour un géotype donné.
- Le recours à l'**expérimentation** qui permet d'analyser et de mesurer les effets des facteurs climatiques pris séparément ou combinés sur l'expression du potentiel génotypique.
- L'intégration des données physiologiques et des références expérimentales dans des **modèles mathématiques**. Ces modèles permettent de déterminer et de prévoir les productions

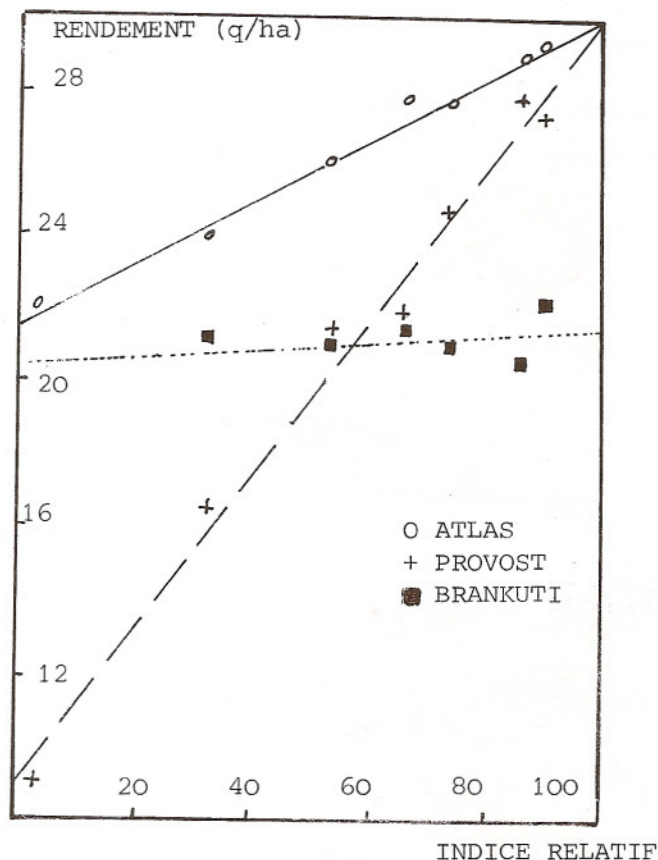


FIG. 3 : COMPORTEMENT DE 3 VARIETES TYPES D'ORGE DANS DIFFERENTS MILIEUX (INDICES) ADAPTE DE FINLAY et AL. (1963).

possibles des cultures dans un régime climatique défini.

3.1. Le concept de potentiel

Le potentiel physiologiquement possible d'une culture se définit à partir de considérations concernant :

- la qualité d'énergie lumineuse disponible dans la région,
- l'efficacité avec laquelle cette énergie est utilisée par les plantes dans le processus de photosynthèse,
- l'estimation des pertes par respiration.

A titre d'exemple, dans une région recevant 500 cal/cm²/jour (valeur moyenne au Maroc) le potentiel théorique correspond à une productivité de matière sèche de 770 kg/ha/jour (Loomis, 1963). Les

meilleures productivités actuellement obtenues varient de 270 pour le soja à 540 pour le millet en passant par la betterave, le riz, le sorgho, et le maïs.

TABLEAU 2
Productivités potentielles théoriques et observées
(Région à 500 cal/cm²/j)

Espèces	Potentiel observé (kg MS/ha/j)	% potentiel observé potentiel théorique
Millet	540	70
Maïs	520	67
Sorgho	510	66
Pomme de terre	370	48
Riz	360	47
Betterave	310	40
Soja	270	35

Les résultats du tableau 2 montrent que, même en station expérimentale et avec les meilleures techniques culturales, le potentiel **physiologiquement possible** n'est pas atteint et que donc il resterait beaucoup à faire en matière d'amélioration génétique et d'expérimentation.

3.2. L'expérimentation

L'expérimentation a pour but de quantifier l'influence d'un climat donné sur la production d'une culture à la fois au niveau du champ cultivé et en conditions contrôlées. Des régimes climatiques sont artificiellement créés en faisant varier les niveaux d'un ou plusieurs facteurs (intensité lumineuse, température, humidité, etc....) et leurs effets sur la croissance et le développement des plantes étudiées sont mesurés.

La figure 4 illustre les augmentations importantes du taux de photosynthèse nette (production) dues à une amélioration des niveaux de l'éclairement, de la température, et de la concentration du CO₂ ambiant lorsque ces facteurs sont considérés isolément ou pris deux à deux. Ce genre d'expérimentation en

conditions contrôlées permet de construire des relations précises entre productivités et composantes climatiques. Les liaisons obtenues servent à établir des modèles où le rendement peut être facilement calculé à partir de données climatiques et des caractéristiques physiologiques et agronomiques propres à chaque culture (de Wit, 1970 ; 1978).

Les modèles ainsi définis-équations comportant des variables affectées de paramètres sont testés au niveau du champ et leurs paramètres calibrés. On parle de **validation** du modèle. Une fois les modèles validés, ils peuvent être utilisés pour déterminer les potentialités agricoles d'une région donnée.

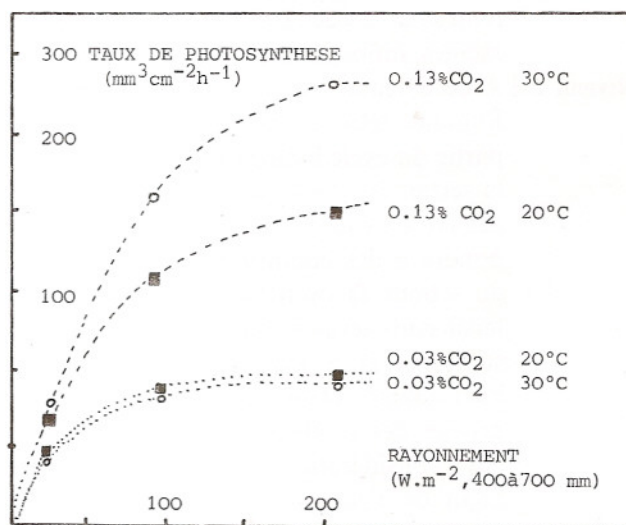


Fig. 4 : EFFET DE QUELQUES PARAMETRES CLIMATIQUES (Température, rayonnement, gaz carbonique) SUR LE TAUX DE PHOTOSYNTHESE - SOURCE : GAASTRA P. (1962).

3.3. La modélisation

La modélisation en agronomie consiste donc en l'intégration des connaissances physiologiques (réponse de la plante à la lumière, température, déficit hydrique, etc...), agronomiques (développement foliaire, croissance et activité racinaire, etc...) et micrométéorologiques, sous forme d'équations mathématiques ou modèles. La modélisation est forcément une simplification de la réalité et a pour objectif d'identifier les différents facteurs (et leurs interactions) qui sont déterminants pour la productivité potentielle. On peut distinguer 4 niveaux d'étude :

Niveau 1 : Caractérisé par des conditions de croissance et de développement des plantes où l'eau et les éléments minéraux ne sont pas facteurs limitants. Au Maroc cela peut correspondre aux systèmes intensifs de production qu'on trouve en périmètre irrigué. La productivité est dans ce cas-là déterminée essentiellement par les conditions climatiques. Mais dans la pratique, on ne trouve cette situation idéale qu'en stations expérimentales. Les principaux processus qu'intègre la modélisation à ce niveau concernent la photosynthèse, la respiration, la croissance et la répartition des assimilats entre les différentes parties de la plante (feuilles, tiges, racines, inflorescences, etc...).

Niveau 2 : A ce niveau, l'eau peut être un facteur limitant tout au moins pendant une partie du cycle biologique de la plante et la saison de croissance est limitée par la réserve en eau du sol. Cela peut correspondre à des conditions de production du « bour favorable » où les éléments fertilisants seraient apportés en quantité suffisante et le matériel végétal utilisé bien adapté. Dans ces conditions, l'approche des modèles fait appel en plus des considérations précédentes – au bilan de l'eau dans le sol et dans la plante, et privilégie les phénomènes de transpiration.

Niveau 3 : Dans la plupart des situations, la croissance des plantes est limitée par un stress azoté et un déficit hydrique prononcé, situation typique des zones arides ou des régions à la limite du semi-aride. Les transformations de l'azote dans le sol, son absorption par les racines et sa redistribution dans la plante constituent les principaux processus qui sont modélisés en plus des problèmes liés au bilan hydrique.

Niveau 4 : La productivité est principalement limitée par la disponibilité en d'autres éléments parmi lesquels le phosphore est déterminant. Cette situation caractérise les régions fortement dégradées et la modélisation intègre des processus très complexes (rétrogradation, immobilisation d'éléments, érosion, etc..)

en plus des phénomènes de croissance et de développement des plantes.

Dans l'état actuel de nos connaissances, des modèles existent pour les niveaux de productivité 1 et 2. Aux niveaux 3 et 4, seuls des modèles préliminaires sont développés. A titre d'exemple, à partir du modèle complexe de de Wit (1970), Van Keulen (1976) propose le modèle suivant pour prévoir les rendements au niveau de productivité 2 :

$$\text{Production} = (\text{GP} \times 0,68 - \text{MC} \times \text{DW}) \times \text{CE}$$

avec

GP = taux photosynthèse brute 0,68 est un facteur de conversion.

DW = matière sèche récoltée

MC = Coefficient de respiration (MC x DW représente les pertes respiratoires).

CE = Coefficient d'efficacité qui dépend essentiellement de la nature du produit récolté (grains, paille, tubercules, etc...).

Pour une large gamme de cultures, MC est compris entre 0,015 et 0,02 et CE voisin de 0,7 ; DW est obtenu expérimentalement. C'est le taux de photosynthèse GP qui intègre l'influence des facteurs climatiques selon des lois bien établies.

L'utilisation pratique de ce type de modèles aboutit à une prévision très satisfaisante de la productivité comme l'illustrent graphiquement les exemples de la figure 5. La supériorité des modèles par rapports aux indices agro-climatiques est brièvement résumée dans le tableau 3. Le développement des modèles sur les deux dernières décennies a été largement facilité par le progrès en physiologie et agronomie, par l'acquisition des connaissances en micro-météorologie et par le recours de plus en plus croissant à l'ordinateur.

TABLEAU 3
Principales caractéristiques des modèles
et des indices agroclimatiques

Indice agroclimatique	Modèle
statique empirique correlatif statistique	dynamique scientifique explicatif prédictif

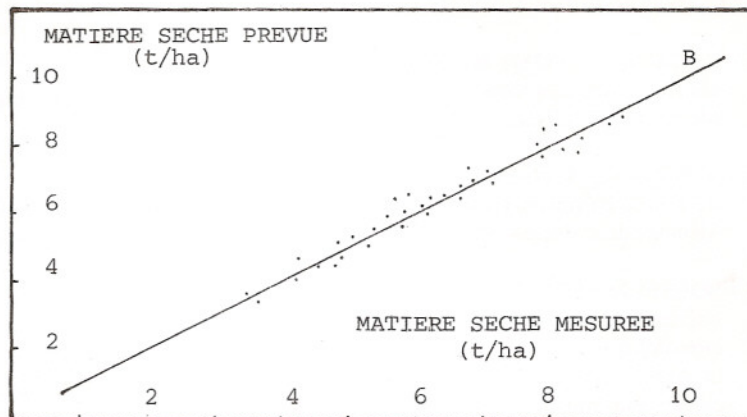
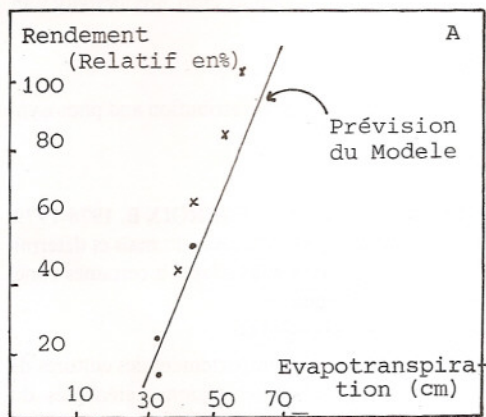


FIG 5 : (A) FIDELITE DU MODELE A PREVOIR LES RENDEMENTS
GRAIN SOUS DIVERS REGIMES D'EVAPOTRANSPIRATION
HANKS (1974)

(B) MATIERE SECHE PREVUE ET MATIERE SECHE MESUREE
RASMUSSEN et Al. (1978)

Un modèle est dynamique en ce sens qu'il intègre de manière continue dans le temps la variabilité climatique. Il est **exactement** prédictif par rapport à l'indice qui ne l'est que **statistiquement**.

4 - Conclusion

L'intérêt de l'étude du climat en agriculture, aussi bien au niveau de la planification que de la recherche, n'est pas à démontrer. Le Maroc a accumulé un retard important dans ce domaine pour plusieurs raisons qu'il faudrait dépasser :

- 1 - Une **attitude empirique** face au climat, qui a tendance à valoriser excessivement son caractère capricieux et incontrôlable. Il ne s'agit pas de considérer le climat tel quel, mais il faudrait privilégier la stratégie à adopter face à une situation climatique pour en tirer meilleur parti soit en s'y adaptant, soit en échappant à ses effets néfastes. Cela est évidemment possible par le choix de matériel végétal approprié et par la pratique de techniques culturales adéquates.
- 2 - Un **effort peu soutenu**. Force est de constater en effet qu'au Maroc l'étude du climat en agriculture emboîte le pas aux années de sécheresse ! Au contraire, l'étude du climat doit être une nécessité continue et servir de base

pour l'établissement des potentialités régionales, indépendamment des aléas du moment. De telles études constituent des outils précieux pour le planificateur et le chercheur. Elles permettent d'établir les marges de progrès possibles en comparant les productions actuelles aux potentialités, et d'identifier les moyens pour les réaliser.

- 3 - Des **données de base insuffisantes**. Dans beaucoup de situations où il est possible de mener des études de potentialités, les données météorologiques sont soit incomplètes, soit inexistantes pour certains paramètres ou encore peu fiables. Dans ces conditions, il n'est pas envisageable de faire des études valables.

Dans une première phase, il est possible de développer des études de potentialités dans les grandes régions agricoles disposant de données météorologiques et expérimentales suffisamment fiables. Des cartes peuvent être dressées pour les principales cultures et servir de base pour une planification régionale ou nationale. A ce niveau le recours aux indices agro-climatiques, bien qu'ayant beaucoup de limites, peut-être fait en attendant la mise au point de méthodes plus précises telles que la modélisation.

Le développement de la modélisation nécessite l'existence d'un réseau de stations où seront combinés de façon impérative les enregistrements micro-météorologiques aux expérimentations sur les principales cultures d'intérêt économique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 – **ABDANI, M. (1978)** : Modèle d'étude du déficit hydrique sur céréales dans les zones semi-arides – cas des Doukkala. Mémoire de fin d'étude – ENA.
- 2 – **AMEZIANE, T. (1975)** : Contribution à l'étude de la production du Bersim en irrigué dans le Gharb. Mémoire de 3^e Cycle – Dept. Agr. I.A.V. Hassan II, Rabat.
- 3 – **BOUSSIGNAULT, J.J.B.D. (1837)** : Economie rurale considérée dans ses rapports avec la chimie, la physique et la météorologie. In Abbe, C. (1905). First report on the relation between climate and crops. Washington, U.S. Department of Agriculture, Weather Bureau.
- 4 – **CHLOUCHI, M. (1979)** : Etude du maïs en Bour. Place du cycle dans l'année et choix du type de précocité. Mémoire de fin d'étude – IAV Hassan II – Rabat.
- 5 – **DELANNOY H. (1971)** : Aspects du climat de la région de Marrakech. R.G.M – 69-106.
- 6 – **DE MARTONNE (1926)** : Une nouvelle fonction climatologique : l'indice d'aridité. La météorologie, 1926.
- 7 – **DONADIEU P. (1977)** : Contribution à une synthèse bioclimatique et phytogéographique au Maroc. Doc. ronéot. IAV. Hassan II.
- 8 – **DE WIT, C.T. (1978)** : Simulation of Assimilation, Respiration, and Transpiration of crop. Wageningen, Pudoc, 141 p.
- 9 – **DE WIT, C.T. et al. (1970)** : The simulation of photosynthetic system. in « Prediction and measurement of photosynthetic productivity ». pp. 47-70 (IBP, 1969).
- 10 – **FINLAY, K.W et al. (1963)** : Aust. J. Agric. Res. 14, 742-754.
- 11 – **FITZPATRICK, E.A. (1970)** : Australian grassland. MacMillan, 1970 pp. 1-30.
- 12 – **GAUSSEN (1957)** : Cité par TURC, L. (1972), voir réf. 27.
- 13 – **HANKS, R. (1974)** : Model for predicting plant yield as influenced by water use. Agr. J. 66 N° 5 = 660-64.
- 14 – **IONESCO, T. (1965)** : Considérations bioclimatiques et phyto-écologiques sur les zones arides du Maroc. – Cah. Rech. Agron. Rabat n° 19 p. 1-69.
- 15 – **JOUBE, A.-M. (1982)** : R.G.M. (Sous presse).
- 16 – **KUTSCH, H.G. (1978)** : Le pouvoir d'évaporation du climat marocain. Direction de la Recherche Agronomique.
- 17 – **LOOMIS, R.S. (1963)** : Maximum crop productivity : an estimate. Crop. Sc. 3, 67-72.
- 18 – **MONTEITH, J.L. (1965)** : Light distribution and photosynthesis in field crops. Ann. Bot. 29, 17-38.
- 19 – **OUATTAR S., MATHIEU A. et LACROIX B. 1978-1979-1980** : Optimisation de la place du cycle du maïs et détermination du type de précocité le plus adapté à certaines zones de Meknès, Doukkala et Abda. Doc. Ronéo. IAV Hassan II – Rabat.
- 20 – **PAPY F. (1979)** : Analyse du comportement des cultures de blé dur et d'orge dans différentes régions céréalières du Maroc à travers leur réaction aux variations interannuelles des régimes pluviométriques. Ac. Agr. de France 31.1 (231-247).
- 21 – **PATERSON (1956)** : The forest area of the world and its potential productivity. The Royal University of Goteborg, Sweden.
- 22 – **PENMANN, H.L. (1956)** : Evaporation. An Introductory survey. Neth. J. Agric. Sci., 4,9-29.
- 23 – **RASMUSSEN, V.P. et HANKS, R. (1978)** : Spring wheat yield model for limited moisture conditions. Agr. j., 70 : 940-4.
- 24 – **REAUMUR, F. (1973)** : Cité par Robertson, G.W (1973) in plantResponse to climatic factors. Proceedings of the Uppsala Symposium. UNESCO. Paris (1973), p. 327.
- 25 – **SAUVAGE C. (1963)** : Etages bioclimatiques – Atlas du Maroc com. Nat. Géogr. Notice de la carte établie en collaboration avec DRIGNON PL.
- 26 – **TISSERAND, F. (1875)** : Mémoire sur la végétation dans les hautes latitudes, 271 p. (Mémoires de la société centrale d'Agriculture). in Abbe, C. (1905). First report on the relation between climate and crops. Washington, U.S. Department of Agriculture, Weather Bureau.
- 27 – **TURC, L. (1972)** : Incidence des facteurs macroclimatiques sur les productions végétales, indice climatique de potentialité agricole. Sciences du sol, N° 2.
- 28 – **VAN KEULEN, H. (1976)** : Evaluation of models in Critical Evaluation of Systems Analysis in Ecosystems. Research and Management ed. G.W. Arnold, Wageningen, Pudoc 108 pp.
- 29 – **VIS, H. (1978)** : Déficit hydrique et rendement du blé dur en sec dans le Tadla. Hommes, Terre et Eaux n° 28. 13-19.

METEOROLOGIE ET PRODUCTION AGRICOLE

par

F. RAISSOUNI

Direction de la Météorologie Nationale

« La moisson dépend plus du temps qu'il a fait que du sol ».

– Proverbe –

Introduction

Depuis les temps plus reculés, le souci premier de l'homme a été de se procurer de la nourriture, et ses efforts pour en produire davantage ont constitué sa constante préoccupation tout au long de l'histoire.

Dans le passé, la moisson était un événement sacré. Elle continue, de nos jours, d'être considérée, dans plusieurs régions marocaines, comme un événement marquant et dont les répercussions, dépassant les limites de ces régions, se feront sentir tout au long de l'année suivante à l'échelle du pays.

Le volume de cette moisson reste, chez nous, très largement tributaire des conditions climatiques comme il a été confirmé récemment, et particulièrement l'année dernière, et cela malgré les remarquables progrès accomplis dans l'amélioration des techniques et des procédés agricoles.

Au cours des temps modernes, la connaissance par l'homme du climat et du temps s'est considérablement accrue et fait l'objet dans l'agriculture d'applications de plus en plus étendues.

Mais, hélas, les buts recherchés sont loin d'être atteints. Pour ce faire, l'homme doit accepter de consacrer une part appropriée de ses ressources scientifiques et technologiques à l'établissement de méthodes nouvelles permettant de produire en plus grande quantité les aliments dont il a si gravement besoin.

L'exploitation des sols et des ressources en eau s'est trop longtemps effectuée empiriquement et les erreurs méthodiques comme le mauvais usage des

sols ont conduit à une véritable détérioration des ressources naturelles.

Si les semences sont saines, le sol fertile, le climat propice et l'agriculteur intelligent, de bonnes récoltes seront obtenues à coup sûr. Aucune forme d'activité agricole ne peut évidemment, se perpétuer si les conditions naturelles sont hostiles ou si l'homme est incompetent. Mais le monde actuel est placé devant une telle nécessité d'accroître les rendements agricoles et d'obtenir des récoltes régulières et abondantes qu'il nous faudra bien, tôt ou tard, dépasser le cadre de ce schéma un peu simpliste.

Le météorologiste-auxiliaire de l'agriculture

Maintes branches des sciences peuvent contribuer au progrès de l'agriculture. Qu'il s'agisse de chimie, de physique, de pathologie des plantes, de pédologie et de biologie, de sylviculture, de chirurgie vétérinaire et d'hydrologie, toutes ces sciences ont un rôle à jouer et dépendent, d'ailleurs, les unes des autres pour l'interprétation des différents phénomènes soumis à leur examen minutieux. Quant à la météorologie, elle est un auxiliaire particulièrement précieux, l'air et l'eau étant à la base de toute science agricole. Mais aucune science ne saurait, à elle seule, fournir à l'agriculteur les données dont il a besoin pour savoir quelle plante ou quel animal conviennent le mieux à une terre donnée, ni comment traiter et utiliser cette terre pour en obtenir les rendements les plus élevés sur le plus grand nombre d'années possible.

L'agriculteur a maintenant besoin de conseils et d'informations spécifiques assez détaillées pour déterminer si toutes ses terres présentent des caractéristiques semblables et si les problèmes avec lesquels il est confronté, différent, d'une manière ou d'une autre, de ceux de ses voisins.

L'évaluation pratiquée, scientifiquement et sur une large échelle, des ressources en sols et en eau est actuellement en cours dans de nombreuses régions du monde. Au Maroc, il a été créé un réseau de stations climatiques chargées d'observer la croissance des plantes et d'enregistrer le rendement des cultures et les conditions météorologiques. De la sorte, tous les facteurs caractérisant l'environnement sont enregistrés pendant la durée d'une récolte et les rapports entre le temps et la production peuvent être mis en lumière.

Toute tentative pour étendre, modifier ou adapter l'agriculture et l'élevage, ainsi que les techniques agricoles, dépend du climat et du temps qui déterminent les lois régissant la croissance, fixant les besoins et permettant des récoltes abondantes. Le rendement varie, d'une année à l'autre, en fonction du climat dont dépendent non seulement le volume des récoltes mais également leur qualité.

Par CLIMAT on entend, naturellement, la moyenne des conditions climatiques observées pendant un grand nombre d'années. Les différences de sol et de végétations sont déterminées par les conditions climatiques telles que l'humidité et la sécheresse, la chaleur et le froid. Le climat, en plus du fait qu'il soit déterminant, est un facteur extrêmement complexe puisqu'il dépend de l'altitude, de la latitude, du relief, de l'eau et des vents dominants...

Le climatologue opère la synthèse d'une énorme quantité de faits et de statistiques et les traduit en langage simple de manière qu'il puisse en être fait un usage pratique. L'agrométéorologue, en collaboration avec le climatologue, dégage les rapports existant entre les problèmes spécifiques de l'agriculture et les conditions climatiques moyennes et extrêmes. Ses éléments d'appréciations bruts sont les faits et les statistiques obtenus grâce à l'observation des chutes de pluies quotidiennes, de températures journalières maximales et minimales, de l'humidité, de la vitesse et de la direction des vents, de la durée quotidienne de l'ensoleillement, de la quantité de radiations solaires, de l'évaporation des sols et de la transpiration des plantes. Toute recherche agricole dépend de l'exactitude et du nombre de ces données.

Facteurs météorologiques primordiaux pour la production agricole

On a généralement coutume de considérer le temps comme un ensemble aux vastes proportions. Mais ce que nous appelons le temps est, en fait, la manifestation instantanée de cet ensemble et qui se traduit, sur le plan local, par l'apparition d'infinité de microclimats qu'il importe de définir aussi exactement que possible si l'on veut connaître, autant que faire se peut, l'environnement naturel des plantes et des animaux d'élevage.

L'ensoleillement, le vent, la pluviosité, l'enneigement, la température et l'humidité ne sont pas les mêmes sous le couvert des arbres, sur l'herbe, dans les régions désertiques à végétation clairsemée et sur tous les sols. Les pentes abruptes, les pentes douces, les pentes qui tournent le dos au soleil, les collines elles-mêmes, comme les petites dépressions, provoquent des variations du climat en surface qui peuvent influencer grandement la croissance des plantes.

La connaissance scientifique des éco-climats est essentielle pour harmoniser ceux-ci le mieux possible avec les exigences écologiques des plantes et des animaux ou pour corriger les excès ou les déficiences de ces éco-climats par la réalisation des micro-climats artificiellement créés et qui assureront les meilleurs rendements. La lutte préventive contre les maladies et les insectes nécessite la confrontation entre les conditions microclimatiques qui favorisent le plus le cycle biologique des organismes nuisibles et la variabilité diurne ou saisonnière du temps. En régions arides ou semi arides, les problèmes du bilan hydrique des cultures, de l'irrigation rationnelle et du cycle hydrologique dans les bassins aménagés prennent un caractère prioritaire.

Ces exemples, vus dans leur contexte marocain, soulignent combien les problèmes du développement de la Climatologie, de l'Hydrométéorologie et de l'Agrométéorologie sont étroitement liés dans notre pays, tant du point de vue de l'organisation des observations en réseaux que celui de l'exploitation pratique des données observées.

Le rayonnement solaire

Ce sont la lumière et la chaleur qui entretiennent toutes les formes de vie. La longueur du jour est le calendrier qui régit la croissance des plantes et l'hor-

loge à laquelle toutes obéissent. Le taux de croissance de nombreuses espèces végétales est strictement déterminé par la longueur des jours. Certaines plantes ont besoin pour se développer, entre le moment des semailles et celui où apparaissent les premières feuilles, de longues journées, d'autres, de plus courtes. Pour de nombreuses plantes, c'est la durée du jour, plus que la chaleur, qui détermine l'époque de la maturation.

C'est pendant la journée que les plantes reçoivent l'énergie solaire, sous forme de lumière et de chaleur. Un faible pourcentage de cette énergie est utilisé par la plante grâce au phénomène de la photosynthèse.

C'est au météorologiste, et plus exactement à l'agrométéorologue que revient la tâche de déterminer où et quand l'énergie solaire peut être employée. Les mesures du rayonnement qu'il effectue servent à estimer l'efficacité avec laquelle les différentes plantes utilisent leur « combustible ».

Le principal obstacle à une meilleure exploitation du rayonnement solaire est le nuage. La couverture nuageuse et la durée d'insolation sont des données météorologiques très importantes qui servent à l'établissement de cartes climatiques. Une plante ne saurait croître sans absorber de l'humidité puis la rejeter sous forme de transpiration par l'intermédiaire de ses feuilles, et son taux de transpiration dépend de la quantité d'énergie qu'elle reçoit du soleil.

La température

La température intervient dans tous les processus chimiques et physiques de la plante, la vie végétale pouvant, d'ailleurs, se développer selon une gamme extraordinairement large de températures favorables.

Les températures ne sont évidemment pas les seuls facteurs à intervenir dans la croissance d'une plante, mais l'étude détaillée de leur répartition suivant les endroits permet de déterminer les zones favorables ou défavorables à la culture de certaines variétés de plantes ou à l'élevage de certaines races d'animaux. Elles sont prises en considération lorsqu'on veut déterminer la longueur moyenne de la saison, pendant laquelle les plantes peuvent pousser, période qui va généralement de l'époque où l'on enregistre, en moyenne, les dernières gelées de

printemps à celle où se produisent les premières gelées de l'automne.

Le bétail manifeste également une nette préférence pour des gammes de température et des conditions climatiques bien déterminées. La production des vaches laitières est maximale à des températures relativement fraîches et, comme beaucoup d'animaux adaptés aux régions froides, celles-ci ne supportent pas les températures élevées. Les poules pondent davantage et produisent des oeufs plus gros lorsqu'il fait froid. Certains animaux préfèrent des altitudes élevées. Certains se satisfont de pâturages clairsemés, d'autres ont besoin de grasses prairies et même d'une alimentation additionnelle. Les études sur la tolérance à la chaleur du bétail sont un élément important de toute tentative pour introduire de nouvelles races en pays étranger.

La pluie

Le secret d'une bonne croissance réside, pour une plante, dans un équilibre entre la chaleur et la pluie qu'elle reçoit. L'intérêt du point de vue agricole, des chutes de pluie dépend non seulement de leur volume saisonnier, mais encore de leur distribution et de leur disponibilité.

La plante doit disputer au sol l'eau disponible, qui lui est d'ailleurs chichement mesurée. Les plantes ne peuvent puiser l'eau du sol qu'à proximité de leurs racines et, lorsque cette source se trouve tarie, elles se dessèchent et meurent.

Mesurer les chutes de pluies n'est pas toujours une méthode sûre lorsqu'il s'agit de déterminer l'humidité du sol. La quantité d'eau restant dans le sol assez longtemps pour que la plante puisse l'utiliser est égale à la différence entre le volume des chutes de pluie et la quantité d'eau qui ruisselle à la surface du sol ou s'évapore trop rapidement pour être utile à la plante.

Une plante a le plus besoin d'humidité quand le soleil est fort, ainsi qu'à certaines périodes de son développement, par exemple au moment du gonflement des fruits. Nous devons donc étudier la pluie d'une manière plus détaillée et ne pas analyser seulement les moyennes annuelles si nous voulons déterminer son rôle auprès des plantes, les sommes annuelles ne constituent qu'un guide préliminaire insuffisant.

Des classifications climatiques utiles résultent de la combinaison des chiffres exprimant la pluviosité

et les températures, mais l'agriculteur doit toujours tenir compte de la nature particulière du sol dans sa région. La présence de collines élevées aura pour effet d'augmenter le volume des chutes de pluie sur les hautes terres, mais aussi de créer des zones sèches sur les pentes opposées aux vents porteurs de pluie.

Entretenir une terre, c'est la maintenir à un taux d'humidité situé entre le dessèchement et l'engorgement, c'est aussi éviter le ruissellement qui provoque l'érosion du sol.

Action de l'homme : prévision de phénomènes et protection des cultures-prévision météorologique pour l'agriculture.

L'homme ne peut encore contrôler le temps mais il peut en exploiter les conditions les plus favorables pour accroître la production de denrées alimentaires et se servir des prévisions météorologiques pour éviter, ou atténuer, les conséquences des inondations, des incendies et de la sécheresse.

Les phénomènes météorologiques ne connaissent pas de frontières ; une coordination des activités météorologiques sur le plan international est nécessaire. Ce rôle est assuré par l'OMM, dont l'une des commissions spécialisées s'occupe des problèmes de l'alimentation. Cette commission, très active d'ailleurs a créé un grand nombre de groupes de travail pour étudier des questions ayant trait à des domaines très divers et d'une importance vitale, comme en témoigne les quelques exemples ci-dessous :

- besoin en eau des cultures dans les régions arides et semi-arides,
- fréquence et répercussion du manque d'eau pour certaines combinaisons des sols et des plantes,
- aspects météorologiques des systèmes d'aménagement des terres et de l'organisation des cultures dans des conditions climatiques très diverses,
- facteurs météorologiques associés à certains aspects de la dégradation et de l'érosion du sol,
- besoins de l'agriculture en matière de prévisions météorologiques à moyenne et longue échéance,
- application de modèles mathématiques pour évaluer la production potentielle des grandes cultures,
- méthodes de prévisions du développement et de la maturation.

La Direction de la Météorologie Nationale travaille, pour sa part, à améliorer l'observation, la

compréhension et la prévision des conditions atmosphériques, à diffuser, et largement, les connaissances ainsi acquises et à aider la collectivité à prendre en fonction du temps, dans l'agriculture, ou ailleurs, les décisions les plus judicieuses.

Le temps, comme nous l'avons vu, intervient dans tout problème agricole, aussi la tâche du météorologiste est-elle immense. Les applications des données météorologiques sont très nombreuses. Plus une culture ou une espèce animale donnée est sensible à certaines conditions climatiques, plus celles-ci se produisent fréquemment et plus il est possible d'en prévoir l'apparition, plus grand est le rôle du météorologiste - de l'agrométéorologie plus précisément - dans l'agriculture. Pour aider l'agriculteur à réduire les coûts de production, épargner des forces et augmenter les rendements, le météorologiste s'appuie principalement sur les données météorologiques passées ou actuelles. Il pourra prévoir à quels moments il conviendra de labourer, de planter, de moissonner, de faire les foin, d'emmagasiner les récoltes, d'irriguer, de vaporiser et de pulvériser les insecticides.

Bien que l'agriculteur ait besoin de prévisions à très court terme pour planifier son travail de la journée et utiliser le plus économiquement possible la main d'oeuvre et le matériel, il préfère habituellement des prévisions moins détaillées, mais couvrant une plus longue période ; plus cette période est étendue, mieux cela vaut. Dans ce sens, il est le client le plus difficile du prévisionniste.

Des prévisions saisonnières et des évaluations climatiques - qui sont en cours d'élaboration au sein de la Division de Climatologie - s'avèrent très précieuses pour le monde agricole, elles faciliteront dans une certaine mesure la planification et permettront de prendre plus aisément des décisions quand il faut effectuer des investissements dans la construction agricole, le matériel, les installations de séchage et l'irrigation, de choisir des variétés de plantes ou de prendre le risque de récoltes marginales.

La prévision se rapportant aux parasites et aux maladies revêt une importance particulière, parce qu'elle met l'agriculteur en état de prendre des mesures préventives, d'éviter les pertes et d'accroître la production. La prévision concernant les récoltes, effectuée grâce à des méthodes combinant l'étude des récoltes obtenues dans le passé avec celle des facteurs déterminant l'environnement, sera extrêmement précieuse pour la planification de la produc-

tion, la distribution des denrées alimentaires et l'évaluation du revenu probable de l'année.

Protection des cultures

Tous les ans les gelées causent de graves dégâts aux cultures alors que ces dommages enregistrés un peu partout, pourraient être notablement diminués si l'on tenait compte des avertissements et des conseils du météorologiste. La prévision du froid donne au producteur d'agrumes le temps de chauffer son verger et au maraîcher celui de cueillir, de couvrir ou d'inonder ses récoltes. L'eau en effet, empêchera les plantes de se refroidir et leur épargnera les dommages dûs au gel. La plupart de ces méthodes sont onéreuses, aussi n'est-il pas décidé d'y recourir avant que le météorologiste n'ait averti du danger.

Les agriculteurs ont depuis longtemps constaté que, dans certaines régions, les plantes poussaient d'autant mieux qu'elles étaient protégées du vent. Par ailleurs, les animaux recherchent, pendant les chaleurs, l'ombre des arbres. Tout au long de l'année, ces ceintures de protection tempèrent les effets des vents violents et dévastateurs et permettent au sol et à l'air de se réchauffer plus vite pendant le jour. Ces barrières sont nécessaires si l'on veut lutter contre l'érosion. Des écrans contre le vent convenablement disposés et bien entretenus contre les insectes et autres parasites, peuvent diminuer sa force de moitié et plus. Les efficaces tiennent compte de la direction des vents importants.

La pollution de l'atmosphère terrestre et des rivières est une question qui concerne également l'agriculteur car plantes et animaux subiront les effets nocifs de l'air pollué. Il est maintenant tout à fait établi que certains agents contaminateurs de l'air influencent profondément, même à de très faibles doses, la vie végétale. Toutes les plantes ne réagissent pas de la même manière à l'air polluée, mais toutes voient, dans une certaine mesure, leur croissance contrariée et leur productivité diminuée, ne serait-ce qu'en raison de la réduction de l'ensoleillement.

Les météorologistes, cherchent à savoir comment l'atmosphère transporte et dilue les agents polluants. En étudiant les mouvements de l'atmosphère dans les régions polluées, le météorologiste peut suivre à la trace les polluants qu'ils transportent et mettre en lumière la mesure dans laquelle la pollution atmosphérique se transmet à la végétation et le taux

suivant lequel elle se trouve absorbée par les plantes et emmagasinée dans les couches supérieures du sol.

Perspective d'avenir-crédation d'un service d'agrométéorologie

La Direction de la Météorologie Nationale, consciente de l'importance de sa contribution à l'accroissement de la production agricole dans notre pays, vient de procéder à la création d'un service spécialisé qui aura pour principale tâche la mise à la disposition des milieux agricoles des données météorologiques qui leur sont indispensables pour l'amélioration quantitative et qualitative des produits alimentaires.

On saisira aisément l'importance du rôle dévolu à ce service à travers les attributions qui lui ont été confiées :

- Définition, rassemblement, dépouillement et traitement des observations météorologiques nécessaires à la conduite des études et recherches dans le domaine de l'agrométéorologie,
- Elaboration des cartes et publications à caractère agroclimatique,
- Etude des effets des facteurs climatiques sur les rendements des cultures, et des prévisions des récoltes,
- Etude des conditions météorologiques associées aux maladies des plantes et des animaux,
- Etude sur les effets météorologiques qui influent sur la détérioration et l'érosion du sol,
- Elaboration des prévisions destinées à l'assistance des travaux agricoles,
- Etablissement et maintien des rapports étroits avec les milieux agricoles.

Ce service sera doté progressivement des moyens adéquats qui lui permettront de répondre d'une manière plus efficace aux besoins agricoles en matière d'informations météorologiques et d'accroître encore davantage la collaboration entre les météorologistes et les milieux agricoles.

Par ailleurs, la Direction de la Météorologie Nationale poursuit très activement sa participation efficace au projet pilote agrométéorologique, mis au point en collaboration avec l'OMM et la FAO pour la région du NW africain. L'objectif principal de ce projet est de rassembler dans un seul centre régional les renseignements météorologiques provenant des pays participants, de traiter ces renseignements dans

le centre sous une forme directement utilisable par les agriculteurs, puis de diffuser les informations traitées aux agronomes sur le plan national. Opérationnellement, cela consiste en l'échange de messages AGMET contenant essentiellement un résumé des conditions météorologiques et des renseignements sur la croissance des cultures et les opérations agricoles des dix jours précédents. A l'échelon national, les données agrométéorologiques émanent d'environ 120 stations sélectionnées à cet effet, et dont les responsables ont reçu une formation spéciale au cours de séminaires organisés en collaboration entre la Météorologie Nationale et les services techniques du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agricole.

La Direction de la Météorologie Nationale entretient, en outre, un réseau de plusieurs centaines de postes d'observation pluviométrique et climatologique répartis sur l'ensemble du territoire national. Les données provenant de ces postes sont exploitées quotidiennement au bénéfice de l'agriculture marocaine.

D'autre part, un cycle d'étude sur l'agrométéorologie est actuellement organisé par la Direction de la Météorologie Nationale ou profit d'une douzaine de météorologistes. Ce cycle sera suivi immédiatement d'un autre. Les connaissances acquises par les météorologistes au cours de ces deux cycles viendront renforcer l'action de la Météorologie au profit de l'agriculture.

La contribution de la Météorologie ou de l'Agrométéorologie au développement de notre agriculture apparaîtra donc, à la lumière de ce qui précède, comme l'étude des climats et du temps, en vue, d'abord, de mieux utiliser les forces constructrices de l'atmosphère pour la production de matières végétales et animales utiles et, ensuite, de mieux lutter contre les fléaux météorologiques destructeurs de cette production.

Les principaux problèmes agrométéorologiques qui se posent dans notre pays et qui constituent ces thèmes de réflexion et les sujets d'action peuvent être résumés comme suit :

. Problèmes agroclimatologiques de la production agricole :

1 - Reconnaître les caractéristiques climatiques et agroclimatiques propres aux diverses régions naturelles du pays et aux terroirs locaux, en vue d'une part, d'aménager rationnellement le territoire sur la base des vocations agricoles recon-

nues de ses régions, et d'autre part, de distribuer les cultures et les animaux élevés en harmonisant optimalement leurs exigences écologiques avec les conditions agroclimatologiques offertes.

- 2 - Etendre la diversification de l'agriculture et de l'élevage.
- 3 - Etablir par régions et terroirs le calendrier agricole.
- 4 - Mettre au point les techniques culturales qui réalisent les microclimats correcteurs.
- 5 - Etudier spécialement les besoins en eau des diverses cultures par l'expérimentation en cuves lysimétriques (ETP) en vue de définir les normes de l'irrigation rationnelle de ces cultures.
- 6 - Entreprendre toute étude ou recherche sur des questions d'intérêts spécifique et relative à la mise en valeur agricole ou à la conservation de l'environnement (ouverture d'une région au développement, les causes météorologiques de l'érosion des sols et la protection de ceux-ci, l'avance du désert, le reboisement, etc...).

. Problèmes agrométéorologiques (Prévision du temps) de la production agricole :

- 1 - Fourniture d'avis réguliers aux agriculteurs sur l'évolution probable du temps, diffusion d'avis spéciaux sur le calendrier agricole et concernant les travaux à entreprendre selon l'opportunité de la situation météorologique, études agrométéorologiques destinées à assurer la qualité des avis fournis.
- 2 - Fourniture d'avis sur les dangers d'incidence de maladies sur les cultures ou sur les possibilités de leur attaque par les insectes en fonction de l'évolution du temps.
- 3 - Vigilance spéciale dans la prévision des phénomènes météorologiques destructeurs des cultures ou des animaux tels que les orages à grêle, les inondations, la gelée, mise au point des méthodes de prévision de ces phénomènes, diffusion d'avis alertant les agriculteurs et leurs conseillant les mesures protectrices à mettre en oeuvre.
- 4 - Prévision des récoltes par régions en fonction de l'état des cultures, des conditions météorologiques subies et du temps probable pour la fin du cycle cultural, étude des méthodes de prévisions des rendements.
- 5 - Fourniture d'avis météorologiques en rapport avec le séchage des récoltes et leur conservation.

6 - Prévisions météorologiques spéciales sur le danger des incendies de forêt et diffusions des avis d'alerte.

Conditions d'efficacité

Un bon service d'agrométéorologie, appuyé par de bons réseaux de stations climatologiques et synoptiques et qui axerait son programme d'activité vers les thèmes cités plus haut pourrait contribuer

puissamment à relever le produit national agricole par la mise en place de formes d'agriculture plus intensives.

Cependant il ne suffit pas de créer un service d'agrométéorologie pour que ces activités aient un impact sur la production. Cette création est une condition nécessaire mais non suffisante pour faire progresser la production agricole. Il faut compter bien sûr, sur une recherche agronomique efficace et un service de l'agriculture bien organisé.



ABENGOA, S. A.

MONTAJES ELECTRICOS

SEVILLA ESPAÑA

Siège Social : Av. Carlos V, 20 SEVILLA-4

Activités : Centrales électriques, Installations hydrauliques, Postes de transformation, Réseaux de distribution, Télécontrôle, Traction électrique, Télécommunication et Téléphonie, etc.

Fabrication : Cellules M.T, Tableaux de puissance et contrôle, Equipements pour centrales nucléaires, Redresseurs, Centres de transformation, etc.

DELEGATION AU MAROC. 66 AV. MOHAMED V. — TANGER

TELEPHONE 38823 et 38816 - TÉLEX : 33772 M -

LA LUTTE CONTRE LA SECHERESSE PAR LES TECHNIQUES CULTURALES

par
Philippe JOUVE
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

RESUME

La variation des précipitations est considérée comme une des causes majeures de la forte fluctuation des rendements céréaliers au Maroc. Les études faites pour vérifier cette assertion ont montré qu'effectivement il existe une liaison positive entre les précipitations annuelles et les rendements mais seulement en zone plus arrosées c'est la répartition intersaisonnière des précipitations plus que leur hauteur annuelle qui devient déterminante.

Dans une deuxième partie sont passées en revue les techniques culturales permettant d'atténuer les effets de la sécheresse sur le rendement des cultures. Ces techniques sont regroupées en deux grandes catégories, celles qui visent à améliorer l'efficacité des pluies et celles qui peuvent contribuer au transfert d'eau d'une saison à l'autre. Au terme de cette analyse prenant en considération les conditions pédo-climatiques et les systèmes de production Marocains il apparaît que la jachère est une technique d'intérêt limité sur le plan agronomique et plus encore sur le plan économique. Par contre l'avancement de la période des semis permettant de réduire le déficit hydrique en fin de cycle constitue une technique intéressante, mais elle suppose une modification notable des modes d'installation des cultures et un contrôle chimique des mauvaises herbes.

Introduction

La très grande variabilité interannuelle et intersaisonnière des précipitations est considérée au Maroc

comme une des causes majeures des fortes fluctuations des rendements des cultures cultivées en sec.

Le climat de ces dernières années, marqué par des sécheresses particulièrement accusées, n'a fait que confirmer cette impression d'une influence déterminante des précipitations sur la production agricole et par voie de conséquence sur toute l'économie du pays.

Cette irrégularité des précipitations propre au climat méditerranéen est-elle une fatalité à laquelle il faut se résigner ou, au contraire, existe-t-il des moyens techniques permettant d'en atténuer les effets néfastes, c'est ce que nous allons tenter d'examiner en considérant plus spécialement les techniques culturales, sans aborder le problème de la sélection de matériel végétal adapté à la sécheresse.

Mais auparavant il nous a semblé utile de caractériser brièvement la variabilité pluviométrique propre au Maroc et d'en analyser les conséquences sur le rendement des cultures.

1 - Variabilité pluviométrique et rendements des cultures.

La variabilité pluviométrique interannuelle du Maroc a été étudiée par Cotte et Legras (1966). Ces auteurs ont caractérisé cette variabilité à l'aide de deux critères :

- l'écart moyen de la pluviométrie annuelle par rapport à la moyenne sur une longue période.

- la fréquence des années ayant une pluviométrie inférieure de 25 % par rapport à la moyenne.

$$V = \frac{100 \sum (X_i - X)}{n \times X}$$

Le premier critère a permis de délimiter 3 grandes zones :

- une zone d'écart à la moyenne inférieure à 20 %. Elle comprend les régions de montagne, le plateau central, les plaines de Chaouia et Doukkala.
- une zone d'écart à la moyenne comprise entre 20 et 30 % recouvrant le Gharb et son arrière pays, les plaines méridionales du Maroc occidental (Haouz, Rehamna) et les plaines du Maroc Oriental.
- enfin une zone d'écart à la moyenne supérieure à 30 % comprenant le Souss et les régions pré-sahariennes.

Le second critère confirme la classification précédente. Ainsi le pourcentage d'année sèche est inférieur à 10 à Fès, égal à 10 à Rabat, compris entre 10 et 20 dans le Gharb, en Chaouia, Doukkala, Basse Moulouya, supérieur à 20 dans les plaines occidentales du sud du Maroc et, dans le sud pré-saharien, ce pourcentage dépasse 30.

Ce qu'il faut retenir de cette étude, c'est que la variabilité relative de la pluviométrie annuelle est forte au Maroc et qu'elle a tendance à s'accroître au fur et à mesure que l'aridité s'accroît.

A l'handicap d'une précipitation moyenne annuelle faible vient donc s'ajouter dans les zones arides celui d'une grande variation de ces précipitations d'une année à l'autre.

Il apparaît assez logique de mettre en relation cette forte irrégularité des précipitations avec la fluctuation des rendements et en particulier des rendements des céréales qui couvrent près de 80 % des terres cultivées. Ceci est d'autant plus légitime qu'au cours des cinquante dernières années pour lesquelles nous disposons de données statistiques, les années de sécheresse se sont accompagnées de rendements en céréales particulièrement faibles : 1,5 qx/ha en 1945, 4,7 qx en 1957 et 1966, 4 à 5 qx/ha en 1981.

Des études citées par Naciri (1969) ont montré qu'il existe effectivement une corrélation positive entre les rendements céréaliers et le total des pluies tombées entre le 1^{er} Novembre et le 30 Avril, mais seulement pour les régions de l'étage aride. Ce résultat a été confirmé par l'analyse faite par F. Papy (1978) qui en utilisant les données de l'enquête statistique permanente sur les céréales a cherché à établir une corrélation entre les précipitations et rendements dans différentes régions climatiques du Maroc. Il a montré que ces corrélations étaient significatives pour des régions comme les Abda, le Haouz, les Sraghna, zones arides à pluviométrie

inférieure à 300 mm, pratiquement nulles par contre dans la Chaouia et le Saïs où il pleut de 300 à 500 mm.

De tels résultats s'expliquent assez aisément. Dans des zones ayant une pluviosité limite pour la culture des céréales (280 à 300 mm), une diminution de cette pluviométrie de l'ordre de 20 à 30 %, c'est-à-dire d'environ 80 mm, pourra entraîner une récolte très faible voire nulle ; par contre un excès pluviométrique de même grandeur pourra s'accompagner d'un rendement double de la moyenne. A l'inverse, en zone plus arrosée, de tels écarts relatifs par rapport à la moyenne pluviométrique auront un effet beaucoup moins marqué sur les rendements.

Si l'on ajoute à cela que la fréquence des années sèches est plus grande en régions arides, on comprend pourquoi il existe une forte corrélation entre précipitations et rendements dans ces régions. A la grande variabilité des pluies va donc correspondre une forte fluctuation des rendements. Les agriculteurs de ces régions en ont fait l'expérience depuis bien longtemps, d'où la coutume de constituer des réserves interannuelles de grains, soit dans les greniers enterrés (matmora), soit dans des greniers collectifs autrefois fortifiés (Agadir ou Irhen).

Le développement de l'économie d'échange et la distribution de farine en cas de disette ont perturbé cette coutume et contribuent indirectement dans certains cas à aggraver les conséquences résultant de mauvaises récoltes.

Dans les zones plus arrosées, l'absence de corrélation entre la pluviométrie de la saison de culture et les rendements est due au fait que les rendements sont non seulement affectés par les manques de pluie mais également par les excès.

En effet, la pluviométrie annuelle de ces zones étant répartie sur une période et un nombre de jours limités, il en résulte que les précipitations dépassent parfois les capacités d'infiltration des sols, ce qui entraîne des stagnations d'eau et une asphyxie momentanée du sol, préjudiciables aux cultures.

Ainsi Papy, dans l'étude citée précédemment, a mis en évidence une corrélation négative entre la pluviométrie d'automne-hiver et le rendement du blé dur et de l'orge dans la région de Fès, Meknès et du Pré-Rif, les pluies excessives durant cette période ayant entraîné une diminution du nombre d'épis par m².

Ce résultat montre également que la fluctuation des rendements n'est pas seulement due à la variation interannuelle des précipitations mais aussi à

leur variabilité intersaisonnière, c'est-à-dire à leur répartition tout au long du cycle cultural. On sait en effet qu'un même déficit peut affecter de façon très différente le rendement d'une culture suivant le stade auquel il intervient. Ceci est dû au fait que les cultures présentent des stades critiques au déficit hydrique. Ces stades correspondent généralement à la différenciation des organes récoltés. Pour les céréales d'hiver, on a mis en évidence deux stades critiques, le premier autour de l'épiaison - floraison, le second, de moindre importance, lors de la maturation du grain (stade du palier hydrique). Tout déficit intervenant durant ces stades va diminuer le rendement des céréales de façon beaucoup plus forte que s'il s'était produit à tout autre moment du cycle cultural.

L'existence de ces stades critiques vis à vis du déficit hydrique a été empiriquement reconnue par les agriculteurs. Cette connaissance empirique se traduit à travers un certain nombre de dictons et proverbes qui, par exemple, accordent une importance décisive aux pluies de mars.

Or il se trouve que c'est durant ce mois qu'a lieu en année normale, l'épiaison des céréales, stade qui est particulièrement sensible au déficit hydrique.

Confirmant l'expérience des agriculteurs une corrélation statistique a pu être établie (Vis 1976, Papy 1978) entre les précipitations de ce mois et le rendement du blé dur. La relation est moins nette pour l'orge.

Par ailleurs la répartition intersaisonnière des pluies ne joue pas seulement sur l'alimentation hydrique des cultures mais aussi sur les conditions de la réalisation des techniques de culture (travaux du sol, semis etc...) et sur la position du cycle cultural. Nous verrons par la suite combien peut être important ce dernier facteur.

La comparaison des campagnes 67-68 et 68-69 illustre parfaitement l'importance de la répartition intersaisonnière des pluies : la première caractérisée par des pluies précoces permettant une bonne installation des cultures, un hiver relativement sec, suivi d'un printemps pluvieux (138 mm en mars) a permis une récolte record de 63 Millions de quintaux jamais dépassée depuis. La deuxième avec une pluviométrie comparable mais moins bien répartie, avec notamment un retard des premières pluies donc des semis a donné 23 millions de quintaux de moins. Dans la région de Meknes la pluviométrie de ces deux campagnes a été identique : 678 mm ; les

rendements moyens des céréales ont été de 16,7 qx en 1968 et 9,3 qx en 1969. En conclusion, si le volume total des pluies annuelles est déterminant sur le rendement dans les régions à pluviosité inférieure à 300 mm, par contre, dans celles où cette pluviosité est supérieure, c'est la répartition intersaisonnière des précipitations qui semble influencer le plus sur le niveau des rendements.

2 - Les techniques de la lutte contre la sécheresse

2.1. - Techniques visant à compenser le déficit pluviométrique

Parmi ces techniques, nous citerons pour mémoire la plus efficace à savoir l'irrigation dont l'objectif est précisément de pallier le déficit pluviométrique. Cependant cette technique est tributaire de la mobilisation de ressources en eau, qui sont en général limitées dans les zones où les cultures souffrent le plus de la sécheresse. Nous signalerons seulement que l'efficience avec laquelle on utilise l'eau d'irrigation influe très directement sur les surfaces pouvant bénéficier de cette irrigation. A cet égard, en climat méditerranéen, les cultures d'hiver qui mettent à profit les précipitations naturelles valorisent beaucoup mieux l'eau d'irrigation que les cultures d'été, c'est ce qui explique que, par exemple, on ait préféré la culture de betterave dans le Souss, où l'eau est rare, à celle de la canne à sucre qui y fut pourtant jadis cultivée. A l'inverse, c'est l'abondance de l'eau qui a justifié l'extension de la canne à sucre dans le Gharb au détriment de la betterave.

2.2. Techniques visant à augmenter l'efficience des pluies

2.2.1 - Techniques réduisant les pertes d'eau par ruissellement.

Les précipitations du Maroc, et c'est une autre caractéristique propre au climat méditerranéen, sont souvent de forte intensité (10 mm/jour). Chaque fois que celle-ci dépasse la capacité d'infiltration du sol, il se produit une stagnation et, si le sol est en pente, un ruissellement des eaux qui diminue considérablement l'efficacité des pluies.

Ce phénomène de ruissellement va être d'autant plus accusé que le sol est nu, sans végétation pour freiner l'écoulement de l'eau et diminuer l'énergie des gouttes d'eau ; celles-ci vont entraîner une des-

structuration de la surface du sol qui va réduire la capacité d'infiltration des eaux de pluie. C'est généralement cette situation que l'on constate lors des premières pluies faisant suite à la saison sèche. Or l'emmagasinement de ces premières pluies peut conditionner une installation précoce de la culture et accroître sa résistance à une sécheresse intervenant après le semis. Cet emmagasinement est donc d'autant plus nécessaire que le climat est aride.

Plusieurs techniques permettent de réduire le ruissellement. Il y a d'abord le travail du sol, avant l'arrivée des pluies, afin d'augmenter sa rugosité, sa capacité d'infiltration et limiter sa destructuration superficielle à l'arrivée des pluies. Malheureusement, les terrains, où ce ruissellement est plus intense, sont généralement ceux, où le travail du sol en sec, nécessitant le recours à la mécanisation, est le plus difficile, comme c'est le cas par exemple pour une grande partie du Rif. Aussi adopte-t-on plutôt des techniques modifiant le modelé superficiel, de façon à accroître l'infiltration des eaux de pluies. Ces techniques, basées sur la construction de banquettes, de terrasses ou d'impluvium, contribuent par la même occasion à limiter l'érosion des sols.

Enfin, parmi les techniques nouvelles, il faut citer le « mulch » de paille. Le maintien d'une couverture végétale, entre les périodes de culture, accroît effectivement l'infiltration et diminue l'évaporation du sol. Cependant, dans les conditions marocaines où la paille, principale nourriture du bétail durant l'été, est fortement valorisée, l'adoption d'une telle technique paraît tout à fait utopique.

2.2.2 – Techniques visant l'amélioration de l'enracinement

La résistance des cultures à la sécheresse est conditionnée par la capacité de leur système racinaire à explorer un volume important de sol afin d'en extraire le maximum d'eau. Le rapport racine sur partie aérienne est même considéré comme un critère d'adaptation à la sécheresse et utilisé par les améliorateurs pour sélectionner les variétés en zones arides. Cette adaptation du système racinaire peut se faire de différentes manières. Certaines plantes, tel le cactus, développent un enracinement très superficiel sur une très grande surface qui leur permet de valoriser des précipitations très faibles. Cependant la résistance à la sécheresse de la plupart des plantes

cultivées, que ce soit les céréales ou la luzerne est surtout fonction de la profondeur et de la densité de leur enracinement.

Toutes les techniques qui vont contribuer à les accroître vont être bénéfiques et on pense pour cela au travail du sol. Mais il faut savoir que celui-ci affecte généralement un dixième seulement de la profondeur d'enracinement ; de ce fait, il est de peu d'effet sur le développement des racines. Il peut cependant l'être dans les cas où un obstacle physique limite la pénétration des racines en profondeur. C'est le cas des sols présentant une zone tassée consécutive à la répétition de travaux du sol (semelle de labour) où à des conditions de cultures particulières, comme peuvent l'être celles des vallées pré-sahariennes. Dans ces régions, les sols limoneux ont une faible stabilité structurale, de ce fait ils ont tendance à se structurer et à se tasser sous l'effet des fortes doses d'irrigation pratiquées de surcroît avec une eau chargée en sel. Après une saison de culture, ces sols doivent être travaillés profondément pour régénérer leur structure et permettre un développement dense et profond de l'enracinement de la nouvelle culture. C'est à cette condition qu'elle pourra supporter les longues périodes de dessèchement du sol séparant les irrigations, autrefois déterminées par les crues, mais qui restent même avec les barrages relativement exposées.

Ces exigences ont été parfaitement comprises par les agriculteurs de ces oasis qui retournent leur terre sur près de 40 cm de profondeur à l'aide d'une longue bêche et au prix d'un travail si considérable qu'il explique l'intrusion récente des tracteurs dans le parcellaire labyrinthique des palmeraies. Hormis des situations de ce type, il serait erroné de penser que l'approfondissement du travail du sol favorise celui de l'enracinement et, par là, la résistance à la sécheresse des cultures.

2.2.3 – Le contrôle des adventices

Les adventices concurrencent les plantes cultivées pour l'eau, la lumière et les éléments minéraux. En situation de déficit hydrique, c'est évidemment la concurrence pour l'eau qui est la plus préjudiciable. Elle revient à réduire la quantité d'eau disponible pour la culture qui, nous l'avons vu, est en zone aride étroitement corrélée au rendement.

Le contrôle des adventices apparaît donc comme une des interventions techniques les plus indispen-

sables, si l'on souhaite valoriser au mieux des précipitations insuffisantes. Cependant dans les conditions marocaines et plus spécialement en zone aride, ce contrôle des adventices n'est pas facile. La présence de jachère enherbée, d'autant plus fréquente que l'aridité s'accroît, comme précédemment aux céréales, contribue au salissement des cultures. Par ailleurs, la variabilité des précipitations en cours de culture rend l'efficacité des herbicides assez aléatoire. Enfin la nécessité d'installer rapidement les cultures après les pluies limite les possibilités de contrôle des mauvaises herbes par le travail du sol.

Aussi convient-il de combiner les différents moyens de lutte possibles : précédent, travail du sol, date de semis, desherbage chimique. Mais l'emploi d'herbicides apparaît comme la solution la plus sûre et la plus conforme aux nouvelles stratégies de culture en zone sèche d'où la nécessité de développer les recherches sur le choix des produits et sur les modalités de leur application.

D'une façon comparable aux adventices, les maladies et particulièrement les maladies foliaires (helminthosporiose des orges, septoriose des blés) en réduisant l'efficacité photosynthétique des plantes et en effectant la migration des réserves dans les grains accentuent les effets de la sécheresse. Tous les moyens de lutte contre ces maladies ne peuvent être que bénéfiques à une meilleure valorisation de précipitations insuffisantes.

2.2.4 – La modification de la position du cycle cultural par rapport à la période pluvieuse.

L'analyse des périodes de semis des céréales au Maroc fait apparaître que ceux-ci, même dans les zones arides, peuvent s'échelonner sur plusieurs mois. Cet échelonnement des semis a deux causes principales :

– la première est due à l'insuffisance du parc de tracteurs et à la faible efficacité des attelages qui contribuent en année normale à l'ensemencement de près de la moitié des surfaces céréalières (une « Jouja » peut travailler en moyenne 1/4 d'ha par jour. Si un agriculteur veut semer 5 ha avec deux passages d'outils, il lui faudra 40 jours de travail, en excluant les jours non disponibles pour le travail, jours de pluies ou de souk c'est près de 2 mois qui lui seront nécessaires pour réaliser ses ensemencements).

– La seconde raison est d'ordre agronomique. Afin de contrôler les mauvaises herbes, faute de pouvoir ou de savoir le faire par les herbicides, la plupart des agriculteurs attendent la levée des mauvaises herbes, après les premières pluies pour installer leur culture, décalant ainsi le cycle de leur culture par rapport à la saison pluvieuse.

Il en résulte qu'une proportion des ensemencements, variable suivant les conditions pluviométriques de l'année, sera faite tardivement en janvier voire février, or la saison des pluies est courte et le déficit hydrique en fin de cycle est systématique. Des études fréquentielles (Papy et al. 1981) ont montré qu'en Chaouia les risques de déficit hydrique étaient de 20 % du 20 février au 20 mars et qu'ensuite ils augmentaient très rapidement.

Tout retard des semis va donc accentuer l'effet de ce déficit hydrique en fin de cycle et contribuer à la faiblesse des rendements.

Ce raisonnement théorique a été en grande partie confirmé par les expérimentations entreprises en zone semi-aride concernant l'effet de la date de semis sur le rendement (Jouve, Berrada 1978). En zone à pluviométrie inférieure à 300 mm, l'avantage des semis précoces s'est vérifié dans tous les essais, aussi bien pour l'orge que pour le blé. En zone à pluviométrie supérieure à 300 mm, cet avantage est moins net, notamment pour les blés du fait d'un certain nombre d'handicaps liés aux semis précoces : concurrence plus forte des adventices, réussite des semis plus aléatoire pouvant entraîner des doubles levées, plus forte pression des parasites et prédateurs (cécidomyie, fourmis, oiseaux).

Ces résultats ont montré que les espèces cultivées ne réagissent pas de la même façon à l'avancement de leur cycle, manifestement l'orge se prête mieux que les blés aux semis précoces. Mais l'enseignement le plus important à tirer de ces essais est qu'une meilleure superposition du cycle cultural, avec la période des pluies pour être profitable, ne suppose pas seulement un avancement des dates de semis mais une transformation de l'ensemble du mode de conduite des céréales : en d'autres termes, l'adoption d'un nouvel itinéraire technique permettant de préparer le sol avant l'arrivée des pluies, de garantir une bonne levée même en condition hydrique limitante et surtout de contrôler les mauvaises herbes autrement que par le travail du sol. Ces changements supposent des moyens techniques nouveaux : mécanisation des travaux du sol, utilisa-

tion de semoirs, de rouleaux, d'herbicides bref une nouvelle technologie qui actuellement est loin d'être à la portée de la majorité des agriculteurs notamment de ceux des zones semi-aride et aride, les plus exposés à la sécheresse.

Par ailleurs, cette transformation des moyens de production et notamment un recours plus grand à la mécanisation des travaux d'installation des cultures, si elle apparait souhaitable du point de vue technique n'est elle pas sans danger du point de vue social ?

Les études faites à ce sujet par Zagdouni (1980) donnent de premiers éléments de réponse qui confirment l'importance du problème.

2.2.5 - Autres techniques améliorant l'efficacité de l'eau disponible

- La fertilisation minérale

Toute réponse positive d'une culture à l'apport de fertilisants en condition d'alimentation hydrique limitante suppose que ces fertilisants ont amélioré l'efficacité de l'eau consommée. Malheureusement, les essais réalisés dans ce domaine montrent qu'en situation de sécheresse, l'efficacité de la fertilisation devient très aléatoire. Il peut même, se produire que des apports d'engrais azoté, en favorisant le développement végétatif des céréales et un épuisement prématuré des réserves en eau du sol, diminuent le rendement final. Par contre il a été démontré qu'en sol carencé en phosphore, la fertilisation phosphatée en améliorant la croissance et la vigueur des racines pouvait contribuer à améliorer la résistance des cultures à la sécheresse. Il n'en reste pas moins que la fertilisation minérale est une technique, dont l'intérêt agronomique et encore plus économique apparait comme assez limité en situation de déficit hydrique prononcé.

- Les antitranspirants

L'utilisation de ces produits chimiques a pour but de réduire la transpiration des cultures sans trop altérer l'absorption de CO₂ qui se fait par la même voie c'est-à-dire par les stomates. Cette technique apparemment très séduisante a suscité de nombreux travaux de recherche notamment aux U.S.A. Mais jusqu'à ce jour les difficultés de maîtrise de cette

technique et son coût en ont empêché l'emploi en grandes cultures.

- Techniques visant à permettre des transferts d'eau d'une saison à l'autre

a) La jachère

L'intérêt de la jachère pour améliorer les conditions d'alimentation hydrique des cultures dans les régions à pluviométrie insuffisante a suscité et continue de susciter beaucoup de controverses.

Une grande partie de celles-ci est due à une valorisation a priori de la jachère, en l'absence de toute analyse scientifique rationnelle de ses effets sur les états du milieu et des conditions qui peuvent affecter son efficacité.

Aussi convient-il de rappeler brièvement ces conditions. L'efficacité de la jachère vis à vis du transfert d'eau d'une saison à l'autre, mais ce n'est pas là son seul rôle et souvent son principal intérêt, est dépendante de plusieurs paramètres :

- Le stock d'eau en début de jachère qui est lui même fonction de la parcelle du régime des pluies et de l'histoire culturale.
- Le régime d'évaporation de l'eau du sol durant la période de jachère. Il sera fonction tout d'abord du régime d'ETP et ensuite de l'état structural du sol et de la présence ou non d'une couverture végétale.
- Les caractéristiques hydro-dynamiques du sol qui déterminent sa capacité de réserve en eau utile pour les plantes (R.U).
- Enfin le régime pluviométrique durant la saison de culture qui suit la période de jachère.

Si l'on considère ces différents paramètres il est alors possible d'analyser objectivement l'intérêt de la jachère dans les conditions marocaines.

Cependant, comme le terme même de jachère est très général, il désigne l'intervalle de temps séparant deux cultures successives (Sebillotte 1976) il n'est pas inutile de préciser à quel type de jachère on s'intéresse, dans la perspective du transfert d'eau d'une saison à l'autre.

Nous excluons la jachère pâturée, très répandue dans toutes les catégories d'exploitations des zones « bour » mais dont la fonction est essentiellement fourragère, pour ne considérer que la jachère travaillée de 16 mois s'intercalant généralement entre deux cultures de céréales. Dans le contexte méditer-

ranéen, c'est la jachère de référence en matière d'économie d'eau, celle qui fut très largement adoptée par la colonisation étrangère en Afrique du Nord et qui reste très répandue dans des pays comme l'Algérie.

Cette jachère commençant en juin après la récolte des céréales n'est généralement pas travaillée jusqu'à l'hiver suivant.

Pendant le début de la saison pluvieuse, elle va donc s'enherber et pourra être éventuellement pâturée. Ce n'est qu'à la sortie de l'hiver, vers le mois de mai, qu'elle va être travaillée à la charrue. Ce travail a plusieurs objectifs :

- enfouir la végétation spontanée avant la maturité des plantes afin d'empêcher la dissémination de leurs graines et interrompre l'épuisement de la réserve en eau du sol. Ce travail ne peut être trop précoce car on s'exposerait à une deuxième repousse des adventices qui nécessitera un nouveau travail du sol.
- préparer le sol pour la culture prochaine par un labour grossier qui aura tout le temps d'évoluer d'ici l'installation des céréales à l'automne prochain.

Ce mode de conduite le plus courant est un compromis entre la jachère constamment travaillée qui empêche toute pousse des mauvaises herbes et permet un stockage maximum des eaux de pluie mais à un coût élevé et la jachère enherbée qui consomme autant d'eau qu'une culture.

Ainsi définie, cette jachère permet-elle d'améliorer sensiblement l'alimentation hydrique de la céréale qui va suivre ? Les observations de terrain faites au cours des dernières campagnes ont montré qu'une telle jachère n'est bénéfique que lorsque les précipitations qui font suite à la jachère sont insuffisantes pour combler la réserve en eau utile du sol.

Ce type de jachère s'avère donc d'autant plus intéressante que :

- l'année est sèche ou les premières pluies insuffisantes : cas de la campagne 1980-1981 marquée par une sécheresse exceptionnelle de 4 mois (19 novembre - 15 mars),
- le sol est profond ; s'il ne l'est pas, cas de la majorité des sols des zones arides marocaines, sa réserve sera faible et aura de forte probabilité d'être comblée dès l'arrivée des pluies.

En 1980-1981, l'effet bénéfique de la jachère travaillée ne s'est manifesté que sur les sols profonds : sols chateaux du plateau de Merchouch, Vertisols du

Gharb. On voit donc que l'intérêt du point de vue hydrique de la jachère travaillée de 16 mois est liée à des conditions de sol et de climat particulières qui font que l'intérêt agronomique d'une telle pratique est limitée. Si, de plus, on se place sur le plan économique et que l'on compare l'association céréale-jachère avec celle des légumineuses à graines et des céréales, l'intérêt de la jachère devient plus discutable surtout dans un pays où une large majorité de la population est carencée en protéines. Pour être rigoureux, il faudrait considérer les autres effets de la jachère mis en évidence par les chercheurs qui ont étudié cette pratique (Grillot, et al.). Certains sont positifs : c'est le cas de l'amélioration de la minéralisation de l'azote après jachère, d'autres négatifs, comme la diminution du stock de matière organique ou l'accentuation des risques d'érosion du sol par rapport à une culture continue.

Notons à ce sujet que les effets positifs peuvent être obtenus par le recours à la fertilisation azotée ou à l'association légumineuses-céréales, par contre les effets négatifs sont difficilement corrigeables.

L'expérience des pays à conditions pédo-climatiques voisines de celles du Maroc est aussi à considérer. Ainsi, en Australie, dans des conditions similaires de celles des zones semi-aride et aride du Maghreb, l'association céréale - jachère pratiquée pendant plusieurs décennies a entraîné une baisse progressive des rendements et a dû être abandonnée au profit du système de « dry-farming » associant des légumineuses fourragères (*trifolium repens*, *médicago annuelle*) aux céréales.

b) Le travail précoce du sol

De même que pour la jachère certains techniciens ont sans arguments scientifiques très convaincants, affirmé l'intérêt d'un travail précoce du sol, juste après la récolte de la culture précédant les céréales, qui au Maroc se trouve être souvent une légumineuse à graine (fève, lentille, pois-chiche). Un des arguments avancé en faveur d'une telle pratique était précisément qu'elle favorisait le transfert de l'eau restant dans le sol, à la récolte du précédent, jusqu'à la période de culture suivante et ceci, en créant un horizon ameubli en surface jouant le rôle de « mulch » de terre, limitant l'évaporation de l'eau du sol. Les expérimentations entreprises au Maroc pour confirmer une telle hypothèse (Ezzamiti 1980) ont effectivement montré qu'après une culture

d'hiver, que ce soit une légumineuse ou une céréale, il restait une certaine quantité d'eau susceptible de s'évaporer durant l'été, et que si on arrivait à la conserver on pourrait améliorer l'alimentation hydrique de la culture suivante. Mais ces mêmes expériences ont aussi montré que le travail du sol, s'il modifiait le rythme du processus d'évaporation de l'eau du sol n'en modifiait pas le résultat final 5 mois après. Ces résultats confirment ceux obtenus dans d'autres pays sur le même sujet.

Si malgré cela, on a pu constater empiriquement que le travail précoce du sol, améliore le rendement de la culture qui suit, c'est que les effets de ce travail comme ceux de la jachère ne se limitent pas à la seule économie de l'eau et les agriculteurs qui ont adopté ces pratiques le reconnaissent volontiers. Ainsi, à partir d'enquêtes de terrain effectuées dans le pré-rif, il apparaît que les agriculteurs qui travaillent leur sol de façon précoce, juste après la moisson, le font d'abord pour enfouir les pieds de folle avoine, principale adventice des céréales, avant grenaison. C'est aussi pour obtenir un état structural permettant des semis précoces et une bonne réussite la levée.

A travers cette analyse rapide de la jachère et du travail précoce du sol, on retrouve tout l'intérêt et les limites de l'étude des pratiques agricoles. Empiriquement les agriculteurs au cours des siècles ont sélectionné les bonnes pratiques, mais ne disposant pas des connaissances théoriques permettant d'en rendre raison, ils en ont donné des explications erronées, souvent anthropomorphiques (la jachère permet au sol de se reposer).

Le rôle de l'agronome est précisément d'interpréter ces pratiques pour déceler les mécanismes qui expliquent leurs effets bénéfiques et par là définir les conditions de leur efficacité.

Son rôle est aussi d'en voir les limites et délaissant l'empirisme inadapté à un monde en rapide mutation, de proposer des solutions nouvelles, fondées

sur une étude rationnelle des conditions agronomiques et économiques de la production.

CONCLUSION :

Les techniques culturales ne sont pas les seules formes d'intervention à la portée des agriculteurs pour atténuer les effets des aléas pluviométriques. Le stockage des récoltes, la diversification des cultures et des spéculations sont aussi des moyens de lutte contre-aléatoires vis à vis des variations du climat. Mais si l'on s'en tient aux seules techniques culturales, celles qui dans les conditions marocaines nous paraissent devoir être le plus prises en considération, sont :

- L'avancement de la période des semis afin de supprimer les cycles tardifs. Cette amélioration suppose un changement complet d'itinéraire technique où le contrôle chimique des adventices devient impératif.
- Une modification des séquences d'installation des cultures permettant des semis précoces et une levée régulière même en conditions hydriques limitantes.

Par contre des techniques telles que la jachère travaillée ou le mulch de paille qui ont pu, sous d'autres conditions climatiques et d'exploitation être considérées comme efficaces, apparaissent, à l'analyse, d'un intérêt agronomique et encore plus économique, très limité au Maroc.

Enfin nous pensons que la sécheresse doit cesser d'être un alibi pour justifier des rendements médiocres. Elle doit au contraire être considérée comme un défi à surmonter. D'autres pays ont montré que, par une recherche assidue des solutions techniques adaptées à chaque situation pédoclimatique et la mise en oeuvre des moyens techniques, financiers et réglementaires, permettant l'application de ces solutions, il était possible de relever un tel défi.

Bibliographie

1 - ARNON - 1972 - « Crop production in dry region » Vol. I - Background and principles - Leonard Hill - London.

2 - FISCHER R.A. - NEIL C. TURNER « Plant productivity in the arid and semi arid zones » Ann. rev. Plant. Physiol. 1978-29 : 277-317.

3 - FRANK-G. VIETS Jr. « Effective drought control for success ful dryland agriculture » CSSA Special publication n° 2 - Avril 1971.

4 - GRILLOT G. 1950 « La jachère et l'humidité des sols au Maroc ». Trans-of the Intern-Congress of Soil Sc. Vol. 1 Amsterdam.

- 5 - JOUVE A.M. 1980 - « Démographie et céréaliculture - Evolution comparée de la démographie et de la céréaliculture au Maroc depuis le début du siècle » R.G.M. n° 4 - Rabat.
- 6 - JOUVE Ph. - BERRADA A. « Résultats d'expérimentation en aridoculture » Maroc Agricole n° 113 - Mars 1979.
- 7 - JOUVE Ph. 1979 - « Les voies d'amélioration des rendements céréaliers en zones semi-aride et aride ». Revue H.T.E. Vol. 9 - n° 35.
- 8 - NACIRI - 1969 - « Conditions climatiques des récoltes cérésières et situation des campagnes traditionnelles au Maroc » RGM n° 16 - 1969.
- 9 - PAPY F. 1979 - « Analyse du comportement des cultures de blé dur et d'orge dans différentes régions céréalières du Maroc à travers leur réaction aux variations interannuelles des régions pluviométriques ». Acad. Agr. de France 31.1, 2131-247.
- 10 - SEBILLOTTE M. « Jachère, système de culture, système de production - Méthodologie d'étude » Journées d'étude « Agronomie - Sciences humaines ». 5-6 Juillet 1976 - INA Paris.
- 11 - VIS 1976 - « Déficit hydrique et rendement du blé en sec dans le Tadla » E.N.A. de Meknès.

SOCIETE D'ETUDES ET TRAVAUX

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE 550.000 DH

■

ENTREPRISE GENERALE DE TRAVAUX PUBLICS
BETON ARME - GENIE CIVIL

■

290, bd. Mohammed V - RABAT

Tél. : 336-40

RECOMMANDATIONS

1 - Enregistrements climatologiques et prévisions météorologiques.

Concernant ces informations indispensables à une meilleure adaptation de l'agriculture aux contraintes climatiques, il a été fait les recommandations suivantes :

. Renforcer les relations entre la direction de la météorologie nationale et les services de l'agriculture en vue d'une collaboration plus étroite dans la collecte des données climatiques, leur exploitation et leur diffusion. Cette collaboration pourrait se concrétiser par la création d'un comité national de l'agro-météorologie.

. Accroître les moyens financiers et le personnel de la Direction de la météorologie en vue de mieux répondre aux besoins spécifiques des différents secteurs agricoles du pays.

De façon plus concrète il a été souligné la nécessité des enregistrements climatiques. Pour cela il est recommandé :

- + de doubler par des relevés automatiques l'enregistrement des données de base du climat (T°, précipitations).
- + de prévoir, dans les stations météorologiques mêmes, le matériel de remplacement de façon à éviter l'interruption des relevés.
- + d'accroître la motivation du personnel responsable des relevés en augmentant les primes qui lui sont accordées.
- + de doubler, chaque fois que cela est possible, le personnel effectuant les enregistrements, seule

mesure permettant d'assurer la continuité des différents relevés journaliers tout au long de l'année.

2 - Indices climatiques et potentiel agricole.

L'utilisation d'indices climatiques construits à partir des données enregistrées dans les différentes stations du pays permet une approche synthétique de l'influence du climat sur la production agricole.

Dans cette perspective, il a été recommandé de :

- . développer les recherches bioclimatiques permettant d'évaluer le potentiel de production agricole par régions pédo-climatiques homogènes.
- . de considérer ce potentiel comme le niveau de production réalisable dans un milieu donné en utilisant à l'optimum les techniques de culture et le matériel végétal disponible.
- . d'instituer une collaboration étroite entre agronomes et météorologistes afin de définir en commun la nature, la répartition régionale et les modalités des enregistrements climatiques nécessaires à l'évaluation du potentiel de production agricole.

3 - Techniques de lutte contre la sécheresse.

La sécheresse qui affecte périodiquement l'agriculture marocaine ne doit pas être considérée comme une fatalité ni comme un alibi à l'inaction. Il existe des techniques permettant d'en atténuer les effets, aussi a-t-il été recommandé :

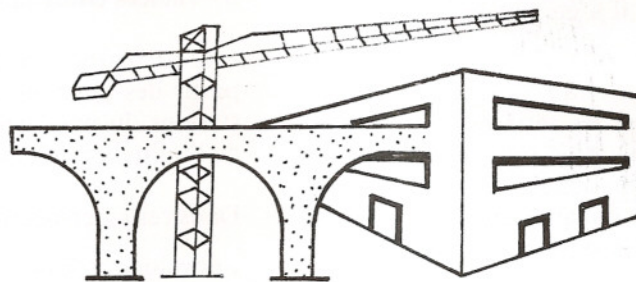
- de mieux valoriser les acquis scientifiques et techniques accumulés jusqu'ici par les techniciens et praticiens dans leurs recherches d'une adaptation des techniques de culture à la sécheresse.
- de coordonner les actions de recherche actuelles et futures, compte tenu de l'importance économique de la production agricole en condition d'alimentation hydrique limitante, plusieurs organismes (Direction de la Production Végétale, INRA, IAV Hassan II) ont entrepris ou vont entreprendre des recherches en vue d'améliorer cette production. Une coordination de ces recherches est indispensable, afin notamment de valoriser les apports

spécifiques de chacun de ces organismes qui apparaissent souvent comme très complémentaires.

- d'étudier les moyens techniques, financiers et réglementaires permettant de faire passer dans la pratique les solutions techniques que les chercheurs considèrent d'ores et déjà comme efficaces dans la réduction des effets des aléas pluviométriques
- de définir et mettre au point des stratégies de lutte contre la sécheresse basées sur des investigations utilisant différentes approches et méthodes dont celles permettant une simulation des effets du climat.

COTRANORD

Société Anonyme
de
Construction des
Travaux du Nord



كوترانور
ش.م. بناء
واشغال الشمال

287 , Avenue HASSAN II AGADIR

TOUS TRAVAUX DE GENIE CIVIL

- Construction de Batiments.
- Travaux d' Assainissement.
- Réalisation de voiries.
- Construction des Ouvrages Hydrauliques.
- Travaux Portuaires.
- Irrigation par aspersion.

Tél: 200.97
223.40

TELEX 81775 M

OPERATION DE SAUVEGARDE DU CHEPTTEL : PROGRAMME 1981

par

T. BENSOUDA et A. GHARBAOUI
Direction de l'Elevage - M.A.R.A.

1. Introduction

La situation de l'élevage dans les zones semi-arides est étroitement liée à l'état des parcours naturels et dépend donc des précipitations. Ainsi les années à faible pluviométrie sont marquées par :

- l'équipement et le dessèchement des cours d'eau
- le manque de ressources fourragères sur les parcours
- l'amaigrissement considérable des animaux dû à la sous-alimentation
- la misère physiologique entraînant des cas de mortalité marquée surtout chez les jeunes
- la chute des cours du bétail et la flambée des prix des aliments et des fourrages
- la réduction des revenus des éleveurs
- la migration massive des hommes et du bétail
- la réduction des possibilités d'emploi.

Les conséquences sont souvent dramatiques dans des régions où l'économie est basée essentiellement sur l'élevage mais les incidences sont également graves sur l'équilibre du monde rural et sur l'ensemble de l'économie nationale. Les régions de l'Est, du Sud-Est et du Sud du Royaume correspondant aux zones d'élevage extensif sont généralement les plus touchées et réclament des mesures d'urgence pour la sauvegarde du patrimoine cheptel et pour préserver l'équilibre économique et social de ces régions.

2. Description et historique

Lors de la sécheresse, qu'a connue le pays en 1975, des mesures visant à en atténuer les effets néfastes sur l'élevage ont été appliquées, conformément aux dispositions du code des Investis-

sements Agricoles (Décret N° 2-696-314 du 10 Joumada I 1389 et l'arrêté interministériel 353 69 du 25 Juillet 1969 modifié par l'arrêté interministériel N° 374-75 du 21 Juillet 1975). Ce fut le point de départ d'une nouvelle formule d'intervention pour assurer la « sauvegarde du cheptel ».

Le programme a été axé sur la distribution d'aliments de bétail subventionnés par l'Etat en faveur des zones déclarées sinistrées.

3. Modalités d'intervention

Les programmes d'intervention s'appuient sur les opérations préliminaires suivantes :

- recensement du cheptel des régions touchées, en distinguant les effectifs adultes constituant le troupeau de base.
- définition d'une ration d'entretien pour les différentes espèces.
- recensement des aliments de bétail disponibles auprès des organismes sous tutelle de l'Etat (SCAM, CMA, Sociétés d'Etat).

Ces éléments permettent de préciser le programme et de répartir les dotations entre les différentes régions.

3.1. Distribution

La distribution d'aliments de bétail est faite sous la responsabilité d'une commission provinciale présidée par le Gouverneur et à laquelle prennent part les Directeurs Provinciaux de l'Agriculture et ou les Directeurs d'Offices de mise en valeur Agricole ainsi que le chef de service de l'Elevage. Après le recensement des besoins et l'établissement des listes

des bénéficiaires, les aliments (orge ou fourrage) sont livrés par les SCAM, C.M.A. ou SOGETA, aux éleveurs sur la base d'un bon de livraison fourni par le service de l'élevage. L'éleveur, représentant la coopérative ou le groupement constitué à cet effet au niveau du douar, se charge de collecter auprès des autres éleveurs la valeur des aliments attribués (prix des marchés déduits du montant de la subvention), de se présenter à l'organisme fournisseur pour le paiement, d'organiser le transport jusqu'au centre de distribution. La répartition entre les éleveurs bénéficiaires s'opère sur place en présence des autorités locales et des services techniques.

La sauvegarde alimentaire est complétée par l'intensification des actions de protection sanitaire et par l'approvisionnement en eau des différents centres de rassemblement du bétail.

3.2. Transport

Le transport des aliments est pris entièrement en charge par l'Etat.

3.3. Suivi de l'opération

L'opération est suivie d'une manière hebdomadaire et continue. Les bilans des enlèvements et la situation financière sont établis par la Direction de l'Elevage.

3.4. Modalités de paiement

Avant l'année 1978, les agriculteurs s'acquittaient des 50 % ou 30 % auprès des services de l'Elevage. Ces derniers versaient au Trésor les montants perçus. Le fournisseur était payé dans le cadre de marchés passés selon les procédures habituelles avec la Direction de l'Elevage. Cependant, cette procédure s'est avérée très lourde et présentant de multiples inconvénients (retards dans l'approbation des marchés et dans l'engagement des opérations, retard dans le règlement des fournisseurs).

Un nouveau schéma fut alors adopté qui prévoit :

- La création d'un compte spécial ouvert à la Trésorerie Générale au nom de la CNCA et approvisionné par des subventions prélevées sur le budget de l'Etat.
- L'établissement de marchés avec des organismes sous tutelle de l'Etat (SCAM, CMA, Sociétés d'Etat, ONT, ONCF...), marchés approuvés par le Ministre de l'Agriculture et de la Réforme Agraire.

- Les représentants des bénéficiaires munis de bons d'enlèvement et des ordres de transport (ONT ou ONCF) se chargent de l'acheminement et de la répartition des aliments attribués.

- Les organismes fournisseurs établissent des factures que les services régionaux attestent et pour lesquelles la Direction de l'Elevage donne un ordre de règlement à la CNCA pour les montants correspondant à la subvention de l'Etat.

Ainsi, les services techniques ne sont plus impliqués dans les paiements, enlèvement et stockage des aliments. De plus, les opérations s'effectuent avec la célérité qu'exige la sauvegarde du cheptel.

3.5. Encadrement sanitaire

La sous-alimentation prédispose l'organisme aux attaques parasitaires et à l'éclosion de graves épidémies. C'est pourquoi, et parallèlement à la sauvegarde alimentaire du cheptel, l'encadrement sanitaire est renforcé : les campagnes de vaccination contre les maladies contagieuses et les plans de lutte contre les parasitoses internes et externes sont renforcés. Les résultats de ces actions sont très probants et permettent d'atténuer, dans une large mesure, les conséquences de la sécheresse et des carences alimentaires.

4. Bilan physique

Le tableau 1 montre les quantités des aliments distribués dans le cadre de l'opération de sauvegarde du cheptel depuis 1975 jusqu'à 1980.

On constate d'après ce tableau que l'orge occupe une place dominante, c'est en effet un produit facile à manipuler et disponible en quantité suffisante sur le marché intérieur.

5. Programme de l'opération de sauvegarde 1981

La campagne agricole 1980-1981 a été caractérisée par un déficit alimentaire important au niveau des provinces du Tensift, du centre et du Sud, pour lesquelles, dès le mois de Septembre 1980, un programme de sauvegarde du cheptel avait été préparé comportant la distribution de 104.000 qx d'orge subventionnée. Cette quantité fut enlevée entre le mois de Septembre-Novembre.

Cependant, au mois de Décembre, la situation agricole étant devenue préoccupante par suite de

TABLEAU 1
Opération de sauvegarde du cheptel de 1975 à 1980

(Prix des aliments et transports en 1.000 DH)

Aliment	-	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Orge	Quantités (T)	20.300	18.300	18.000	3.200	11.900	30.000
	Prix	12.300	11.078	13.054	1.165	5.356	13.387
	Transport	2.030	1.828	1.803	-	-	1.800
Paille	Quantités (T)	4.000	6.323	3.400	-	-	-
	Prix	1.200	1.580	8.501	-	-	-
	Transport	480	632	340	-	-	-
Foin	Quantités (T)	5.395	8.416	4.400	142	3.000	5.000
	Prix	2.158	3.366	1.980	320	720	1.250
	Transport	539	41	440	-	-	1.000

l'insuffisance des précipitations. La production des parcours était chiffrée à 2.500.000 UF soit 40 % de la production fourragère normale des parcours qui est estimée à 6 Milliards d'UF.

Le déficit étant jugé très important, il s'est avéré nécessaire de prendre des dispositions afin de mobiliser le maximum de ressources fourragères. C'est ainsi qu'il a été décidé d'établir un programme de distribution de 420.000 qx d'orge (tableau 2) et 10.000 qx de foin, en plus d'autres ressources alimentaires, notamment les sous-produits de l'agro-industrie, en particulier la mélasse dont le pays produit 165.000 tonnes par an. En effet, 1.100 tonnes de mélasse ont été distribués gratuitement par les services provinciaux concernés en vue de sa vulgarisation auprès des éleveurs (tableau 3). A cela s'ajoute la distribution gratuite d'aliments liquides pour une durée limitée afin de les vulgariser.

TABLEAU 3

Le programme de distribution de la mélasse

D.P.A OU OFFICE	QUANTITE
O.R.M.V.A. Tadla	500 Tonnes
O.R.M.V.A. Haouz	50 Tonnes
D.P.A. Marrakech	100 Tonnes
D.P.A. Khouribga	50 Tonnes
D.P.A. Khénifra	50 Tonnes
D.P.A. Beni Mellal	200 Tonnes
D.P.A. El Kelaâ	50 Tonnes
D.P.A. Meknès	100 Tonnes
TOTAL	1.100 Tonnes

TABLEAU 2
Opération de sauvegarde du cheptel pour l'année 1981

Répartition de 420 000 Qx d'orge

Province	1 ^{ère} tranche	2 ^{ème} tranche	3 ^{ème} tranche	Total	SCAM ou CMA
Marrakech	14 000	12 000	13 000	39 000	Marrakech
Nador	4 000	4 000	4 000	12 000	Oujda
El Hoceima	2 000	2 000	2 000	6 000	Fès
Taza	8 000	8 000	8 000	24 000	Fès
Boulemane	7 000	7 000	6 000	20 000	Fès
Azilal	8 000	8 000	8 000	24 000	Oued Zem
Beni Mellal	9 000	8 000	8 000	25 000	Oued Zem
El Kelaâ	10 000	10 000	9 000	29 000	Marrakech
Errachidia	8 000	8 000	8 000	24 000	Meknès
Ouarzazate	8 000	8 000	8 000	24 000	Marrakech
Agadir	4 000	6 000	5 000	15 000	Agadir
Tiznit	3 000	4 000	4 000	11 000	Agadir
Tata	700	700	600	2 000	Agadir
Tan-Tan	700	700	600	2 000	Agadir
Goulimine	600	800	600	2 000	Agadir
Settat	10 000	8 000	6 000	24 000	Casablanca
Khenifra	6 000	8 000	5 000	19 000	Meknès
Khouribga	6 000	8 000	6 000	20 000	Oued Zem
Essaouira	8 000	8 000	7 000	23 000	Essaouira
Safi	7 000	6 000	6 000	19 000	Safi
Oujda	5 000	5 000	3 000	13 000	Oujda
Figuig	5 000	5 000	3 000	13 000	Oujda
Rabat	3 000	7 000	4 000	18 000	4.000 reserve
El Jadida	3 000	3 000	3 000	9 000	El Jadida
Meknès	3 000	-	-	3 000	Meknès
Ben Slimane	3 000			3 000	Casablanca

De même d'autres dispositions ont été prises afin d'approvisionner le marché en aliment de bétail par l'importation de pulpe sèche de betterave et de luzerne deshydratée (66.000 Tonnes pour la 1^{ère} tranche). Ces aliments contribueront à entretenir le cheptel bovin pendant une grande partie de la période de soudure.

- La mobilisation des disponibilités alimentaires nationales par le blocage des exportations des

sous-produits de l'agro-industrie utilisés comme aliment de bétail.

- La mobilisation du réseau portuaire pour faciliter et accélérer l'approvisionnement.

Ces dispositions ont permis de réduire les effets de la sécheresse sur le cheptel et d'envisager par la suite des mesures de relance des activités de l'élevage.

BILAN DE L'EFFET DE LA SECHERESSE SUR LES PRODUCTIONS ANIMALES DANS LE GHARB

par
Hamid BENAZZOU et Azzouz CHAAIBI
Service de l'Elevage - ORMVA du Gharb

Introduction

La campagne agricole 1980-1981 a été caractérisée par une sécheresse et un déficit hydrique important. En effet, le dernier trimestre 1980 a été particulièrement sec, et les précipitations qui ont eu lieu au début de 1981 ont été insuffisantes et irrégulières. Le déficit hydrique calculé par rapport à la moyenne de précipitations enregistrées sur 30 ans a été de 26 % pour la zone côtière et de 48 % pour la zone intérieure. Cette situation a été aggravée par le prolongement de la sécheresse au début de la campagne 1981-1982, car les premières pluies ne sont tombées que vers la mi-décembre 1981. De même, la deuxième moitié de février et le mois de mars 1982 n'ont pas connu de précipitations.

Cette situation a eu des répercussions néfastes aussi bien sur l'état alimentaire des animaux (réduction des superficies des cultures fourragères, parcours surchargés et dénudés) que sur leur effectif, leurs prix et leurs productions. C'est ce que nous allons essayer d'évaluer dans ce qui suit.

1. Evolution des effectifs des animaux

L'évolution de l'effectif des animaux a connu deux phases principales :

- Une phase d'accroissement des effectifs surtout des ovins et correspondant à la période allant de novembre 1980 à juin 1981.

En effet, l'effectif des ovins dans la zone d'action de l'ORMVAG est passé de 350.000 têtes en 1980 à près de 520.000 en 1981. Cet important accroissement (48,5 %) est dû à l'arrivée massive des ovins d'autres régions plus touchées par la sécheresse

(Haouz, Tadla et Sragna), et à l'achat par les éleveurs du Gharb d'un grand nombre d'ovins suite à la baisse de leurs cours sur le marché.

Pour les bovins, l'augmentation est moins importante (11 %) et l'effectif est passé de 180.000 à 200.000 têtes.

- Une phase allant de juillet 1981 à février 1982, caractérisée par une régression des effectifs due au retour des transhumants, à l'augmentation des abattages et des mortalités par sous-alimentation, et par une faible reconstitution du cheptel (taux de vêlage et d'agnelage très bas). Au cours de cette période, les effectifs ont été de 180.000 bovins et 375.000 ovins.

2. Situation alimentaire du cheptel

2.1. Période de novembre 1980 à juin 1981

Compte tenu de l'effectif des différentes espèces animales (bovins, ovins, caprins et équidés), et des disponibilités alimentaires, le bilan fourrager pour cette période a été comme suit :

Il ressort de ce tableau que le bilan fourrager accuse un déficit de 28 millions d'UF, soit près de 20 % des besoins des animaux. En réalité, ce déficit est plus important du fait qu'une bonne partie des aliments et en particulier la paille a été vendue à l'extérieur de la zone.

Ce déficit a été comblé différemment suivant les espèces. Ainsi pour les bovins de races améliorées (pure et croisée), l'utilisation d'aliments concentrés a permis de couvrir les besoins. Pour les autres espèces (bovins de race locale, ovins, caprins et équidés), les seules ressources sont représentées par les parcours, les sous produits des cultures et les

	Besoins totaux des animaux	140 millions d'UF
Apports	Cultures fourragères	32 millions d'UF
	Sous produits des cultures	60 millions d'UF
	Parcours	20 millions d'UF
	Total	112 millions d'UF
Bilan fourrager		-28 millions d'UF

forêts. Il en a résulté une surcharge des parcours et leur épuisement rapide, ce qui a entraîné un amaigrissement des animaux.

2.2. Période de juillet 1981 à février 1982

Au cours de cette période, les parcours étaient complètement dénudés et les cultures fourragères ne fournissaient que près de 5 % des besoins des animaux estimés à 118 millions d'UF. Pour atténuer cet important déficit, les éleveurs ont fait appel surtout aux sous-produits de l'agro-industrie (pulpe sèche de betterave, son, mélasse...), aux sous-produits des cultures (feuilles et bouts blancs de canne à sucre, paille de riz...) et à la forêt. Les aliments subventionnés à 30 %, (orge, luzerne déshydratée et pulpe sèche de betterave d'importation) distribués dans le cadre de la lutte contre les effets de la sécheresse ont contribué également à réduire ce déficit.

Mais malgré ces apports, le cheptel est resté dans une situation de sous-alimentation assez grave. Il en a résulté les répercussions suivantes :

- amaigrissement des animaux
- augmentation des mortalités
- chute des prix des animaux
- augmentation des abattages

3. Effets de la sécheresse sur les productions animales et sur les cours

3.1. Bovins et ovins

3.1.1. Cours des animaux

Au cours de 1981, les prix des animaux ont subi des fluctuations importantes. C'est ainsi qu'au début de la campagne agricole 1980-1981, les cours ont été

élevés (pluies précoces) ; par contre à partir de mars 1981, ils se sont effondrés en raison, d'une part de la persistance de la sécheresse qui a poussé les éleveurs à se débarrasser d'une partie de leur cheptel, et d'autre part, de l'arrivée massive d'animaux en provenance d'autres régions qui ont inondé les marchés locaux.

A titre d'exemple, le tableau 1 donne l'évolution de l'indice des cours des vaches de race locale et pure en prenant les mois de l'année 1979 comme référence (indice 100).

Ces données montrent que les effets de la sécheresse ont été plus graves pour la race locale que pour la race pure. Ceci est dû au système d'affouragement pratiqué par les éleveurs.

En effet, la race bovine locale qui tire l'essentiel de ses besoins nutritifs des parcours et des sous-produits des cultures s'est trouvée exposée à la sous-alimentation dès le début de la sécheresse (la même remarque est valable pour les ovins). Par contre la race pure, dont l'alimentation est à base des fourrages cultivés et de concentrés, a subi tardivement les conséquences de la sécheresse et ce, après les limitations puis l'interdiction de l'irrigation des cultures fourragères et le renchérissement des aliments de bétail sur le marché.

3.1.2. Evolution des abattages

Remarque : Etant donné que le nombre de caprins abattus est très faible, cette évolution ne concernera que les bovins et les ovins.

a - Evolution des effectifs abattus :

Les effectifs des bovins et ovins abattus au cours des 3 dernières campagnes agricoles sont donnés dans le tableau 2 :

TABLEAU 1
Indice des cours

Désignation	Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Mo- yenne
Vaches laitières de race locale	1980	100	78	100	122	132	100	118	125	123	128	89	93	109
	1981	67	55	40	43	59	62	76	62	57	42	49	67	56
	1982	78	100	107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95
Vaches laitières de race pure	1980	100	100	110	105	105	100	100	100	100	109	114	119	105
	1981	118	100	110	109	82	83	91	53	87	87	82	95	91
	1982	109	127	120										119

Il se dégage de ce tableau qu'au cours de la campagne agricole 1980/1981, les abattages, aussi bien des bovins que des ovins, ont connu des augmentations importantes par rapport à 1978/1979 (campagne proche de la normale) respectivement de 42 et 52,3 %.

L'analyse des données globales et par type d'abattoir permet de faire les constatations suivantes :

- La période d'intense abattage des ovins est celle qui va d'avril jusqu'au mois de septembre avec un maximum en juillet. Pour l'année 1981, cette période est prolongée jusqu'au mois de novembre avec un pic en octobre. Ce dernier, qui coïncide avec la période d'El Aïd El Kébir, est expliqué par l'augmentation des abattages dans les abattoirs,

étant donné que le sacrifice du mouton n'a pas eu lieu.

- Au cours des 3 campagnes agricoles étudiées, l'évolution des abattages est différente suivant le type d'abattoir. Ainsi, la part des abattages dans les souks est restée plus ou moins constante (près de 32 % du total), alors que celle des abattoirs municipaux a augmenté aux dépens des abattoirs ruraux (leurs parts respectives pour 1978/1979 et 1980/1981 sont de 16,6 et 22,4 % du total pour les premiers et 51,2 et 46,2 % pour les seconds).

Pour les bovins, l'évolution des abattages en 1979 et 1980 est inverse de celle des ovins, avec deux pics en septembre et janvier. En 1981, l'accroissement des abattages sous l'effet de la sécheresse a été continu et même intensifié au début de 1982.

TABLEAU 2
Evolution des effectifs abattus

Campagne Espèce	1978/1979 (1)	1979/1980 (2)	1980/1981 (3)	Variation		
				(3/1)	(3/2)	(2/1)
Bovins	25.246	28.812	35.844	42,0	24,4	14,1
Ovins	111.559	127.536	169.922	52,3	33,2	14,3

b - Evolution des tonnages en viande

Parallèlement à l'évolution des effectifs abattus, le poids total des carcasses a connu lui aussi des accroissements importants en 1980/1981 par rapport aux autres campagnes agricoles 1978/1979 et

1979/1980 ; le détail est donné au tableau 3 (poids en tonnes).

En ce qui concerne les espèces retenues, la part des viandes a varié très peu au cours des 3 campagnes agricoles considérées, et la moyenne est de 70,9 % du tonnage global pour les bovins et de 29,1 % pour les ovins.

TABLEAU 3
Evolution du poids total des carcasses

Campagne Espèce	1978/1979 (1)	1979/1980 (2)	1980/1981 (3)	Différence en %		
				(3/1)	(3/2)	(2/1)
Bovins	3.342,6	3.880,3	4.595,4	37,5	18,4	16,1
Ovins	1.365,1	1.531,7	1.951,2	42,9	27,4	12,2
Total	4.707,7	5.412,0	6.546,6	39,1	21,0	14,9

c - Evolution du poids moyen des carcasses

Le poids moyen des carcasses (en kg) par campagne agricole et par type d'abattoir est donné dans le tableau 4.

Il ressort de ce tableau les remarques suivantes :

- la chute du poids moyen des carcasses a commencé dès la campagne agricole 1979/1980 (sauf pour les souks où l'on note une légère augmentation par rapport à 1978/1979).
- Le poids moyen des carcasses bovines est toujours supérieur dans les abattoirs municipaux (Kénitra) par rapport aux autres abattoirs. Ceci est dû au fait que les animaux qui y sont abattus sont mieux engraisés (exigences du marché). Pour les ovins, on constate le phénomène inverse du fait que l'on y abat surtout des jeunes ovins (essentiellement des agneaux).

tout en 1980/1981. Il est à remarquer que pour cette dernière campagne, l'augmentation a été très nette à partir du mois de février 1981. Ceci peut s'expliquer par l'abattage d'animaux maigres impropres à la consommation.

Les quantités des saisies ainsi que leurs pourcentages par rapport aux viandes inspectées sont données dans le tableau 5.

d - Evolution des saisies aux abattoirs

Exprimées par rapport au tonnage des viandes inspectées, les saisies ont connu une augmentation importante durant la campagne 1979/1980 et sur-

3.1.3. Evolution des cours de la viande

Sous l'effet de la sécheresse, l'accroissement des abattages et par conséquent celui des quantités des viandes disponibles sur le marché, a entraîné une chute des cours de la viande rouge. Ainsi, les cours ont commencé à décroître dès le début de la sécheresse (fin 1980) atteignant leur minimum en mars 1981. La même tendance a été observée à la fin de 1981 suite au retard des pluies. Avec la chute de ces dernières au début de 1981, les prix de la viande ont dépassé ceux de 1979 (pris comme référence).

3.1.4. Evolution des cours des aliments de bétail

Une autre conséquence de la sécheresse fut l'augmentation des cours des aliments de bétail. Ces augmentations ont été plus importantes de Mars à Mai

TABLEAU 4
Evolution du poids moyens des carcasses par type d'abattoir

Type d'abattoirs	Campagne Espèce	1978/79 (1)	1979/80 (2)	1980/81 (3)	Variation en Kg		
					(3)-(1)	(3)-(2)	(2)-(1)
Ruraux	Bovins	127,3	120,9	118,5	- 8,8	- 2,4	-6,4
	Ovins	12,8	12,8	12,4	- 0,4	- 0,2	0
Municipaux	Bovins	166,1	156,3	152,4	- 3,7	- 3,9	-9,8
	Ovins	10,7	10,6	9,9	- 0,8	- 0,7	-0,1
Souks	Bovins	123,1	136,3	125,1	+ 2,0	-11,2	+6,5
	Ovins	13,1	13,1	12,7	- 0,4	- 0,4	0
Moyenne	Bovins	132,4	134,7	128,2	- 4,2	- 6,5	-2,3
	Ovins	12,2	12,0	11,5	- 0,7	- 0,5	-0,2

1981 et au début de la campagne agricole 1981-1982 atteignant parfois plus de 200 % de leurs prix de 1979. Ainsi, la pulpe sèche de betterave par exemple a été vendue en mai 1981 à 2,00-2,15 DH le kg, alors que son prix officiel était de 0,50 DH.

Un autre phénomène à noter est l'utilisation par les éleveurs de certains sous-produits des cultures qui jusque là n'étaient pas encore distribués aux animaux (paille de riz, feuilles de canne à sucre...).

D'autre part, profitant de l'augmentation des cours, certains agriculteurs ont vendu à partir de mars 1981 une bonne partie des stocks et des productions de la paille à des éleveurs et commerçants

venus d'autres régions, notamment du Haouz alimentant ainsi un fort courant spéculatif.

3.1.5. Effets sur les mises bas

La sous-alimentation résultant de la sécheresse a eu pour conséquence la réduction dans des proportions importantes des mises-bas, aussi bien des bovins que des ovins (par stérilité, avortement, morti-natalité,...).

Une enquête effectuée en mars et avril 1982 sur une centaine de troupeaux d'ovins dans différentes

TABLEAU 5
Evolution des saisies aux abattoirs

Campagne Agricole	Tonnage des viandes inspectées (1)	Tonnage des saisies (2)	(2) / (1) en %
1978/1979	4 708	64,32	1,36
1979/1980	5 412	84,27	1,55
1980/1981	6 547	132,59	2,02

TABLEAU 6
Evolution de l'indice des cours de la viande de mouton et de bœuf
(2^{ème} catégorie) par rapport aux mois de 1979 (indice 100)

Espèces	Années	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Bovins	1980	107	100	97	103	103	100	97	100	100	100	97	97
	1981	100	100	75	93	100	97	100	100	113	103	100	102
	1982	120	123	128									
Ovins	1980	100	102	102	105	108	103	105	108	110	105	100	94
	1981	95	95	81	89	100	94	105	113	105	105	91	87
	1982	107	110	118									

zones du Gharb a montré que le taux d'agnelage des femelles adultes (18 mois et plus) pendant les 6 mois précédant l'enquête est estimé à 32,7% contre 72 % en 1980 (enquête d'élevage) soit une réduction de 54,5 %. La même tendance a été observée pour le taux de vêlage chez les bovins surtout de race locale.

Ce phénomène venant s'ajouter à l'abattage massif des animaux et particulièrement des femelles productrices et des jeunes, constitue une entrave sérieuse à la reconstitution du cheptel.

3.1.6. Mortalités des animaux

Les mortalités déclarées s'élèvent à 23.000 ovins et 6.400 bovins. Ces mortalités ont touché surtout les animaux de race locale des zones bours et ceux de transhumance.

3.1.7. Evolution de la production laitière

a - Evolution de la collecte de lait

Malgré les conditions de sécheresse, la collecte durant la campagne agricole 1980-1981 par rapport à la campagne précédente a augmenté aussi bien pour les coopératives laitières que pour la Colait. Ces augmentations sont dues à plusieurs facteurs dont les principaux sont : le relèvement de 7% du prix du lait payé aux producteurs, le démarrage de 5 nouveaux centres de collecte de lait et surtout la diminution de la part du lait qui était destinée à l'autoconsommation.

En effet, l'accroissement de la part livrée par l'éleveur au centre de collecte a pour but l'augmentation des recettes de l'exploitation, qui ont subi par ailleurs des pertes importantes (effet de la sécheresse sur les autres productions et augmentation des prix des aliments de bétail).

Campagne agricole	1979/1980	1980/1981	Variation	
			en litres	en %
Litrage livré par les coopératives laitières	12.540.822	15.225.217	2.684.395	21,4
Litrage réceptionné par la COLAIT	18.048.182	20.292.433	2.244.249	12,4

b - Production laitière totale

Faute de données précises, nous ne pouvons évaluer la production laitière totale pour cette période de sécheresse. Néanmoins, nous estimons qu'en raison du déficit alimentaire (surtout des bovins de race locale) et l'état d'entretien du cheptel, la production a dû accuser une baisse importante.

3.2. Aviculture

Bien qu'il se pratique généralement en hors sol, l'élevage avicole moderne a subi lui aussi les contre-coups de la sécheresse. Ces effets se situent à deux niveaux : cours des aliments et cours de la volaille et des œufs.

3.2.1. Cours des aliments de volaille

Comme pour les aliments de bétail, les prix de la provende destinée à la volaille ont connu également des augmentations non négligeables surtout pour l'aliment de finition, ce qui a influé sur la rentabilité des élevages avicoles.

3.2.2. Cours des poulets de chair et des œufs

L'augmentation des disponibilités des viandes rouges et la chute de leurs cours sur le marché ont entraîné une baisse des prix de la volaille.

Ainsi, la chute des cours a commencé dès le début de 1981 et le minimum a été atteint en avril-mai (période d'accroissement des abattages d'ovins et de bovins). Un deuxième minimum a été observé en novembre-décembre 1981, suite à la persistance de la sécheresse et au risque de voir la campagne agricole 1981/1982 compromise.

Cependant, les précipitations enregistrées à fin décembre 1981 et au début de 1982, la raréfaction des ovins et des bovins d'abattage et l'accroissement des cours de la viande rouge, ont entraîné une augmentation importante et rapide du prix de la volaille favorisant ainsi la reprise des activités de ce secteur.

En ce qui concerne les œufs, leurs cours ont subi la même tendance que ceux du poulet de chair (voir tableau 8).

Ces variations des prix s'expliquent par le fait que les consommateurs préfèrent la viande rouge tant que son prix reste abordable (exemple : 1^{er} trimestre 1981). Mais dès que son cours atteint une certaine

TABLEAU 7
Cours des aliments de volaille (DH/q)

Année Type d'aliment	1981	1982 (1 ^{er} trimestre)	Différence	
			en DH	en %
Démarrage	178	192	14	7,8
Croissance	176	190	14	7,9
Finition	161	183	22	13,7

TABLEAU 8
Cours du poulet de chair et des œufs

Mois	Jan. 79	Juin. 79	Dec. 79	Mai 80	Sept. 80	Janv. 81	Avril 81	Août 81	Nov. 81	Mars 82
Prix du poulet de chair (DH/kg)	7,00	7,00	7,20	6,60	7,20	8,00	6,50	8,50	7,00	10,50
Prix des œufs (DH/unité)	0,45	0,45	0,48	0,45	0,50	0,45	0,40	0,40	0,50	0,70

limite, les demandes se reportent vers la viande de volaille et les œufs, entraînant alors l'augmentation de leurs prix (exemple : 1^{er} trimestre de 1982).

3.2.3. Evolution du secteur avicole

Durant la campagne agricole 1980/1981 et au début de 1981/1982, le secteur avicole a connu une série de crises très graves. Ces crises sont dues à des facteurs structurels propres à ce secteur et aux facteurs conjoncturels cités ci-dessus. Il s'en est suivi l'abandon de l'aviculture par un grand nombre de producteurs et la réduction de l'utilisation de la capacité des poulaillers.

En effet, d'après 2 enquêtes effectuées en 1981 et au début de 1982 dans la banlieue de Kénitra qui compte 75 % des aviculteurs du Gharb (et 85 % de la production), il a été noté ce qui suit :

- une sous-utilisation de la capacité potentielle des poulaillers de près de 60 %,
- un taux d'abandon assez élevé : 22,5 %.

Compte tenu de ces données, le manque à produire dans la région étudiée s'élève à près de 800.000 poulets de chair soit 1.200 T de viande blanche et 4 millions d'œufs. En extrapolant ces résultats à l'ensemble des producteurs du Gharb, la réduction serait respectivement de 940.000 poulets de chair (1410 T de viande) et 4,3 millions d'œufs.

3.3. Apiculture

Du fait de l'absence des fleurs mellifères, la campagne agricole 1980-1981 a été désastreuse pour l'apiculture. Aussi, plusieurs ruchers, surtout les tra-

ditionnels, n'ont pu subsister que grâce au nourrissage artificiel des abeilles. La production de miel a été pratiquement nulle soit une perte d'environ 200 T.

4. Estimation des pertes causées par la sécheresse

Après avoir passé en revue les différents effets engendrés par la sécheresse, il y a lieu d'estimer les pertes subies par les productions animales.

4.1. Bovins et ovins

Les pertes dues aux effets de la sécheresse, qui a sévi en 1980/1981, se sont traduites chez les bovins et les ovins par :

- une diminution du poids des carcasses abattues
- une mortalité des animaux par sous-alimentation
- une augmentation du pourcentage des saisies
- un amaigrissement des animaux sur pied
- une diminution de la production laitière totale.

4.1.1. Pertes sur les poids des carcasses

Les pertes en 1980-1981 par rapport à 1979/1980 sont données dans le tableau 9.

4.1.2. Pertes dues aux mortalités des animaux

Avec un poids moyen des carcasses de 128,2 kg pour les bovins et de 11,5 kg pour les ovins, les pertes dues aux mortalités représentent l'équivalent de 1.084.980 kg soit 17.233.380 DH.

TABLEAU 9
Perte sur les poids des carcasses

Espèce	Perte de poids en kg		Valeur des pertes	
	par tête	globales	prix moyen du kg de la viande en 80/81	Montant global en DH
Bovins	6,5	232 986	14,75	3 436 543
Ovins	0,5	84 961	19,40	1 648 243
Total	-	317 947	-	5 084 786

4.1.3. Pertes dues à l'augmentation du pourcentage des saisies

En prenant le même pourcentage des viandes saisies en 1979/1980 et en l'appliquant au tonnage abattu en 1980-1981, les pertes dues à l'augmentation des saisies s'élèvent à 7.710 kg soit 124.480 DH.

4.1.4. Pertes dues à l'amaigrissement des animaux et à la diminution de la production laitière totale

Par manque de données précises, nous ne pouvons estimer ces pertes.

4.2. Aviculture

Etant donné que le secteur avicole a subi des crises sous l'effet de facteurs conjugués structurels et conjoncturels, il ne nous est pas possible d'évaluer les pertes dues aux seuls facteurs liés à la sécheresse.

4.3. Apiculture

Avec un prix moyen de 20 DH/Kg de miel, les pertes subies par le secteur apicole seraient de l'ordre de 4.000.000 DH.

Au total, les pertes chiffrées subies par les différents secteurs sont évaluées à environ 26.440.000 DH.

5. Mesures prises pour la sauvegarde du cheptel

Avant de conclure cet article, il est opportun de préciser les différentes mesures qui ont été prises pour la sauvegarde du cheptel. Ces mesures sont de trois ordres :

5.1. Alimentation du cheptel

- importation de 6.838 T de pulpe sèche de betterave et 4.000 T de luzerne deshydratée, avec exonération des droits de douane et taxe et l'octroi d'une subvention de 30 % sur le prix de ces denrées.
- rétrocession de 12.770 qx d'orge subventionnée à 30 % aux éleveurs de la province de Kénitra. Pour celle de Sidi Kacem, la vente se faisait directement dans les souks.
- vulgarisation des sous-produits de l'agro-industrie (mélasse, tourteaux),

- distribution de son aux coopératives laitières (500 T/Mois).

5.2. Protection du cheptel

Une autre mesure prise pour la sauvegarde du cheptel fut le renforcement des campagnes de prophylaxie qui ont touché aussi bien les animaux de la région que ceux en transhumance.

5.3. Reconstitution du cheptel

Deux mesures ont été prises à l'échelle nationale en faveur de la reconstitution du cheptel ovin. Il s'agit du non sacrifice du mouton lors d'El Aïd El Kébir en octobre 1981 et de l'interdiction de l'abatage des femelles ovines décidée en mai 1982.

La première mesure a permis, en étalant l'offre, d'alimenter le marché national pour une bonne période de l'année sans avoir recours à l'importation des animaux de boucherie ou de la viande, la deuxième permettra la reconstitution d'une partie du cheptel ovin décimé par la sécheresse.

En ce qui concerne les bovins, outre les mesures d'interdiction de l'abattage des femelles productrices, le Ministre de l'Agriculture et de la Réforme Agraire a lancé deux opérations d'importation de bétail : l'une concerne les bovins laitiers de race pure destinés à l'élevage, l'autre les bovins d'abatage.

Conclusion

Les effets de la sécheresse sur les productions animales de la zone du Gharb ont été accentués par :

- l'arrivée massive des troupeaux des régions du sud,
- la vente par les agriculteurs du Gharb de leur stock d'aliments de bétail,
- la faiblesse des superficies fourragères permises par les disponibilités d'eau d'irrigation.

Cette période a permis aux agriculteurs de prendre conscience d'un certain nombre de facteurs qui étaient jusque là négligés et qui sont :

- l'importance des cultures fourragères dans l'alimentation des animaux,
- l'utilisation des produits et sous-produits qui n'étaient pas ou peu utilisés (mélasse, tourteaux, bouts blancs de la canne à sucre),
- la conservation et le stockage des fourrages,
- l'importance de la vaccination et des traitements préventifs.

IMPACT DE LA SECHERESSE SUR LES ZONES A VOCATION PASTORALE ETUDE DU CAS DE LA PROVINCE DE OUARZAZATE

par
Ahmed EZZAHIRI
Service de l'Elevage – ORMVA Ouarzazate

1. Présentation de la zone

La Province de Ouarzazate s'étend sur une superficie de 45.500 km² au Sud du Haut-Atlas, ayant comme limite à l'Est la province d'Errachidia et à l'Ouest les provinces d'Agadir et de Tata et au sud la frontière Algérienne.

La population est estimée en 1980 à 600.000 habitants dont 95 % est rurale.

Les terres cultivables sont faibles, elles représentent 1,2 % de la superficie de la région, le reste étant surtout constitué par les parcours.

La pluviométrie annuelle moyenne est de 116 mm environ (obtenue sur 42 ans d'observations à Ouarzazate). A Ouarzazate, la température maximale moyenne est enregistrée au mois de Juillet (39,5 °C), alors que la température minimale moyenne est observée au mois de Janvier (1,4 °C).

En raison des conditions climatiques défavorables, les cultures ne réussissent qu'en irrigué, ce qui a obligé la population à développer l'élevage, notamment celui des ovins et des caprins pour profiter des immenses terrains de parcours.

Nous distinguons des élevages sédentaires, transhumants et nomades ; les effectifs sont les suivants :

Bovins :	70.000 têtes
Ovins :	720.000 têtes
Caprins :	740.000 têtes
Camelins :	5.000 têtes

Ces effectifs subissent de grandes variations selon qu'il s'agit d'une année humide ou sèche, il est à noter que les 3/4 des besoins du cheptel sont couverts par les apports des parcours.

2. L'élevage pastoral

2.1. Caractéristiques des parcours

Nous distinguons trois grands types de parcours dans la région en allant du Nord au Sud :

- Les parcours de montagnes d'une superficie de 1,5 millions d'ha environ.
- Les parcours des plaines et des plateaux d'une superficie de 0,7 millions d'hectares environ.
- Les parcours sahariens d'une superficie de 2,2 millions d'hectares environ.

2.2. Caractéristiques des animaux de parcours

2.2.1. Les ovins de parcours

Les ovins de parcours estimés à 600.000 têtes environ, sont représentés principalement par 2 races : les ovins de SAGHRO et les ovins de SIROUA.

2.2.2. Les caprins de parcours

Ils sont estimés à 700.000 têtes environ, constituées principalement par des caprins appelés « RAHALI ».

2.2.3. Les bovins de parcours

Ils sont localisés dans les régions montagneuses, caractérisés, surtout par la race de TIDILI.

2.3. Le déplacement du cheptel

Les animaux de parcours assurent leur subsistance principalement à partir de la production four-

ragère pastorale, et ceci en effectuant des déplacements plus ou moins complexes pendant toute l'année, à travers la province.

2.3.1. Les animaux transhumants

Ce sont les ovins de SIROUA, et les caprins et les bovins de l'Ouest de la Province qui constituent les animaux transhumants.

A partir du mois de Mai et jusqu'au mois d'Octobre, période qui correspond à l'ouverture des parcours des montagnes au pâturage, les éleveurs transhument avec leurs familles pour habiter autour de ces pâturages dans des «AZIBS» (agglomérations estivales) en compagnie de leurs troupeaux (ovins, bovins, caprins et équins).

Après cette période et dès le mois d'Octobre, les éleveurs rejoignent leurs habitations fixes, avec uniquement les bovins et les équins. Les ovins et les caprins gardés par un berger (individuel ou collectif) sont emmenés pâturer dans les parcours des plaines et plateaux voisins.

2.3.2. Les animaux nomades

Ils sont constitués par les ovins de SAGHRO et les caprins de l'Est de la province. Pour assurer leurs subsistances, ils effectuent des déplacements allant de M'Hamid au Sud (Hiver) jusqu'à la province d'Azilal (Eté) au Nord.

Pendant les saisons d'Automne et d'Hiver, ils se trouvent dans les parcours des plaines et sahariens ; et dès le mois de Mai, ils rejoignent les parcours de montagne.

2.3.3. Etats des animaux de parcours

Nous distinguons deux principaux états des animaux de parcours, et qui coïncident avec les deux grandes périodes de déplacements.

- En été, les animaux sont engraisés à l'herbe, et c'est à ce moment, qu'ils sont facilement commercialisables et nous assistons, de ce fait, à un départ massif des moutons et boucs surtout, vers les provinces voisines (Agadir, Errachidia et Beni-Mellal).
- En hiver, période qui coïncide avec celle de l'agnelage, l'entretien est assuré plus ou moins difficilement, selon qu'il s'agit d'une année sèche ou humide. En bonne année, l'entretien est assuré uniquement par les apports fourragers des parcours des plaines et sahariens. Par contre en année sèche, les éleveurs apportent des compléments

(orge, maïs etc...) aux animaux. Ce complément est acheté aux souks après la vente d'une partie des troupeaux, mais cette opération se faisait sans trop de difficultés, car les années difficiles ne concernaient très souvent que les provinces du Sud.

3. Etude des effets de la sécheresse sur l'élevage pastoral de la province

Avant de passer en revue les différents effets enregistrés à l'occasion de la sécheresse (1980-1981) qui s'est abattue sur le Maroc en général et sur la province de Ouarzazate en particulier, il faut préciser que ce sont les parcours des plaines et plateaux et les parcours sahariens qui ont été les plus affectés.

Dans toutes les vallées et oasis où les cultures ne se font qu'en irrigué, cette sécheresse n'avait pratiquement aucun effet (le barrage et la nappe phréatique ont été suffisamment alimentés la campagne précédente, qui était très pluvieuse).

3.1. Les données climatiques de la campagne agricole 1980-1981

Pour caractériser cette sécheresse, nous donnons dans le tableau n° 1, les précipitations et les températures enregistrées durant cette campagne, à Ouarzazate, chef-lieu de la Province.

La pluviométrie totale enregistrés durant la période observée (100,6 mm) est inférieure à la moyenne (129,0 mm) obtenue sur 30 ans pour la même période.

Le mois de Février a été suffisamment pluvieux (38 mm) mais nous remarquons que cette phase pluvieuse a été comprise entre un période de gel et une autre de « Chergui ».

3.2. Effets sur les déplacements des troupes

A partir du mois d'Octobre, les animaux (ovins et caprins) commençaient à rejoindre les parcours des plaines et sahariens, encouragés par le fait que ces derniers conservaient encore des plantes desséchées.

Dès le mois de Décembre, les difficultés ont commencé à se manifester en raison surtout de :

- l'épuisement des réserves de l'année dernière
- l'absence de nouvelles pousses.

Cet état de fait a perturbé les mouvements habituels des troupeaux. Ainsi, nous avons constaté que les troupeaux ont été obligés de se replier pour se concentrer aux piedmonts de l'Atlas à la recherche de l'herbe, au prix d'être exposés à la neige et au froid. Et dès le mois d'Avril, ils ont regagné les parcours de montagnes avec deux mois d'avance.

TABLEAU N° 1
Données climatiques enregistrées à la station de Ouarzazate en 1980-1981

Pluviométrie	Aout.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mars.	Avril	Mai.	Juin	Juillet
(mm)	5,3	13,9	0,8	10,0	14,8	3,4	38,0	6,0	néant.	néant.	7,2	1,4
Température maximale moyenne (°C)	37,9	31,2	27,3	20,0	15,9	16,9	16,3	14,8	24,4	30,3	34,7	38,3
Température minimale moyenne (°C)	21,7	17,6	12,0	6,7	1,8	1,0	4,1	9,6	9,9	14,3	18,8	21,7
Nombre de jours de Chergui	12	3	4	0	0	0	1	6	8	5	17	10
Nombre de jours de gel	0	0	0	0	9	16	3	0	0	0	0	0

Par ailleurs, les pasteurs des provinces d'Errachidia, d'Azilal, de Marrakech et de Kelâa Es-Sraghna ne se sont pas déplacés sur les parcours des plaines et plateaux de Ouarzazate, comme c'était le cas depuis plusieurs années. Par contre nous avons enregistré pour la première fois, et ceci depuis fort longtemps l'arrivée massive des troupeaux ovins, caprins et camelins (estimés à 30.000 têtes environ) en provenance des provinces du Sud (Goulmine, Tata, etc...) et se sont concentrés à l'Ouest de la province (piedments de l'Anti-Atlas) sans accéder aux parcours de montagnes.

3.3. Effets sur l'état des animaux

3.3.1. Production fourragère des parcours des plaines et sahariens.

Du mois d'Octobre jusqu'au mois de Décembre, la production fourragère pastorale a été constituée surtout par les plantes desséchées et restées de la dernière campagne.

Les conditions climatiques de la campagne en cours n'ont pas permis de nouvelles pousses, sauf dans les lits des « Oueds » et sur leurs bords.

Ainsi, à partir du mois de Décembre, les parcours des plaines et sahariens sont restés dénudés, n'offrant que quelques espèces indésirables (Haloxylon sp).

3.3.2. Etats des troupeaux

Les animaux de parcours (ovins et caprins) sont dans un très mauvais état. Ceci se traduit par la cachexie générale, la chute de la laine et une faible résistance aux grands déplacements et au froid, et au stade ultime par des avortements et des mortalités.

Les brebis et les chèvres ont avorté entre les mois de Décembre et de Février, et nous estimons à 30 % des brebis et à 50 % de chèvres, le nombre total des femelles adultes qui ont avorté.

Par ailleurs, le nombre d'animaux morts (tableau n° 2) est au moins 41.000 têtes ovines et 27.000 caprines, dont 85 % environ sont des agneaux et des chevreaux. Nous avons la certitude que les mortalités ont débuté dès le mois de Décembre, mais nous n'avons commencé à recenser la mortalité qu'à partir de la deuxième quinzaine de Janvier.

Le tableau n° 2 indique que le maximum de mortalité a été enregistré au mois de Février. En effet de nombreux éleveurs ont réduit la distribution des aliments complémentaires (orge, maïs, etc...), dès la fin du mois de Janvier pour arrêter définitivement au mois de Février pour des raisons de difficultés d'écoulements d'animaux et surtout pour des problèmes de disponibilités de ces aliments.

TABLEAU N°2
Les mortalités enregistrées parmi les animaux de parcours

Mois Espèces	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Total
Ovins (têtes)	?	9585	30.137	1333	138	41.193
Caprins (têtes)	?	4400	21.517	1185	106	27.209

3.4. Effets sur les prix des aliments

Tous les renseignements fournis sur les animaux et aliments ont été collectés systématiquement dans les souks de la province.

3.4.1. Origine des aliments

Les compléments alimentaires apportés aux animaux de parcours sont constitués par l'orge, le maïs, les déchets de dattes et la paille (tableau n° 3).

TABLEAU N°3
Importance quantitative des différents aliments commercialisés par les souks durant la campagne (1980-1981)

	Orge	Maïs	Paille	Son	Foin de luzerne	Déchet de dattes	Divers
%	51	20	17	7	2	1	2

Le tableau n° 4 indique que les principaux aliments (orge et maïs proviennent pour les 3/4 environ des provinces voisines, ce qui rend la zone

étroitement dépendante de ces provinces, pour son approvisionnement en ces aliments.

TABLEAU N° 4
Origine des aliments commercialisés par les souks durant la campagne 1980-1981

Provinces	Orge	Maïs	Déchets de dattes	Paille	Observations
Ouarzazate %	22	23	100	45	—
Hors de la province %	78	77	0	54	Marrakech, Beni-Mellal, El Kélâa, Agadir et Errachidia

3.4.2. Prix des aliments

Les cours des aliments rapportés dans le tableau n° 5 montrent que les prix de l'orge ont augmenté d'une façon vertigineuse dès le mois de Novembre et ceux du maïs dès le mois de Décembre, alors que

les produits locaux (déchets de dattes, foin de luzerne etc...) n'ont suivi qu'à partir du mois de Janvier.

Par ailleurs, nous avons constaté, qu'à partir du mois de Février, les céréales sont devenues extrêmement rares dans les souks.

TABLEAU N°5
Evolution des prix des principaux aliments (Dh/Ql)

	Mai	Juin	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars.	Avril
Orge	75	70	65	70	80	85	100	110	125	130	150	170
Maïs	105	108	110	105	110	115	120	130	140	150	160	180
Déchets de dattes	35	35	45	45	40	35	30	40	50	65	70	60
Paille	20	20	20	15	15	20	20	25	35	50	60	60
Foin de luzerne	100	100	90	90	100	110	120	120	150	150	140	110

3.4.3. Utilisation des compléments alimentaires

Dès le mois de Novembre, les compléments alimentaires ont été donnés aux brebis et aux chèvres suitées à raison de 250 g d'orge ou de maïs en moyenne par jour.

Vers la fin du mois de Décembre, et au mois de Janvier, la distribution a été généralisée à toutes les catégories d'animaux.

Ce complément, qui est en moyenne de 150 à 200 g d'orge ou de maïs par jour et par tête ovine ou caprine, est apporté soit le matin soit le soir par lot d'une dizaine de têtes en moyenne.

Ces apports ont cessé dès le mois de Février en raison d'une part de l'effondrement des cours des

animaux et des difficultés d'écoulements et, d'autre part, de l'augmentation des prix des céréales qui sont de plus en plus introuvables.

3.5. Effets sur les prix des animaux

3.5.1. Commercialisation des animaux

Les ovins et les caprins commercialisés dans les souks de la région proviennent pour leur quasi-totalité de la province de Ouarzazate, alors que 65 % des bovins sont importés des provinces voisines (tableau n° 6).

TABLEAU N° 6
Origine des animaux commercialisés dans les souks

Provinces Espèces	Ouarzazate	Beni-Mellal	Marrakech	Agadir	Errachidia	Autres
Bovins %	34,7	40,7	11,0	3,5	3,2	7,5
Ovins %	95	0	0,5	1	3,5	0
Caprins %	98,2	0	0	0	1,8	0

Les marchés des bestiaux ont été toujours dominés par les ovins et les caprins ; cette année nous avons constaté que la situation s'est renversée en faveur des bovins dès le mois de Janvier.

Il faut souligner que les vallées de Drâa, de Dadès, de Toudgha etc... où l'eau d'irrigation est suffisante, disposent d'une sole fourragère assez importante (9.000 ha de luzernières).

Les éleveurs de ces vallées, au lieu de récupérer une partie des animaux de parcours et notamment

les ovins pour les engraisser, ont préféré les bovins qui arrivaient massivement des provinces voisines et qui sont à bas prix.

D'ailleurs, nous avons constaté que, sur l'effectif total des bovins commercialisés pendant toute l'année, 53,5 % ont été présentés entre les mois de Janvier et d'Avril, alors que, pour la même période, les ovins et les caprins ne représentaient respectivement que 19,1 % et 91,1 % de tous les ovins et caprins commercialisés pendant la même année (tableau n° 7).

TABLEAU N° 7
Evolution d'approvisionnement par espèce (%)

Mois Espèce	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Total
Bovins	8,0	6,9	3,5	4,6	4,4	5,2	7,9	6,0	14,9	13,8	13,5	11,3	100
Ovins	10,7	10,6	12,2	9,1	19	7,0	8,6	3,7	4,5	4,9	4,7	5,0	100
Caprins	15	13,7	18,7	15,9	13,6	5,5	5,2	3,3	2,6	1,9	1,9	2,7	100

3.5.2. Evolution des prix des animaux

Le tableau n° 8 indique l'évolution des cours des principaux animaux commercialisés dans les souks de la province.

TABLEAU N° 8
Evolution des cours des animaux (Dh/tête)

Mois	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril
Béliers D'Mans	290	290	320	290	440	500	330	350	320	300	270	280
Brebis D'Mans	190	190	210	210	240	320	200	190	180	170	170	160
Béliers de parcours	250	250	250	250	270	280	240	200	150	140	150	160
Brebis de parcours	200	180	180	170	170	200	160	160	110	80	90	90
Vaches	1550	1650	1500	1900	1700	1700	1400	1000	900	700	700	850
Chèvres	160	150	150	150	140	160	130	100	90	50	60	70
Boucs	200	190	200	200	210	200	190	160	130	100	90	90

Pour les ovins sédentaires (D'Mans), les prix n'ont enregistré qu'une légère chute ; par contre les cours des ovins et caprins des parcours ont commencé à s'effondrer dès la fin du mois de Novembre ; il faut noter, à ce sujet, que les chèvres et les brebis sont devenues indésirables, (pas d'acheteurs, notamment au mois de Février).

Par ailleurs, et par souci de préserver les mères, des chevreaux et des agneaux de 1 à 2 mois d'âge

ont été présentés à la vente.

3.5.3. Evolution des prix de la viande

Dans le tableau n° 9, figurent les prix des viandes pratiqués dans les souks, la ville de Ouarzazate n'a pas été prise en compte, car les prix sont fixés par les autorités locales, et n'ont pas d'ailleurs beaucoup varié.

TABLEAU N° 9
Evolution des prix des viandes (Dh/kg)

Viande	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril
Bœuf	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	12	12
Mouton	18	18	18	18	17	18	17	17	16	15	14	14
Bouc	14	14	14	14	13,5	14	12	12	13	11	11	11

C'est la viande ovine qui a enregistré la baisse la plus importante, elle est passée de 18 Dh à 14 Dh le kg.

3.5.4. Effets sur l'abattage contrôlé des animaux

La comparaison entre les nombres d'animaux

abattus au cours de la même période d'Octobre jusqu'à Avril, pendant les années 1979-1980 et 1980-1981 (tableau n° 10), montre que l'abattage des ovins et caprins est resté sensiblement le même, alors que celui des bovins a augmenté de 20 % environ en 1980-1981 par rapport à l'année 1979-1980.

TABLEAU N° 10
Nombre d'animaux abattus dans la province
entre les mois d'Octobre et Avril des années 1979-80 et 1980-81

Espèces Années	Bovins	Ovins	Caprins
1979-1980	11.472	3.591	3.837
1980-1981	13.764	3.668	3.799
Différence	+2.292	+77	-38

Nous remarquons ainsi, que pour augmenter la production de la viande, les bouchers (comme le cas des éleveurs des vallées) ont préféré les bovins au lieu des ovins et caprins locaux. Ceci est dû, en partie à l'arrivée massive dans la zone, de bovins en provenance des provinces voisines et ceci à des prix relativement beaucoup plus bas.

Par ailleurs, nous constatons, en comparant les poids moyens des carcasses de toutes les espèces obtenues pendant les mêmes périodes (tableau n° 11), que ces poids ont diminué chez les bovins de 14 % environ, chez les caprins de 10 % environ, et chez les ovins de 9 % environ.

TABLEAU N° 11
Poids moyen des carcasses des différentes espèces abattues
entre les mois d'Octobre et d'Avril des années 1979-80 et 1980-81

Espèces Années	Bovins	Ovins	Caprins
1979-1980 (kg)	109	12,4	10,3
1980-1981 (kg)	94	11,3	9,3
Différence (kg)	-15	-1,1	-1,0

3.6. Effets sur l'état sanitaire

Les maladies, notamment parasitaires, trouvent toutes les conditions requises (faiblesses des animaux surtout) pour faire leur apparition. Ainsi, nous avons noté, le développement des gales chez les caprins (20 % environ de l'effectif total) et également le développement spectaculaire des poux chez la quasi totalité des ovins.

Chez un certain nombre d'ovins (5 % environ de l'effectif), la chute de la laine a été observée au niveau du dos et de l'encolure.

Chez les caprins, des plaies se sont développées autour du museau, du fait de brouter des plantes épineuses.

Des cas de piroplasmoses ont été détectés parmi les ovins et caprins des nomades de Goulmine et Tata en transhumance dans la zone.

3.7. Autres effets

Parmi les conséquences de cette sécheresse, des litiges sociaux ont été notés au sujet du droit au pâturage.

3.7.1. Entre les éleveurs de la province

Ce sont souvent des litiges très anciens, mais qui se sont manifestés de nouveau à l'occasion de cette

sécheresse. Ces conflits opposent des tribus voisines et concernant surtout les meilleurs parcours notamment en montagne.

3.7.2. Avec les pasteurs des provinces voisines

Les éleveurs locaux qui cherchent par tous les moyens à préserver leurs parcours, se sont opposés à la venue des nomades des provinces du Sud pour pâturer dans leurs parcours.

D'ailleurs, plusieurs fois, les autorités locales sont intervenus pour défendre les éleveurs locaux et réglementer les déplacements de ces nomades.

4. Conclusion

L'analyse des effets observés permet de dégager que l'élevage pastoral de la Province de Ouarzazate a subi l'impact de cette sécheresse de deux manières :

- directement par son impact local
- indirectement par sa répercussion néfaste sur les provinces voisines et qui sont économiquement en relation étroite avec la province de Ouarzazate.

La reproduction du cheptel (ovins et caprins de parcours) n'a pratiquement pas eu lieu cette année, puisque les femelles qui n'ont pas avorté, ont perdu leurs produits.

Les adultes n'ont subi qu'une légère perte, ils ont été sauvés par les parcours de montagnes.

EFFET DE LA SECHERESSE DE L'ANNEE 1981 SUR LE CHEPTEL DU PERIMETRE DU TADLA

par
Azzedine MIKOU

Service de l'Elevage – ORMVA du Tadla

1. Introduction

1.1. Présentation du périmètre

La zone d'action de l'O.R.M.V.A. du Tadla s'étend sur 320.000 ha environ dont plus de 100.000 ha sont irrigués par la grande hydraulique et 6.000 ha par la petite et moyenne hydraulique. Le reste est en bour. Cette zone s'étend sur 13 communes rurales dont 9 sont rattachées à la province de Beni-Mellal et 4 constituées par le piémont de l'Atlas et rattachées à la province d'Azilal.

Le climat de la région du Tadla est du type méditerranéen avec un caractère continental notable dû à son éloignement de l'océan, accroissant la différence entre les températures maximales d'été (+40°) et minimales d'hiver (+1°C).

La pluviométrie moyenne est de l'ordre de 350 mm dont 95 % de Septembre à Mai avec des variations interannuelles très fortes (120 à 530 mm).

La pluviométrie enregistrée au cours de la campagne 1980/1981 était de 176 mm.

1.2. Présentation de l'enquête

Le cheptel du périmètre du Tadla a fait l'objet de deux recensements :

- le premier date de Janvier-Février 1981. Il avait pour objet de mettre à jour les statistiques du cheptel,
- le second date de Février-Mars 1982 et avait pour objectif de déterminer les effets de la sécheresse qu'a connus le Maroc en général et le périmètre du Tadla en particulier sur les effectifs du cheptel bovin, ovin et caprin.

A noter ici que cette sécheresse a duré près de 10 mois (Mars-Décembre 1981) et que ses effets sur

l'agriculture ont été particulièrement désastreux et sans précédent puisque seuls 10 % de la superficie bour en céréales (15.000 ha sur 146.000) ont été récoltés, et ont donné un rendement de 2 à 3 qx/ha.

Les enquêtes ont été effectuées par 28 agents d'élevage affectés aux différents C.M.V. du périmètre.

1.3. Alimentation du cheptel

L'alimentation du cheptel du périmètre du Tadla est très diversifiée. Elle est assurée par :

1.3.1. Les cultures fourragères

Elles occupent 15.000 ha en irrigué avec 10 500 ha pour la luzerne et 2 000 ha pour le bersim. Le reste est constitué de pois fourrager, d'orge fourrager...

Le bour participe avec 2 à 3.000 ha selon les années, constitués essentiellement d'orge fourrager, de vesce-avoine et de pois fourrager.

Les cultures fourragères représentent 25 à 40 % de la production fourragère de l'ensemble des périmètres.

1.3.2. Les sous produits des cultures

Constitués par les pailles et chaumes (35 500 ha de céréales en irrigué et 140 000 ha en bour), les feuilles et collets de betterave (20 000 ha de betterave sucrière en irrigué) et les sous-produits des cultures maraichères (6 000 à 10 000 ha), ils participent à hauteur de 25 à 30 % dans les productions fourragères.

1.3.3. Les légumineuses et céréales secondaires

La production fourragère du bour est constituée essentiellement d'orge (30 000 à 40 000 ha) et dans une moindre mesure de féverole et de petits pois. Elle couvre 8 à 15 % des productions fourragères totales.

1.3.4. Sous produits de l'agro-industrie

Constitués de pulpe fraîche (120 000 à tonnes distribuées annuellement aux betteraviers), de pulpe sèche (12 000 à 13 000 tonnes distribuées aux éleveurs et betteraviers), de son de blé et de mélasse, ces sous produits fournissent 15 à 20 % des productions fourragères du périmètre.

1.3.5. Parcours incultes et divers

70 000 ha de parcours incultes et jachère en bour ainsi que plus de 10 000 ha de bords des routes en irrigué participent dans l'alimentation du cheptel du Tadla.

Cette production fourragère représente 10 à 15 % des productions du périmètre.

De ce qui précède, il se dégage que 65 à 85 % des productions fourragères totales du périmètre sont produites en irrigué.

Par ailleurs, l'enquête sur les effectifs du cheptel montre que le cheptel localisé dans la zone bour requiert 40 % des unités fourragères produites dans l'ensemble du périmètre pour couvrir ses besoins.

1.4. Opération sauvegarde du cheptel

Pour venir en aide aux éleveurs des zones bours particulièrement éprouvées par la sécheresse de l'année 1981 et pour limiter les pertes en animaux, l'Etat a lancé une opération de distribution d'aliments de bétail à prix subventionné. Ainsi les éleveurs du périmètre du Tadla ont bénéficié entre Mai 1981 et Février 1982 de :

- 10 000 quintaux d'orge
- 750 tonnes de mélasse (dont 500 tonnes enlevées gratuitement) et le reste à 50 % de son prix.
- 3 000 tonnes de pulpe sèche et de luzerne deshydratée d'importation.
- 15 tonnes de mélurol (aliment liquide).

2. Présentation des résultats de l'enquête

2.1. Etude de l'évolution du cheptel bovin

Au cours de la sécheresse de l'année 1981, les effectifs du cheptel bovin ont subi une diminution globale de l'ordre de 8 % passant de 92 000 à 85 000 têtes. Cette diminution des effectifs a été plus importante pour les produits (-10 %) que pour leurs mères (-5 %). Pour les produits, c'est la catégorie « génisse » qui a eu la plus forte réduction (-24 %) alors que les veaux et velles de moins d'un an ont même connu une légère augmentation (+ 4 %) (voir tableau 1).

TABLEAU 1
Evolution de la structure des bovins par race

Catégories d'animaux	Vaches	Génisses + 1 an	Taurillons + 1 an	Veaux et velles 0 - 1 an	TOTAL	
					des produits	des bovins
Race 1981	4.600	1.900	1.300	1.900	5.100	9.700
Pure 1982	4.800	1.800	1.400	2.000	5.200	10.000
% variation	+ 4	- 5	+ 8	+ 5	+ 2	+ 3
Race 1981	9.100	3.200	3.900	5.500	11.600	21.700
Croisée 1982	8.500	2.400	3.300	5.400	10.700	19.600
% variation	- 7	- 25	- 15	- 2	- 8	- 10
Race 1981	30.000	7.800	10.100	12.800	30.700	60.700
Locale 1982	28.000	5.700	8.500	13.600	28.000	55.600
% variation	- 7	- 27	- 16	+ 6	- 9	- 8
..... 1981	43.500	12.900	15.400	20.200	48.500	92.000
Total 1982	41.200	9.800	13.200	21.000	43.800	85.000
% variation	- 5	- 24	- 14	+ 4	- 10	- 8

L'évolution par race montre que les animaux locaux et croisés ont subi une diminution respectivement de 8 et 10 %; par contre, ceux de race pure ont connu une augmentation assez sensible (+ 3 %). Cependant, le total des animaux améliorés,

(race pure + croisés) a diminué de près de 7 %.

Total des effectifs

- Vaches laitières :

Les vaches de race pure ont connu une progression de 4 %, celles de race locale et les croisées ont diminué de 7 %.

- Les génisses :

Les génisses ont subi les plus grandes pertes : 25 et 27 % des effectifs ont disparu d'une année à

l'autre pour les croisées et les races locales. Les génisses de race pure ont vu leur effectif réduit de 5 %.

- Les taurillons :

Les taurillons de race locale et les croisés ont connu les plus grandes diminutions. Les taurillons de race pure ont progressé de plus de 8 %.

- Les veaux et velles :

C'est la catégorie d'animaux qui a été la moins affectée par la sécheresse puisque, globalement, on a relevé une progression de ses effectifs de l'ordre de 4 % avec cependant une diminution pour les croisés et une augmentation importante pour les races locale et pure (+ 6 et 5 %).

TABLEAU 2
Etude de l'évolution du cheptel ovin
Evolution de la structure du cheptel

Ovins	1981	1982	% de variation
Brebis	318.000	253.000	- 20
Mâles de + 1 an	32.000	14.000	- 56
Jeunes 0 - 1 an	115.000	157.000	+ 36
Total	465.000	424.000	- 9

2.2. Evolution du cheptel ovin

D'une année à l'autre l'évolution du cheptel ovin a été comme suit :

- diminution des effectifs des brebis de 20 %
- élimination de plus de 50 % des mâles
- augmentation des effectifs des jeunes produits de l'ordre de 36 %.

3. Interprétation des résultats

L'observation du tableau 3 nous montre que :

- + Les zones les plus touchés par la sécheresse sont les zones entièrement bour où la diminution des effectifs est très forte : le cheptel a été réduit à son tiers.
- + Les secteurs partiellement irrigués ont subi des diminutions des effectifs plus ou moins importantes en liaison avec la part irriguée de l'explo-

tation. Il semble que la diminution des effectifs du cheptel n'a touché que les exploitations dont moins de 50 % de la superficie est irriguée.

4. Conclusion

Le périmètre irrigué du Tadla a fortement limité les dégâts causés par la sécheresse de l'année 1981 et a participé à la sauvegarde du cheptel par une double action puisqu'il y a eu, d'un côté, un transfert des excédents d'aliments de bétail des zones irriguées vers les zones bour et, de l'autre, un transfert d'animaux du bour vers l'irrigué où les disponibilités alimentaires sont suffisantes.

Le cheptel du bour reste donc fortement dépendant des facteurs climatiques : augmentation des effectifs pendant les années pluvieuses, réduction pendant les périodes de disettes. Aucun stock ali-

TABLEAU 3

Evolution des effectifs du cheptel en bour et en irrigué dans quelques CMV du périmètre

Zones	CMV	Effectif du Cheptel 1981		Effectif du cheptel 1981		Variation en %	
		Bovins	Ovins	Bovins	Ovins	Bovins	Ovins
Zones entièrement bour	510	4.500	75.000	1.300	28.000	- 71	- 60
Zones partiellement irriguées	505	5.600	20.000	3.700	13.000	- 34	- 37
	509	3.800	22.000	2.600	16.000	- 31	- 30
	525	3.400	4.000	2.600	3.200	- 23	- 20
	533	7.700	58.000	6.100	29.000	- 20	- 50
Zones entièrement irriguées (+ 75 %)	523	2.300	11.200	2.400	14.600	+ 4	+ 30
	534	2.800	10.000	3.100	14.700	+ 11	+ 47
	535	2.000	8.300	2.400	10.500	+ 20	+ 25
	536	2.600	10.000	3.700	11.000	+ 42	+ 10

mentaire n'est assuré par l'éleveur. Tout effort tendant à l'amélioration de la productivité de ce cheptel doit avant tout commencer par assurer le minimum vital pendant la période de disette pour sauver le « capital brebis et vaches ».

Pour assurer ce minimum vital à notre cheptel il est nécessaire de :

- appliquer les textes du Code des Investissements Agricoles relatifs au respect de l'assolement en général et de la sole fourrage en particulier,
- mettre à la disposition des agriculteurs éleveurs

les facteurs de production nécessaires aux cultures fourragères (semences sélectionnées adéquates, engrais, matériel de fauchage et de conservation...),

- encourager les agriculteurs et éleveurs à constituer un stock de sécurité interannuel.
- interdire toute exportation de sous produits de l'agro-industrie et inviter l'industrie d'aliment de bétail à produire des aliments économiques pour les ruminants à partir de ces sous produits.

S A T C O

s.a au capital de 1.000.000 dh

terrassements mécaniques

nivellement et drainage

ouvrages d'irrigation

assainissement

routes et ouvrages d'art

batiments

5, rue mohamed kourd ali, kénitra

tél : 31.21 - 32.05

télex : 91012 satqic

RECOMMANDATIONS

- Considérant l'importance du secteur de l'Elevage sur les plans économique et social et son rôle majeur dans la réalisation de l'autosuffisance alimentaire nationale.
- Considérant le potentiel de notre pays et l'impératif vital de le mettre en valeur dans le cadre d'une politique agricole structurée et harmonieuse.
- Considérant l'impact majeur de l'alimentation sur la productivité du cheptel.
- Considérant le peu de développement de la production fourragère et le déficit alimentaire permanent dont pâtit le cheptel national.

L'ANPA recommande de :

- 1 - Accorder toute l'importance nécessaire à l'alimentation dans les actions de la Direction de l'Elevage et des Services Régionaux de Mise en Valeur et de prévoir à cet effet les structures adéquates d'intervention.
- 2 - Etablir un Plan National d'Alimentation Animale visant à assurer l'autonomie du cheptel et à le mettre à l'abri des répercussions néfastes de la sécheresse chronique et conjoncturelle que connaît le pays. Ce plan devrait notamment inclure :
 - a) la mise sur pied systématique d'un stock de sécurité national et régional ainsi que la mise en place d'un système permanent de collecte d'information sur l'état nutritionnel du cheptel.
 - b) un programme de vulgarisation des techniques d'alimentation visant une utilisation plus rationnelle des aliments de bétail.

- 3 - Faciliter aux éleveurs l'accès au Crédit Agricole pour la production et la conservation des fourrages, l'amélioration pastorale et l'acquisition d'aliments composés. Les normes et les procédures actuelles du crédit devraient être actualisées afin de permettre aux agriculteurs de disposer de tous les moyens de production nécessaires.
- 4 - Renforcer les actions de recherches en matière d'alimentation animale visant à assurer une meilleure utilisation des ressources nationales actuelles et potentielles et mettre en application des techniques adaptées aux conditions de l'élevage marocain.

Concernant la production fourragère, L'ANPA recommande de :

- 5 - Créer au niveau des services centraux et extérieures une structure individualisée responsable des cultures fourragères.
- 6 - Développer et encourager la production de fourrages adaptés aux différentes zones.
- 7 - Promouvoir dans les zones favorables (irrigué, bour et montagne) la culture du maïs et du sorgho qui feront l'objet d'opérations intégrées analogues à celles de la betterave à sucre.
- 8 - Renforcer les programmes de recherche en matière fourragère en étroite collaboration avec les services régionaux de vulgarisation du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire.
- 9 - Trouver une solution aux facteurs qui limitent le plus l'expansion des cultures fourragères et parmi lesquels on peut citer :

- a) disponibilités des semences fourragères sélectionnées en quantités suffisantes et au moment opportun à des prix acceptables.
 - b) maîtrise par les éleveurs des techniques de culture d'exploitation et d'utilisation rationnelles des fourrages.
- 10 – Encourager dans le cadre de la politique céréalière la production et l'utilisation des variétés à rendement élevé en grains mais aussi en paille.

Concernant l'industrie des aliments composés, l'ANPA recommande de :

- 11 – Demander au secteur de l'Industrie d'Aliments du Bétail de mieux contribuer aux opérations de sauvegarde du cheptel et au développement de l'élevage des ruminants en général.
- 12 – Accorder la priorité à l'utilisation locale des matières premières nationales.
- 13 – Prendre les mesures nécessaires pour assurer un approvisionnement régulier et suffisant des provendiers en matières premières.
- 14 – Mettre en place une structure de contrôle de la qualité des matières premières et des provendes et prévoir la législation correspondante.

Concernant les sous produits de l'agro-industrie, l'ANPA recommande de :

- 15 – Réaliser des programmes intégrés de conservation et de promotion des sous produits de l'agro-industrie.

- 16 – Interdire l'exportation de tous les sous produits susceptibles d'être valorisés localement et inviter les industriels ou autres investisseurs à promouvoir leur utilisation.
- 17 – Mener des opérations continues de vulgarisation de ces aliments à la campagne.
- 18 – Revoir les circuits de distribution de certains sous produits tels que le son et la pulpe dans le but de limiter la spéculation et d'en faire profiter directement les éleveurs.
- 19 – Encourager tous les efforts de recherche visant une meilleure utilisation de ces matières.

Concernant les parcours, l'ANPA recommande de :

- 20 – Effectuer le réensemencement des terrains de parcours et des zones difficiles ainsi que l'évaluation des leurs productions actuelles et potentielles.
- 21 – Organiser les pâturages en tenant compte des données socio-économiques des groupements d'usagers et en prenant en considération la contribution des différentes ressources alimentaires et le développement des infrastructures nécessaires.
- 22 – Inciter la population et les départements concernés par l'aménagement pastoral et sylvo-pastoral à coordonner leurs actions en vue de promouvoir l'amélioration des terrains de parcours.
- 23 – Enfin le séminaire recommande l'organisation par l'ANPA à brève échéance d'une journée d'études pour débattre des problèmes de l'amélioration et de l'aménagement des parcours.

**Lisez Hommes Terre
et Eaux**

*Revue Marocaine des
Sciences Agronomiques
et Vétérinaires*

Contribution de l'Association Nationale des Géographes Marocains

1 - LA SECHERESSE AU MAROC ET DANS LES PAYS RIVERAINS DU SAHARA : ASPECTS CLIMATIQUES

par

A. LAOUINA

Compte-rendu de l'exposé présenté à l'occasion de la journée sur la Sécheresse organisé par l'Association Nationale des Géographes Marocains.

Cet exposé réservé aux aspects climatiques fera l'objet d'une publication, en arabe, dans la Revue de Géographie du Maroc. Le compte-rendu qui est présenté ici vise à en montrer les différents thèmes.

L'exposé traite de la variabilité climatique au Maroc et au Sahel. La première partie est réservée à la description et à l'explication des dernières catastrophes pluviométriques, au Maroc en 1980-81 et au Sahel en 1968-73. La deuxième partie essaie de montrer si la variabilité des précipitations peut être replacée dans le cadre d'une périodicité réelle et sensible, à courte échelle au niveau des années de mesure disponibles, ou à longue échéance au niveau des fluctuations climatiques du Quaternaire.

Le premier thème traité a été celui de la crise climatique au Maroc en 1980-81. Cette crise est d'abord analysée spatialement à travers l'extension des poches de sécheresse, puis quantitativement par la mesure des écarts à la moyenne et la description du régime pluviométrique dans différentes régions marocaines. L'exposé a montré l'originalité de cette crise qui, en touchant principalement la phase hivernale, a déterminé dans plusieurs régions, en plus des mauvaises récoltes, une catastrophe au niveau de l'élevage. Cette crise est par la suite expliquée par un bref aperçu des situations météorologiques que l'année a connues, et en particulier, par la mise en parallèle avec les types de temps, qui ont déterminé l'humidité de la région d'Oujda sans toucher le reste du pays.

Le deuxième chapitre est consacré à la sécheresse du Sahel en 1968-73. Après la description rapide de l'évolution de cette grave crise et de ses conséquences, l'accent est mis sur un essai d'explication tenant compte des différents centres d'action qui participent à la détermination des conditions de précipitation dans ce domaine climatique.

Suit une rapide mise au point qui vise à déterminer pourquoi ces crises climatiques ont été tel-

lement ressenties au niveau de la production agricole, et cela par la comparaison des régimes de précipitations et des époques sensibles de la croissance végétale.

La seconde partie est consacrée aux fluctuations climatiques. Elle commence par la description des fluctuations récentes, celles qui sont sensibles à travers les enregistrements météorologiques.

En ce qui concerne le Maroc, les indices de variabilité du climat sont présentés avant de passer à la détermination des fluctuations ressenties à courte échelle en utilisant des méthodes statistiques simples comme les moyennes décennales chevauchantes d'un an, ou à plus longue échéance, en se basant sur les stations qui ont fonctionné depuis le début du siècle.

L'évolution climatique au Sahara est rapidement esquissée aussi bien au niveau thermique que pluviométrique.

Le dernier chapitre est réservé aux oscillations climatiques quaternaires au Nord et au Sud du Sahara. Il débute par la présentation des deux théories, celle du balancement des zones climatiques par le déplacement zonal du désert, successivement au Nord puis au Sud, et celle de l'effacement du Sahara au cours de périodes pluviales synchrones des deux côtés, en raison de l'affaiblissement des hautes pressions subtropicales. Suit, alors, une revue rapide des oscillations que le Sahara et les régions riveraines ont connues au cours du Quaternaire depuis le Würm moyen.

2 – LA SECHERESSE AUTOUR DU SAHARA : LA NATURE ET LE COMPORTEMENT DES HOMMES

par
Driss FASSI

Condensé de l'exposé présenté en Avril 1982 à l'occasion de la journée sur la sécheresse organisée par l'Association Nationale des Géographes Marocains. L'exposé intégral fera l'objet d'une publication en arabe, dans la Revue de Géographie du Maroc.

Introduction

L'aridité est, certes, un phénomène naturel qui peut être zonal, régional ou local. Par contre, on n'a aucune certitude que l'aridification, la désertification, elles, soient de même des faits naturels. Aux questions, pourquoi la sécheresse dans le Sahel ? Pourquoi le déferlement des sables sur les oasis du sud marocain ? Y a-t-il un rapport avec une quelconque pulsation climatique à venir ? Quelles en seraient les implications environnementales sur le continent africain ? Rien ne permet de répondre.

En effet, les données actuellement observables sont d'interprétation tellement malaisée qu'elles débouchent sur des théories totalement opposées.

De toutes les façons, il serait difficile de justifier que des régions aussi différentes que le Sahara, sa bordure septentrionale à caractère méditerranéen et sa frange méridionale sahélienne, aux passés de toute évidence dissemblables lors du Quaternaire, se trouvent actuellement singulièrement unies dans un même élan d'aridification croissante.

Cette aridification est d'abord relative. Car, abstraction faite des tendances climatiques, le croît démographique est tel qu'il y a forcément distorsion par rapport aux ressources. Ceci se trouve de plus exacerbé par l'introduction, brutale, de la société de consommation et des nouvelles aspirations matérielles, spécialement de cette population additionnelle.

Mais l'aridification est également absolue et, quelle qu'en soit l'origine, elle nécessite une prospection systématique et raisonnée des ressources en eau, une meilleure gestion des nappes et du réseau aérien et une intervention globale sur le patrimoine biologique et édaphique. C'est justement ce qui semble se faire un peu partout dans les régions

touchées par la sécheresse et pourtant les résultats restent bien en deça des espérances.

Le débat vaut donc la peine d'être soulevé et la revue critique de certaines expériences est sans doute riche en enseignements.

L'exposé s'est d'abord attaché à rappeler succinctement les caractères les plus saillants du milieu naturel marqué par la sécheresse, et tout particulièrement ceux qui en font un environnement vulnérable. Dans un deuxième temps, il y introduit des actions de développement, bien connues par ailleurs, et tente d'en apprécier l'impact sur le milieu naturel ainsi que les interactions. Les interventions retenues concernent des milieux suffisamment tranchés, quoique tous marqués par une certaine aridité, afin d'en montrer la dégradation à chaque fois que l'intervenant touche aux équilibres hydriques, biologiques et morphodynamiques. Les exemples seront pris dans le Présahara marocain, le Sahara Libyen et le Sahel Sénégalais.

1. Un milieu naturel en tous points marginal

Cette marginalité se marque sur le plan du réseau d'écoulement à la limite de l'arésisme, des températures à la limite du régime thermique le plus torride qui puisse exister, de la végétation qui présente d'admirables ressources d'adaptation pour survivre, et de la surface du sol facilement destabilisée et prête à tous les remaniements. Là-dessus, des communautés humaines, d'agriculteurs sédentaires, dispensent des trésors d'ingéniosité pour tirer le maximum de cette nature, dans le cadre d'une véritable civilisation agraire, oasisienne adaptée à la rareté de l'eau.

Il existe cependant dans ces régions un patrimoine hydrique disproportionné aux conditions climatiques, car en grande partie étranger à l'environnement actuel, et qui est dû, soit à des apports allogènes ; soit à des héritages paléoclimatiques sous forme de nappes fossiles.

C'est d'ailleurs cet acquis, pour l'essentiel non renouvelable, qui explique l'activité intensive dans les oasis. Mais cette chance peut être aussi un leurre pour les développeurs étrangers au milieu. Armés de la technologie des régions tempérées, grossière de ce point de vue car axée sur la puissance des moyens, ils vont manœuvrer maladroitement dans une nature extrêmement complexe car extrêmement fragile. Leur objectif sera souvent de reconnaître toutes les ressources en eau pour les dispenser en quantité afin de créer une société d'abondance matérielle comparable à celle des milieux, naturellement nantis, d'où ils viennent. Mais, dans ce monde marginal, la moindre erreur rompt les équilibres instables, et fait basculer irréversiblement dans l'aride intégral.

La réaction de l'autochtone est différente. Lorsque l'eau est disponible, il organise son entourage en espace agricole plutôt que d'y créer une ville, d'y installer un appareil administratif ou d'y aménager un site de loisir. L'habitat, dans sa forme la plus regroupée et la moins exigeante, est implanté à l'écart (sur un éperon, une haute terrasse...), ou alors intimement intégré au paysage agraire (cultures de case).

La priorité est donc donnée à la végétation, d'abord aux organismes pérennes, les plus développés et les plus couvrants, eux mêmes créateurs et protecteurs d'un mésoclimat parfaitement propice à la vie et qui échappe ainsi à la situation zonale. Mais, ces îlots de prospérité sont spatialement insignifiants et, réduits à des tâches isolées ; ils apparaissent comme des noyaux de résistance dans un environnement hostile où règne le vent. En effet, l'érosion éolienne prime car il n'y a pas d'obstacle physique à son action, et pratiquement pas de liant argileux dans les formations superficielles. Lorsque l'argile existe dans les dépressions collectrices de fines (maider, chott, sebkha, ogha, mares...), elle n'est pas toujours facile à travailler, tantôt parce que les fortes proportions d'argile durcissent considérablement après le court hivernage où elles sont saturées (mares sahéliennes), tantôt parce que des efflorescences salines viennent labourer la terre nue qui peut être ainsi mobilisée. La marge de manœuvre est ainsi très étroite, et l'évitement des ruptures d'équilibre semble moins liée à la mise en branle des gros moyens qu'à la compréhension de la dynamique interne du système afin d'utiliser la

technologie appropriée pour en tirer le meilleur parti.

Qu'en est-il exactement sur le terrain ? Des exemples précis ont été cités. L'exposé s'appuie pour sa démonstration sur des éléments de l'expérience de mise en valeur de la vallée du Ziz et du Tafilalet, sorte d'oasis longiligne en chapelet le long de rivières allogènes du S.E. marocain. Il en fait de même à partir du cas de la grande oasis de Ghadamès en Libye. Enfin, la revue rapide du processus de désertification dans le Sahel Sénégalais montre la grande similitude de fond quant aux processus qui ont amené la péjoration des conditions naturelles de part et d'autre du Sahara.

2. A propos du déferlement du désert sur ses marges méditerranéennes : l'expérience du Tafilalet

Le milieu naturel est tout d'abord introduit par certains de ses traits distinctifs.

Le Présahara marocain, dans lequel s'inscrit le Tafilalet, et sa position latitudinale plus basse que pour le reste de l'Afrique du Nord, s'expliquent sans doute par un fait orographique mieux différencié, et par la proximité de l'océan, mais il s'explique aussi et surtout par ces émissaires du Haut-Atlas que sont le Draa, le Ziz-Rheriss et le Guir. Ce ne sont plus seulement de pauvres réseaux endoréiques qui vont se perdre dans le Sahara, mais plutôt de véritables boudoirs hydriques qui repoussent le désert vers le Sud. Et la vie n'accompagne pas les seuls talwegs ; plus encore, c'est la nappe hypodermique, nourrie par les amonts, qui élargit l'espace viable et éloigne les dunes libres.

Contrairement aux eaux perdues en mer, cette eau, qui est jetée dans le désert, s'insinue de proche en proche, nourrit les oasis de la Daoura, les puits avoisinants et permet, encore loin en aval, un lâche piquetage d'épineux, sorte de « limes » naturel fait de nebkas, contre lequel vient buter et se briser le mouvement des sables.

Aussi, pour toute retenue aux amonts, devrait-on calculer les implications d'aval. Parmi celles-ci encore, il y a le problème de la salure. L'envahissement des eaux et des sols par le sel, on le sait, découle de deux circonstances : la richesse de certains niveaux du Trias de la retombée Sud de l'Atlas et du Crétacé surtout dans le bas-pays, et la concentration des solutions par les fortes températures. La question reste de savoir pourquoi la salure ne cesse de faire des progrès. Elle est bien sûre liée à l'eau de la nappe qui lave les sédiments. Le toit de cette nappe devait se situer vers une dizaine de mètres de profondeur dans la majeure partie du

Tafilalet (carte piézométrique, Margat J. 1960). Appauvrie en aval, elle se concentrait excessivement tout en se rapprochant de la surface pour des raisons structurales, et c'est d'ailleurs là qu'apparaissent les premières sebkhas.

Actuellement, tout se passe comme si la raréfaction des eaux, en partie du fait des nombreuses ponctions d'amont, entraînait :

- une moindre pression horizontale sur les eaux hypodermiques qui percolent vers l'aval,
- leur montée capillaire assez près des palmeraies,
- la formation ou l'enrichissement d'horizons salins qui, couplés avec la sécheresse, éliminent toute végétation et permettent, de leur côté, la mobilisation des sables. Du reste, des témoignages d'habitants, notamment à Hannabou où l'ensablement prend des allures catastrophiques, semblent concorder avec des observations morphologiques et font pencher dans le sens d'une progression éolienne récente, et suffisamment importante pour envahir des sites assez éloignés de la rivière, vivant sur des khetaras.

Il serait, à ce propos, intéressant d'actualiser la carte de la nappe et de son chimisme et de corréliser ses éléments avec les avancées des dunes notamment en affirmant la comparaison de plusieurs générations de photos d'avion à grande échelle. Ainsi la moindre tendance pourrait être décelée et quantifiée.

Si la corrélation se vérifie, il restera à remonter aux racines de la raréfaction des eaux et partant de leur salure.

De ce point de vue, il y aurait à considérer un certain nombre de données du paysage actuel.

- En premier lieu, le type de retenue dans les vallées, sa nature, sa place, ses dimensions, sa fréquence. Et ce, afin de respecter des seuils, dont :
 - les doses minimales nécessaires à fournir dès l'amont à la recharge de la nappe ;
 - le souci de présenter la surface la moins étendue possible à l'évaporation, évitant ainsi les dilapidations et les concentrations ;
 - la possibilité pour une partie des alluvions de continuer à transiter pour pouvoir s'étaler sur les rivages lors de petites crues rendant ainsi les textures plus grossières et permettant l'infiltration rapide, l'évacuation des sels et l'alimentation de la nappe à partir des talwegs.
- D'autre part, il y a tous les bouleversements induits par l'intrusion de la vie moderne et qui ont de sérieuses implications sur l'économie de l'eau. Ils sont plus évidents que les premiers et non moins importants.

On en retiendra :

- L'évolution des mentalités, longue et progressive, ici, car il s'agit d'une vieille civilisation fortement enracinée. Elle passe actuellement par une phase de méfiance, vis à vis d'un système qui semble en train de court-circuiter les structures en place, et risque de déboucher, comme ailleurs, sur cette attitude dangereuse d'assisté.
- La mise en place de la ville européenne ou de type nouvelle médina, avec ses administrations, ses services et son eau à l'appartement et tout le gaspillage qui s'en suit... Des villes comme Errachidia n'en finissent plus de s'étaler et de consommer.
- D'un autre côté, et c'est peut être ce qui englutit le plus et qui choque encore davantage les autochtones dans leurs habitudes d'extrême parcimonie dans l'utilisation de l'eau, il y a le grand tourisme. Le rapport de consommation entre un Filali et un touriste occidental varie au minimum du simple au centuple. Et, il n'est même plus possible de dire qu'il y a contrepartie pour l'économie nationale ; les études sérieuses sont maintenant légions qui prouvent sans équivoque que les formules en vigueur ne profitent qu'aux grandes sociétés étrangères.

Il y a sans doute tous ces facteurs à prendre en compte bien avant d'incriminer le sempiternel paravent de la croissance démographique.

Mais, le Tafilalet n'est pas le seul endroit où la civilisation saharienne a été poussée à un haut degré de raffinement et où l'intervention moderne, plus ou moins ignorante des structures en place, se trouve au moins en partie responsable de graves mutations.

3. La mort lente de Ghadamès. la légendaire oasis Libyenne

Un paragraphe introductif met en place l'oasis aux confins de la frontière triple algéro-tunisolybienne, dans une cuvette ouverte au Nord, et profondément encochée dans la hamada Al Hamra, de calcaire secondaire, dont les rebords assez escarpés sont relayés au Nord-Ouest par les immenses champs dunaires de l'Erg Oriental. Si on y ajoute que les pluies n'y atteignent pas les 30 mm, avec des températures qui dépassent fréquemment les 40° et une humidité relative des plus basses, on comprend qu'il ne puisse s'agir que d'une fournaise dans le Sahara.

Un avantage néanmoins, une nappe captive avec un puissant exutoire ; l'homme a réalisé le reste, il en a fait une merveille, qui existait déjà dans l'Anti-

5
quitte et qui n'avait rien perdu de sa vitalité au début de ce siècle après avoir été durant le Moyen Age une plaque tournante du commerce caravanier. C'est un modèle d'adaptation au milieu naturel comme il en existe rarement. L'oasis est faite d'une médina compacte qui entoure la source et baigne dans la verdure de la palmeraie.

- Tout y est construit dans les matériaux locaux, les bâtiments comme les canaux d'irrigation.
- Le réseau structurant de la vie dans l'oasis est, comme de juste, celui de la distribution de l'eau. A partir de la source principale, l'eau potable est dirigée sur les maisons, les mosquées, les bains publics... Un autre réseau recueille les déchets domestiques, et les deux, convenablement entretenus, débouchent sur les jardins à la fois pour irriguer les cultures et engraisser la terre. Un système de jauge, installé devant la grande mosquée, donne l'heure et sert à mesurer et à répartir les tours d'eau sur les ayants droit.
- La médina est entièrement couverte, avec des trous d'aération tous les 10 m., et par conséquent une morphologie urbaine à deux niveaux, puisque toutes les terrasses sont jointives, et les deux niveaux structurés pour connaître une activité égale.
- Un système communautaire intégral régit la ville. Tous les services sont communs et gratuits avec néanmoins une stricte ségrégation sexuelle et par grandes tranches d'âge.
- La complémentarité ville-campagne est de rigueur dans tous les secteurs d'activité. On peut même en juger par le système d'enseignement par exemple qui fait obligation aux jeunes de partager leur temps entre le travail au champ le matin, et la classe l'après-midi.

Tout semblait marcher jusqu'au moment où, entre les deux guerres, les colons européens ont fait des forages en dehors du périmètre traditionnel, se sont servi de toute évidence dans la même nappe, et auraient ainsi affaibli le débit de la source ancienne pour alimenter à l'extérieur un périmètre agricole moderne.

- La Libye indépendante a mis encore plus de moyens à la disposition des développeurs et une ville moderne est née sur le plateau avec tous ses services et ses immeubles en béton. Pendant ce temps, la médina progressivement privée d'eau, ne pouvait plus purger ses canalisations, pourrissait doucement et ses jardins périllicitaient alors que le sable envahissait les palmiers sur sa périphérie.

Cependant, sans compter la brutale désarticulation sociale des populations déracinées, le nouveau

site n'arrivait pas à se substituer au premier, car le séjour est apparemment pénible dans ces cubes de béton qui se lézardent au soleil, perchés sur la hamada déserte. D'autre part, Ghadamès est passée de ce qu'elle était, un centre sans doute archaïque mais autosuffisant et prospère, à la ville moderne qui ne produit presque plus rien et qui attend presque tout de Tripoli.

Ghadamès comme le Tafilalet, à des échelles différentes, sont confrontés à une nature extrêmement sévère où l'erreur de gestion est facile, et rapidement fatale, car on est à la limite des possibilités de la vie. Ce n'est pas le cas de l'autre côté du Sahara où les conditions climatiques sont nettement meilleures et où l'humidité, les sols et la végétation sont incomparablement plus abondants.

4. A propos de la sécheresse dans le Sahel : où s'arrête le Sahel Sénégalais ?

La zone sahélienne, au Sénégal par exemple, s'étend depuis les confins septentrionaux avec la Mauritanie, où les précipitations moyennes sont de l'ordre de 400 mm., jusqu'au Sine-Saloum, où l'on passe avec près de 800 mm. à un climat à tendance soudanienne. On est donc bien loin des chiffres dérisoires de la bordure nord du Sahara. Mais, circonstances aggravantes dans ce monde tropical sec, les températures élevées restent relativement soutenues toute l'année et, surtout, le dégagement des espaces donne une énorme efficacité évaporante et érosive aux vents dominants qui débouchent du Sahara. En effet, on n'a là absolument rien de comparable aux montagnes atlasiques pour arrêter la course de l'harmattan, ce vent puissant chaud et sec, qui souffle avec une grande régularité la majeure partie de l'année. Le substrat géologique fait du grès du Continental Terminal ne délivre à la pédogenèse qu'une arène avec très peu d'argile.

A peu près partout, on devine à faible profondeur une carapace latéritique plus ou moins épaisse. Ce sont là les éléments majeurs de l'équilibre extrêmement précaire de la morphopédologie qui auraient dû bannir de la région toute politique de monoculture spéculative. Pourtant, c'est bien cette région qui est devenue, sous la colonisation, le grand champ mondial de l'arachide d'huilerie, culture intensive qui passait forcément par le dessouchage systématique de toute la végétation naturelle.

Celle-ci donnait au pays, avant le défrichement, un certain aspect de luxuriance et aux sols une certaine tenue. L'appauvrissement des sols qui en a découlé, a entraîné tout le cortège sinistre et prévisibles, avec ravinement intense même dans ces topo-

graphies planes, exhumation et extension de la cuirasse ferro-magnétique stérile, arrêt de l'infiltration et tarissement des nappes, dégradation conséquente atteignant même le couvert végétal naturel qui n'avait pas été touché etc...

Naguère très nombreux, les puits-séanes qui exploitaient la nappe proche pour les besoins des villages, des cultures de case et des jardins traditionnels s'assèchent et s'effondrent. Les sites en ruine existent encore et sont présentés par la population comme les vestiges des époques fastes où l'eau existait en abondance.

Autre signe alarmant, les dunes « ogoliennes », anciennes, du Nord du pays, témoins de périodes sèches du Quaternaire, depuis lors fixées et superficiellement rubéfiées, subissent actuellement un fort remaniement. Il en est même résulté un étalement des sables poussés par l'harmattan jusqu'aux bordures nord du fleuve Saloum. Cela donne toute la dimension du sinistre qui touche ainsi l'ensemble du Sahel sénégalais, rongé parce qu'on a convenu d'appeler la désertification.

Aujourd'hui, le Sénégal indépendant connaît les tenants et aboutissants de cette évolution ; il se heurte même à des problèmes supplémentaires, devenus persistants, d'écoulements de la production, et pourtant, il n'arrive plus à arrêter le processus. Car, après avoir été présentée comme la panacée, la source de devises, la clé du développement, l'arachide est devenue maintenant un mal nécessaire dans ce milieu complètement dégradé. Peu exigeante, elle apparaît, en effet, comme la seule spéculation pouvant tirer avantageusement parti de cette nature difficile, et susceptible de permettre la subsistance d'un paysanat qui a rompu les liens avec ses cultures vivrières traditionnelles.

Il y a aussi la résistance à tout changement d'une puissante classe, très influente, dont la fortune est bien établie dans l'économie de traite.

Il existe néanmoins une politique de restauration dans les secteurs les plus épuisés, avec des programmes de reboisement qui se heurtent à d'énormes difficultés à la fois humaines et physiques. Et, il est

certain que ce n'est pas à coup d'ecalyptus qu'on reconstruira les écosystèmes d'antan.

Seulement, on se demande dans quelle mesure la leçon a été retenue car on a l'impression que le même scénario se répète avec d'autres sociétés de développement, d'autres produits et un discours de promesses à peine différent, dans des régions chaque fois plus méridionales, plus humides et plus fertiles. C'est ainsi donc que la désertification, telle un rouleau compresseur, dont la preuve de son origine politique, au moins partielle, n'est plus à faire, est en train de changer la nature de la rive sud du Sahara en vagues qui se repoussent faisant du Sahel un milieu aride, et gagnent progressivement le Soudan à l'espace sahélien.

Conclusion

Bien sûr, notre propos n'est pas d'obliger des sociétés entières à une marche-arrière contre nature. On ne peut pas faire du Tafilalet un camp retranché, et le fermer aux courants nouveaux qui agitent tout le pays ; on ne peut pas faire en sorte que Ghadamès l'ancienne, sans doute trop idéalisée, soit plus vivante qu'un musée de ruines au passé prestigieux ; on ne peut pas livrer le Sahel à une quelconque brousse salvatrice. Les jeux sont faits. Cependant, ce serait une injure à notre dignité qu'ils se fassent à notre insu, qu'on ne puisse pas en maîtriser les rouages pour en commander les orientations. C'est pour cela qu'il est fondamental, pour notre propos dans toutes les mutations qui s'opèrent, de faire constamment la part de ce qui est l'œuvre de la nature et de ce qui découle de notre action humaine.

Incriminer systématiquement la nature est une position capitulaire à la fois dangereuse et trop facile. Par contre, l'attitude qui responsabilise systématiquement l'homme, jusqu'à preuve du contraire, c'est celle de l'espoir et du progrès. Elle ne peut être l'œuvre de quelques chercheurs isolés, ni même celle des seuls services techniques, mais bien celle d'une nation toute entière.