

IV. DÈS 1937, « UNE HYDRAULIQUE DE L'AN 2000 »

Hydrologie et... archéologie. — L'assainissement par le drainage : de la conquête de la Mitidja à l'assèchement du lac Fetzara. — Le jallissement « électrogène » du puits artésien de Zelfana. — Des centaines de points d'eau « éoliens » à moins de 20 kilomètres l'un de l'autre dans la steppe. — Les périmètres irrigués les mieux équipés du monde. — La Loi Martin. — Une invention parmi d'autres : le désenvasement des grands barrages. — Une prodigieuse et dramatique aventure scientifique : l'affaire du Chott Chergui. — Au Sahara, la découverte de la nappe profonde de l'Albien. — Du nouveau en matière de pluies provoquées.

« **P**OUR ce qui concerne l'Hydraulique et surtout les barrages, vous en êtes déjà à l'An 2000... » Ainsi s'exprimait dès 1937, lors de son premier séjour en Algérie, M. Lawdermilk, le grand technicien américain de l'Hydrologie et des érosions. (Il déplorait d'ailleurs que, par leur agriculture traditionnelle, les Musulmans fussent « en retard de quelques siècles ».)

La Direction de l'Hydraulique et le Génie rural ne faisaient pratiquement qu'un en Algérie, avec des secteurs de recherches multiples : services scientifique (géologie, hydrologie, etc...), et agronomique (nous avons vu son rôle dans la conquête des terres chlorurées); service de liaison et d'études en commun avec les Eaux et Forêts et la Restauration des Sols, et même un service géographique et historique en rapport avec la direction des Antiquités pour le recensement des traces de mise en valeur laissées par les Carthaginois, les Romains, les Maures revenus d'Andalousie après la Reconquête espagnole, etc... *C'était là un mode parfaitement original de coordination, de synthèse des recherches en matière d'hydrologie et qui eut les plus heureux effets.*

La tâche des ingénieurs de l'Hydraulique en Afrique du Nord fut particulièrement lourde et difficile, en raison de l'orographie, de la nature des terrains, du régime torrentiel des pluies et des cours d'eau, de l'érosion avancée, du déboi-

sement, de l'étendue des zones marécageuses et insalubres, des problèmes nouveaux que posaient certaines régions pré-sahariennes et le Sahara lui-même. Dompter les eaux sauvages dans de tels pays était à elle seule une tâche immense.

Sous la direction prolongée d'éminents ingénieurs (en dernier lieu, M. René Martin, et, depuis la dernière guerre, M. Georges Drouhin), l'Hydraulique algérienne adapta, mit au point, perfectionna maints procédés et conçut des innovations qui eurent un retentissement mondial. Il en alla de même au Maroc où le barrage de Bin-El-Ouidane, sur l'Oued El-Abib, l'un des plus gros ouvrages de ce type, a permis la mise en valeur, par irrigation, de l'immense plateau des Beni-Amir, au nord de Beni-Mellal.

Nous ne nous attarderons pas ici à énumérer et à décrire les grands barrages-réservoirs d'Afrique du Nord. Le sujet a été traité dans nombre d'ouvrages et de périodiques spécialisés, dans une infinité d'articles de vulgarisation. Allons tout de suite aux conséquences...

Si l'on néglige quelques travaux anciens (comme le barrage du Hamiz, à l'est d'Alger, ou le barrage de Perrégaux en Oranie, qui se rompit en 1928 causant la mort de plusieurs familles et provoquant d'énormes dégâts), c'est à partir de 1926, avec le « Programme Steeg », que fut ouverte en Afrique du Nord l'ère des grands barrages-réservoirs. Ils ont donné à l'Algérie des retenues de 800 millions de mètres cubes (devant être portées progressivement à 1 milliard de mètres cubes par certaines surélévations), avec un débit annuel régularisé de 600 millions de mètres cubes. Ils ont, parallèlement, entraîné l'équipement complet (canaux primaires, secondaires et tertiaires) de plus de 150 000 hectares, en même temps qu'ils permettaient l'édification de 27 centrales hydro-électriques fournissant, en 1954, quelque 350 millions de kilowatts-heure, — presque la moitié de la production algérienne d'énergie électrique. Et tout cela a bien failli être doublé par une découverte hydro-géologique dans le Sud-Oranais : prodigieuse et dramatique aventure scientifique et humaine, dont nous aurons à parler bientôt.

Ces travaux de géants ne doivent pas faire oublier l'importance d'ouvrages d'aspect moins grandiose, construits dès le

début de la colonisation et jusqu'à nos jours. En effet, les terres n'ayant pas le privilège de disposer de grandes réserves d'eau sont très nombreuses au Maghreb : *en Algérie, 24 millions d'hectares (96 % des terres) ne sont pas irrigables.*

La politique des « eaux agricoles » en Afrique du Nord présentait donc deux aspects :

— *Les petite et moyenne hydrauliques* englobant la lutte contre les eaux nuisibles, la recherche des points d'eau, la construction de petits barrages d'épandage de crues ou de barrages d'inféoflux (utilisation des cours souterrains de certains oueds), la création de lacs collinaires, etc...

— *La grande hydraulique* consacrée à l'édification des barrages-réservoirs et aux installations de transport et de distribution de l'eau dans de vastes périmètres irrigables, ou vers les grandes villes...

*
* *

Pour paradoxal que cela parût à l'époque et dans un « pays sec », *la défense contre les eaux nuisibles*, — dans les zones marécageuses d'abord, — fut chronologiquement le premier objectif de la colonisation...

La plaine de la Mitidja, qui avait été cultivée et prospère au début du XVIII^e siècle, offrait en 1830 l'aspect d' « un vaste cloaque ». « *Ce n'était*, écrit le colonel Trumelet de la région de Boufarik (style d'époque mais auteur informé et loyal), *qu'un marais tigré de forêts, de joncs impénétrables; ce n'était que flaques croupissantes, que mares, que rides suintantes* »... Militaires et colons, dès le début de la colonisation, travaillèrent à l'assainissement de cette plaine tout en luttant à la fois contre les attaques des rebelles Hadjoutes ou Kabyles et contre les « fièvres pernicieuses » qui décimaient les agglomérations naissantes. « *Terrassés par la maladie, tremblant de la fièvre sur une dure paille jetée en travers d'un gourbi ouvert à tous les vents, ces héros lutteront et ne céderont point; la mort seule sera plus forte qu'eux. La terre, leur mère, qui leur sera marâtre, les tuera: comme Saturne, elle dévorera ses enfants.* » Et, de la fameuse devise « Ense et Aratro » du maréchal Bugeaud, le docteur Battarel, méde-

cin des hôpitaux d'Alger fit : « Ense, Aratro et Quina » (« Par l'épée, la charrue et la quinine ! »). Car dès cette époque des progrès décisifs furent accomplis en Algérie dans la lutte contre le paludisme : en 1834, à Bône, le docteur F.-C. Maillot conseillait l'emploi massif de la quinine, jusque-là employée à très petites doses. Enfin, en 1880, le pastorien Alphonse Laveran découvrait à Constantine l'agent « vecteur » du paludisme (on croyait jusqu'alors à « un miasme dû aux émanations telluriques que l'on reçoit par absorption ») et démontrait le rôle néfaste de certains moustiques, les *anophèles*, dans la propagation de la *malaria*.

Dès 1835, le baron Vialar et son ami le docteur Pouzin avaient créé, nous l'avons dit, une ambulance près du Camp d'Erlon, puis une infirmerie-dispensaire, tandis qu'un ancien officier de marine créait à l'Haouch-Chaouch, tout près de Boufarik, une sorte de jardin d'essai, réduction de celui du Hamma d'Alger. Cependant, les travaux d'assainissement importants avaient débuté dès 1833 : le général Voirol leur avait donné une forte impulsion à partir de 1834. Suivant un plan, dont l'ampleur encore aujourd'hui nous confond, le Génie Militaire puis les Ponts et Chaussées creusèrent de grands fossés d'évacuation des eaux. Ce réseau de drainage de plusieurs centaines de kilomètres sillonnant toute la Mitidja fut l'instrument primordial de l'assainissement de la plaine.

Au drainage s'ajoutait le défoncement du sol, de façon à briser la couche de terre imperméable et accélérer l'infiltration des eaux. Et le boisement, pour faciliter l'évaporation des excès d'humidité du sol, conduisit à la recherche d'essences appropriées. Quand, d'Australie, il eut introduit les eucalyptus, en 1862, le docteur Trabut, par sélection, en obtint une variété qu'il nomma l'« *Eucalyptus algeriensis* », qui réussit admirablement comme « arbre évaporatoire, dessicatif »...

On assista aussitôt aux efforts gigantesques de certains colons : commencées en 1869, les plantations d'eucalyptus d'Arlès-Dufour, par exemple, continuèrent sans interruption à raison de 2 à 3 000 arbres par an et couvrirent bientôt une superficie de 45 hectares au domaine des « Sources » à Oued-

El-Alleug, ce qui est énorme pour une propriété privée... De son côté, un colon de Maison-Carrée, M. Cordier, planta 24 000 eucalyptus appartenant à 120 variétés différentes et, par des observations minutieuses, étudia les meilleures à répandre. Outre l'eucalyptus, le platane et le *mélia* méritent une mention parmi les essences « qui ont servi à humaniser le sol de l'ancien palus ». (L'expression est du docteur Edmond Sergent.)

L'assainissement de la Mitidja continué, non sans mal (au prix de combien d'existences humaines ?), en a fait le chef-d'œuvre de la colonisation en moins d'un demi-siècle. Le dernier marais de la partie centrale de la plaine fut assaini et défriché au lendemain de la guerre mondiale de 1914-18, sur l'initiative de la direction de l'Institut Pasteur et en particulier du docteur Roux qui créa la « *Ferme expérimentale des Ouled-Mendil* », près de Birtouta, où furent étudiés tous les problèmes concernant l'hygiène des hommes et des animaux, et l'Economie rurale sur un domaine dont une partie était volontairement maintenue dans l'état de « *zone-témoin* » *insalubre*.

Puis à la veille de la deuxième guerre fut « épongé », plus à l'est, le vaste marais appelé le *Lac Halloula*, près de Montebello. L'opération fut exécutée en creusant un « tunnel de vidange » sous les collines du Sahel jusqu'à la mer, plus précisément sous le massif couronné par le mystérieux Tombeau de la Chrétienne qui date de Juba II, ce roi de Mauritanie (52 avant J.-C.-23 après J.-C.), polygraphe d'une prodigieuse abondance, à qui Auguste donna pour épouse Cléopâtre Sélééné, la fille même d'Antoine et Cléopâtre... Bref, la Mitidja demeure le plus bel exemple de conquête totale de l'agronomie et des cultivateurs sur un marécage immense, jadis inaccessible ou ne permettant pas le séjour d'une population active.

Des méthodes similaires d'assainissement, — drainage, défoncement du sol, défrichement, boisement, — furent effectués dans les plaines salées de la Macta (Oranie) et de Bône, travaux qui devaient finalement aboutir à la mise en valeur de 80 000 hectares. En ce qui concerne la plaine de Bône, l'initiative privée fut complétée par les *Services de l'Hydrau-*

lique qui procédèrent à l'assèchement du Lac Fetzara. Cet énorme travail n'était pas complètement terminé en 1960, mais déjà plus de 48 000 hectares avaient été mis en culture... Enfin, ces toutes dernières années, ont été supprimés par les ingénieurs de l'Hydraulique les marais de Vauban et assainis les environs de Littré, dans la plaine du Chéelif, où furent effectués sur le fleuve et ses affluents d'importants travaux de défense contre les crues. Ajoutons qu'en 1960, furent engagés des travaux expérimentaux pour préparer la suppression de la *Grande Sebkhha* salée qui s'étend aux portes d'Oran, et le marais de M'Krada, près de Bône. Cette année-là, les crédits attribués à l'Hydraulique dépassaient 11 milliards d'anciens francs...

A l'extrémité occidentale de l'Algérie, la basse plaine de la *Tafna* devait sa prospérité à l'initiative et à l'opiniâtreté des frères Barret. Cette plaine était inhabitée avant 1910. Les populations musulmanes, puis les colons acquéreurs de concessions, l'avaient abandonnée en raison de son insalubrité. En 1910, c'est un ensemble de 2 000 hectares qui fut vendu aux frères Barret, à charge pour eux d'entreprendre les travaux d'assainissement nécessaires. Leur premier souci fut de canaliser l'oued *Tafna*. Au bout de vingt années de peine, 700 hectares cultivables furent arrachés au marécage après drainage, plantations d'eucalyptus, défrichements... De cela, M. Jacques Duffour, ingénieur agricole, étudiant cette zone, a pu écrire : « Cette région que les autochtones considéraient comme maudite, longtemps délaissée de tous, est devenue, en quarante ans, par l'ingéniosité, le travail et la persévérance de quelques Français, une zone agricole très prospère qui a contribué pour une grosse part à l'amélioration des conditions d'existence de tous, Européens et Musulmans. »

Des travaux d'assainissement du même genre, semble-t-il, avaient déjà été entrepris par les Romains. On le discerne à la présence de multiples vestiges découverts en Afrique du Nord : drains, canalisations. L'occupation romaine en Afrique du Nord a d'ailleurs laissé traces de beaucoup d'autres aménagements de cet ordre (points de captage, puits, aqueducs, etc...). C'est une des raisons pour lesquelles M. Georges

Drouhin, directeur de l'Hydraulique en Algérie, créa (nous y faisons allusion plus haut) ce bureau de recherches romaines pour la prospection systématique des vestiges dans les régions les plus déshéritées. Les vieux points d'eau étudiés étaient remis en état et *chaque mechta, chaque village pouvait bénéficier soit de ressources nouvelles, soit de ressources améliorées*. Et ces travaux ne représentaient que de faibles dépenses.

(En 1961, un ouvrage étudiant toutes les installations hydrauliques romaines connues dans l'Est algérien a été publié sous le double patronage des Services de l'Hydraulique et des Antiquités : « *Aquae Romanae* » de J. Birebent.)

Au Sahara, certaines *foggaras*, malgré l'entretien onéreux et le personnel nombreux qu'exige leur utilisation furent restaurées, elles aussi. (Il s'agit, rappelons-le, de passages souterrains qui drainent les eaux parfois de très loin. On perce des sortes de puits successifs qu'on relie entre eux par une galerie.)

Dans les régions de Timimoun et d'Adrar se trouvent de très nombreuses *foggaras* et, dans la seule région du Touat, leur réseau sinue sur 1 520 kilomètres : plus que la longueur de l'ensemble des voies du « métro » de Paris...

L'une des « innovations algériennes » de l'Hydraulique est l'*utilisation des crues* : dans certaines régions habituellement arides les soudains débordements d'oueds permettaient la culture des céréales : la masse des limons fertilisants apportés par les eaux sauvages en automne (au moment des labours et des semailles), et en fin d'hiver, permettaient des récoltes satisfaisantes. L'utilisation des crues fut perfectionnée par la création de *barrages d'épandage*. Les barrages d'El Fatah et du Molock sur l'oued M'zi (Laghout), permettaient d'épandre sur de vastes terres de culture, les crues venant du Djebel Amour dans le Sud Oranais. Les crues des oueds sont ainsi canalisées et se décantent en déposant leurs limons fertiles au lieu de les aller abandonner sans profit en plein désert stérile.



Les forages satisfaisants entrepris sur les hautes plaines et au Sahara conduisirent à l'installation de nombreux puits artésiens utilisant les nappes souterraines affranchies de l'évaporation et de l'envasement. Comment ne pas citer à cet endroit les puits artésiens des Zibans et de l'Oued-Rhir qui font vivre les fameuses palmeraies de dattiers « Deglet-Nour » (Doigts de lumière). La France avait trouvé là une région menacée de mort ; elle l'a, à la lettre, ressuscitée puis fabuleusement enrichie par des forages profonds devenus légendaires, comme celui de M'Raïer.

Une curiosité au passage... Au M'zab, un forage effectué en 1954 a fait jaillir à Zelfana un flot artésien d'eau parfaitement douce, alors que les eaux de tout le pays sont plus ou moins magnésiennes. On avait atteint une nappe aquifère, de celles que E.-F. Gautier appelait « les eaux fossiles ». La superficie des palmeraies et des cultures vivrières irriguées en fut décuplée en quelques années aux alentours. Et, autre innovation, l'on utilisa la force ascensionnelle de ce jaillissement pour actionner une turbine horizontale : cet appareil placé à la sortie du puits transforme la pression hydraulique verticale en courant électrique par l'intermédiaire d'une dynamo. L'agglomération de Zelfana est ainsi alimentée en courant-lumière par ce que les petits fonctionnaires du coin appelaient avec humour le « puits électrogène ».

En 1953, dans le Souf (à l'est de Touggourt), où les palmeraies dépérissaient, un forage de 453 mètres fit découvrir la nappe aquifère abondante qui a sauvé toute cette région. D'autres très beaux jaillissements artésiens ont été provoqués à El-Goléah, In-Salah, Fort-Flatters, — en plein Sahara, — et dans les oasis du M'zab.

Une expérience très intéressante et qui donna des résultats concluants fut entreprise à Adrar par des officiers sahariens avec le concours de l'Hydraulique : celle des cultures vivrières « sans sol » (sur sable inerte enrichi par des solutions nutritives) et à l'air libre (sans serre), l'eau étant puisée par un puissant aéro-moteur.

Mais en matière d'*utilisation de l'énergie éolienne*, la plus impressionnante et la plus ample des opérations de mise en valeur de la steppe est celle que le service de l'Hydraulique avait engagée dans le sud du Tell, depuis la frontière marocaine jusqu'à la frontière de Tunisie, dans un quadrilatère de 800 km de longueur sur 150 de largeur !

Cette immense région de parcours et de « pâturages » du pays de l'Alfa était inaccessible aux troupeaux en raison du nombre insuffisant des lieux d'abreuvement et des distances excessives à franchir entre deux points d'eau. La première région traitée à titre expérimental fut le Sud oranais, depuis la frontière marocaine jusqu'au Sersou, d'une part, et entre le sud de Tlemcen, de Sidi-bel-Abbès, de Mascara, de l'Ouarsenis, et le Djebel Amour, le Chott Chergui et l'Atlas saharien d'autre part.

Des nappes aquifères abondantes existaient dans le sous-sol. Les géologues de l'Hydraulique s'en étant assurés, *les ingénieurs jalonnèrent des centaines de milliers d'hectares, d'un réseau de points d'eau aménagés, conçu de telle sorte que les troupeaux n'eussent pas plus de 12 à 15 kilomètres à franchir pour aller d'un abreuvoir à un autre*. Chacun des points d'eau (il y en avait plusieurs centaines) était équipé d'un puits abrité avec moteur et pompe, d'un abreuvoir automatique et, très souvent, d'une maison de gardien.

Un journaliste qui consacra plusieurs jours à un reportage sur ce quadrillage hydraulique du Sud-Oranais, observa que nombre de familles de gardiens arabes vivaient sous la tente et utilisaient la maison comme bergerie pour leur petit troupeau de chèvres et de moutons ; d'autre part, le système automatique d'alimentation des abreuvoirs fit l'objet d'études prolongées : des dispositifs classiques à flotteurs furent éliminés et remplacés par des appareils masqués dans la maçonnerie car les bergers, par désœuvrement, les brisaient...

Les moteurs d'adduction étaient, soit des moteurs thermiques, soit, plus fréquemment, un appareil éolien. Les « aéromoteurs » de fabrication française et étrangère furent éprouvés concurremment au cours de la période d'essais contrôlés. *C'est un constructeur de Sidi-Bel-Abbès qui triom-*

pha des grandes firmes en compétition, avec une « éolienne » d'un excellent rendement et parfaitement adaptée aux conditions d'utilisation imposées par le climat et les vents de ces régions pré-sahariennes.

Ces aménagements étaient très rentables. Leur prix de revient ne dépassant pas 4 à 5 millions (anciens) par point d'eau et *chaque point d'eau permettait l'exploitation par les nomades de 10 000 hectares de pâturage et l'élevage de 5 000 moutons.* En outre, dans certains cas, les pasteurs s'aménageaient de petites zones de culture céréalière.

On le voit, les travaux de « petite et moyenne hydrauliques agricoles » en Afrique du Nord ne manquaient point d'ampleur... En Tunisie et au Maroc comme en Algérie, ces travaux, — qu'il s'agisse d'assainissement des terres, d'utilisation des eaux superficielles, de mobilisation des eaux profondes, de défense contre les crues et l'érosion, d'alimentation des villages et des bourgades en eau potable, — ont largement contribué, non seulement à l'extension de l'aire agricole (des milliers d'hectares par l'assainissement et le drainage dans le Tell), mais ont permis en outre la mise en valeur de régions arides ou semi-arides, même au Sahara. C'est le cas, parmi d'autres, de certaines oasis isolées du Sud marocain, comme Taghjicht, Tata, Tissint, Tazzarine, ou de Tunisie (celle de Kébili par exemple) caractérisées par une pluviométrie extrêmement faible et irrégulière : de l'ordre de 100 mm par an et parfois néfaste en raison de la violence des précipitations. Ces oasis formaient un monde à part sans autre contact avec le reste de l'humanité qu'à l'occasion des opérations de troc. Les travaux d'hydraulique donnèrent lieu à de véritables « mutations » sociales.



Mais l'appréciation de l'ingénieur américain Lawdermilk, exprimée en 1937, concernait la grande hydraulique de l'Algérie, celle des barrages-réservoirs qui domptent et recueillent les eaux sauvages pendant la saison des pluies pour les distribuer au printemps et en été aux agriculteurs des périmètres irrigables tout en produisant, la plupart du temps,

des millions de kilowatts-heure dans les usines hydro-électriques édifiées au pied des murailles de retenue.

C'est en Algérie, en effet, que pour la première fois des études précises et approfondies furent entreprises sur la totalité du territoire d'un pays : depuis l'extension du réseau météorologique, équipé de façon très moderne, jusqu'à la rationalisation et l'unification des « modules d'irrigation », (de nouvelles séries furent mises en place en 1955), en passant par l'inventaire des cours d'eau, de leurs débits, l'étude des relations pluies-débit, les explorations pédologiques de MM. Martin et Drouhin commencées en 1937, les essais de plantes à cultiver dans les périmètres irrigués à la lumière des expériences concernant dans chaque zone, les relations sols-plantes. (Travaux de M. Gilbert Gaucher en liaison avec MM. Delomme à Tunis et Bauzil au Maroc, etc...)

Bref, il est certain qu'à partir de 1946-48 le service de l'Hydraulique d'Algérie fut le plus complètement informé et documenté des services similaires de tous les pays du Bassin méditerranéen. C'est ainsi que bien des ingénieurs étrangers, — notamment les Israéliens, — eurent recours à lui pour être conseillés. La contribution scientifique algérienne aux congrès internationaux eut si régulièrement un retentissement mondial, que pour rendre hommage à la direction du Service de l'Hydraulique en Algérie, le Congrès International du drainage et de l'irrigation tint ses assises à Alger en 1953.



Il était de règle que les techniques les plus modernes de construction de barrages fussent étudiées, mises au point, perfectionnées, — avec le souci d'écartier les moindres risques, — avant d'être appliquées : barrages lourds, rigides ou « souples » (dont le parement intérieur est couvert d'une sorte de tapis de gomme imperméable et élastique); barrages à voûtes minces (du type de celui qui se rompit à Fréjus); barrages dont l'enrochement dans des terrains friables (des schistes notamment) exigeait des injections massives de béton dans les berges d'appui; barrages d'infero-flux exploitant les eaux d'oueds souterrains. (Le plus remarquable est

celui de Tadjemout sur l'oued M'zi, entre Laghouat et le Djebel Amour.)

Ainsi, parmi les ouvrages lourds, figure le barrage « souple » du Ghrib, dans la vallée du Haut-Chelif : il accumule 140 millions de mètres cubes d'eau et devait distribuer cet élément de vie à 30 000 hectares de cultures dans la région d'Affreville. Parmi les ouvrages à voûtes légères, l'admirable et récent barrage de Beni-Bahdel, à proximité de la frontière marocaine, alimente Oran en eau potable par des tubes en béton précontraint de 1 m 20 de diamètre ! Ces tubes fabriqués en 1945-47 dans une usine édifée sur place, fournirent une canalisation de plus de 120 kilomètres.

Dans le même temps, les vieux barrages étaient rénovés, consolidés et leur capacité accrue par la surélévation de leurs digues.

Mais le plus beau barrage du monde serait œuvre morte si les terres qu'il domine ne sont pas aménagées pour utiliser le trésor qu'il contient... Or les périmètres irrigués d'Algérie *comptaient parmi les mieux équipés du monde*. Ainsi celui d'Oued-Fodda. Né du programme de 1931, il est dominé par un haut ouvrage lourd sur le cours d'eau de ce nom, complété par un petit « ouvrage de prise » aux Portes de Fer et par une dérivation des eaux du Chélif au barrage de Pontéba. Ce périmètre irrigué de 20 000 hectares est desservi (100 millions de mètres-cubes en moyenne par an) par *474 kilomètres de canaux et 200 kilomètres de conduites tubulaires, préfabriqués en usine suivant une technique qui sert de modèle à l'Etranger*.



Les agriculteurs des périmètres irrigables n'avaient pas tous eu le temps, il est vrai, d'adapter leurs cultures à l'utilisation de la nouvelle source de richesse. En 1957, on comptait que 30 000 hectares irrigables demeuraient encore « en sec ». Et le service agronomique de l'Hydraulique en liaison avec la direction de l'Agriculture et de l'Expérimentation agricole, dut procéder à des études très poussées pour provoquer la

pleine utilisation des eaux par les propriétaires européens et musulmans. Cette nécessité de l'adaptation de l'agriculteur à l'irrigation est d'ailleurs un phénomène psychologique bien connu. Jean Brunhes, l'un des maîtres de la Géographie humaine, l'avait prévu lors de ses voyages d'étude en Algérie : il citait alors le cas de cultivateurs du sud de l'Espagne qui furent ruinés du fait de leur inadaptation à la soudaine abondance des eaux que leur apportaient les barrages...

On doit noter à cet endroit, *une innovation hardie en matière de réglementation foncière dans les périmètres irrigués d'Algérie* : en 1941, le directeur de l'Hydraulique, M. René Martin, élaborait le texte d'un projet de loi qui fut adopté sous le nom de « Loi Martin » et qui aboutissait à une véritable réforme agraire dans les zones enrichies par l'eau des barrages. Le principe en était que *le propriétaire de 500 hectares (par exemple) de terres « sèches » de peu de valeur auparavant, était fabuleusement enrichi par la plus-value que donnait à son domaine les possibilités d'irrigation fournies par l'Etat, donc par la collectivité publique. Il était légitime de réduire la superficie de ce domaine pour installer de nouveaux colons et des fellahs qui seraient initiés aux cultures irriguées.* Cette loi, ayant été promulguée par le gouvernement de Vichy, ne fut pas suivie d'effets et fut rapportée par la suite. Mais la réforme de 1958 l'avait reprise partiellement en faisant *obligation aux propriétaires de superficies irrigables de pratiquer des cultures irriguées sous peine d'expropriation partielle ou totale.*

Pour revenir au remarquable équipement de distribution d'eau dans les périmètres irrigués — complétés souvent par des travaux de drainage — on peut dire qu'en ce domaine l'Afrique du Nord était en tête du progrès : l'Algérie, à elle seule, avait installé plus de 2 800 kilomètres de canaux de transport de l'eau et de canaux de drainage.

C'est pourtant au Maroc qu'ont été édifiés les plus grands barrages d'Afrique du Nord. L'hydrologie et la pluviométrie y sont infiniment plus favorables, abondantes et régulières, et les Atlas constituent le plus beau « château d'eau » du

Maghreb. Six barrages-réservoirs (dont les ouvrages géants d'Imfout et de Bin-el-Ouidane) et deux dérivations fluviales mettent en réserve près de un milliard et demi de mètres cubes permettant d'irriguer plus de 420 000 hectares... (Presque trois fois plus qu'en Algérie.)

En Tunisie, un ami de Lyautey, l'ingénieur Coignet venu en 1906, publia en 1917 un ouvrage dans lequel il désignait une série de sites favorables à l'implantation de barrages-réservoirs. En 1945, le Conseil supérieur de l'Hydraulique agricole, reprenant l'examen du rapport Coignet, décida la construction de barrages sur l'Oued-el-Lil et sur l'oued Mellègue pour irriguer 20 000 hectares dans la plaine de Souk-el-Arba.

Entre temps, l'ingénieur Pervinquière avait effectué la reconnaissance hydro-géologique complète de la Tunisie. Les travaux de petite et moyenne hydrauliques avaient été multipliés, notamment dans le Sud. Grâce à ces apports d'eau, on put entreprendre la sélection de la datte « Deglet-Nour » et *au recensement de janvier 1951, les palmeraies tunisiennes où l'on ne trouvait aucun dattier de qualité au début du Protectorat, en comptaient plus de 120 000...*

L'eau de la plupart des grands barrages-réservoirs d'Afrique du Nord actionne des usines hydro-électriques construites en aval, en « pied de muraille ». Ainsi l'Algérie dispose de vingt-sept de ces usines qui produisaient ensemble quelque 400 millions de kWh. Il s'ajoute à ces barrages d'intérêt agricole des usines hydro-électriques où l'énergie hydraulique est essentiellement consacrée à la production d'énergie électrique. C'est le cas des usines de Boghni (en Haute Kabylie) et, surtout, des énormes installations créées par « *Electricité et Gaz d'Algérie* » en Petite Kabylie du Constantinois : sur l'oued Agrioun (95 000 kWh de puissance installée et 200 millions de kWh de courant « forte charge » par an), et sur le Djen-Djen supérieur (160 millions de kWh par an).

Ainsi l'énergie hydro-électrique représentait plus du tiers de la production totale de l'Algérie en électricité qui, en 1960, atteignit un milliard et demi de kWh, marquant un accroissement de 150 % en dix ans.

Une part de cette production commençait à être orientée vers l'électrification rurale : cinq cents villages et centres ruraux isolés, en particulier en Kabylie, furent dotés du courant électrique en quinze ans. *Dans la seule période 1953-1956, 117 douars et 352 fermes furent électrifiées*, tandis que la longueur des lignes « rurales » de haute ou basse tension passait de 4 000 à plus de 8 000 kilomètres. Cet accroissement (l'un des plus élevés en proportions du Bassin Méditerranéen) a fourni à l'agriculture, non seulement l'éclairage électrique mais une force motrice précieuse pour les pompages et les travaux de labours profonds et de défoncement, les appareils de récolte, les installations de stockage, etc.

Mais voici encore une invention algérienne...

Les admirables ouvrages de grande hydraulique extrêmement coûteux, étaient menacés de voir leur existence excessivement réduite par *l'envasement* — autre conséquence de l'érosion et de l'insuffisante protection végétale des pentes de leurs bassins versants.

C'est ainsi qu'en Oranie, le vieux barrage des Cheurfas, complètement envasé, dut être remplacé. Mais il y avait plus grave : le haut barrage lourd d'Oued-Fodda, près d'Orléansville, terminé vers 1930, était déjà envasé jusqu'au tiers de sa hauteur en 1950... On pouvait donc estimer qu'il deviendrait pratiquement inutilisable moins d'un siècle après sa construction : il s'envasait au rythme de 2 à 3 millions de mètres cubes par an... Or cet ouvrage, d'une capacité initiale de 200 millions de mètres cubes assurait l'irrigation des cultures riches (agrumes, coton, etc.) de la région d'Orléansville. C'était la ruine en perspective pour cette partie de la plaine du Chélif...

La première mesure à prendre le fut : la protection des pentes du bassin versant de l'Oued-Fodda par des reconstitutions forestières, des travaux de soutènement et de colmatage, bref tout ce qui pouvait, sinon empêcher, du moins réduire l'évasion de la terre végétale et son écoulement boueux vers le fond du lac-réservoir. Dans le même temps, la direction de l'Hydraulique recherchait un moyen d'évacuer les nouveaux apports terreux et si possible de « chasser » une part des vases accumulées depuis trente ans dans le

« réservoir ». Les constructeurs de barrages résolurent le problème par un procédé d'une hardiesse et d'une ingéniosité peu communes : percer en trois endroits la muraille de roches et de béton (plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur) au niveau supérieur du lit d'envasement et, par un système de vannes, évacuer les eaux chargées de limon, en les mêlant, dans une proportion prudemment étudiée, aux eaux distribuées aux irrigateurs. La prudence s'imposait en effet, car les vases accumulées forment une masse argileuse extrêmement fine, compacte, absolument infertile, qui risquait, si elle était libérée à trop forte dose, de stériliser les terres...

Les moyens d'exécution choisis furent tout aussi ingénieux et hardis. On décida d'attaquer avec d'énormes « fraises » la muraille du barrage sur ses deux parements. Sur le parement extérieur, il était relativement aisé de dresser des plates-formes métalliques supportant la « perceuse ». Mais sur le parement intérieur, il fallait trouver le moyen d'immerger le chantier... On conçut un appareillage étonnant : une chambre de travail « globulaire » et légère, en matière transparente à armatures d'aluminium, et qui collait à la paroi lisse du barrage grâce à une ventouse circulaire et à la pression de l'eau à la profondeur (60 mètres environ) commandée par le niveau d'envasement... On accédait à cette chambre de travail par un tube souple formant échelle... Et l'ensemble du dispositif était soutenu : partie par de gros flotteurs sphériques, partie par un système de câbles d'acier.

Les énormes « fraises » furent construites en alliage d'acier dur. Mais dès le premier essai d'attaque du parement extérieur, il fallut se rendre à l'évidence : si dur qu'il fût, l'alliage d'acier ne l'était pas assez pour percer plusieurs mètres d'épaisseur de béton et de roches... La déception était d'autant plus vive qu'on eût aimé tenir l'opération secrète pour la révéler seulement lors d'un congrès, quand les résultats seraient acquis et les gigantesques « robinets de vidange » en fonctionnement...

Pour obtenir de leurs métallurgistes la construction de fraises en aciers spéciaux, M. Georges Drouhin dut révéler aux Etats-Unis, aux techniciens de l'Hydraulique, le procédé qu'il avait imaginé avec ses proches collaborateurs. Les ingénieurs

américains se passionnèrent si bien pour « l'invention algérienne » (elle les intéressait directement car ils avaient eux aussi à résoudre le grave problème de l'envasement des barrages-réservoirs), qu'exprimant leur enthousiasme devant le projet de trouser l'ouvrage de l'Oued-Fodda, ils offrirent, en échange de la révélation qui leur en était faite, de prendre à leur charge la construction des machines de percement.

C'est ainsi que furent pratiqués, quelques mois plus tard (en 1956) les trois énormes « *trous dans le mur* »... Le système de vannes commandant « l'évacuation basse » des eaux chargées de limon frais et de vase délitée fut installé dans l'une des galeries de surveillance ménagée dans la paroi du barrage lors de sa construction. Dès lors, *l'envasement du barrage d'Oued-Fodda fut « stoppé » et commença même à diminuer légèrement...*

Il reste, avant de terminer ce survol rapide de l'Hydraulique en Afrique du Nord, à parler aussi brièvement que possible de la découverte hydro-géologique à quoi nous avons fait allusion plus haut car elle faillit doubler la superficie des périmètres irrigables et la production d'énergie hydro-électrique de l'Algérie... Si tragique que fut cette aventure, sa portée scientifique demeure intacte.

Il s'agit du « *mystère* » du *Chott-Chergui* qu'éclaircissent le directeur général, M. Georges Drouhin, et son collaborateur, le regretté géologue Marcel Gautier, chef du service scientifique de l'Hydraulique.

Le *Chott-Chergui*, on le sait, est le plus grand des « lacs salés » d'Algérie ou, plus exactement une succession de lacs salés s'étendant en chapelet, en pleine « mer de l'alfa » du Sud oranais, sur quelque 125 kilomètres de longueur et 20 ou 25 kilomètres de largeur en moyenne, entre les monts de Saïda au nord et l'Atlas Saharien au sud. *Il forme le fond d'une cuvette qui, limitée du côté du Maroc et vers l'Algérois, par des hauteurs beaucoup moindres, constitue un « bassin versant » ayant à peu près la superficie de la Suisse* (environ 550 000 kilomètres carrés).

Le « *mystère* » réside dans ces deux phénomènes :

— *l'existence*, à la pointe occidentale du principal lac, d'une

abondante source pérenne d'eau douce (l'Ain-Seghouina) qui jaillit à la température de 28° en toutes saisons, ce qui indique son origine profonde ;

— *le fait que la cuvette du Chott-Chergui ne contient en hiver qu'une nappe d'eau (salée) d'une vingtaine de centimètres de profondeur qui disparaît par évaporation en été, en laissant sur le limon du fond une efflorescence blanche de cristaux de chlorure de sodium — cela alors que la pluviosité annuelle sur l'immense bassin versant d'alentour est de l'ordre de 250 millimètres.*

MM. Drouhin et Gautier n'en pouvaient douter : l'eau jaillissante de la « Source chaude » avait pour origine une nappe profonde. Mais où passaient les 130 milliards de mètres cubes de pluies que reçoit annuellement le bassin versant dont le Chott est le fond de cuvette ? Si intense que fût l'évaporation dans le Sud oranais du fait de l'ensoleillement intense quasi-quotidien et d'un régime éolien très actif, on ne pouvait admettre que le ruissellement le long des montagnes périphériques n'amenât au Chott que ces quelques dizaines de millimètres d'eau — d'ailleurs plus ou moins salée selon l'intensité des pluies..

Les géologues étudièrent les roches du bassin versant, les limons du Chott, procédèrent à de multiples prélèvements, à autant de sondages. C'est au cours de ces recherches que M. Marcel Gautier, survolant la région dans un avion d'observation, découvrit sur les pentes de presque tout le pourtour du bassin versant, l'existence de ce que les Arabes du pays appellent des « dayas » — sortes de petits cratères dont le fond est très perméable. Au point qu'elles apparurent aussitôt aux géologues comme les réceptacles qui recueillaient une grande partie des eaux de ruissellement pour les diriger, selon l'hypothèse la plus vraisemblable, vers une nappe aquifère profonde et extrêmement abondante.

Cette hypothèse devant être vérifiée plus tard au cours des sondages géologiques et hydro-géologiques : en avril 1952, un appareil de forage atteignit à plus de 2 000 mètres de profondeur la nappe qu'on recherchait. Elle était contenue entre des roches imperméables au-dessous et des calcaires très fissurés

au-dessus — comme le laissaient prévoir les affleurements minéraux de la surface, sur le pourtour du bassin versant.

Les géologues calculèrent, en tenant compte de l'évaporation et des pertes possibles, que *la réserve souterraine du Chott-Chergui pourrait aisément fournir un milliard de mètres cubes par an!*

En même temps, se poursuivaient *les essais de mesure de l'évaporation sur le Chott et dans toute la région*. Essais très poussés (appareils au sol, appareils sur tour métallique à plusieurs niveaux au-dessus du sol, etc.) et qui intéressèrent fort les milieux scientifiques américains spécialisés dans les recherches de cette nature. Mais les résultats ne furent guère plus concluants qu'aux Etats-Unis.

C'est alors qu'au début de l'été, parcourant une fois de plus le Chott à sec, MM. Drouhin et Gautier, pendant une longue confrontation de leurs hypothèses, furent ensemble traversés par la même idée : le Chott sur lequel ils se promenaient pouvait n'être salé que superficiellement, et son limon être le siège de phénomènes de capillarité dans des sens alternatifs, selon les saisons... S'il en était ainsi, le Chott jouait, pour la nappe aquifère sous-jacente, le rôle d'un gigantesque appareil évaporatoire. Il suffirait alors, pour rompre le processus de capillarité et empêcher l'évaporation, de procéder à un pompage suffisant pour abaisser le niveau du liquide sous le limon. Dès lors, l'immense réserve d'eau douce fournie par la nappe aquifère serait préservée de l'évaporation et, par des pompes massifs, pourrait être exploitée...

Aussitôt, MM. Drouhin et Gautier firent prélever dans des cylindres, avec des soins infinis, des échantillons du limon du Chott. On transporta ces échantillons par avion à Alger où le Service scientifique de la direction de l'Hydraulique les examina fragment par fragment. *Les examens microscopiques confirmèrent l'hypothèse de MM. Drouhin et Gautier. Le limon du Chott était le siège de phénomènes de capillarité intenses : des canalicules le traversaient de haut en bas, et ces canalicules étaient « tapissées » de sel sur plusieurs centimètres près de la surface. Au-dessous, les mêmes canalicules contenaient, non plus du sel, mais de l'eau très salée, puis légèrement salée, puis, plus bas, sans trace de sel...*

Entre temps, des sondages d'exploration sur le Chott avaient indiqué une profondeur à peu près constante du niveau phréatique de l'eau *non salée*, à quelques mètres de la surface.

Dans les années qui suivirent, on procéda à des pompages de plus en plus massifs. D'abord avec une machinerie débitant un mètre cube à la seconde. En même temps, on mesura, avec des appareils spéciaux, l'incidence des prélèvements sur la nappe pendant un mois, dans un cercle de quelques centaines de mètres autour de la station de pompage. Cette incidence était pratiquement nulle. *On utilisa alors quatre stations de pompage pour extraire, pendant un mois, 4 mètres cubes par seconde, soit au total 155 millions et demi de mètres cubes. L'influence de cette opération massive sur le niveau piézométrique fut très nette mais assez limitée : quelques centimètres en trente jours. L'ensemble des hypothèses Drouhin-Gautier se trouvait donc confirmé dans les faits.*

On dressa le programme d'utilisation d'un milliard de mètres cubes d'eau par an que pourrait fournir le bassin du Chott-Chergui. Le plan était le suivant : l'eau extraite par pompage devrait être refoulée en pente douce sur quelques kilomètres à une hauteur d'une quarantaine de mètres seulement pour atteindre un col au nord-est de l'Aïn-Seghouna. A partir de ce moment, elle pouvait être dirigée par simple gravité vers les plaines du nord de l'Oranie. On rendrait là irrigables quelque 150 000 à 200 000 hectares d'excellentes terres. Chemin faisant, l'eau serait « turbinée » dans plusieurs grandes usines hydro-électriques pour fournir à l'Algérie 1 milliard et demi de kWh par an... C'était doubler du même coup la superficie des périmètres irrigués et la production d'énergie électrique de l'Algérie de 1950 !

Les dirigeants des services techniques du Gouvernement général furent en grande majorité favorables à la pleine exécution, mais par étapes, de ce vaste projet. Les services techniques et financiers de Paris se montrèrent plus réticents, tout en admettant la valeur indéniable des hypothèses exprimées et des premiers résultats expérimentaux acquis. Ils se déclarèrent en fin de compte favorables à l'ouverture des crédits d'aide nécessaires à la réalisation de la première

tranche du programme par étapes : l'exploitation de 100 à 150 millions de mètres cubes par an. Mais, contre toute attente, l'Assemblée algérienne hésita à apporter sa contribution financière à ce programme et maintint « provisoirement » cette position (à l'exception des délégations d'Oranie) malgré une modification des projets de la première tranche pour en rendre l'exécution limitée et plus économique.

Apprenant l'obstination de l'Assemblée et l'interprétant comme un manque de confiance dans sa compétence personnelle, le géologue Marcel Gautier se donna la mort...

L'heure du début de l'insurrection était proche. Les événements tragiques qui suivirent, pendant sept ans, firent oublier la découverte de la prodigieuse réserve d'eau du Chott-Chergui. Il n'en fut même pas fait mention dans le « plan de Constantine »... Heureusement !

Sans doute, cette immense richesse ne sera-t-elle jamais exploitée...



Le grand géographe, historien, géologue, botaniste, écrivain, que fut Emile-Félix Gautier avait là encore exercé son intuition... Les géologues d'aujourd'hui en ont la quasi-certitude : d'énormes réserves hydrologiques gisent sous un tiers au moins de la surface du Sahara... Il s'agit des nappes albiennes et ponciennes que Conrad Killian appelait le « *Continental intercalaire* ». La nappe albienne affleure dans le Tidikelt (Reggan, In-Salah) où les foggaras irriguent les oasis. Au nord de l'oued Rhir, elle s'enfonce à 2 000 mètres, mais son niveau est très variable : 500 mètres à Flatters (température 32°), 1 300 mètres à Ouargla (49°), 1 500 mètres à Hassi-Messaoud (54°).

Il serait possible de prélever, sans compromettre la nappe, un débit constant de 20 mètres cubes/seconde pour irriguer 30 000 hectares de palmeraies et recaser 300 000 personnes (une famille de dix personnes par hectare). L'opération avait été amorcée par l'O.C.R.S. (l'Organisation commune des régions sahariennes) pour les forages de faible ou moyenne profondeurs (100 à 500 mètres) : chacun des dix forages

prévus pour 1959 ne devait coûter en moyenne que 150 millions d'anciens francs.

Les forages profonds (1 500 mètres) se seraient substitués, par la suite, à l'exploitation empirique, par éoliennes et foggaras, des eaux artésiennes à faible profondeur (30 mètres). Mais un problème subsistait : le débit et le mode de reconstitution des nappes souterraines. Un puits artésien limite et souvent tarit un puits artésien voisin, c'est phénomène courant dans la vallée du Rhir et à In-Salah. Les oasis du Touat, du Gourara, du Tidikelt puisent toutes dans l'Albien, aux points où cette nappe affleure la bordure du Tademaït. On s'était attaché à déterminer géologiquement les endroits où elle pouvait être utilement exploitée sans que les cotes piézométriques fussent abaissées au point de voir asséchées des régions supportant quelque végétation. Les problèmes de la mise en harmonie des ensembles hydrauliques, de leur approvisionnement et de leur capacité de ruissellement local, demeureraient perpétuellement posés. Cela exigeait encore des études très approfondies et des sondages multipliés.

Il existait, en outre, des projets de *barrages d'accumulation*, collectant soit les eaux provenant de l'Atlas saharien, soit du bassin du Niger, certaines adductions pouvant être envisagées dans les régions désertiques. (L'une des études les plus ingénieuses et les plus hardies en ce domaine est celle de M. Kervan sur « *La Mise en valeur du Sahara : fleuves sahariens ?* » où l'on envisage l'irrigation du désert par des canaux étroits et assez profonds, alimentés par le Niger.)

« Des amenées d'eau pouvaient être étudiées à partir du Chari et du Tchad, des sources nouvelles d'énergie offrant des solutions économiques », affirment ailleurs les auteurs d'autres projets...

Car il était d'autres projets...

Les eaux sont souvent fortement minéralisées au Sahara. Tant que cette minéralisation (chlore, soufre ou magnésie) n'atteint pas 7 grammes par litre, la végétation de certaines plantes est possible. (Aux alentours de 2 grammes, la culture des céréales et des légumes peut encore être envisagée. Le sorgho et le mil s'accoutument d'une certaine salure des terres. Le palmier-dattier supporte jusqu'à 7 grammes.) Or

l'eau est d'autant moins minéralisée qu'on va la chercher plus profondément. Mais une eau théoriquement utilisable par l'agriculture, malgré un taux de minéralisation assez élevé, risque de ne plus l'être après un ruissellement à la surface de l'oasis : l'évaporation, la structure minérale du sol, etc., risquent de la charger encore en chlorures. L'évacuation hors des oasis des eaux sursaturées de sels présentera toujours des difficultés. On le vit bien, à In-Salah et à Ouargla... *La distillation solaire* n'est encore possible que pour la fourniture d'eau de boisson et par petites quantités. Elle peut s'imposer dans des zones tout à fait déshéritées, autour des ponctions pétrolières où seules des nappes d'eau salée voisinent avec le pétrole. *La séparation des sels par congélation* restera toujours très onéreuse, surtout au Sahara. *L'électrodialyse*, qui consiste à abaisser la teneur en sel de 12 grammes à 0,5 g, dans certains cas, par le passage à travers une membrane, ne permet pour l'heure qu'un débit limité, à l'usage domestique...



Je me suis permis cette incursion dans le domaine saharien pour simplement indiquer que, même dans ces solitudes, la colonisation française a étudié, de façon très poussée, les problèmes les plus difficiles. Elle a fait mieux : même là, elle a multiplié les travaux de mise en valeur.

Au printemps de 1960, les conseillers lyonnais du Commerce extérieur avaient effectué un voyage d'études au Sahara. Leur rapporteur, M. Jean Varille, auteur du compte rendu de cette randonnée, nous fit part de ses observations concernant précisément la mise en valeur du Sahara, en cours à cette époque. Si rapide que fût ce tour d'horizon, son ouvrage donnait une idée de l'énergie et de l'ingéniosité qui furent déployées, là comme partout ailleurs en Afrique du Nord...

A *El Goléa*, au jardin expérimental de l'Annexe, un puits artésien de 130 mètres de profondeur débitait 5 m³/minute d'eau à 45° C pour l'irrigation de trois étages de végétation : blé, orge, sorgho, puis arbres fruitiers : orangers, figuiers, grenadiers, abricotiers et enfin, au-dessus, les palmiers-dattiers qui faisaient, en 1960, l'objet de recherches d'amé-

lioration de la qualité des dattes, en vue de leur exportation.

La C.A.P.E.R. organisait sur 200 hectares les nouvelles plantations de dattiers et confiait des parcelles d'un hectare chacune à des familles nécessiteuses. (Remboursement modéré en 20 ans après l'entrée en plein rendement.)

A *Beni-Abbès*, le Centre saharien de recherches agricoles, dirigé par M. Nicolas Menchikov et le professeur Pierre Chouard, de la Faculté des Sciences de Paris, était le lieu d'expérience de la « culture sans sol » ou *hydro-ponomique*, entreprise par une botaniste, Mme Renaud. Ces expériences s'inspiraient de la méthode californienne de M. W. F. Gericke, fournissant aux racines des solutions minérales diluées. Le dispositif comprenait des bacs dans des tranchées d'un mètre de large sur 4 à 5 mètres de long et d'une profondeur de 30 centimètres environ. L'étanchéité de ces bacs était assurée par une mince feuille de matière plastique, sur laquelle on disposait les matériaux de culture : 3 centimètres de gravier recouverts de 20 centimètres de sable du Grand Erg Occidental.

Deux autres dispositifs avaient été conçus par le professeur Chouard : le premier consistait à répartir au voisinage des racines les solutions nutritives au moyen de tuyaux en matière plastique ; le second, à limiter l'évaporation en recouvrant la surface du sol avec des feuilles de matière plastique, ce qui fait converger l'eau des irrigations vers les rangs de plantes en maintenant le sable dans une tiédeur humide convenable. Les quantités d'eau consommées, grâce à ces méthodes, n'excédaient guère 5 litres par mètre carré et par jour.

A *Adrar*, le périmètre expérimental agricole constituait plutôt un centre d'études et de recherches pédologiques et agro-biologiques qu'un centre de vulgarisation agricole.

Quinze hectares avaient été dessalés depuis 1956, et la création des champs d'expérience rendue possible grâce à une « éolienne », aidée périodiquement par un moteur diesel, qui permettait de pomper à 7 m 50 de profondeur dans la nappe phréatique non artésienne (légèrement saumâtre) du Continental intercalaire (Albien).

Le débit hydraulique était de 1 000 à 1 300 mètres cubes

par jour. Le diesel suppléait l'éolienne quand il n'y avait pas de vent ou lorsque le vent de sable soufflait avec force. Le prix de revient annuel de l'eau était de 4 à 5 francs le mètre cube. Cette installation permettait les cultures maraîchères d'octobre à mai. Il avait été décidé de mettre en place six nouvelles éoliennes pour l'irrigation de 90 hectares de terrains expérimentaux consacrés à des céréales.

Une éolienne permettait indifféremment l'irrigation de 15 hectares de cultures maraîchères ou de 50 hectares de palmeraie.

— *Les plantations expérimentales d'Adrar*, nous dit M. Varille, *étaient constituées, en novembre 1959, par de jeunes plants de palmiers et des potagers où alternaient artichauts, courgettes, fèves, oignons, poireaux, pommes de terre ou tomates. En outre, s'étendaient d'assez vastes champs de « blé Ben Mabrouk » qui devait donner 40 quintaux à l'hectare, l'orge, la canne d'Égypte et le henné tranchaient avec les cultures légumières. Une autre graminée, le « Bechna », genre de Sorgho, était pleine de promesses.*

« *Des essais de TOLÉRANCE AU SEL des plantes étaient judicieusement poursuivis.* »

A Ouargla, la C.A.P.E.R. avait installé une vaste palmeraie nouvelle pour faciliter la fixation des nomades tendant à se sédentariser : 160 hectares, aménagés sur un ancien chott où l'investissement-travail revenait à 1 million de francs anciens par hectare. Mais le rapport, à plein rendement, atteignait 500 000 francs anciens par hectare et par an. (Un palmier donne sa pleine production de la quinzième à la centième année!) Chaque famille recevait un hectare de terrain à rembourser en 25 ans, sans intérêt, grâce au produit des récoltes de dattes et des petites cultures dans l'oasis, sous la direction d'un moniteur agricole. « Relativement froide, l'eau venait d'un forage dans la couche sénonienne, à 250 mètres de profondeur, avec un débit de 540 litres-minute. »

Les dattes d'Ouargla, de bonne qualité, étaient achetées par une seule et même maison de Marseille qui fixait ainsi, d'autorité, chaque année, le cours. (En 1959, la « Deglet Nour » fut payée entre 80 et 110 francs le kilo stocké sous palmeraie.)

Le développement de beaucoup d'oasis, comme Ouargla,

dépendait de l'eau qui, grâce au pétrole tout proche, devenait peu coûteuse à extraire du sous-sol : la « mer souterraine » de l'Albien est là, présente, issue des ruissellements de l'Aurès et de l'Atlas Saharien. Des forages à grand débit, dont le coût moyen à l'unité approchait 200 millions, avaient pu être entrepris. 40 000 mètres cubes d'eau artésienne jaillissaient chaque jour d'une profondeur de 1400 à 1800 mètres. Cette eau potable, — bonne pour certaines cultures et dont la minéralisation est de l'ordre de 1 gr 7 à 1 gr 9, — sourd à la température de 50 degrés en moyenne, dans un flot de 27 mètres cubes à la minute. On touche là l'un des points délicats des problèmes que soulève l'agriculture saharienne : celui de l'écoulement des eaux minéralisées.

« Les points bas de l'oasis risquent de se sursaturer d'un sel qui menace la vie même de la végétation si laborieusement promue. Le drainage des eaux minéralisées en surface est bien l'un des impératifs essentiels de l'utilisation des eaux nouvelles. Il convient de procéder tous les quinze jours à la scarification des sols et de recourir à des dessalages en amenant l'eau jusqu'à des déversoirs. Le chott qui sert d'épandage est au même niveau que les premières palmeraies. Aux resurgences d'hiver celles-ci sont envahies. » On envisageait d'effectuer 400 millions d'anciens francs de travaux pour atteindre une dépression plus basse située à une quarantaine de kilomètres...

A *Ghardaïa*, la palmeraie a puisé de tout temps dans la nappe phréatique, proche de la surface, ses besoins hydrauliques. On pompait l'eau autrefois à la main ou par traction animale. Maintenant, elle est amenée électriquement de l'Albien dont la couche repose entre 400 et 1 000 mètres de profondeur. Une vingtaine de forages avaient déjà été effectués. Le mètre cube revenait à 12 francs et l'analyse ne dénonçait qu'une assez légère minéralisation : 1 gr 5 environ par litre. Il était très intéressant de déterminer les points de stérilité du sol pour une culture particulière, et l'on s'y attachait. La dépense d'utilisation d'eau par hectare de palmier-jardin en rendement était de l'ordre de 50 000 francs anciens par an pour un revenu annuel de 500 000 francs.

A *In-Salah*, les dunes poussées par le vent menacent les

cultures. Un grand travail de fixation assurait la défense permanente des espaces verts depuis des générations.

— *L'irrigation est assurée depuis toujours par quelques foggaras. Il s'agit d'eaux du Tademaït qui s'infiltrent à travers le calcaire jusqu'à la couche imperméable, puis descendent lentement vers les limites du manteau calcaire où elles sont recueillies par les foggaras.*

« *En outre, des puits artésiens palliaient un certain appauvrissement hydraulique. La technique employée pour atteindre les sources artésiennes à grande profondeur s'inspirait de la technique pétrolière habituelle. Néanmoins, le débit moyen n'était que de 40 000 mètres cubes par jour, alors que 60 000 mètres cubes étaient souhaitables.*

« *Au jardin d'essai, on remarquait des plantations de henné, de piments, de poivrons, de vesces, de fèves, de luzerne, de sorbier, de maïs, d'olivier, différents fourrages verts, des agaves et du sisal. La culture des céréales pouvait, paraît-il, assurer un rendement de 28 quintaux à l'hectare.*

A El-Oued, l'eau affleure partout à une profondeur de cinq à dix mètres sous le sable. Elle a conditionné une vie musulmane d'un certain individualisme, note M. Varille :

— *Chaque famille cultive son jardin, de 300 à 1 000 mètres carrés, enfoui au milieu des sables, à quelques mètres au-dessous du niveau saharien moyen, afin que les racines des palmiers puissent plonger dans la nappe phréatique.*

« *Un travail perpétuel est nécessaire pour le maintien des cultures dans les cuvettes du sol en remontant le sable. Car les vents du désert ne cessent de provoquer son éboulement. Et pourtant ce mode d'agriculture dure depuis des siècles.*

« *Ce labeur s'accomplit dans la patience des nuits, par la simple « noria » humaine des femmes qui remontent à pleins couffins le sable éboulé la veille.*

« *Les dattes sont délicieuses : ce sont les véritables "Deglet Nour".* »

La C.A.P.E.R. avait accompli près d'El-Oued, dans la palmeraie d'Hobba un bel effort d'implantation agricole et de lotissement. Les eaux locales de surface, qui imbibent le terrain à une profondeur de 3 à 20 mètres, sont assez fortement minéralisées (4 gr, 4 gr 5 au litre). *L'utilisation agricole du*

terrain ne fut rendue possible que par un forage plus profond, à la recherche d'une eau de qualité meilleure et d'un débit plus important. Cette eau gisait à 450 mètres de profondeur, dans les couches de l'Albien. Le débit en était notable : 13 000 mètres cubes par jour d'eau minéralisée à 2 grammes. Le forage avait coûté moitié moins qu'un forage pétrolier.

L'Administration avait développé l'irrigation de 200 hectares de terrain sur lesquels furent plantés quelque 21 000 palmiers, espacés au théodolite, de 9 en 9 mètres. Une récolte relative était prévue dès la sixième année. Sur ce périmètre irrigué, avaient été également prévues des cultures alternées : fruitières et légumières (6 à 8 récoltes par an : piments, concombres, carottes), des champs de luzerne et d'orge, sorgho, tabac. Deux cents lots d'un hectare devaient être distribués à des familles nomades. Quinze familles étaient déjà pourvues.

Le système de fixation humaine s'inspirait des principes suivants :

— A chaque nomade qui se sédentarisait était attribués une maison et 104 palmiers, contenance de ces lots d'un hectare.

— Pendant sept années, la C.A.P.E.R. donnait à la famille une subvention perdue de 10 000 francs par mois.

— Pendant cinq années, la C.A.P.E.R. ne donnait rien.

— Pendant vingt ans, le propriétaire devait payer à la C.A.P.E.R. un loyer de 50 000 anciens francs par an. (Une palmeraie d'un hectare doit, par la suite, rapporter à ses exploitants 500 000 francs par an, qu'accroît un revenu variable de 100 à 200 000 francs par an de légumes.)

« Cela constituait assurément un bel effort, qui postulait l'assurance des pérennités d'établissement. »

Si sommaire soit-elle, cette revue de l'œuvre magistrale de l'Hydraulique en Afrique du Nord, si riche en inventions techniques et en découvertes hydro-géologiques est parmi les plus significatives pour quiconque procède à l'examen des apports de notre colonisation aux progrès de l'Agriculture au Maghreb et bien au-delà de ses frontières... Cette œuvre

témoigne de la valeur, mondialement reconnue, des techniques et des techniciens français de l'Hydraulique.



Puisque nous en sommes encore à évoquer l' « *Homo colonialis* » dans son combat contre les conditions défavorables du milieu naturel, comment ne pas signaler au passage les recherches et les expériences entreprises en Algérie par M. Gilbert Ducellier dans le domaine des « *pluies provoquées* ».

M. Gilbert Ducellier, Ingénieur agricole algérois, licencié ès sciences, est le fils de Léon Ducellier, le grand génétiste dont nous parlerons bientôt. Membre, lui aussi, du corps enseignant de l'Institut agricole d'Algérie (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'Alger), il fut jusqu'en 1962 l'un des collaborateurs de M. Pierre Beltran, professeur de Technologie récemment décédé. Il est, comme le fut son père, un savant d'une grande modestie, mais d'une ingéniosité extraordinaire. Nous aurons à le citer à nouveau comme inventeur (avec son ami M. Marcel Isman, professeur de Génie rural) de procédés nouveaux de production du « gaz de ferme », de méthane, à partir des celluloses végétales les plus diverses ; de la valve hydraulique ; de l'appareillage de fermentation à température constante connu dans le monde entier sous le nom d' « *autovinificateur* », etc...

De 1948 à 1951, M. Gilbert Ducellier étudia tout ce qui avait été expérimenté aux Etats-Unis et ailleurs en matière de « pluies artificielles » et d' « insémination des nuages » avec divers produits pulvérisés par avion. Il aboutit à des conclusions et à des conceptions sensiblement différentes de celles des Américains.

L'intérêt qu'il portait à ces recherches était né d'observations et de remarques qui le rendaient fort pessimiste à l'égard de l'accroissement possible du rendement des cultures alimentaires de base en Afrique du Nord, — céréales, surtout, — par rapport à l'énorme accroissement annuel de la population musulmane :

— « *Pour ne parler que de l'Algérie, nous dit-il, l'agricul-*

ture, quelles que soient les terres, restera toujours sous l'étroite contrainte du régime des pluies. Le pays est à cet égard partagé en deux zones. L'une, — ne représentant que 10 à 15 % des superficies cultivables, — où l'eau abonde (naturellement ou artificiellement) et où les progrès que nous avons provoqués sont prodigieux. L'autre, représentant 85 ou 90 % des terres cultivables, est déshéritée en raison de la parcimonie fluctuante des pluies. Le courage, la persévérance des colons au service des techniques les plus ingénieuses et les plus modernes (nouveaux modes de culture, labours profonds, sélection des grains, assolements nouveaux, utilisation des engrais, etc...), n'ont pu crever « l'asymptote des rendements » que limite fatalement une pluviométrie insuffisante. Dans cette immense zone, le rendement à l'hectare des céréales n'a pas augmenté de plus de 2 % tous les dix ans, alors que, dans le même temps, la population augmentait de 20 %.

« Seule une modification du régime pluviométrique pourrait apporter une solution partielle à ce drame de la disparité entre l'accroissement des ressources alimentaires et l'accroissement des populations. »

D'où la persévérance qu'apporta M. Gilbert Ducellier à trouver le meilleur moyen de provoquer des précipitations pluviales en attaquant par avion certains nuages, en les pulvérisant au moyen de produits chimiques, ou en libérant certaines matières. Il vérifia l'ordre d'efficacité des produits utilisables de son choix : la glace, l'iodure d'argent, la neige carbonique. Au cours d'un premier essai, l'utilisation de bombes de carton remplies de neige carbonique ne donna aucun résultat. La glace étant d'un emploi pratiquement impossible, il porta ses efforts sur l'iodure d'argent. Les expériences les plus démonstratives eurent lieu en mars, avril et juin 1948, à l'aide d'un avion de l'« Aérotec ».

Le 19 mars 1948, il attaqua au sud de Blida, un nuage de 30 à 40 mètres d'épaisseur, de 600 mètres de largeur et de 2 à 3 kilomètres de longueur, à 3 000 mètres d'altitude (température extérieure : -3°). La pulvérisation de gouttelettes d'eau sous pression contenant en suspension de l'iodure d'argent à l'état naissant, fit disparaître le nuage dès le premier

passage de l'appareil mais sans provoquer de pluies contrôlables.

Les 22 et 23 avril, modifiant ses formules, M. Gilbert Ducellier effectua une aspersion de 40 litres d'eau sous pression contenant en suspension 1 pour mille d'iodure d'argent, d'abord sur un nuage à 4 000 mètres d'altitude (température : -6°) entre Bouinan et Rovigo, près de l'Atlas blidéen ; ensuite à la même altitude (température : -4°), près de Palestro, en Kabylie. Un quart d'heure après, le sommet des nuages s'affaissait de 150 mètres pour le premier, de 700 mètres pour le second. Un vol sous-jacent de l'avion entre Bouinan et Rovigo traversait une précipitation pluvieuse de 2 kilomètres sur 1 kilomètre, et les expérimentateurs pouvaient constater que la masse nuageuse avait subi une trouée circulaire de 3 kilomètres de diamètre.

Le 14 juin suivant, l'appareil attaquait un cumulus de 2 kilomètres et demi d'épaisseur, à 4 500 mètres d'altitude (température : -4°). *Une pulvérisation de 700 litres de solution d'iodure d'argent (4 litres au kilomètre) fut presque aussitôt suivie d'une pluie qui se répandit sur 200 kilomètres carrés ; les pluviomètres contrôlés par la Météorologie nationale recueillirent en vingt minutes 9 mm 5 d'eau.*

Le lendemain, il y eut disparition totale des masses nuageuses attaquées, sans possibilité de contrôle d'éventuelles précipitations.

M. Gilbert Ducellier, à l'issue de l'étude des phénomènes qu'il avait déterminés, concluait :

— *L'ensemencement des nuages au moyen de l'avion par des gouttelettes d'eau sous pression portant de l'iodure d'argent en suspension provoque, à la sortie des pulvérisateurs, de la glace hydrique qui est un « germe » parfait de condensation.*

« *Un avion à turbo-propulseur, portant 5 à 6 tonnes de solution d'iodure d'argent peut à 6 000 mètres d'altitude ensemenecer un système nuageux de plusieurs centaines de kilomètres en une ou deux heures. Le prix de ce mode « d'irrigation » ne dépasserait pas quelques francs (anciens) à l'hectare... »*

Le manque de moyens financiers (et bien d'autres circons-

tances !) ont empêché M. Gilbert Ducellier de procéder à la mise au point définitive, — qu'il juge encore possible, — de ses procédés de « pluie provoquée ». Il y a peu de chance que le poste excessivement modeste qu'il occupe maintenant dans les laboratoires de Technologie agricole de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie à Montpellier lui procure l'occasion de reprendre les expériences qu'avaient couronnées des résultats encourageants...