

HISTOIRE HYDRAULIQUE ET AGRICOLE ET LUTTE CONTRE LA SALINITE DANS LE DELTA DU NIL

Thierry RUF(*)

(*): ORSTOM - Laboratoire d'Etudes Agraires Montpellier, France.

Résumé: La vallée du Nil peut être présentée comme une immense oasis dont l'existence dépend de la gestion d'une unique source hydraulique, partagée tout au long des segments de vallées et des quartiers du delta. L'histoire hydraulique remonte aux premiers aménagements destinés à contrôler une crue prévisible dans le temps, mais imprévisible dans son déroulement: pour apprivoiser la montée des eaux et piloter la décrue, les anciens égyptiens avaient édifié une série de bassins de réception des eaux (Hod) comme par exemple la série du "Bahr El Youssef" dans la moyenne vallée.

Maîtriser les changements de régime du fleuve avait comme premier but d'étendre au mieux l'effet de la crue. En outre, l'atlermance d'inondation et d'assèchement en profondeur des sols argileux permettait de drainer les sels alluviaux, condition primordiale de maintien de la fertilité.

Le début des aménagements d'irrigation pérenne est contemporain. Il est lié au bouleversement politique et militaire de la fin du XVIII^e siècle et au choix d'une culture imposée au XIX^e siècle aux communautés paysannes, le coton longue fibre. Dès 1820-1830, l'administration centrale dirigée par Mohamed Ali concentre ses efforts sur l'étiage du Nil, et réoriente les canaux d'épandage de crue en canaux surcreusés de répartition des basses eaux du Nil.

A la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, une crise majeure touche la culture cotonnière et doit être imputée essentiellement à deux phénomènes concomitants : la salification des terres irriguées et le développement des parasites. Dans les années 1900-1920, Audebeau rend compte de ses expériences relatives à l'influence de la nappe souterraine sur les cultures de coton.

Pendant près d'un siècle, l'irrigation avait été pratiquée sans aucun réseau de drainage artificiel. A la suite de ces observations, l'Etat met en place un vaste réseau de drains à ciels ouverts.

Après l'édification du Haut Barrage d'Assouan en 1964, l'intensification culturale entamée au XIX^e siècle se poursuit avec la généralisation de la double culture annuelle. Encore une fois, l'effort des aménagistes sur l'irrigation se traduit par un retard sur le drainage devenu très insuffisant. Il faut attendre les années 1980-1990 pour voir le drainage réajusté à l'intensité des apports en eau.

Avant propos: La salinité dans le contexte des aménagements hydrauliques égyptiens.

Le processus de salinité des terres dépend des conditions pédoclimatiques et hydrauliques du milieu, et des interventions humaines, liées à la société qui entreprend l'exploitation d'un secteur plus ou moins étendu de ces écosystèmes, en jouant principalement sur la maîtrise des apports en eau. Différents terroirs hydrauliques apparaissent, reflétant un mode d'organisation sociale, politique et juridique pour l'accès aux terres aménagées et aux ressources hydrauliques à partager.

On peut appréhender le problème de la dégradation des terres aménagées par l'étude historique de l'évolution des usages de l'eau et des préparations des terres par les paysans, obligés d'intégrer les conditions d'accès à l'eau définies à une échelle qui les dépasse, parce

qu'elles s'appuient sur des aménagements antérieurs et qu'elles dépendent des décisions des gestionnaires actuels de l'aménagement.

Dans la vallée et le delta du Nil, on peut parler d'un écosystème cultivé profondément remanié par des siècles d'intervention sur le régime des eaux et sur l'étendu des terres soumises à submersion contrôlée, puis à irrigation pérenne. Une année donnée, les mises en cultures des terres dépendait de l'état et du fonctionnement de l'aménagement hydraulique.

Les espaces naturellement salés n'auraient pas fait d'emblée l'objet des premiers aménagements hydro-agricoles. Dans la mise en valeur des bassins de réception de la crue, les régions périphériques des plans d'eau saumâtre étaient délaissées. Les égyptiens recherchaient des terres susceptibles d'être alternativement couvertes par la crue puis asséchées, en vue de la mise en culture rapide. Celle-ci s'avérait souvent précaire en raison de l'irrégularité de la crue et des redistributions de terres.

Au XIX^e siècle, le delta a été remanié sur le plan hydraulique, en vue de favoriser la culture cotonnière. Au début du XX^e siècle, l'ensemble des terres noires du delta étaient converties à l'irrigation pérenne. Progressivement, la vallée devait elle aussi s'adapter aux choix des services d'irrigation, jusqu'à l'édification du Haut Barrage d'Assouan (1964).

A l'origine du processus ou comme conséquence du développement de l'agriculture, l'exploitation démographique est une caractéristique spectaculaire : de 2 millions d'habitants vers 1800, l'Égypte compte près de 70 millions de personnes vivant toujours sur le territoire devenu exigu des terres agricoles, 4 millions d'hectares environ.

Le problème de la salinisation des terres irriguées apparaît à la fin du XIX^e siècle, dans le centre et le nord du delta. En fait, dans le premier cas, après plusieurs années d'exploitation, on perçoit les effets indirects des pratiques d'épandage de l'eau avec la remontée de la nappe phréatique; dans le nord, on assiste à l'extension de l'espace cultivé aux zones naturellement salées, avec la pression démographique et l'appropriation d'espaces marginaux.

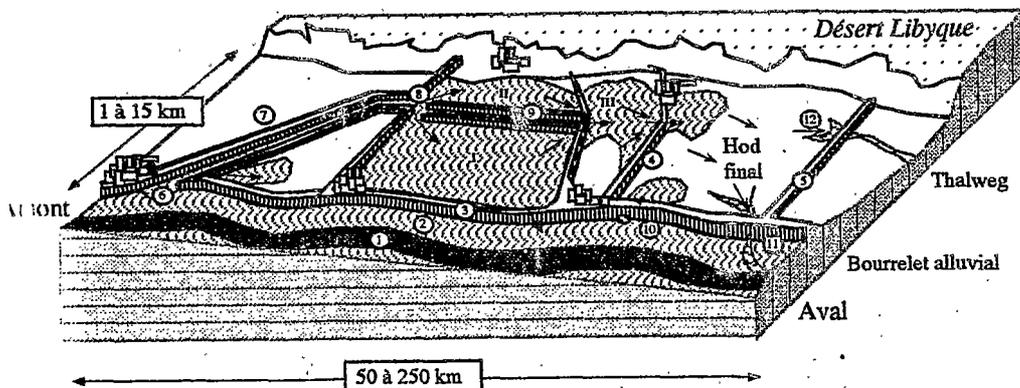
1. Le bassin de réception de la crue, base des aménagements pendant cinq mille ans.

Au quatrième millénaire avant J.C., la Vallée du Nil était sans doute un milieu peu propice aux établissements humains. En effet, chaque année le fleuve entraînait en crue violente, rapide, interdisant pratiquement l'installation de groupes humains au bord du lit mineur. Cependant il est probable que des tribus installées hors de portée des hautes eaux aient utilisé ce milieu instable, formé de marécages autour des bras multiples du fleuve capricieux, pour chasser, pêcher et même pratiquer une culture céréalière de décrue dans les bassins naturels laissés par le fleuve. On a longtemps supposé que l'aménagement de la vallée du Nil au moyen de digues pour contrôler les crues remontait à l'unification politique de l'Égypte, vers 3200 avant J.C. On considère actuellement que la mise en place des bassins de réception de crue fut très progressive, à partir de la fin du Premier Empire (VERCOUTTER, 1992, p. 25-35).

La maîtrise de la crue: Le principe de cet aménagement était simple (figure A). Pour dominer la crue, il fallait guider les hautes eaux vers des bassins de réception (hod) où l'eau séjournait plusieurs semaines, humidifiant le sol jusqu'à saturation, tandis que les eaux tranquilles déposaient les alluvions. Les premiers fondateurs d'aménagement organisèrent les travaux de construction des digues et canaux de dérivation sur certaines fractions de la vallée.

Un segment de la vallée était dépendant des autres pour recevoir puis rejeter l'eau dans de bonnes conditions. En fait, il semble que la réussite de la campagne agricole dépendait surtout de la capacité des communautés paysannes de la même chaîne de bassins à entretenir le canal d'amenée et à régler les ouvertures et fermetures de vannes entre les digues.

Figure A Organisation schématique d'une chaîne de bassins de submersion dans la vallée du Nil



Lit mineur du Nil	7	Canal d'amenée des hautes eaux (canal Nili)
Lit majeur du Nil	8	Ouvrage (hypothétique) de répartition des hautes eaux entre bassins contigus (I et II).
Digue longitudinale principale	9	chenal éventuellement endigué de progression des hautes eaux vers les bassins d'aval
Digue transversale ordinaire	10	Ouverture exceptionnelle pratiquée dans la digue longitudinale en cas d'attente prolongée d'arrivée de la crue
Prise mise en eau lors de la crue (mois de juin-juillet-août)	11	Vidange directe dans le Nil à l'étiage (mois de septembre-octobre)
hors service lors de l'étiage	12	Vidange vers le Fayoum pour la série du Bahr el Youssef

La largeur du lit majeur varie de 500 à 2000 mètres. Dans la vallée, le Nil à l'étiage se trouve de 5 à 7 mètres en dessous du niveau du sol. Dans le sud du delta, la différence est de 4 à 5 mètres. Elle diminue progressivement dans le nord du delta. Les hautes eaux sont "normalement" endiguées à un mètre au-dessus du sol. La pente générale de la vallée varie de 65 à 75 millimètres par kilomètre. Elle est encore plus faible dans le delta: 42 millimètres par kilomètre.

La structure théorique des chaînes de bassins dans le delta est plus difficile à établir, car la conversion des bords à l'irrigation pérenne remonte à plus d'un siècle. Les anciens ouvrages hydrauliques, digues, canaux, vannes ont pratiquement disparu, ou bien ont été totalement remaniés. La carte 1 permet de repérer des chaînes probables dans le delta oriental.

Schéma et Source: Ruf, 1983, d'après les indications de BAROIS, 1887 - GALL, 1889 - HURST, 1954 - BESANÇON, 1957

La mise en culture, sans outillage spécialisé: L'aspect le plus remarquable d'une chaîne de bassins, plus que l'organisation du remplissage, consistait à coordonner la vidange des hods, en fonction du comportement du fleuve, de l'état des autres bassins et des capacités de travail des paysans pour ensemençer les terrains au fur et à mesure du retrait de l'eau (RUF, 1992).

La préparation du sol ne nécessitait alors aucune intervention humaine, ni outillage spécifique: les paysans semaient à la volée le blé ou l'orge dans la boue au fur et à mesure du vidange du bassin (figure C, système de culture de la fin du XVII^e siècle). Parfois, on laissait passer un troupeau de brebis et de chèvres après le semis afin d'enterrer les graines, qui germent mieux au contact de la terre et qui échappent ainsi à la voracité des oiseaux prédateurs.

Les objectifs recherchés par une intervention mécanique sur le sol dans des agricultures pluviales sont impropres en agricultures de décrue:

- La destruction d'un tapis herbacé ? La sécheresse qui précédait la crue entre mars et juillet interdisait la croissance d'un recru herbacé après la récolte des céréales ;

- l'enfouissement des résidus de cultures ? Les pailles laissées dans les bassins étaient sans toute entièrement consommées par les troupeaux en vaine pâture ; on pouvait aussi les récupérer à d'autres fins ou simplement les brûler ;

- la lutte contre les mauvaises herbes ? Elles devaient être asphyxiées après trois mois de séjour sous un mètre d'eau;

- la création d'une structure du sol favorable ? On pouvait effectivement s'inquiéter des effets de tassement du sol, de phénomène de compactage en l'absence de tout travail du sol.

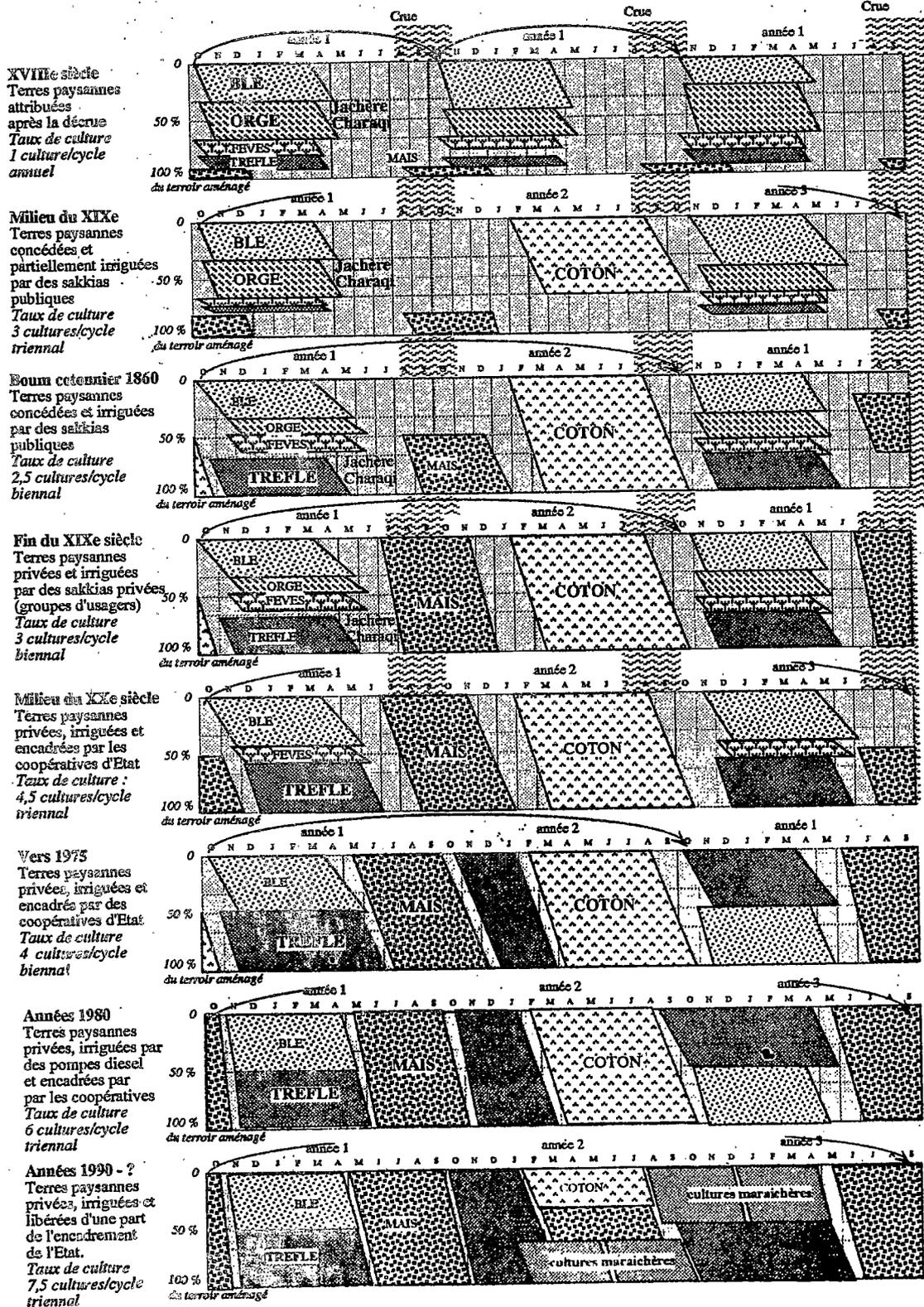
Or, il existait bien un cycle régulier de restructuration du sol. C'était le processus naturel de dessiccation après l'inondation. Les terres égyptiennes contiennent une très grande proportion d'argile (déposé par l'alluvionnement au cours des derniers millénaires) qui confère au sol la propriété de se rétracter en s'asséchant. Il se créait un réseau très profond de fentes verticales et horizontales qui structurait le sol après chaque inondation en de multiples petits agrégats : c'était la période de la jachère Charaqui, d'avril à juillet. La structure du sol redevenait favorable pour la pénétration des racines, pour les échanges minéraux, pour la rétention de l'eau favorable aux cultures d'hiver, en absence totale de pluie.

En outre, la submersion contrôlée permettait de désaliniser la terre. Dans le delta, le sol repose sur des alluvions déposées en milieu marin. Le passage de l'eau dans le sol, puis le drainage vers le Nil à l'étiage jouaient un rôle fondamental pour équilibrer apports et sorties de sels dans les horizons exploitées par les racines des plantes cultivées (BESANCON, 1957).

Enfin, la couche superficielle résultant de la sédimentation constituait un lit de semences très favorable, à condition de semer au moment opportun, c'est à dire entre l'instant où l'eau libre se retirait de la surface du sol et celui où une croûte superficielle se formait et limitait fortement la germination.

Ainsi, durant des siècles, les égyptiens ont pratiqué la céréaliculture de décrue, peu exigeante en travail. Les communautés agricoles travaillaient collectivement à l'entretien des digues et canaux à l'instigation du gestionnaire du segment de vallée, espace aménagé qu'il contrôlait lui-même, ou dont il avait la charge au nom du pouvoir central. Elles versaient à l'Etat une part des récoltes fixée généralement en fonction de la façon dont s'était déroulée la crue. Cette agriculture avait une particularité : elle ne mettait pas en oeuvre le travail du sol et demandait peu d'outils.

Figure C. Evolution des successions culturales et des assolements dans le centre du delta du Nil



Source : Ruf, 1983, 1988. La représentation en trapèze des cycles soulignent pour chaque culture le début et la fin des semis et des récoltes. La tendance est à un passage de plus en plus rapide d'une culture à un autre.

2. XIXe siècle: la gestion de l'étiage du Nil pour l'extension d'une nouvelle culture, le coton.

Le XIXe siècle voit la reconstitution d'un pouvoir central autoritaire qui, misant sur des variétés de coton à longue fibre, assure son autonomie politique, économique et militaire vis à vis de l'empire ottoman. A la fin de cette période, la faillite économique de l'Etat entraîne sa mise sous tutelle européenne.

Le coton, culture de rente à contresaison: Que s'est-il produit à l'échelle des campagnes ? A la fin du XIXe siècle, dans le delta, rien ne ressemble à ce qui existait cinquante ans auparavant, la gestion du fleuve a changé: on essayait désormais d'utiliser au mieux les eaux du Nil à l'étiage pour irriguer le coton. La crue est redoutée. On cherche à protéger les champs de l'invasion des eaux en dispersant la lame d'eau dans un vaste réseau de canaux surcreusés. Il n'y a plus de communautés paysannes exploitant collectivement un bassin mais une société formée de familles restreintes dont certains sont petits propriétaires fonciers, d'autres employés, métayers ou fermiers de très grandes propriétés. Enfin, les paysans cultivent le coton pour disposer des ressources monétaires indispensables. Ils doivent faire face aux dépenses d'irrigation, payer les impôts et assumer les dépenses sociales (mariages, décès, réunions familiales).

Le coton est une culture en décalage avec les cultures traditionnelles des paysans : il se cultive en saison chaude, de février à septembre-octobre (figure C systèmes de culture du XIXe siècle). La réserve en eau du sol est insuffisante pour une aussi longue période : pendant la phase de croissance, il faut protéger la récolte de la submersion par les hautes eaux. Pour arroser, il faut pomper. Mais le chadouf apparaît très primitif et d'un rendement dérisoire par rapport aux besoins. La principale révolution technologique au niveau local est l'adoption et la généralisation de la "Sakkia" (figure B,1). Il s'agit d'une roue élévatrice de l'eau, mue par la force de traction animale.

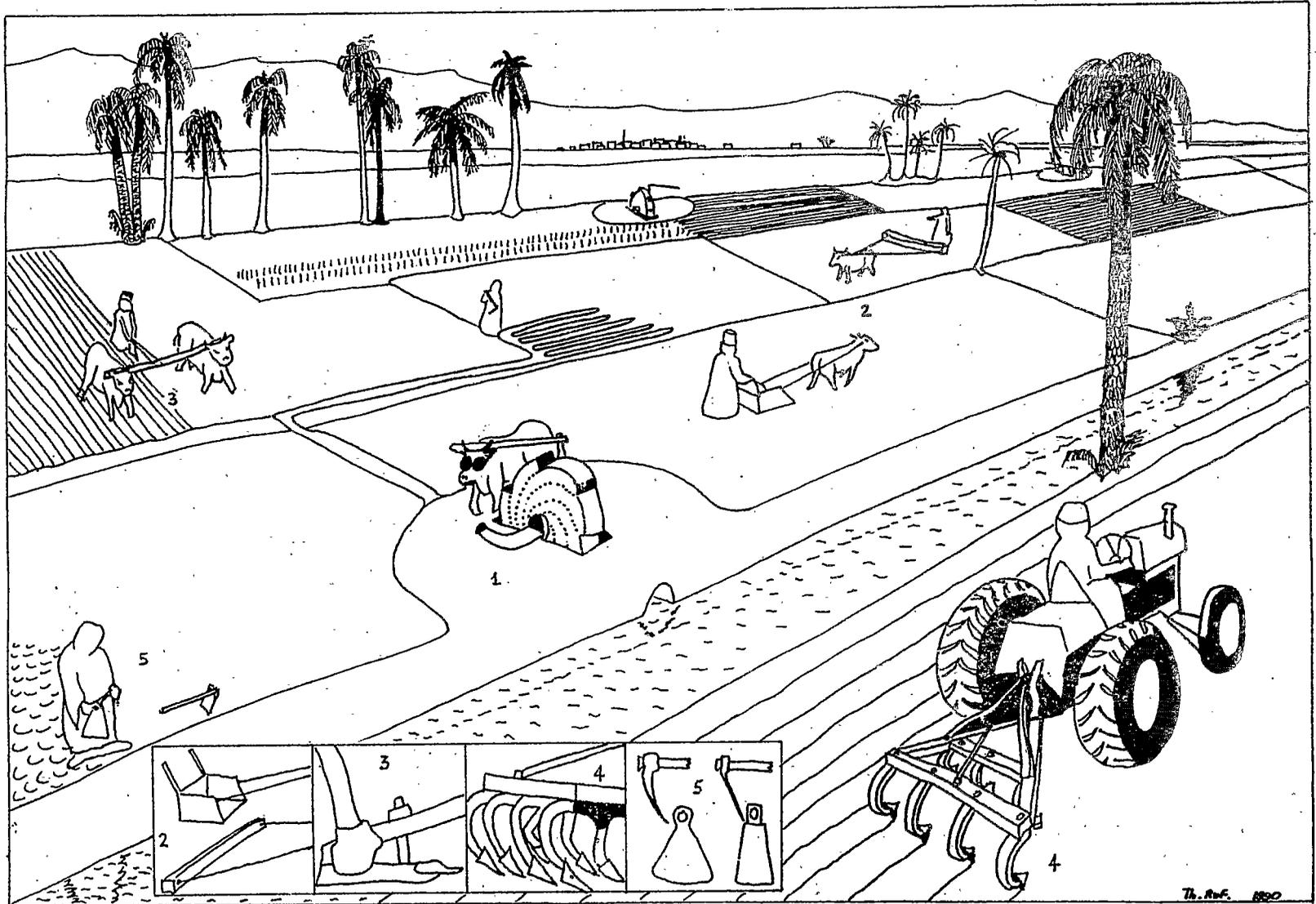
La préparation des terres: une nouvelle exigence: Avec la maîtrise de l'irrigation et l'intensification culturale qu'elle autorise, deux phénomènes vont modifier les états du milieu cultivé: d'une part le limonage ne se produit plus et le lit de semences naturel a disparu ; d'autre part, apparaissent dès la première irrigation des adventices qui ne sont plus asphyxiées par un long séjour au fond de l'eau. Désormais il est nécessaire d'intervenir sur les sols, de les préparer pour installer un peuplement végétal dans les meilleures conditions possibles avec les outils connus à cette époque.

Pour le blé, par exemple, deux manières de procéder coexistent jusqu'au milieu du XXe Siècle (AYROUT, 1957):

- La première dérive directement des anciennes techniques: on irrigue la parcelle pour recréer les conditions de la crue, puis on sème à la volée et l'on enfuit les graines avec le passage d'un sacrificateur ou d'une poutre en bois tractés par un animal (figure B,2). Cette technique appelée khoudayri est choisie par les agriculteurs lorsqu'ils n'ont pas beaucoup de temps pour réaliser leur semis. Elle est peu efficace, le taux de levée ne dépassant pas 20 %.

- La seconde manière de préparer ses traces exige plus de temps et de moyens: l'afir consiste à effectuer sur une parcelle préalablement irriguée et éventuellement fumée, un premier passage à l'araire, appelée mehrat (figure B,3). Après une semaine, le sol soumis à une légèreté dessiccation est à nouveau travaillé, ce qui a pour effet de détruire une grande partie de jeunes pousses d'adventices. Quelques jours après, on sème à la volée, on enfuit les graines et on irrigue juste après. Cette manière de procéder allie la préparation d'un bon lit de semences et la destruction précoce d'adventices.

Pour les cultures sarclées d'été, le coton, le maïs, le processus est identique, mais la préparation du sol plus longue, car il faut réaliser à la houe ou à l'araire des billons dans lesquels seront semées les graines en poquet. L'efficacité de l'afir sur le khoudayri se mesure au taux de plantes levées sur les graines mises en terre (avant démarriage pour les plantes sarclées): une sur deux contre une sur cinq.



Ainsi, entre 1820 et 1900, la préparation des terres a complètement changée, évolution étroitement liée au bouleversement des aménagements hydrauliques mais également à la restructuration de la société rurale. Les systèmes de production paysans reposent essentiellement sur la possession d'une paire de vaches dont la fonction de traction animale est indispensable à leur fonctionnement : il faut pomper l'eau en actionnant les sakkias, et travailler le sol avec plusieurs passages de l'araire. En outre, du fait de cette association, les cultivateurs utilisent le fumier soigneusement collecté puis épandu dans la parcelle.

L'inutilité du labour: Dans les années 1850, le vice-roi fit venir à grands frais des charrues DOMBABASLE & HOWARD (GREGOIRE, 1862.). Or, le labour en planche ne convenait pas aux conditions d'irrigation de l'époque, un sol plan, propre à la submersion. Labourer imposait de niveler avec la kassabia après chaque préparation du sol.

En outre, dans la situation agricole du XIXe siècle, l'effet de la jachère charaqui persistait les années sans coton (deux années sur trois, parfois plus) : il n'y avait pas de résidu végétaux à enfouir dans le sol. Les chaumes desséchées disparaissaient avec le passage de ruminants ou plus simplement sous l'action du feu. Par la suite, après l'engouement pour le cotonnier dans les années 1860-65, l'entretien des champs (binage, sarclage, désherbage) est tel qu'après les récoltes, et l'absence d'irrigation, les mauvaises herbes ne poussent plus.

Le labour a d'autres fonctions: mélanger l'horizon inférieur d'accumulation, enfouir dans la couche arable les amendements et la fumure de fonds. Cependant, les sols étaient trop durs à travailler à sec, et la force de traction animale insuffisante pour accomplir un tel travail.

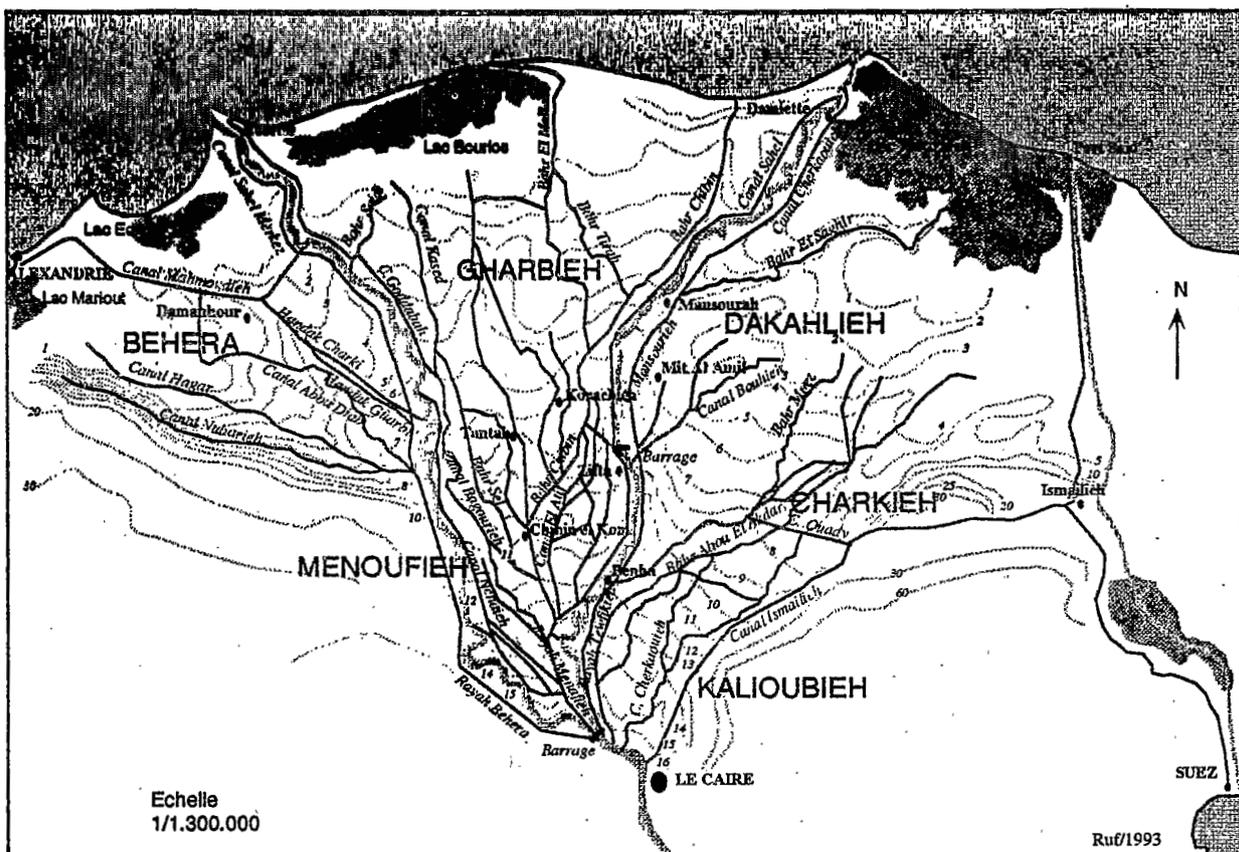
Deux autres arguments ne plaident pas en faveur du labour. GALI en 1889 et De CHAMBERET en 1909 les signalaient déjà: d'une part, en pays chaud, il se produirait une minéralisation rapide de la matière organique, aboutissant à terme à une baisse de la fertilité; d'autre part, le risque est grand de ramener à la surface le sous-sol fortement salé qui stériliserait la couche arable.

3. La remontée de la nappe souterraine supérieure et la crise cotonnière du début du XXe siècle.

Une prise de conscience tardive du phénomène: Dans son essai sur l'agriculture de l'Egypte, GALI (1989) insiste sur les limites de la fertilité des sols égyptiens, non pas du point de vue des risques de salinisation, mais du point de vue des bilans de fertilisation: l'absence de rotations culturales, la faiblesse des restitutions organiques et de l'épandage d'engrais minéraux conduiraient le pays à une forte réduction de la production.

Quelques années plus tard, BRUNHES (1902) décrit la frange des terres incultes du nord du delta, comprise entre la zone cultivée et les lacs salés. Il précise que les égyptiens commencent peu à peu à mettre en culture ces bararis salins, mais que le problème d'apparition d'efflorescence saline est générale dans le delta, et particulièrement le long du canal amenant l'eau du Nil à Ismailia, construit au moment du percement du canal de Suez. Vingt-deux mille feddans sur vingt-sept mille furent abandonnés à cette période dans la région de l'Ouadi Toumilat (carte 1).

En fait, le service des irrigations commença à s'intéresser au problème des remontées de sels à partir de 1894, et à entamer un programme de constructions de drains en 1897, mais les ingénieurs britanniques restaient encore indécis, les uns prônant l'installation des drains collecteurs principaux, les autres voulant assigner aux canaux principaux une fonction de drainage dans leurs ultimes biefs.



Carte 1. Réseaux de canaux dans le delta du Nil au début du XXe siècle

Source : carte hydrographique de Audebeau (1911)
 carte hydrographique de Barois (1897)
 map of the ground surface (Ministère de l'irrigation, 1972)

Depuis 1890, le barrage Mohammed Ali commande l'admission en eau des trois secteurs du delta par l'intermédiaire de trois grands canaux principaux, les rayah Behera, Menafieh et Tawfikieh.

Le creusement des canaux de dérivation des hautes eaux avait commencé dans les années 1820. Dans les cartes de Barois et d'Audebeau, on ne distingue pas les anciennes chaînes de bassins.

On peut supposer que les canaux aux tracés sinueux, avec bourrelets alluviaux révélés par la topographie, sont les anciens axes de répartition des hautes eaux du Nil :

- > Sur la rive gauche de la branche de Rosette, dans la province de Behera.
 - canal Hagar
 - canal Abou Diab (qui se jetait en 1887 directement dans le lac Mariout)
 - canal Handak Charqi, disposant encore d'une prise directe dans le Nil.
- > Entre les branches du Nil, dans les provinces de Menoufieh et Gharbieh, à partir de la branche de Rosette
 - canal Kased
 - bahr el saïd
- > Entre les branches du Nil, dans les provinces de Menoufieh et Gharbieh, à partir de la branche de Rosette
 - bahr Set
 - bahr Chibin
 - bahr Tirah
- > Sur la rive droite de la branche de Damiette, dans les provinces de Kalloubieh, Charkieh et Dakahlieh
 - canal Cherkauieh
 - bahr Abou el Akdar
 - canal Bouhleh
 - bahr El Saghir

Les facteurs qui contribuent à la remontée de la nappe: Au début du XXe siècle, l'ingénieur en chef des domaines de l'Etat égyptien (AUDEBEAU, 1911) décrit les phénomènes qui ont conduit à l'affleurement de la nappe dans la région centre du delta : SANTA - KORACHIEH situé à l'altitude de 7 mètres au dessus du niveau de la mer (Carte 1).

Les canaux ont été surcreusés au milieu du XIXe siècle pour capter les débits d'étiage. Lorsque la crue arrive en juillet -Août, l'eau parvient plus vite dans les canaux et les infiltrations latérales augmentent, ce qui accroît l'impact de l'arrosage sur les champs de coton : la percolation rencontre plus vite la nappe souterraine.

Le barrage Mohamed Ali situé à la pointe du delta, commencé dans les années 1830-1840, fut renforcé entre 1885 et 1900. La côte des eaux d'étiage passe de 12m50 à 15m50. La hauteur d'exhaure fut diminuée dans tout le delta, entraînant la mise en place de nouvelles sakkias et l'extension de l'irrigation.

A la fin du XIXe siècle et au début du XXe siècle, à la suite de la construction du premier barrage réservoir d'Assouan (1898-1902) les bassins de Haute Egypte ont été progressivement convertis à l'irrigation. La crue, auparavant ralentie par le jeu des différents remplissages de chaînes de bassins, progresse plus vite vers le Delta, environ 20 à 25 jours selon les prévisions de WILLOCCKS (1894) - (Figure C - fin du XIXe siècle). Au lieu de parvenir en août avec irrégularité, elle se manifeste aux premiers jours de juillet. Conséquence des décisions d'aménagement du Nil, ce décalage est opportun pour insérer un cycle de culture en saison des hautes eaux : les paysans sèment du Maïs dès le mois de juillet sur de grandes étendues de terrains qui, autrefois restaient incultes. La remontée de la nappe phréatique est donc la résultante de phénomène globaux, propres aux transformations régionales imposées par le Service des Irrigation, et de phénomènes locaux, liés aux décisions des propriétaires fonciers et des paysans.

En 1886, à Korachieh, la nappe se trouvait entre 3 et 5 mètres sous le niveau du sol. En 1911, la nappe ne descend pas en dessous de 0,75 mètre sous le niveau du sol et oscille avec les arrosages. Des efflorescences blanchâtres apparaissent et les cotonniers y sont très clairsemés.

Le passage de l'assolement triennal à l'assolement biennal-du coton tous les deux ans et non tous les trois ans accentue encore les effets signalés précédemment: il implique l'accentuation des arrosages sur le coton, mais aussi sur le maïs en saison de crue. La jachère, qui concourrait à l'abaissement de la nappe, se réduit d'année en année (figure C, comparer le milieu et la fin du XIXe siècle).

Impact sur le rendement du coton: Les expériences menées par AUDERBEAU visent à établir l'influence de la hauteur de la nappe sur le rendement du coton. Avec un dispositif expérimental de bassins de 5,5 mètres carrés et d'une profondeur allant de 2,18 mètres à 0,50 mètre, la production de l'année 1908 fléchit dès lors que l'eau se trouve à moins d'un mètre (tableau 1).

profondeur de la fosse (m)	2,18	1,75	1,00	0,50*
date de semis	5 avril, densité:0,45*0,90			
diamètre des tiges le 5/9(mm)	22 à 28	22 à 28	10 à 15	8 à 12
longueur des tiges le 5/9(mm)	1,80 à 2,25	1,80 à 2,25	0,70 à 1,25	0,50 à 1,10
nombre de gousses par plants jumeaux le 5/9	70 à 140	70 à 110	50 à 70	30 à 45
nombre de gousses piquées restants sur les cotonniers, fin novembre	580	330	80	40
profondeur atteinte par les racines les plus grandes, observée fin novembre (m)	1,40	1,40	0,95	0,30
longueur développée atteinte par les racines les plus développées, obs. fin nov. (m)	1,85	3,35	1,45	0,50
diamètre des plus fortes tiges, fin nov. (mm)	30	28	19	15
plus grande hauteur de tige fin novembre (m)	2,25	2,50	1,25	1,10
production au feddan en kantar de 141,5 kg de coton non égrainé, avec des cueil- lettes échelonnées en oct-nov	8,50	8,06	4,79	2,78
production exprimée en kg/ha	2864	2715	1614	937
diminution de rendement par rapport à la première fosse		-5 %	-44 %	-67 %

* Le 4ème bassin avait une profondeur d'un mètre mais avec une charge d'eau contrôlée à 0,50 m, les autres étant arrosés de telle manière qu'une tranche d'eau de 5 cm restait permanente, le surplus éventuel d'eau étant drainé.

Tableau 1 Résultats obtenus à Korachieh, dans le centre du delta, pour le coton Mit Afifi, campagne 1908 (source AUDEBEAU, 1909, p.11).

En 1909, l'expérimentation est renouvelée avec un dispositif amélioré, un itinéraire technique plus rigoureux, notamment au niveau d'arrosages plus fréquents. Les résultats finaux, globalement plus élevés malgré des attaques de vers de la feuille et de vers de la capsule, montrent toujours les conséquences attendues d'une remontée de la nappe souterraine (Tableau 2). Les effets immédiats touchent la croissance des cotonniers, en particulier de l'appareil racinaire. Mais les phases de développement de la plante sont identiques. La chute prématurée de boutons et de capsules est la composante principale de la

réduction des rendements, et non pas le poids de chaque noix, voisin de 2 grammes de fil et graines dans tous les cas.

profondeur de la fosse (m)	3	2	1	0,50
date de semis	15 mars, réensemencement en maïs densité 0,45*0,90 m			
rendement au feddan en kantars, coton non égrainé 4 cueillettes échelonnées entre 19/9 et 15/10	11,60	10,58	8,26	7,14
rendement exprimée en kg/ha	3908	3564	2783	2405
diminution de rendement par rapport à la première fosse		-9 %	-29 %	-38 %
diminution de rendement par rapport à la deuxième fosse			-22 %	-33 %
Observations sur les profondeurs mesurées dans différents puits, sur les terres du domaine d'Etat.	situation rare	situation courante		situation grave

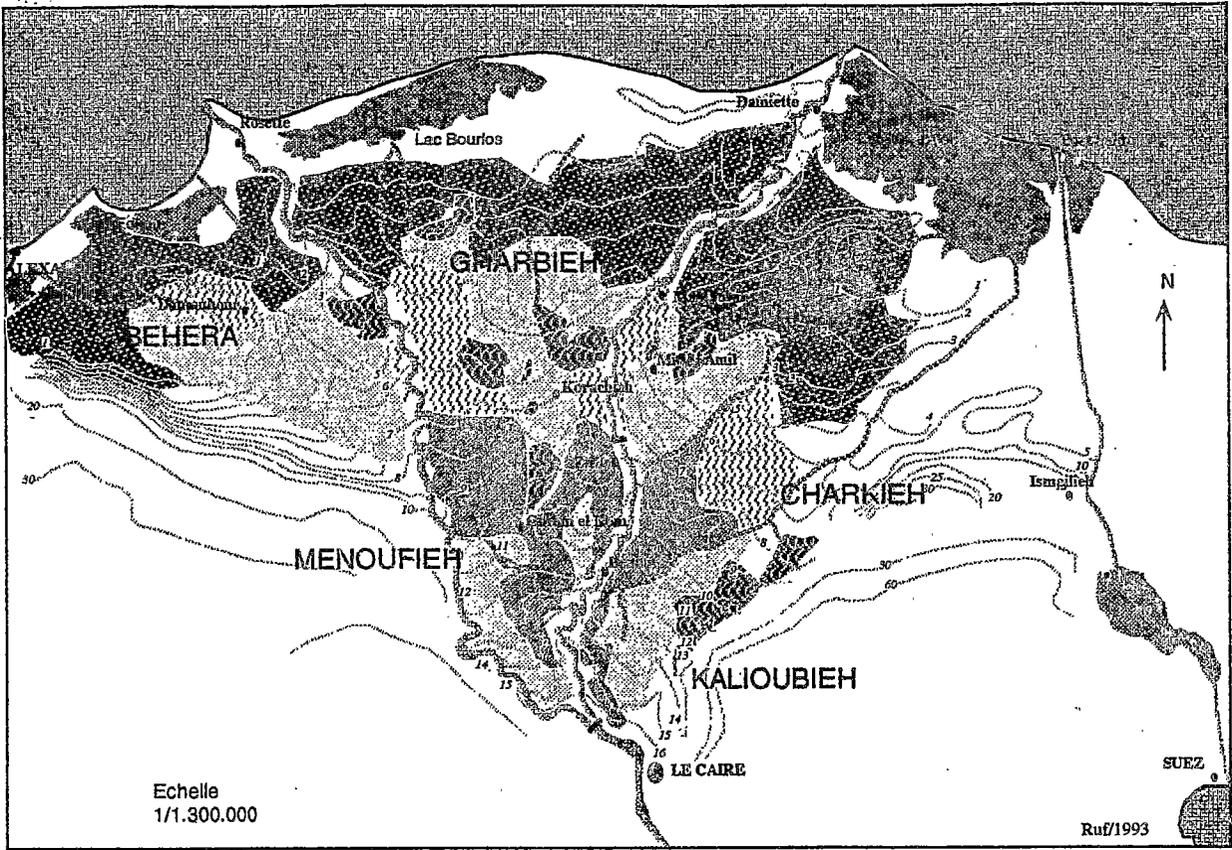
Tableau 2 Synthèse des résultats obtenus à Korachieh, dans le centre du delta, pour le coton Mit Afifi, campagne 1909 (source AUDEBEAU, 1909, p.21).

Les recommandations d'AUDEBEAU.

AUDEBEAU recommande d'abaisser le niveau d'étiage dans les canaux afin de limiter la remontée de la nappe et d'accroître les coûts de pompage qui devraient amener les agriculteurs à économiser l'eau, surtout en début de cycle du coton et les encourager à revenir à l'assolement triennal. Il se place ainsi en opposition avec la gestion de l'eau du Service des Irrigations qui, depuis 1889, optait pour le relèvement des plans d'eau du Nil et des canaux afin de limiter les dépenses d'exhaure.

Pour AUDEBEAU, le drainage à ciel ouvert présente deux écueils majeurs : d'abord, l'inertie des écoulements latéraux entraîne un retard de la baisse de la nappe, à moins de quadriller les champs par un réseau dense de fossés. Par ailleurs, le drainage du delta aboutit à une cote inférieure au niveau de la mer : il faut donc prévoir un refoulement par grandes pompes, dont la construction devrait être confiée au Service des Irrigations et non à des particuliers.

La mise en place d'un réseau de fossés de drainage: En 1920, dix ans après les observations d'AUDEBEAU, le réseau de drainage a été établi par le service des irrigations (carte 2), avec 6290 kilomètres de drains principaux, secondaires et tertiaires, qu'il faut comparer aux 18634 kilomètres de canaux de même rang (Almanach agricole égyptien, 1920). Il est calculé pour faire descendre la nappe d'eau à 1,50 mètres sous le sol. Pour les terres situées en dessous de la cote 3,5 mètres, les collecteurs débouchent en dessous du niveau de la mer. Des stations de pompage refoulent l'eau dans des drains qui s'écoulent naturellement vers la Méditerranée.



Carte 2. Programme de drainage dans le delta du Nil dans les années 1972 - 1980

Source : map of the ground surface (Ministère de l'irrigation, 1972)
 map of drainage programm (Ministère de l'irrigation, 1972)

-  drains à ciel ouvert
- 1.500.000 feddans  Zones avec pompage des eaux drainées
- 425.000 feddans  Zones équipées de drains souterrains
- 130.000 feddans  Zones du programme pilote en 1972
- 300.000 feddans  Zones de la deuxième phase
- 850.000 feddans  Zones de phases ultérieures

Le Service des irrigations se charge de l'entretien des grands collecteurs, mais les propriétaires doivent établir eux-mêmes les fossés collecteurs dans leurs champs, profonds de 80 à 120 cm, espacé de 20 à 50 mètres. ce dispositifs aurait réduit la superficie cultivable de dix pour cent (HURTZ, 1954). Son efficacité dépendait de l'entretien régulier de l'ensemble des fossés, publics ou privés.

Malgré ces efforts, le risque de salinisation était toujours très important. Pour éviter de retrouver des niveaux inférieurs à un mètre, le service des irrigations perpétua le système de rotations de la distribution de l'eau établi dans une perspective de partage de l'eau d'étiage dans les années 1880-1890. Les canaux tertiaires sont remplis alternativement 6 jours sur 18, tant et si bien qu'ils aident à l'abaissement de la nappe plus longtemps qu'à son élévation.

En outre, le projet initial - formulé par les concepteurs du barrage du delta (BAROIS, 1904) - de distribuer l'eau par gravité, tous les jours, sans recours à l'exhaure, se heurta à cette impérieuse nécessité de lutter contre les remontées capillaires du sel. (BESANCON, 1957).

Entre 1920 et 1960, la lutte contre la salinisation des terres se reporta aux terres les plus basses du delta, tandis que les terres du sud et du centre étaient suffisamment drainées par rapport aux apports d'eau du système de culture fondé à nouveau sur une rotation triennale du coton (figure C - Milieu du XXe siècle).

4. L'intensification agricole, la préparation des terres et l'irrigation : nouvelle période de dysfonctionnements : 1960-1980.

L'édification du haut barrage d'Assouan est l'achèvement du processus de conversion de l'Egypte à l'irrigation pérenne. La régulation des débits tout le long de l'année offre des perspectives de mises en cultures continues des terres anciennes et l'extension de l'espace aménagé vers le nord du delta et sur ses franges.

L'agriculture strictement encadrée par l'Etat: Après 1950, l'encadrement étatique de l'agriculture va s'accroître jusqu'à l'imposition d'un assolement biennal par grands blocs de cultures de plusieurs dizaines de feddans. Cette planification autoritaire des choix de cultures joue surtout sur le coton, culture stratégique du pouvoir nassérien (figure C, système de culture vers 1975).

L'expérience avait été acquise dans les coopératives de réforme agraire (13% de la superficie agricole du pays). Les bénéficiaires des terres confisquées aux très grands propriétaires avaient reçu des parcelles réparties dans les différentes soles et le choix des cultures revenait strictement au directeur de la coopérative. Dans ces coopératives, la préparation des terres échappe aussi à la décision de l'agriculteur : elle est mécanisée sur l'ensemble de la sole.

La préparation des terres adaptée aux contextes d'une très forte intensification culturale: L'extension du principe coopératif étatique à l'ensemble du pays n'a pas amené immédiatement les paysans à délaisser la préparation des terres. Pourtant les difficultés apparaissent dans l'exécution de cette opération avec la traction attelée, essentiellement pour des questions de temps disponible entre deux cultures.

La double culture annuelle, à laquelle sont parvenus les paysans dans la deuxième moitié du XXe siècle, pose donc le problème de la validité de la technique afir : pour être efficace, elle n'en est pas moins longue (deux à trois semaines). L'alternative du khoudayri n'est pas satisfaisante. La mécanisation du travail du sol répond à l'exigence de rapidité, ainsi que l'arrivée sur le marché des pompes mobiles qui vont se substituer aux sakkias.

Dans les années 1980, les tracteurs de soixante-quinze chevaux peuvent tirer un scarificateur dans un sol non humidifié préalablement (figure B.4). Avec une largeur de travail d'un mètre environ (cinq dents), ils peuvent effectuer en une seule journée deux passages croisés, complétés par un émiettement superficiel des agrégats, toujours réalisé avec la poutre en bois (zakaffa).

On voit ainsi se développer une classe de petits entrepreneurs qui travaillent à façon avec un tracteur, une remorque, un scarificateur et une petite batteuse -hacheuse de paille. Les travaux de préparation des terres, de pompage, de transport et de traitement des récoltes paraissent tous mécanisés dans ce secteur centre - nord du delta.

Ainsi, il semble que le choix stratégique de la mécanisation du travail du sol et de l'exhaure a été raisonné à partir des contraintes de calendrier cultural et des conditions économiques de sa réalisation, mais pas à partir de l'état du milieu lui-même. Or celui-ci a évolué, marqué par l'apparition d'efflorescence saline, signe de la présence à faible profondeur de la nappe phréatique. Les passages répétés de tracteurs dans de telles conditions provoquent le compactage d sol. Si la présence de sels s'étend et la dégradation de la structure des sols s'accroît, l'agriculture du delta du Nil pourrait voir sa productivité baisser alors que l'occupation des terres est maximale.

Les insuffisances de drainage: La disparition de toute période de repos, en particulier de la jachère charaqui (figure C, années 1980) et les pratiques courantes de surirrigation ont révélé l'état dégradé du réseau de drains à ciel ouvert, envahis par la végétation, remblayés par l'érosion des berges. L'adoption de plus en plus fréquente de pompes mobiles amène les cultivateurs à forcer la lame d'eau, voire à doubler l'irrigation pendant la période de six jours en eau du canal tertiaire.

Après la mise en eau du grand barrage d'Assouan, l'évolution des techniques d'exhaure pose un nouveau problème de gestion aux gestionnaires des réseaux d'irrigation. Avec les sakkias, le ministère des irrigations se limitait à gérer des plans d'eau entre les canaux tertiaires. Le pompage, régulier pendant la mise en eau du bief, s'arrêtait rapidement après la fermeture, dès que les sakkias n'écoapaient plus l'eau de manière efficace.

Aujourd'hui, chaque bief est beaucoup plus soumis au pompage pendant les six jours en eau puis il est entièrement vidé par le pompage mécanique. Alors que le pays détient encore une ressource en eau abondante, stockée dans le lac Nasser, la nécessité de gérer des débits limités apparaît déjà, non pour régler le partage de l'eau pour raison de raréfaction de la ressource, mais pour éviter de stériliser les sols cultivés de manière quasi permanente.

C'est dans cette perspective que le Projet Egyptien de Gestion de l'Eau a travaillé en coopération avec l'Université de Colorado. Une proposition de nouvelle gestion de l'eau avec contrôle des débits était également formulé par le Groupement d'Etudes et de Réalisations des Sociétés d'Aménagement Régional (GERSAR, 1981), prévoyant une circulation permanente de l'eau dans des biefs à un niveau inférieur (non précisé) au plan d'eau choisi dans la gestion actuelle des canaux tertiaires.

Dans cette période 1970 - 1980, on trouve à nouveau les débats du début du siècle entre ceux qui prônent une réduction des possibilités d'arrosage par des moyens hydrauliques et des incidences financières et ceux qui privilégient un effort public très important sur le drainage. En définitive, avec le même temps de retard que celui du début du XXe siècle - une vingtaine d'années - l'Etat égyptien a remédié aux effets induits par les investissements hydrauliques lourds. Un vaste programme de drainage par drains enterrés a été financé par la Banque Mondiale (voir carte n°2). Le service des irrigations a calibré les grands collecteurs, compte tenu des apports permanents que reçoit la nappe.

Conclusion

Les systèmes de production agricole du sud et du centre du delta du Nil ont atteint un niveau d'intensification remarquable, non seulement par le jeu de la transformation des stratégies d'utilisation des eaux du fleuve par le service des irrigations, mais surtout par les efforts d'adaptation des petites exploitations paysannes. Elles ont su, à la fin du XIXe siècle, maîtriser l'exhaure animal et transformer leur agriculture, préparer des terres en les travaillant, entretenir les cultures en les sarclant, commencer à raisonner des niveaux de fertilisation. Au cours du XXe siècle, les paysans ont développé les cultures du maïs et du trèfle pour répondre aux besoins alimentaires et aux besoins fourragers, sans véritablement modifier la culture cotonnière qui leur était imposée (figure C, évolution 1950 - 1975 - 1990).

En deux périodes précises, les années 1890-1915 et les années 1965-1985, les nouveaux moyens d'arrosage les ont conduit aux points limites de la salinisation par la remontée des nappes phréatiques. Malgré certains avertissements, l'Etat à travers le Service des Irrigations, a consacré les ressources financières nécessaires à la mise en place du réseau de drainage, non sans retard dû en partie à la difficulté d'appréhender l'origine du phénomène, son ampleur et les moyens d'y remédier.

L'intensification agricole est telle que le problème de la préparation des terres est devenu un point crucial de gestion des exploitations; en cédant cette opération aux entrepreneurs, les agriculteurs du delta ne seront-ils plus que des "semeurs" et des loueurs de pompe pour sur irriguer leur champ ? Le réseau de drainage modernisé aura-t'il la capacité de retirer les surplus de l'arrosage gravitaire, ou bien les usagers de l'eau devront ils rechercher avec l'administration publique des formes plus économes de gestion de l'eau ? Faute de résoudre la question du partage de l'eau dans les réseaux du delta, les mailles hydrauliques situées en amont des canaux secondaires pourraient évoluer vers une surconsommation en eau avec des conséquences connues - l'engorgement, la réduction et la salinisation des sols - tandis que les mailles d'aval connaîtraient un déficit chronique.

Dans la mesure où les nouvelles terres aménagées dans le désert ou gagnées sur le nord du delta demandent chaque année plus de dotations en eau, la raréfaction de l'eau devient un problème d'actualités.

BIBLIOGRAPHIE

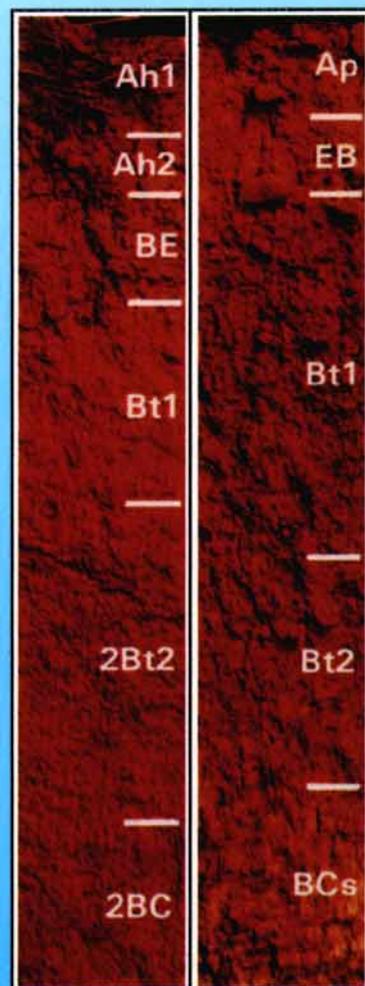
- AUDEBEAU C., 1990 - Rapport au sujet des expériences relatives à l'influence de la nappe souterraine sur les cultures de coton - Commission des domaines de l'Etat égyptien, LE CAIRE, 11p. + P1
- AUDEBEAU C., 1911 - Rapport sur les expériences et observations effectuées en 1910 dans le tefliche de Santa - Commission des domaines de l'Etat égyptien, LE CAIRE, 54p. +P1
- AUDEBEAU c., 1913 - Observations faites en 1912 dans le centre du delta - Commission des domaines de l'Etat égyptien -Sphinx, LE CAIRE , 37p. +P1.
- AYROUTH., 1952 - Fellahs égyptien -Sphinx, LE CAIRE , 2ed., 210p.
- BAROIS J., 1887 - L'irrigation en Egypte. - Paris, France, 380 p réédité en 1911.
- BESANCON J., 1957 - L'homme et le Nil. - Gallimard NRF, Paris, 390 p.
- BESANCON J., 1980 - Portrait de l'Egypte rurale au milieu du XXe siècle. -in : l'Egypte aujourd'hui, permanences et changements, 1805-1976. - CNRS, Paris, France, pp. 179-212
- BENEDICK R. E., 1979 - The higt dam and the transformation of the Nile. - in : Middle East Journal, n°2 pp 119-144.
- BERQUE J., 1961 - L'histoire sociale d'un village égyptien au XXe siècle. - Cambridge, Grande Bretagne, 150p.
- BREHIER L., 1900 - L'Egypte de 1798 à 1900. - Ed. Combet, Paris, France, 333 p.
- BROOKS R.H., WAHBY H., 1980 - Summary of egypt water use and management project, with its accomplishments. - EWUP, Cairo, Ft Collins Colorado - USA, 11 p.

- BRUHNES J., 1902. L'irrigation ses conditions géographiques, ses modes et son organisation dans la péninsule ibétique et dans l'Afrique du Nord. - Paris, Naud Editeur, France, 759 p.
- De CHAMBERET R., 1909 - Enquête sur la condition du fellah égyptien au triple point de vue de la vie agricole, de l'éducation, de l'hygiène et de l'assistance publique. - Imp. Darantière, Dijon, France, 206 P.
- CHARLES ROUX F. 1936 - Histoire de la nation égyptienne. - Tome VI, l'Egypte de 1801 à 1882, Paris, 400p.
- DOTZENKO A.D., ZANATI M., ABDEL-WAHED A.A., KELEG A.M., 1979. - Preliminary soil survey report for the Beni Magdoul and El Hammani areas.- Cairo, Ft Collins, Colorado - USA, EWUP technical report n° 2, 43p.
- EWUP, 1981 - History of work at Karf el Cheikh area. - Cairo, EWUP, 12p.
- GALI Kamel, 1889 - Essai sur l'agriculture de l'Egypte. - Thèse de l'Institut agricole de Beauvais, Ed. H. Jouve, Paris, France, 335 p.
- GERSAR, 1981., Application of french experience and tecnology in the rehabilitation and modernization of olds irrigation perimeters. - Nimes, France, 44 p. + P1.
- GREGOIRE M., 1862 - De la culture du coton en Egypte : histoire, état actuel avenir. - In : mémoires de l'Institut égyptien, Tome 1, LE CAIRE, pp 437-486.
- HURST H.E., 1954 - Le Nil, description générale du fleuve, utilisation de ses eaux. - Ed Payot, Paris, France, 302 p.
- MAURY P., 1987. - Irrigation et agriculture en Egypte à la fin du XVIIIe siècle. - In : L'homme et l'eau en Méditerranée et au Proche Orient. IV, l'eau dans l'agriculture. - Travaux de la Maison de l'Orient n°14, Lyon, France, pp 77 - 93.
- MAZOYER M., 1978 - Systèmes agricoles d'exploitation de la Nature - Chaire d'Agriculture comparée, Institut National Agronomique de Paris-grignon, Paris, France 19 p.
- MOLINAAR Albert, 1956 - Machines à élever l'eau pour l'irrigation. - FAO, coll. Progrès et mise en valeur, Cahier N° 60 Rome, Italie, 78 p.
- MOSSERI V.M., 1928 - La fertilité de l'Egypte. - In : l'Egypte cotemporaine, n° 91- 92 fev.- mars 1928, Le Caire pp.93-126.
- D'ORNANO Sébastien, 1980 - Mécanisation agricole dans les pays en voie de développement, étude du cas de l'Egypte. - 2 t., Le caire, 300p; (tirage confidentiel).
- RIVLIN H., 1961. - The agricultural policy of Mohammed Ali in Egypt. - Cambridge, Drandé Bretagne, 400 p.
- RUF T., 1983; - La formation agraire égyptienne de la fin du XVIIIe siècle à nos jours, analyse du fonctionnement des exploitations agricoles dans le nord du delta et en moyenne Egypte. - Thèse IIe cycle, Institut d'Etudes du développement Economique et Social, Univ. Paris I, Paris, France, 391 p. + an.
- RUF T., 1986 - La sakkia égyptienne, interface entre l'aménagement hydro-agricole et les systèmes de production paysans. - : IIIe Seminaire DSA "Amenagements hydro-agricoles et systèmes de production" - 16-19 Décembre 1986, CIRAD, Montpellier, France, tomme II pp 375-381.
- RUF T., 1988: - Histoire contemporaine de l'agriculture égyptienne, essai de synthèse. - Editions de l'ORSTOM, coll. Etudes et thèses, Paris, France, 289 p.
- RUT T., 1992 - Questions sur le Droit et les institutions de l'eau dans l'Egypte ancienne. - In : Colloque International " Les problèmes institutionnels de l'eau en Egypte ancienne et dans l'Antiquité méditerranéenne". Association Internationale pour l'Etude du droit de l'Egypte Ancienne, Vogüé, 24-28 juin 1992., Le caire, Institut Français d'Archéologie, à paraître.
- DE SAINTE MARIE C., 1992 - La domestication du Nil, technique d'apport d'eau et pratiques paysannes en Egypte. In : Etude Rurales, Génie rural et génie paysan, techniques d'apport d'eau et sociétés en Afrique intertropicale, Paris, France, à paraître.
- SEBILLOTTE M. 1978: - Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. - C.R. Aca. d'Agric. de France, (II)pp 906-914.
- SOCIETE SULTANIENNE D'AGRICULTURE, 1916 - Almanach de la société sultanienne d'agriculture. - IFAO, Le Caire, 309 p.
- SOCIETE SULTANIENNE D'AGRICULTURE, 1920. - Mémento Agricole égyptien.- IFAO, Le Caire 300 p.



SOLS DE TUNISIE

Bulletin de la Direction des Sols



16

1995

ISSN : 0330-2059

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

SOLS DE TUNISIE

الأترربة التونسية

Bulletin de la Direction des Sols

27^{ème} Année

N° 16 - 1995



LA SALINISATION DES SOLS ET LA GESTION DES EAUX DANS LES OASIS

تطور الملوحة بالأراضي و التصرف في المياه بالواحات



ACTES DE SEMINAIRE ORGANISE A TOZEUR (SUD TUNISIEN)

8 - 9 DECEMBRE 1993

