M. Kuper, A. Zaïri, (éditeurs scientifiques) 2008. Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb. Actes du troisième atelier régional du projet Sirma, Nabeul, Tunisie, 4-7 juin 2007. Cirad, Montpellier, France, colloques-cédérom.

Stratégies de gestion individuelle de la salinité dans le périmètre irrigué du Bas Cheliff cas du périmètre de Ouarizane

HARTANI T.[1], DOUAOUI A.[2], KUPER M.[3], HASSANI F.[1]

1 INA, Institut national agronomique 16200 - Hacène Badi - El Harrach Alger, Algérie
2 Université Hassiba Ben Bouali, BP .151. Chlef 02000, Algérie
3 UMR G-Eau, Cirad, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Résumé — Dans cet article, l'unité d'étude est le périmètre de Ouarizane, une entité homogène de 6 000 ha à l'intérieur du périmètre irrigué du Bas Cheliff. On y décrit les pratiques de gestion de la salinité et on tente de comprendre les modes d'adaptation des agriculteurs. Des enquêtes réalisées sur une quarantaine d'exploitations agricoles ont permis de distinguer cinq classes selon les cultures. On montre que les agriculteurs adaptent les cultures au niveau de salinité : agrumes, oliviers, grenadiers et autres cultures dites sensibles en amont, dans les parcelles peu salées, et artichauts et cucurbitacées en aval, dans les zones plus salées. Des modes de gestion individuels de la salinité ont été identifiés : choix par les locataires de parcelles non salées, rotation céréales - artichaut – melon pour les maraîchers, introduction de variétés d'artichaut importées, etc. La confrontation des enquêtes aux mesures (CE, SAR, pH) a permis de conclure à une perception différenciée de la salinité : les agriculteurs situés à l'aval, qui sont plus directement concernés par les effets des sels, ont développé des stratégies collectives de choix variétal d'artichaut, de pompage et d'encadrement technique alors que ceux de l'amont n'ont pas encore réagi aux effets du remplacement de l'eau de surface par l'eau souterraine.

Introduction

La plaine du Bas Cheliff, de l'ordre de 65 000 ha, est une région agricole caractérisée par la salinisation. Un périmètre y a été équipé en grande hydraulique en 1937 et depuis, une extension des surfaces salées a été constatée en atteignant par endroits des niveaux critiques (Durant, 1983 ; Douaoui, 2005). Plusieurs tentatives pour expliquer cette évolution ont été conduites, notamment à partir des propriétés des sols *in situ*, mais les facteurs de salinisation sont restés à ce jour mal identifiés (Hartani et Lakehal, 2000). La gestion de la salinité exige en effet la prise en compte des caractéristiques du sol, de la qualité de l'eau d'irrigation et des conditions locales, incluant le climat, les cultures, l'environnement économique, social, politique et culturel, et les systèmes de cultures existants (FAO, 2006).

Le présent travail se propose d'identifier les pratiques des agriculteurs en rapport avec la salinité des sols agricoles, et ce dans une entité appelée « périmètre irrigué de Ouarizane ». Ce périmètre, couvrant près de 4 000 ha et initialement irrigué à partir du barrage Gargar a été choisi car il regroupe une diversité d'exploitations agricoles de statuts différents, avec un système cultural diversifié et des sols à différents degrés de salinité. De plus, il fait partie d'un ancien périmètre et dispose, de ce fait, d'archives permettant d'interpréter l'évolution de la salinité dans un contexte historique.

Des travaux antérieurs ont déjà souligné la prépondérance de la qualité de l'eau par rapport à d'autres facteurs de salinisation des terres agricoles (Tabet, 1999). Cependant, dans le contexte de la vallée du Bas Chélif marqué par des « mutations agraires et sociologiques » cette explication paraît à priori

insuffisante. C'est la raison pour laquelle une analyse de la dynamique de la salinité dans le périmètre nous paraît utile. Ce raisonnement va conduire à identifier les comportements des agriculteurs pour s'adapter à un environnement caractérisé, d'une part, par la salinité et la rareté de l'eau et, d'autre part, par la logique du marché par rapport à celle de la préservation du milieu. Ces comportements déterminent un ensemble de stratégies individuelles que l'on se propose de présenter.

On s'intéresse dans un premier temps au périmètre d'irrigation de Ouarizane, dans lequel la dynamique agricole semble être conditionnée par le mode de gestion de la salinité. Une description spécifique du milieu physique et social mais aussi un état des réseaux d'irrigation drainage permettra d'expliquer l'évolution de la salinité. Dans un deuxième temps, la typologie des exploitations agricoles est abordée. Les pratiques associées en relation avec les valeurs de salinité mesurées sont discutées. L'analyse débouche sur l'identification de quelques stratégies de gestion individuelle de la salinité.

Le périmètre d'irrigation de Ouarizane

Localisation

La zone de Ouarizane est localisée sur la partie nord du périmètre du Bas Chelif, sur le piémont de Dahra. Elle est limitée au nord par la ville de Mazouna, au sud par la ville de Oued Rhiou, à l'est par la commune de Sobha et à l'ouest par Djdiouia (figure 1). La superficie agricole couvre 75,60 % de la superficie totale qui correspond à environ 6 060 ha, dont 4 000 ha correspondent à la surface agricole utile. Cette zone possède un patrimoine arboricole diversifié, occupé par 665 ha en arboriculture fruitière et 260 ha arboriculture forestière de pin d'Alep et d'eucalyptus.

Le bassin versant de la plaine est parcouru par un réseau hydrographique organisé autour de l'oued Chlef avec deux grands affluents : l'oued Ouarizane et l'oued Djenn orientés vers la direction nord-sud. Cette zone appartient à la commune de Ouarizane qui compte une population de 18 019 répartie à plus du tiers en milieu rural ; le reste étant concentré dans la ville de Ouarizane (tableau I).

A l'échelle de la commune, les emplois dans l'agriculture constituent le quart de la main-d'œuvre, le reste est réparti entre administration, éducation, commerce, transport et marchandise. Plus d'un millier d'exploitations agricoles ont été recensées dans le périmètre aménagé avec une nette tendance au statut privé des terres (tableau II). Il faut cependant noter que les grandes superficies (plus de 50 ha) sont sous un statut d'exploitation agricole collective alors que les petites superficies (moins de 5 ha) sont gérées par des exploitations familiales privées. On montrera plus loin que le mode de faire valoir influence les pratiques de l'agriculteur.

Tableau I. Caractéristiques sociologiques de la commune de Ouarizane.

Population	Total	Hommes	Femmes	Ruraux	Agriculteurs
Nombre	18 019	9 113	8 906	7 476	581

Source : schéma directeur de la commune de Ouarizane 2002

Tableau II. Statut juridique des exploitations agricoles dans la zone d'étude.

Type d'exploitation	EAC	EAI	Privé
nombre	54	36	1 013

Source : Schéma directeur commune de Ouarizane de 2002.

Relief

L'intérêt de la topographie est qu'elle constitue un facteur explicatif de la répartition spatiale de la salinité. De plus, elle constitue un des facteurs pédogénétiques qui conditionnent l'évolution des alluvions argileuses dans les dépressions, vers des sols à caractère vertique de plus en plus accentué. Elle intervient aussi en relation avec la salinité car autant sur les pentes bien drainées la salinisation est minime ou nulle, autant dans les dépressions sans drainage naturel, le processus d'accumulation des sels est intense.

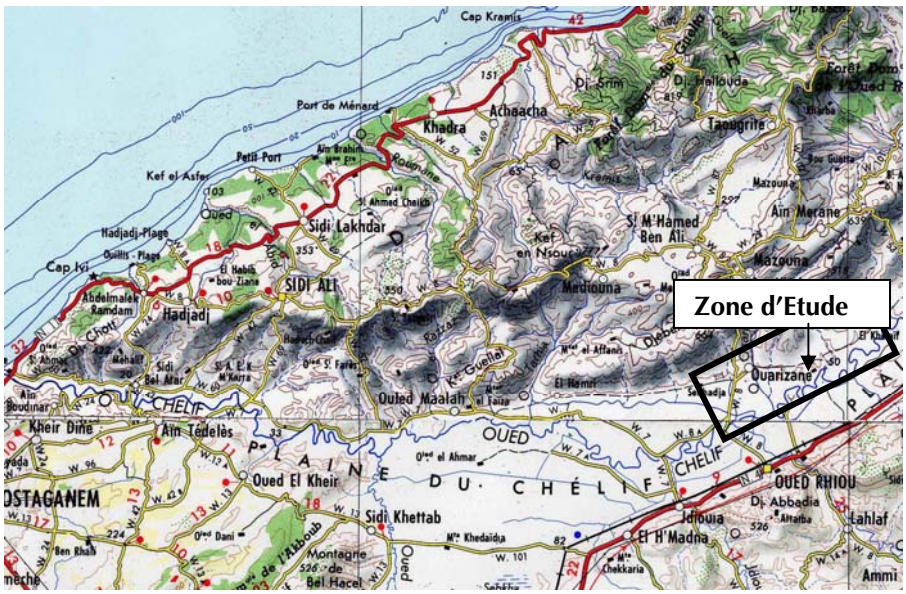

Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude sur carte d'état major 1/500 000e.

La topographie de la plaine de Ouarizane est comme l'ensemble du bas Cheliff, à faible pente. Le relief est orienté nord- est et sud-ouest suivant le sens de l'écoulement de l'oued Chlef. On peut avancer alors qu'un gradient de salinité pourrait suivre le sens de l'écoulement de l'oued.

Système de culture

L'agriculture de la région de Ouarizane dans sa partie amont se caractérise par l'arboriculture notamment les agrumes, les oliviers et les arbres divers (pommier, abricotier, grenadier). On y rencontre aussi du maraîchage surtout la pastèque qui se fait juste au pied des montagnes. Sur la partie aval, on trouve des spéculations plus tolérantes aux sels notamment les artichauts et le melon habituellement pratiqués dans la région (figure 2). La demande continue du marché en melon, pastèque et artichaut a fait que l'agriculteur de la région s'est plus ou moins « spécialisé » dans la pratique de ces spéculations.

La céréaliculture fortement représentée par l'orge et le blé n'est pas spécifique à une zone donnée du périmètre, elle est présente partout. Elle est pratiquée en sec et joue un rôle important dans la vie de l'agriculteur. C'est en effet une sécurité alimentaire pour l'agriculteur, un aliment essentiel du bétail qui permet d'année en année d'améliorer les propriétés physico chimiques du sol.

Figure 2. Répartition des cultures dans la zone de Ouarizane.

Cultures maraîchères

L'artichaut (*Cynara scolymus*), qui constitue le principal produit du terroir, est aujourd'hui au centre des préoccupations de la chambre d'agriculture. Les variétés dominantes sont le « violet d'Alger et le blanc d'Oran ». Considérant son effet limitant le processus de la salinisation des sols, l'artichaut est utilisé comme précédent cultural. Sa consommation moyenne en eau est de l'ordre de 1 144 mm.

Le melon de l'oued Rhiou est mondialement reconnu. Les variétés présentes sont le melon jaune et vert « valencia » et la variété jaune qui tolère une salinité de 3 dS/m. Les besoins en eau obtenus par l'application du modèle agro météorologique Cropwat s'élèvent à 472 mm.

La variété à graine noire de la pastèque est également très sollicitée sur le marché local. Elle tolère des niveaux de salinité compris entre 4 et 8 dS/m, mais nécessite en revanche beaucoup d'eau (plus de 1 000 mm selon une première estimation par le modèle Cropwat).

Arboriculture fruitière

L'agrumiculture (oranger et le citronnier) sont des espèces subtropicales qui se développent bien dans le Bas Cheliff, en particulier les variétés locales de la Thomson pour l'orange et de la clémentine pour la mandarine. En règle générale, il faut éviter les sols trop lourds ou très limoneux et les sols dont la CE > 2 dS/m (FAO, 2003). Les besoins en eau des agrumes calculés par le modèle Cropwat à partir des données agrométéorologiques locales sont de 830 mm. L'olivier est également cultivé sur les terres lourdes et salées, il semble particulièrement s'adapter au manque d'eau et aux salinités élevées.

Rendements

Les rendements inventoriés par l'Office national d'irrigation et de drainage sont relativement stables depuis une dizaine d'années et ne reflètent pas le dynamisme observé sur le terrain (tableau III).

Tableau III. Rendements de quelques cultures pratiquées dans le périmètre de Ouarizane (ONID, 2006).

Culture	Rendement (q/ha)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Agrume	Thomson	80	60	90	120			60	150	150	120	120
	Clémentine										80	160
Autre arboriculture	Olivier	20	14	12	12	25	18	27	60	60	30	45
Cultures maraîchères	Melon	200	150	100	112	130	150	210	-	-	-	-
	Pastèque	200	200	120	160	120	140	220	-	-	-	-
	Artichaut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250

Caractérisation des sols

Plusieurs catégories de sols sont rencontrées dans le périmètre de Ouarizane en fonction de la profondeur, de la texture et du degré de salinité. On y trouve notamment des sols peu évolués, des vertisols, des sols halomorphes, des sols hydromorphes et des sols halomorphes (SOGREAH, 1983). Une *nomenclature locale* des sols a été rencontrée au cours de nos investigations. Cette dernière est fondée sur des concepts relativement simples qu'utilisent les agriculteurs comme la texture, la couleur ou la drainance.

Classification selon la nomenclature de l'agriculteur

- Classe des sols El hamri : ce sont de bons sols de couleur rouge, de texture légère, de bonne perméabilité et faciles à travailler, ils sont sains, pas du tout salés. On rencontre ces sols sur une surélévation, ils font la limite entre la montagne et la plaine.

- Classe des sols n'fil : ce sont de bons sols, composés d'un mélange de sable et d'argile. Ils sont fertiles et perméables, faciles à travailler manuellement ou avec les outils de travail. Ce sont généralement des sols sains.

- Classe des sols t'ferchet : l'agriculteur décrit ces sols comme des sols à texture lourde, de couleur noire, peu perméable, salée, difficile à travailler, collant quant le sol est humide, dur dans le cas où le sol est sec. Ils ont généralement un degré de salinité très élevé.

- Classe des sols sablonneux : ce sont des sols sableux, parfois salés surtout aux environs de l'oued. Ils sont occupés par de la céréaliculture, l'orge en particulier, quand ils sont salés.

Interprétation

Les sols de Ouarizane sont en grande majorité, soit des sols peu évolués, soit des vertisols (figure 3). Dans le premier cas, ce sont des sols profonds bien drainés que l'on retrouve surtout aux alentours de la ville de Ouarizane. La texture de ces sols est variable, elle peut être sableuse à argileuse selon l'endroit. Ces sols peuvent avoir une salinité élevée jusqu'à 7 dS /m. On peut les rencontrer dans les zones de transition entre les sols peu évolués d'apport alluvial modaux et les sols halomorphes.

Dans le cas des vertisols, les sols sont constitués d'argiles lourdes gonflantes ; ils ont une texture extrêmement fine avec 60 % d'argile, ils sont profonds et mal drainés avec de grandes fentes superficielles en été. Ces sols sont salés dans le cas des vertisols halomorphes. On les trouve sur les zones déprimées et sur les zones basses près de l'oued.

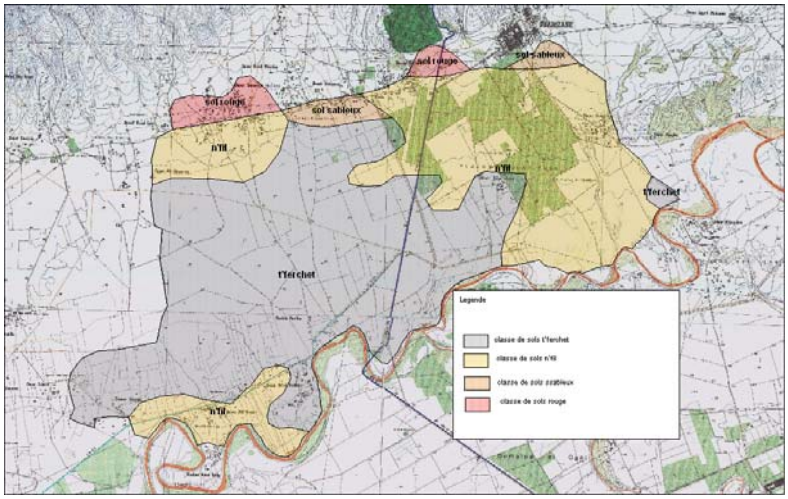

Figure 3. Carte de la classification vernaculaire des sols de Ouarizane.

Situation de l'irrigation et du drainage

Irrigation à partir des eaux de surface

Le périmètre irrigué du Bas Chélif est équipé aux trois-quarts en système gravitaire direct, le reste étant alimenté par gravité depuis des bassins surélevés remplis par pompage (SOGREAH, 1983).

Dans la plaine de Ouarizane, l'adduction des eaux de surface utilise un réseau enterré sous pression réalisé dans le cadre de la réhabilitation du périmètre du Bas Chélif. L'eau est acheminée du barrage Gargar et de la retenue de Merdjet Sidi Abed par le canal principal ; elle est stockée dans un bassin de compensation de 15 000 m^3 de capacité. Le remplissage se fait par pompage puis par refoulement directement dans le canal principal (figure 4).

Un historique récent des allocations d'eau de surface tel que comptabilisé par l'Office d'irrigation est donné dans le tableau IV. Il indique une relative stabilité des apports autour de 4 800 Mm^3/an sauf pour l'année 2005 où une restriction en eau a été décidée par les pouvoirs publics en raison de la sécheresse. Une tendance identique pour l'année 2006 semble se confirmer ce qui va vraisemblablement influer sur la salinité du milieu. L'efficience du réseau d'adduction ainsi que les superficies réellement irriguées ne sont pas publiés. Un certain nombre d'agriculteurs ont recours au pompage à partir de l'oued Chlef dont l'eau semble salée au niveau de Ouarizane.

Tableau IV. Allocation d'eau du barrage vers le périmètre de Ouarizane entre 1995 et 2005 exprimée en millions de m^3 (ONID, 2006).

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Volume (Mm^3)	2 000	3 500	3 500	4 500	6 000	4 900	5 600	4 700	7 200	6 200	200

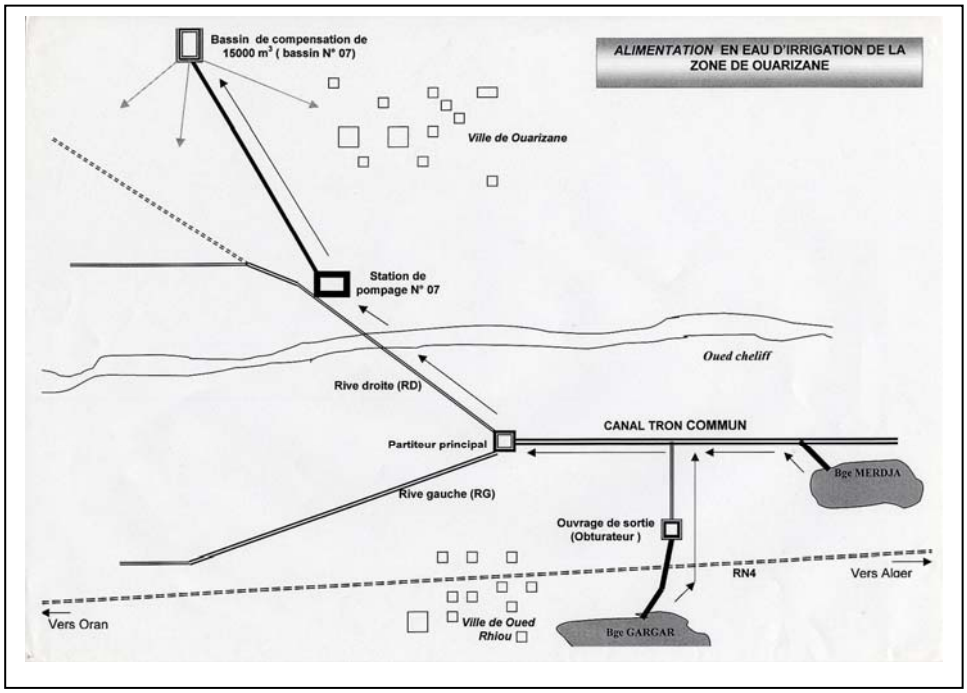

Figure 4. Schéma du dispositif de stockage et d'adduction des eaux de surface (ONID, 2006).

En termes de qualité, les eaux de surface occupent une place de choix chez les irrigants. Elles seraient à la fois *riches en éléments fertilisants et peu salées*. Les investigations menées à partir des bilans ioniques des eaux ont en effet révélé une concentration comprise entre 0,5 et 2g/l en sels ce qui est en ordre de grandeur, deux à trois fois inférieur à la concentration des eaux souterraines (Douaoui et Hartani, 2006). Dans ce contexte, l'argument économique consistant à vendre l'eau à 2,50 DA/m^3 devient encore plus pertinent pour les agriculteurs.

Mode d'irrigation et accès à l'eau

Le système gravitaire par seguia est le mode d'irrigation dominant et peut être observé sur le périmètre d'avril à fin septembre. L'eau est distribuée par des raies de 6 à 10 m conformément aux pratiques habituelles en Algérie. Ce mode d'irrigation représente à lui seul 93 % des systèmes d'irrigation pour l'ensemble des quarante-deux exploitations agricoles enquêtées ce qui est du reste représentatif de la moyenne nationale (Guemraoui et Chabaca, 2004).

Signalons aussi le développement croissant de l'irrigation par goutte-à-goutte qui semble convenir au contexte. Trois agriculteurs parmi ceux enquêtés ont introduit le goutte-à-goutte et pourraient devenir un exemple à suivre.

En plus de la technique d'irrigation, le mode d'accès à l'eau dans le périmètre d'étude est le deuxième élément caractéristique de la pratique d'irrigation. D'après les enquêtes, il existe deux types d'agriculteurs : ceux qui possèdent un réseau d'irrigation, mais n'ont pas eu de l'eau du barrage depuis 2004 et ceux qui n'ont pas irrigué avec cette eau depuis la fin des années 1970 ou même avant. Ces agriculteurs se répartissent selon un ratio proche de 2/3 et 1/3 respectivement et se localisent sur la partie aval du périmètre pour la deuxième catégorie et ailleurs pour la première. Ainsi, l'agriculture irriguée ne subsiste que grâce à l'eau souterraine et des expériences pilotes pour l'irrigation à partir de forages collectifs sont actuellement menées par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Relizane.

La logique des agriculteurs diffère en fonction de l'occupation des sols. Ainsi, les maraîchers se basent sur la quantité d'eau à apporter pour avoir un rendement maximal qui serait directement lié à la quantité d'eau apportée. C'est une « logique économique ». En revanche, pour les arboriculteurs, l'apport se base sur les besoins de l'arbre et l'état du sol. Pour cela, l'agriculteur ramène la quantité dont a besoin la plante en plus de la dose de lessivage. C'est « une logique de sauvegarde ».

Irrigation à partir des forages et des puits

La plupart des exploitations agricoles de la zone d'étude disposent d'au moins un forage et, pour peu que le pompage soit interrompu à la suite d'une panne par exemple, des arrangements de proximité se mettent en place. Sur l'échantillon de 42 agriculteurs enquêtés, 34 agriculteurs ont leur propre forage et 8 d'entre eux utilisent le forage du voisin. L'eau est dans ce cas transportée sur plusieurs kilomètres.

La nappe se trouve à une centaine de mètres de profondeur sauf en certains points où il est relativement proche de la surface (20 m environ). Pour contrôler cette nappe, l'Etat a interdit tout forage individuel et a aménagé des forages collectifs pour l'irrigation de l'arboriculture. L'eau souterraine se caractérise cependant par une forte teneur en chlorures correspondant à une charge minérale moyenne de 4 g/l et contribue, à notre avis, à la progression de la salinité dans le périmètre (Douaoui et Hartani, 2006).

Situation du drainage

Le réseau de drainage tel qu'il est connu dans la plaine de Ouarizane comporte un drainage de surface et un drainage souterrain. Dans le premier cas, il est principalement constitué des émissaires naturels (oued Chlef, oued Djenn, oued Ouarizane) et des fossés de drainage agricole principaux et secondaires.

Un drainage souterrain dit profond a été installé dans le cadre de la réhabilitation du périmètre du Bas Cheliff (projet de 5 011 ha). La zone de Ouarizane a été choisie comme zone pilote pour un réseau de drains enterrés sur une superficie de 595 ha dont 120 ha ont été réellement équipés en 1994-/1995. Un autre réseau a été mis en service en 2006 dans le cadre d'un projet de 1 850 ha, la superficie drainée est de 90 ha située à l'extrémité sud-ouest de la plaine (ONID, 2006 ; Ould Cheikh, 2007). L'ensemble des drains se jette dans l'oued Djenn ou dans les collecteurs puis vers l'oued Chlef.

Description des états de salinité

Comme il a été dit précédemment, la zone de Ouarizane a été choisie pour des considérations pratiques d'adéquation avec la problématique développée en introduction (gestion individuelle de la salinité). Cette zone héberge la plupart des organismes algériens en charge de l'eau agricole notamment la chambre d'agriculture, l'office de l'irrigation et du drainage et la direction de l'hydraulique de wilaya de Relizane.

Pour déterminer les orientations de l'exploitation agricole et les moyens mis en œuvre quarante-deux exploitations agricoles ont été choisies de manière à balayer toute la plaine d'amont en aval et du piedmont à l'oued. Les principaux paramètres structurels de l'exploitation ont été déterminés : surface agricole utile, cheptel, taille, famille ainsi que les techniques liées aux pratiques agricoles en particulier les assolements et les irrigations.

L'étude à l'échelle de la parcelle était plus destinée à comprendre les pratiques en relation avec les mesures de salinité. Des échantillons de sol ont ainsi été prélevés dans l'horizon de surface (0-30 cm) sur les quatre vingt parcelles concernées. Pour un nombre de parcelles plus restreint (soixante), les concentrations des cations majeurs ont été mesurées afin de calculer l'indice de sodicité SAR. Le prélèvement d'échantillons d'eau s'est déroulé simultanément en vue de mesurer la CE et le SAR. En plus des mesures, la question « Que pensez-vous de la salinité de votre eau ? de votre sol ? » a été systématiquement posée pour établir une éventuelle adéquation entre la mesure et le récit de l'agriculteur.

La même démarche a été reconduite six mois plus tard auprès d'un échantillon de seize exploitations agricoles extraites de l'échantillon initial dans le but de valider les mesures et de mieux caractériser certaines pratiques agricoles. Nous présentons ci-après les principaux résultats.

Salinité et sodicité de l'eau d'irrigation

La qualité des eaux est étudiée à partir des deux indicateurs CE à 25°C et SAR correspondant aux points de prélèvements indiqués en figure 5. Les points de mesures ont ensuite été reportés sur un graphique indiquant la CE en abscisse et le SAR en ordonnée (figure 6). En s'inspirant de la démarche de Kielen (1996), les points de mesure ont été placés sur le graphe correspondant pour interpréter les mesures. La classification USSL (1954) fait apparaître les classes C3S1, C3S2, C4S1, C4S2, C4S3 et les eaux de ce fait considérées de qualité médiocre. Or, les niveaux de salinité observés sont très majoritairement inférieurs à 4 dS/m et l'irrigation dans ces conditions est couramment pratiquée en Algérie ; ils ne constituent pas un danger pour peu qu'un lessivage naturel par les pluies se produise ou qu'une dose soit apportée occasionnellement (Durand, 1983).

Le SAR révèle des niveaux de sodicité compris entre 2 et 20 mais une dépendance croissante en fonction de la salinité, ce qui tend à réduire l'effet « déstructurant » de l'eau vis-à-vis du complexe absorbant (Oster et Shainberg, 2001). Cette observation est d'ailleurs confirmée par la classification FAO (1989) qui montre clairement que les points de mesure ne posent pas de problème de sodicité (figure 7).

De cette analyse, il sera retenu que la salinité de l'eau d'irrigation est un facteur avéré de la salinisation notamment pendant les années climatiques où le lessivage par les pluies ne peut se produire. La sodicité de l'eau ne pose vraisemblablement pas de problème pour l'échantillon disponible.

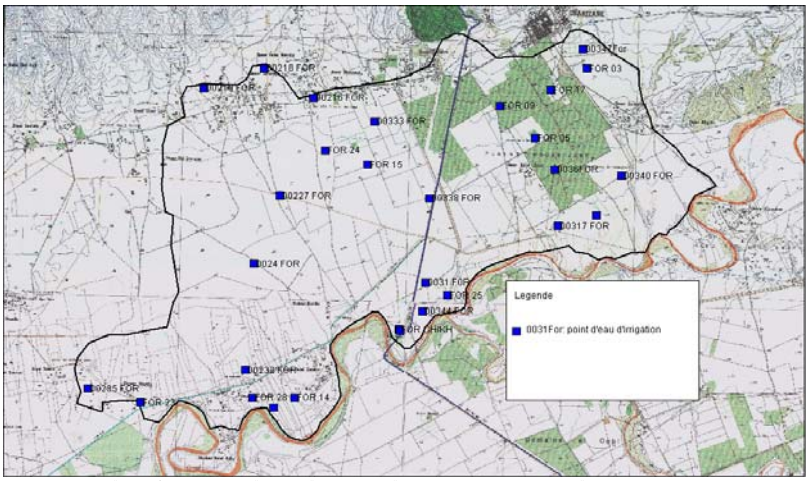

Figure 5. Positionnement des forages dans les exploitations agricoles concernées par l'enquête de juin 2006. Périmètre de Ouarizane.

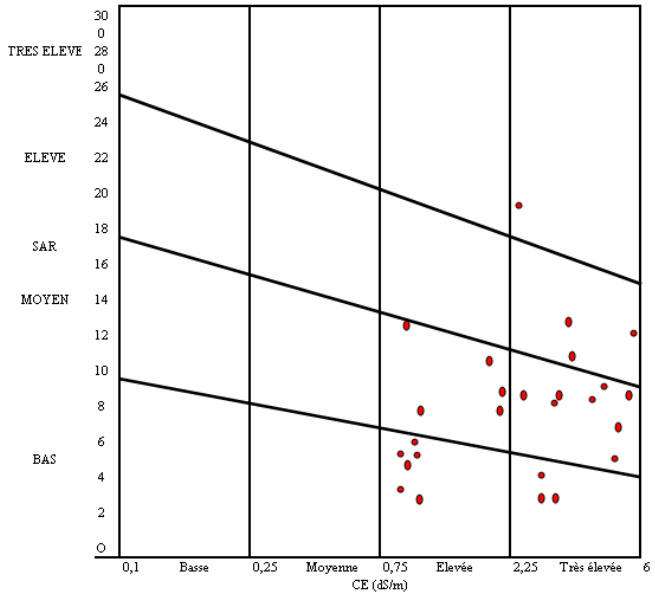

Figure 6. Classification des échantillons d'eau par rapport à la norme USSL (1954). Données du périmètre de Ouarizane juillet-août 2006.

Salinité en surface des sols

Validation des mesures

Des échantillons de sol ont été prélevés aux points indiqués en figure 8. La mesure de la CE repose sur des méthodes de laboratoire standard : extrait de pâte saturée, extrait de solution de sol à 1/5 ou 1/25 (Richards, 1954). La démarche adoptée consiste à effectuer deux séries de prélèvements (juin 2006 et février 2007) avec une répétition à chaque fois. Nous présentons uniquement les mesures de CE du premier et deuxième passage ; les autres composants minéralogiques du sol sont cités en bibliographie (Hassani, 2007). Les valeurs correspondent à la CE de l'extrait dilué 1/5 mesurées au laboratoire de Chlef. La comparaison indique une relative concordance entre les deux séries de mesures (figure 9).

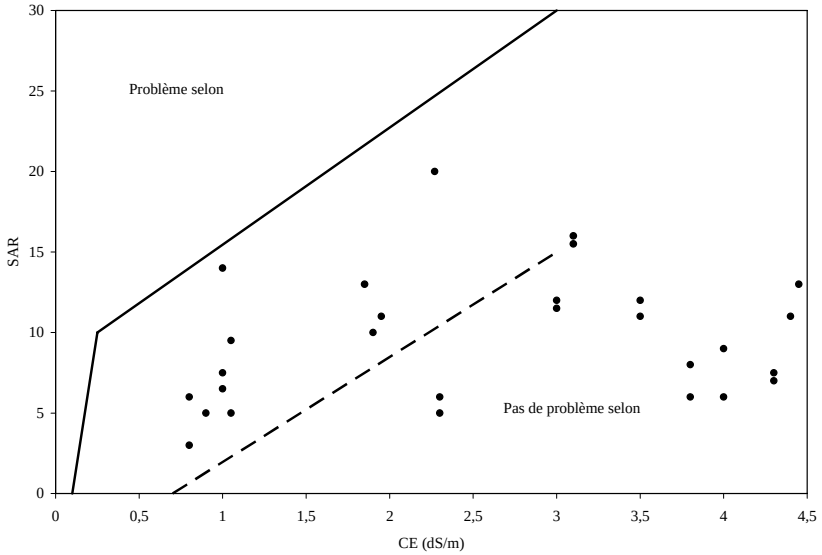

Figure 7. Classification des échantillons d'eau par rapport à la norme FAO (1989). Données du périmètre de Ouarizane juillet-août 2006.

En outre, la campagne de mesure a permis d'identifier les échantillons correspondant aux quatre classes de salinité l'USSL, la répartition du nombre d'échantillons par classe se faisant comme suit:
– CE ≤ 2 dS/m : 32 échantillons. Les sols ne sont pas salés ;
– 2 < CE ≤ 4 dS/m : 11 échantillons ; les sols sont faiblement salés ;
– 4 < CE ≤ 8 dS/m : 11 échantillons ; les sols sont moyennement salés ;
– CE > 8 dS/m : 2 échantillons. Les sols sont halomorphes

Partant de ce résultat, l'idée est d'expliquer les éventuelles variations temporelles de la salinité.

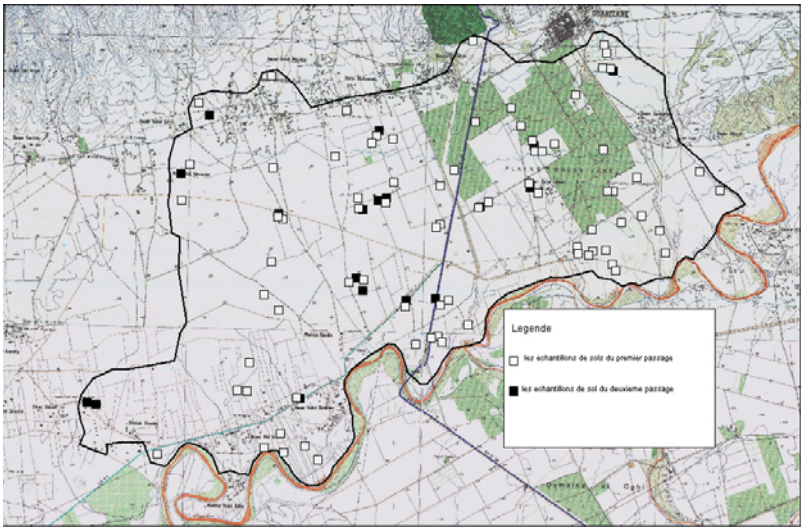

Figure 8. Points de prélèvement des échantillons de sol lors des deux passages sur terrain. Ouarizane juin 2006-février 2007.

Dynamique historique de la salinité

Dans ce qui suit, il est implicitement fait l'hypothèse que la salinité du sol sur les 30 cm de l'horizon de surface représente bien la salinité de l'état de surface. Elle est justifiée par les fluctuations de la nappe superficielle combinées au climat très évaporant de la région, qui favorise les remontées de sels en surface. Cet horizon intéresse en outre les cultures maraîchères et les grandes cultures qui occupent une grande partie des terres dans le périmètre de Ouarizane. Par conséquent, la notion de variabilité spatiale concernera exclusivement le plan horizontal.

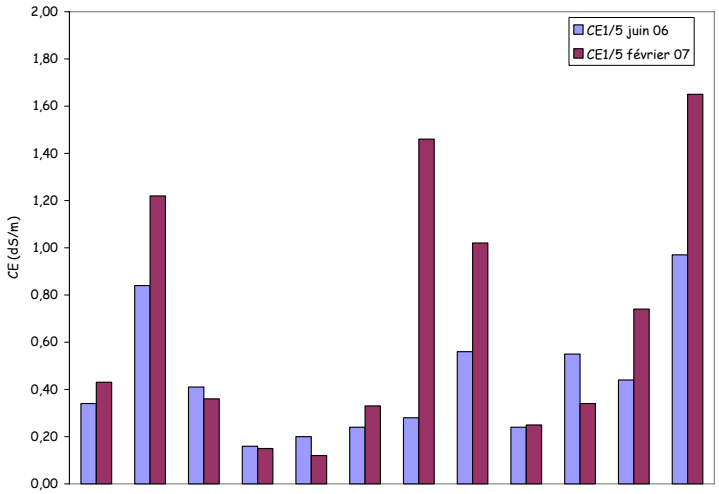

Figure 9. Conductivité électrique au 1/5 du sol prélevé au mois de juin 2006 et au mois de février 2007 à Ouarizane.

Une première confrontation des résultats a été réalisée avec des mesures d'échantillons de sols prélevés en 1997 (Douaoui et Hartani, 2006). Les résultats indiquent une baisse de la CE puisque 43 des 61 points de mesure choisis ont une CE < 4 dS/m, ces points étant initialement classés dans la tranche 4 et 8 dS/m. Dans les zones proches des piedmonts, les niveaux de salinité sont relativement bas (< 2 dS/m) et ne devraient pas varier significativement.

Une deuxième confrontation a été réalisée à partir d'une vingtaine d'échantillons prélevés en 1975 conduit à la même conclusion (figure 10). Cette diminution est plus marquée dans la partie aval ce qui peut s'expliquer par l'installation du drainage depuis une dizaine d'année. Dans la partie amont, il y a augmentation de la salinité du sol en raison du recours croissant à l'eau souterraine pour compenser l'absence de l'eau du barrage.

Finalement, l'hypothèse d'une diminution de la salinité en surface depuis les dernières mesures effectuées dans la région en 1997 sera retenue. Elle pourrait s'expliquer par la mise en œuvre du drainage dans le périmètre. Elle doit de toute façon être confirmée par les observations sur d'autres zones du Bas Chélif.

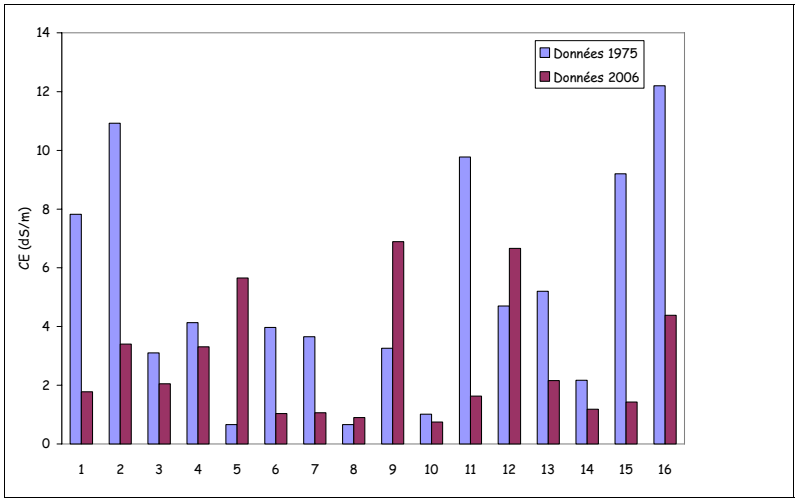

Figure 10. Comparaison de la CE du sol de Ouarizane entre 1975 et 2006.

Typologie des exploitations agricoles

Un ensemble de pratiques a été constaté aux cours des missions de reconnaissance et d'investigation auprès des agriculteurs : choix des cultures, mode de préparation des terres, conduite des irrigations et même sélection des terres à laisser en jachère en cas de grave pénurie d'eau. Ces pratiques diffèrent selon la situation qui se présente mais visent toutes à maximiser les rendements. Elles permettent de proposer la typologie des exploitations agricoles.

- Classe I : maraîchers locataires amont : ce sont des agriculteurs privés, souvent extérieurs à la région, qui louent des parcelles avec forages grâce à leurs ressources financières. Ils choisissent les riches terres du piedmont Nord du Dahra et produisent exclusivement du maraîchage. Les superficies des parcelles louées varient entre 14 et 28 ha et sont irriguées avec une eau fortement salée mais non alcaline. Les enquêtes ont démontré que ces agriculteurs ne gèrent pas directement la salinité. Par contre, ils choisissent au préalable les parcelles qui se trouvent sur de bonne terre. En outre, ils se trouvent quasiment tous en altitude et donc ont un drainage naturel. En cas de baisse de production par exemple, ces locataires préfèrent se déplacer sur un site voisin et ne s'intéressent pas aux causes de leur situation.

- Classe II : arboricoles amont : ce sont des exploitations agricoles qui cultivent les agrumes et l'olivier. Ils occupent des sols du type « N'fil » de texture équilibrée et parfois des sols du type « t'ferchet » qui ont une texture fine et une salinité très variable entre (0,26 à 6,95 dS/m). L'irrigation est basée sur l'eau souterraine de qualité médiocre (0,91 et 3,7 dS/m). Des formes d'arrangements de proximité autour de l'eau ont été observées où la délivrance de l'eau entre agriculteurs est ainsi assurée par l'octroi d'un salaire au moment de la récolte. Aucune manifestation de la salinisation du sol n'est apparente. Depuis 2004, ces terres sont pourtant irriguées avec l'eau souterraine relativement salée. Pourtant, ce changement de la qualité de l'eau d'irrigation a provoqué une élévation de la salinité du sol. C'est pourquoi on émet l'hypothèse du risque de salinisation de ces sols à moyen terme.

- Classe III : arboriculteurs amont à double revenu : cette classe regroupe des agriculteurs privés, anciens bourgeois, ayant un statut social hérité des années 1950. Ceci semble leur octroyer une « priorité sociale » par rapport à l'accès à l'eau. Ils ont tous des revenus externes à leur exploitation et se localisent sur la partie amont de la plaine de Ouarizane avec des exploitations de 8 à 40 ha (en moyenne 18 ha). Ils sont généralement sur des sols type n'fil avec des niveaux de salinité variant entre 0,75 et 6,35 dS/m. L'eau est relativement salée (entre 3 et 3,7 dS/m). Ils pratiquent principalement l'arboriculture. Lors du second passage, il a été constaté que les agriculteurs utilisent des volumes d'eaux additionnels en vue de limiter les effets des sels. Ils bénéficient en plus d'une pente topographique qui favorise un drainage naturel. Le niveau de revenu de ce groupe d'agriculteurs semble être élevé et joue de ce fait un rôle par rapport à leurs pratiques agricoles dans un contexte salin. Par exemple un agriculteur ramenait de l'eau par citerne pour irriguer ces agrumes au temps convenu suite à une panne de sa pompe. En revanche, les agriculteurs de la classe II n'ont pas pu irriguer devant une pareille situation.

- Classe IV : maraîchers aval : ces agriculteurs gèrent la salinité des sols par la pratique de succession des cultures : artichaut, melon, céréaliculture suivant qu'il s'agit d'un sol salé nouvellement mis en valeur ou d'un sol salé déjà travaillé. L'effet attendu de la rotation dans ce cas est la réduction de la salinité. Dans certains cas, ils irriguent à « petites doses » pour limiter la remontée des sels. Par ailleurs, des travaux de réhabilitation du réseau de drainage superficiel en 1994 et l'installation à titre d'essai d'un réseau souterrain semblent avoir donné de bons résultats. D'après les agriculteurs, il y a eu diminution de la salinité des sols depuis ces travaux. Ils souhaitent la généralisation du réseau de drainage souterrain pour éliminer tous les sels des sols et éviter le retour des sels entre les cycles d'irrigation.

- Classe V : arboriculteurs – maraichers aval : ces agriculteurs situés en aval pratiquent des espèces tolérantes à la salinité généralement l'olivier et le grenadier en plus des artichauts en ce qui concerne le maraîchage. Des vergers d'agrumes sont parfois rencontrés en surélévation. Les sols sont du type t'ferchet, légèrement salés à salés avec une CE comprise entre 1,06 et 4,13 dS/m et l'eau d'irrigation est légèrement salée. Cette classe supposée représentée par de « bons gestionnaires » se caractérise en réalité par une arboriculture adaptée au contexte salin : culture de l'olivier et du grenadier relativement tolérants aux sels (jusqu'à 4 dS/m). Pour ceux ayant opté pour les agrumes, ils bénéficient entre autres de situations topographiques favorables. En conclusion, cinq classes d'exploitations agricoles peuvent être retenues en fonction des pratiques observées (figure 11).

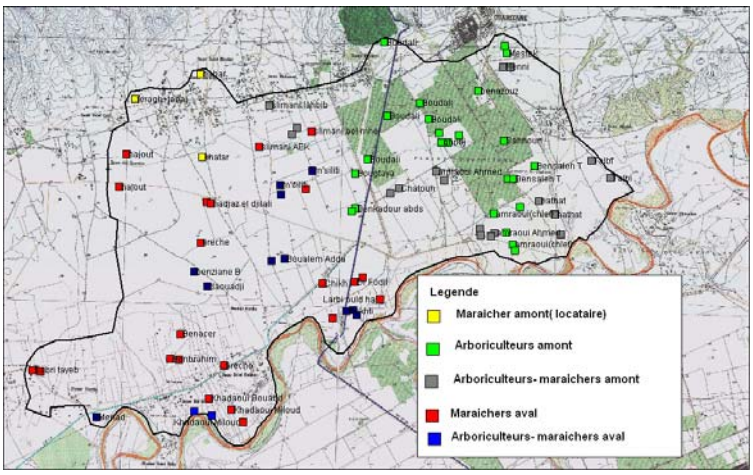

Figure 11. Répartition des classes d'agriculteurs sur la zone de Ouarizane.

Perception de la salinité

Notion de perception dans un contexte de salinité

Les notions de perception de la salinité s'inspirent de travaux similaires effectués au Pakistan (Kielen, 1996). Les éléments d'analyses reposent sur la confrontation entre la mesure ou son estimation d'une part, et les affirmations des agriculteurs d'autre part. Avant d'aborder la question de la salinité et les éventuelles stratégies de sa gestion, il est intéressant de comprendre comment les agriculteurs utilisent l'eau dans le contexte du périmètre de Ouarizane. Une des hypothèses fortes de notre travail est que les pratiques de gestion de la salinisation sont fortement dépendantes de la perception qu'ont les agriculteurs de la salinité. C'est ainsi que nous avons jugé important de comparer leur perception à la salinité du sol et de l'eau d'irrigation avec les analyses du laboratoire.

Perception de la salinité de l'eau

La salinité de l'eau est facilement appréciée par l'intermédiaire du goût. Dans la commune de Ouarizane et ses environs, il est unanimement admis que l'eau du barrage Gargar ou l'eau de Merjet Sid Abed est meilleure que celle du sous sol. Ce jugement est bien entendu fondé sur l'expérience locale des populations pour lesquelles le rapport à l'eau dépasse le contexte agricole.

Pour cerner la question de la gestion individuelle de la salinité, une tentative de mise en relation entre les mesures de salinité et les affirmations des agriculteurs a été conduite. Si on porte sur un graphique les mesures de la CE et du SAR de l'eau d'irrigation en distinguant par des symboles le cas où l'agriculteur est satisfait de la qualité de l'eau et celui où il n'est pas satisfait, on peut différencier les situations suivantes (figure 12) :
– ceux dont la salinité de l'eau est inférieure à un seuil arbitraire de 3,5 dS/m voire 4 dS/m et qui affirment disposer d'une eau peu ou pas salée ;
– ceux dont la salinité de l'eau dépasse 3,5 dS/m et qui affirment que celle-ci n'est pas salée ;
– ceux dont la salinité de l'eau est inférieure à 3,5 dS/m et qui la considèrent comme étant salée.

Dans la première situation, il y a, à priori, une bonne perception de la salinité de l'eau. Il est intéressant de relever que cette situation concerne principalement les agriculteurs des classes aval (classes IV et V). Dans la deuxième situation, il s'agit d'une substitution relativement récente de l'eau de surface par l'eau souterraine. En effet, avant 2004 les agriculteurs amont étaient habitués à la qualité de l'eau du barrage. Depuis, ils irriguent avec l'eau souterraine de moindre qualité par rapport à celle du barrage. Il est quasiment sur que ces derniers n'arrivent pas encore à apprécier parfaitement l'eau qu'il utilisent. La dernière situation est représentée par uniquement deux cas où la CE est autour de 2.5 dS/m et ne peut être interprétée sans la prise en compte des autres facteurs qui contribuent à la performance d'une exploitation agricole.

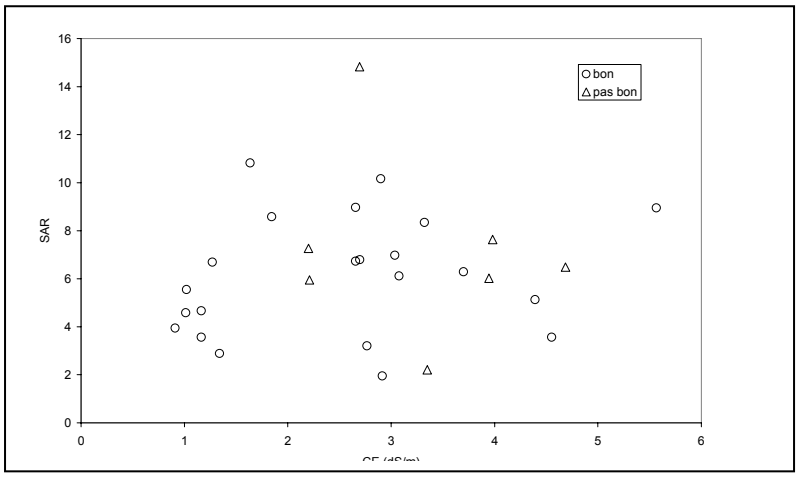

Figure 12. Perception de la salinité des eaux par les agriculteurs dans la plaine de Ouarizane.

Perception de la salinité du sol

La perception de la salinité des sols n'est pas très différente de celle de l'eau. Si on admet qu'une CE supérieure à 4 dS/m caractérise un sol salé (Richards, 1954), on voit bien qu'il y a seulement 4 parcelles où les agriculteurs ignorent la présence de sels. En effet, ceux-ci ont une CE > 4 dS/m et décrivent leur sol comme étant non salé (figure 13). Cette observation suggère deux explications possibles :
– la salinité est avérée mais l'activité de l'agriculteur n'est pas affectée s'il pratique un lessivage ou s'il gère la salinité d'une manière qui lui semble satisfaisante ;
– la salinité mesurée n'est pas représentative de l'état de la parcelle dans sa totalité (y compris dans l'horizon racinaire).

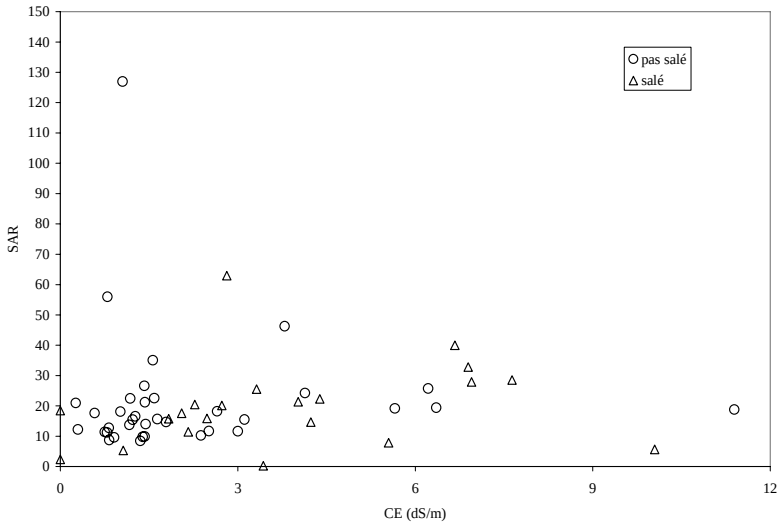

Figure 13. Perception de la salinité des sols par les agriculteurs dans le périmètre de Ouarizane.

La première explication est la plus probable. Etudions par exemple les exploitations où la CE dépasse 4 dS/m et où les agriculteurs des II et III affirment être en présence d'un sol non salé. Tout d'abord, ces parcelles se situent toutes en surélévation, elles bénéficient donc d'un drainage naturel (tableau V). L'eau est moyennement salée à salée et selon les agriculteurs les sels seraient évacués par les drains artificiels ou directement par l'oued. L'ensemble de ces conditions contribue à diminuer les effets de la salinité et l'agriculteur qui arrive à gérer ces effets ne parlera pas de salinité ; il apparaîtra comme ayant une mauvaise perception de la salinité.

En revanche, les agriculteurs aval (classes IV et V) affirment que leurs terres sont salées alors que les analyses révèlent une faible conductivité électrique (tableau VI). La tendance à la baisse de la salinité en surface dans les endroits concernés par le drainage ne semble pas avoir été perçue de manière uniforme dans ces exploitations.

Tableau V. Caractéristiques physiques de quelques exploitations agricoles de la partie amont de Ouarizane. Mesures juin 2006.

Parcelle	Nom	Alt.(m)	CE_{sol}	pH_{sol}	SAR_{sol}	CE_{eau}	SAR_{eau}
F01	Talbi	65,0	11,39	7,7	18,80		
F02	Talbi	66,0	1,42	7,9	9,89		
F05	Ghribi	71,0	5,65	7,5	19,18	3,70	6,29
F06	Ghribi	72,0	2,65	7,48	18,21	3,70	6,29
F07	Ghribi	72,0	6,35	7,2	19,41	3,70	6,29
F08	Ghribi	72,9	1,39	7,99	9,83	3,70	6,29
F03	Henni	83,0	0,00	7,79		3,98	7,63
F04	Henni	84,0	6,22	7,65	25,74	3,98	7,63

Tableau VI. Caractéristiques physiques et perception de la salinité par les agriculteurs des classes aval de Ouarizane. Mesures juin 2006.

Parcelle	Nom	Sol	Culture	Statut juridique	Classe	Perception	CE sol	SAR sol
23	Tireche	T'ferchet	Artichaut	Prive	V	Salé	1,79	14,70
F-Tireche	Tireche	N'fil	artichaut	prive	V	salé	1,43	21,22
24	Benziane B	T'ferchet	grenadier	prive	IV	salé	3,41	
227	Hadjaz	T'ferchet	melon	EAC	V	salé	0, 0	
228	Hadjaz	T'ferchet	pasteque	EAC	V	salé	2,27	20,50

Pour mettre en évidence la perception de la salinité chez l'agriculteur, un calcul de la CE et du SAR moyens a été effectué pour le groupe affirmant la salinité de son sol puis pour le groupe affirmant le contraire (tableau VII).

Les résultats montrent bien la distinction entre les deux groupes puisque la notion de salinité correspond à une CE de 4 dS/m, son absence indique une CE deux fois moindre. Ceci conforte finalement l'idée que les agriculteurs de la plaine de Ouarizane ont une bonne perception de la salinité.

Tableau VII. Relation entre la salinité mesurée et l'affirmation de l'agriculteur.

Affirmation de l'agriculteur	CE_{moy} (dS/m)	SAR_{moy}
Sol salé	4,00	20,58
Sol non salé	2,23	21,67

Conclusion

Les travaux de Boulaine (1957) et de Douaoui (2005) ont permis de mettre en évidence un contexte salin évolutif qui se traduit par des modifications des systèmes agraires. Ainsi, peu de temps après 1937, il y a eu introduction des cultures consommatrices d'eau comme le coton et le riz. Ces dernières seront abandonnées plus tard au profit de l'arboriculture fruitière et du maraîchage. Aujourd'hui, le paysage agraire est dominé par des cultures tolérantes aux sels artichauts, olives, orge associés à l'élevage. Partant de ce constat, la gestion de la salinité a été abordée dans la zone d'étude de Ouarizane par deux approches complémentaires :
– l'agriculteur en tant qu'acteur intervenant directement dans le processus de salinisation du milieu et ;
– l'environnement physique constitué de l'eau, du sol et de la plante.

Cette approche a débouché sur une typologie des exploitations agricoles à cinq classes. Il se confirme ainsi une différentiation des exploitations agricoles en fonction du gradient de salinité amont-aval. Cette typologie est justifiée par les enquêtes et par la mesure de la conductivité électrique en surface. Elle se traduit par des stratégies distinctes vis-à-vis de la salinité : sélection des meilleures terres pour les uns, organisation de la filière artichaut, progression du maraîchage aux dépens de l'arboriculture pour les autres, etc. Elle est appelée à être extrapolée à d'autres zones du périmètre du Bas Cheliff.

L'état de la ressource eau est un élément majeur pouvant influer sur la salinité. On assiste ainsi à la multiplication de forages collectifs à usage agricole et à des arrangements autour de l'eau. Si à l'aval l'irrigation par les eaux souterraines est une pratique ancienne, l'introduction de l'eau souterraine en remplacement de l'eau de surface en amont est un fait relativement récent.

Dans ce travail, un intérêt particulier a été porté aux pratiques des agriculteurs et à leur perception de la salinité en faisant volontairement abstraction des notions de dégradation des sols. Cette dernière notion est évidemment plus difficile à percevoir en raison de son impact à long terme. Les mesures de sodicité et de stabilité structurale pourraient être utilisées à l'avenir pour cerner cet aspect important de la durabilité du système environnemental.

Parmi les conclusions, citons aussi la diminution de la salinité des sols depuis une dizaine d'années dans la zone d'étude de Ouarizane. L'évolution de la CE du sol en surface entre les années 1975 - 1997 -- 2007 tend en effet à la baisse et pourrait s'expliquer par la réhabilitation du réseau d'irrigation et par l'introduction du drainage depuis une dizaine d'années. Ce constat s'il devait se confirmer pourrait être un levier important en matière de politique hydro-agricole.

Références bibliographiques

BOULAINE J., 1957. Etude des sols des plaines du Cheliff. Thèse d'Etat de l'Université d'Alger, 582 p.

DOUAOUI A., 2005. Variabilité spatiale de la salinité en relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chéliff. Apport de la géostatistique et de la télédétection. Thèse Doct. d'Etat, INA-Alger. 230 p.

DOUAOUI A., HARTANI T., 2006. La salinisation dans la plaine du Bas Chelif : acquis et perspectives. Actes de l'atelier régional Sirma. www.eau-sirma.net. Marrakech, Maroc.

DURAND J.H., 1983. Les sols Irrigables. Etude pédologique. Presses Universitaire de France. Agence de Coopération Culturelle et Technique. 338 p

FAO, 1989. Evaluation des terres pour l'agriculture irriguée : Directives. Bulletin pédagogique de la FAO n°55.

FAO, 2003. Gestion intégrée des ressources naturelles eaux et sols de l'Afrique du Nord - Synthèse et propositions. Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord. Tunis, 91 p.

FAO, 2006. Conférence électronique sur la salinisation : extension et stratégies de prévention et réhabilitation, 11 p. IPTRID, CISEAU.

GUEMRAOUI M., CHABACA M.N, 2005. Gestion des grands périmètres d'irrigation (GPI) : l'expérience algérienne. Instruments économiques et modernisation de l'agriculture irriguée. Actes de l'atelier wademed. www.wademed.net. Kairouan, Tunisie, 20 p.

HASSANI F., (2007). Stratégies de gestion individuelles de la salinité dans le périmètre irrigué du Bas Cheliff. Cas du périmètre de Ouarizane. Thèse Magister. INA.

KIELEN C.N., (1996). Farmers' perceptions, strategies and practises for dealing with salinity and sodicity in their farming systems. International irrigation management institute, Lahore, Pakistan.

ONID, 2006. Bilan annuel de la campagne d'irrigation. Office national de l'irrigation et du drainage. Document interne (non publié).

RICHARDS L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA, Agri. and book, p 60.

OSTER J.D., SHAINBERG I., 2001. Soil reponses to sodicity and salinity: challenges and opportunities. Aust. J. Soil Res., 39:1219-1224.

OULD CHEIKH M., 2007. Analyse du fonctionnement des réseaux d'irrigation et de drainage dans le contexte de salinité du périmètre du Bas Cheliff. Master Pro2 M. Montpellier.

SOGREAH, 1983. Etude du schéma directeur des ressources en eau du Chélif et réaménagement du périmètre du Bas Cheliff : Etude des travaux de rénovation et de renforcement des réseaux d'irrigation d'assainissement et de drainage. Rapport E 2. Document interne (non publié).

TABET D.H., 1999. Intérêt d'une approche spatiale pour le suivi de la salinité des sols dans les systèmes irrigués. Cas de la subdivision de Chistain dans le Punjab (Pakistan). Thèse de l'ENGREF Montpellier, 435 p.

USSL, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture, Handbook n°60, U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.