

Pédologie, doses et type d'irrigation, salinité, fertilisation: prise en compte des enjeux agronomiques dans la mise en place d'un projet de réutilisation des eaux usées épurées à Settat (MAROC)

Beraud J¹, Cadillon M¹, Chibani A², Lacassin JC¹, Moulay R'Chid M², Zahry M²

¹ SCP = Société du Canal de Provence et d'aménagement de la région provençale

² ADI = Compagnie d'aménagement agricole et de développement industriel

RESUME

Cet article présente une démarche de développement agronomique, issue d'une étude d'ingénierie réalisée pour le compte de la Banque Européenne d'Investissement (BEI) et liée à l'émergence d'un projet de réutilisation des eaux usées à Settat (MAROC). L'objectif a été de trouver une juste mesure entre l'optimisation agronomique du projet, l'intégration des éléments du contexte environnemental, et l'engagement des agriculteurs.

Dans un premier temps, la méthode employée pour prendre les décisions relatives au volet agronomique du projet « REUE Settat » est présentée. Dans un second temps, une lecture critique est réalisée sur deux des décisions essentielles: le choix de l'assolement cultural, et le calcul des doses d'irrigation, intégrant une fraction de lessivage.

Le choix de l'assolement et des techniques d'irrigation est motivé prioritairement par le souci de remporter l'adhésion des agriculteurs du périmètre, en ne modifiant pas trop brutalement les pratiques actuelles. L'optimisation de la consommation annuelle de l'eau, en lien avec une production régulière d'eaux usées épurées, a été recherchée.

Le calcul des doses d'irrigation intègre une fraction de lessivage de l'ordre de 25% environ, chiffre élevé, mais qui doit garantir la préservation des rendements des cultures et de la qualité des sols.

On notera que le projet n'est débuté en 2009 qu'au stade des études. Le périmètre n'est pas en place, et aucun retour d'expérience sur son fonctionnement n'est encore réalisable.

INTRODUCTION

La Banque Européenne d'Investissement (BEI) pour le compte de la Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de la Chaouia (RADEEC) a participé au financement d'une station d'épuration par lagunage complet de 175 000 EH, en service depuis juillet 2006.

Considérant le déficit hydrique important de la zone, l'historique de réutilisation des eaux usées brutes, l'existence de nombreux puits, et une nappe phréatique surexploitée, la RADEEC et la BEI ont souhaité étudier les possibilités de mise en œuvre d'un périmètre organisé de réutilisation des eaux usées épurées (REUE).

L'enjeu de l'étude, confiée au groupement franco-marocain SCP-ADI, est de déterminer si l'opération est techniquement, agronomiquement, financièrement et environnementalement faisable. A ce titre, plusieurs volets d'études complémentaires ont été réalisés: une étude

hydraulique détaillée de l'installation, ainsi qu'une étude de valorisation des boues d'épuration, et une étude d'incidence environnementale. Le présent article synthétise le volet agronomique: aptitudes pédologiques, choix de l'assolement, calcul des doses d'irrigation, gestion de la fertilisation et de la salinité.

METHODOLOGIE ET RESULTATS

Contraintes liées à la ressource en eau

En termes de qualité, les eaux usées épurées issues de la station d'épuration de Settat sont caractéristiques d'une STEP par lagunage complet en bon fonctionnement. La matière en suspension algale est de 100 à 150 mg/l. L'abattement DCO et DBO₅ proche de 90%. L'abattement des indicateurs bactériologiques de 4 log. Les œufs de parasites, par sédimentation au fond des bassins, sont absents des eaux en sortie. On note une charge saline élevée, avec une conductivité électrique variant selon les analyses entre 3 500 à 3 600 µS/cm à l'été 2007 et 2 500 à 2 800 µS/cm au printemps 2008.

En termes de quantité, la production annuelle, compte-tenu des entrées d'eaux usées brutes, des pertes par infiltration (mesurées: coefficient de perméabilité des bassins 4.10-8 m/s) et des pertes par évaporation (calculées: sur données météorologiques et ratios classiques d'évaporation des plans d'eau) est évaluée à 4.2 M m³/an, soit 320 000 à 390 000 m³/mois selon mois pluvieux / mois secs.

Aptitudes pédologiques

D'un point de vue géologique, la ville de SETTAT est située dans la partie Nord du plateau des phosphates, plus précisément dans une vallée creusée par l'oued Bou Moussa dans des calcaires marneux intercalés d'argile. En contre bas vers le Nord s'étend la plaine de Berrechid couverte de dépôts limoneux du Quaternaire récent d'épaisseur variable (0 – 50m) qui masquent toutes les formations les plus anciennes (EL MANSOURI 1993). Le futur périmètre est situé dans cette plaine.

Selon la carte agropédologique de la province de Settat (STITOU 1995), le périmètre d'étude se situe dans un groupe des sols « appropriés à la culture intensive et permanente, permettant une mécanisation du travail du sol et des pratiques culturales ».

Une enquête pédologique menée en septembre 2007 a complété les données bibliographiques. 15 fosses pédologiques ont été creusées. La description des profils par horizons a été opérée. Des analyses au laboratoire ont été réalisées (granulométrie, calcaire actif, MO, N, C/N bases échangeables, CEC, pH).

Trois unités typologiques de sols ont été observées, qui s'organisent le long d'une séquence dépendante de la topographie et de la pédogénèse:

- les sols des pentes douces des reliefs: sols calcimagnésiques peu épais (< 50 cm) sur dalle ou croûte calcaire, à pierrosité importante (25-30%) et sur lesquels sont situés l'essentiel des habitations et douars de la zone,
- les sols des cuvettes: sols calcimagnésiques moyennement épais (50-70 cm) issus des limons sous jacents, qui représente l'unité la plus importante en surface sur le périmètre d'étude,
- les sols alluviaux le long de l'Oued Bou Moussa: sols peu évolués, épais (plus de 80 cm) organiques, d'origine alluviale.

Tableau 1: Les unités de sol et leurs caractéristiques pédologiques observées au niveau des profils

Caractéristiques / Localisation	Sols de pentes	Sols des cuvettes	Sols alluviaux
Epaisseur	Peu épais (< 50cm)	moyennement épais (50-70cm)	épais (> 80cm)
Charge en éléments grossiers	25 à 30 % (cailloux de calcaire, de silex ou issu de l'altération des croûtes carbonatés)	Sans charge	Sans charge
Texture	Limono-argileuse	Limoneuse	limoneuse à limono argileuse
Structuration	Structure polyédrique ou polyédrique subanguleuse nette dans les horizons organiques; structure grumeleuse dans l'horizon de surface récemment travaillé; structuration moins forte dans les horizons limoneux de profondeur de type continue		
Porosité du profil et des agrégats	Porosité moyenne du profil, porosité importante des agrégats limoneux (galeries de vers vides ou colmatés + macropores visibles à l'œil nu)		
Carbonates	Horizon de surface décarbonaté (profils n° 9 et 10) Carbonates diffus	carbonaté avec une forte accumulation d'éléments calcimagnésiques secondaires dans les horizons sous jacents à l'horizon A (pseudomycéliums, taches, amas, nodules peu friables)	Carbonates diffus
Humus	Stable, abondant	Stable, abondant	Stable très abondant
Activité biologique	Faible	Forte (vers de terre)	Très forte (vers de terre) favorisée par l'irrigation avec des EUE
Réserve en eau facilement utilisable	Faible : 30 - 40 mm	Moyenne: 50 - 70 mm	Elevée: 90 - 110 mm
Enracinement	Enracinement bien développé sur tout le profil, sans contraintes		
Substratum	Croûte carbonatée ou dalle calcaire à 50 cm	Non atteint au niveau des fosses (80cm)	Non atteint au niveau des fosses (90 cm)
Traces d'érosion	Erosion éolienne sur sol nu à surface pulvérulente liée au travail du sol et à la sécheresse		

Tous ces sols sont aptes à l'irrigation compte tenu:

- des textures favorables, de l'absence de semelle de labour.
- de la macroporosité des horizons profonds,
- du taux correct de matières organiques sous forme d'humus stable (2.5 à 3.5% en surface)

L'épaisseur et les propriétés des sols les plus représentés traduisent une bonne réserve utile. Le taux de matière organique garantira une certaine résistance à la salinisation (effet tampon). En résumé, ces sols ne présentent pas de contre-indication à la pratique de la REUE.

Choix de l'assolement

Le choix de l'assolement préconisé a été établi par l'intégration de quatre composantes, respectivement socio-agricole, économique, hydrique, et sanitaire:

- les cultures actuelles et les pratiques des agriculteurs de la zone,
- la marge brute dégagée,
- une économie optimale de l'eau au cours de l'année,
- pas de cultures maraîchères consommées crues

La commune rurale de Sidi-El-Aïdi, sur laquelle s'étend la zone d'étude, représente une Surface agricole utile (SAU) de 15 000 ha, donc 1 760 irrigués, à partir de forages dans la nappe de Berrechid (DPA 2000). L'agriculture majoritaire est une céréaliculture pluviale.

Une enquête a été menée fin 2007 auprès de 31 agriculteurs de la zone d'étude. Il en ressort que l'irrigation est déjà assez présente dans la zone, sous forme de la robta, irrigation gravitaire traditionnelle. A partir de l'émissaire de la STEP, dans lequel des pompages non organisés ont lieu depuis début 2007, 50% de la SAU est irriguée par les eaux de la STEP, 30% par des eaux de puits, et 20% reste en agriculture pluviale. Les systèmes d'exploitation sont orientés principalement vers la céréaliculture pluviale et l'élevage bovin laitier, avec quelques cultures maraîchères.

L'analyse de la campagne agricole 2006-2007, met en évidence les éléments suivants:

- les cultures maraîchères, représentées souvent par la carotte (5% de la surface cultivée), sont rémunératrices,
- la culture du maïs fourrage (10% de la surface cultivée) a donné cette année de bons rendements en ensilage; elle nécessite peu de main d'œuvre et les rendements peuvent être encore améliorés avec une meilleure maîtrise de l'ensilage,
- l'irrigation des céréales blé et orge (35% de la surface cultivée) a été importante, à partir de puits ou de la conduite de rejet des eaux usées traitées, la campagne céréalière ayant enregistré un déficit pluviométrique important en février-mars,
- des cultures comme la fève et la coriandre en grain intéressent de moins en moins les agriculteurs car elles sont moins rentables et nécessitent de la main d'œuvre,
- la culture de la coriandre en vert occupe la parcelle 45 jours et permet des compléments de revenus intéressants, mais demande une main d'œuvre qualifiée,
- les rendements en agriculture pluviale, céréales ou légumineuses (20% de la surface cultivée) ont été quasi nuls durant la campagne 2006-2007 pour les cultures d'hiver compte tenu du déficit climatique sévère entre janvier et mars.

A la lumière de cette analyse, et en recoupant avec les attentes des agriculteurs, il ressort une tendance à la hausse pour les surfaces des cultures maraîchères, des fourrages (luzerne et maïs fourrage), et de l'olivier. Ces trois pôles de culture sont rémunérateurs dans le contexte de Settat, du fait de la proximité des villes et des coopératives laitières. La plupart des agriculteurs souhaitent conserver la sole céréalière blé / orge.

D'où la proposition de plusieurs assolements, synthétisés dans le Tableau 2.

Tableau 2: La composition des assolements testés

Cultures	% de surface occupé, assolement 1	% de surface occupé, assolement 2	% de surface occupé, assolement 3	% de surface occupé, assolement 4
Blé	30%	30%	27%	27%
Luzerne			10%	5%
Bersim	30%	30%	27%	27%
Artichaut		15%	13%	9%
Fève	15%			
Carotte d'automne	15%	15%	13%	
Pomme de terre d'automne				18%
Sorgho	15%			
Maïs fourrager cycle 1	30%			18%
Maïs grain		15%	13%	
Maïs fourrager cycle 2		30%	27%	27%
Oliviers	10%	10%	10%	15%
TIC¹	145%	145%	140%	146%
Besoin brut en eau m³/ha/an	5 008	5 320	5 988	5 852

¹ Taux d'intensification culturale. Ce taux dépasse 100% en raison des cultures dérobées largement pratiquées avec la disponibilité de l'eau.

Chaque assolement correspond à un besoin en eau d'irrigation différent au long de l'année, illustré dans la Figure 1. Une efficacité globale d'irrigation de 0.8 est appliquée, qui correspond à une irrigation gravitaire améliorée (rampes souples).

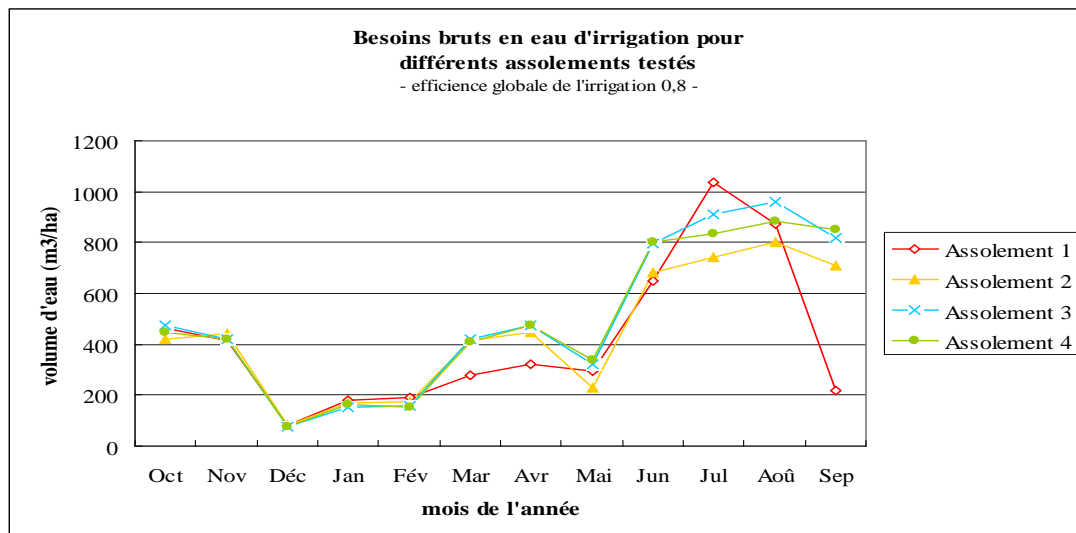


Figure 1: La consommation mensuelle des assolements testés

C'est le quatrième assolement qui est préconisé pour les calculs. Il permet d'augmenter l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation, en jouant sur deux leviers:

- atténuation du pic de consommation estivale (meilleure adéquation de la demande en eau avec l'offre de la STEP),
- retrait de la culture de carotte et remplacement par la pomme de terre⁶, moins sensible à la salinité du sol, donc moins exigeante en lessivage d'eau d'irrigation.

On rappellera que les assolements sont libres et que les choix des agriculteurs sont fonction des revenus plus ou moins incitatifs qu'ils peuvent escompter des différentes cultures.

Calcul du besoin brut en eau d'irrigation

Les besoins en eau de chaque production à chaque stade de son cycle sont approchés par l'ETP, besoin net de la culture, produit de l'évapotranspiration maximale ET_0 calculée à partir de données météorologiques (Blaney-Criddle, formule la plus couramment utilisée au Maroc) par le coefficient cultural K_c , issu de tables de références agronomiques.

Une efficacité d'irrigation de 0.8 est appliquée, tenant compte des pertes réseau et de l'efficacité de l'apport à la parcelle. Cette efficacité correspond à une irrigation gravitaire améliorée: système californien, gaine souple. A terme, le projet prévoit une évolution du périmètre vers la microirrigation, pour une efficacité globale de 0.85.

Calcul des doses de lessivage

Les analyses chimiques des eaux usées épurées en sortie de la STEP de Settatt mettent en évidence une charge saline élevée; la conductivité varie entre 3500 et 3600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en été, entre 2500 et 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au printemps.

En outre, la zone industrielle génère également un rejet d'effluents salins, à ce jour non raccordés à la STEP (NOTA: ces effluents s'écoulent dans l'oued Boumoussa et s'infiltrent progressivement à la sortie de la ville). Sur la base d'un rejet industriel de 2 000 m^3/jour à 10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et d'un rejet domestique de 10 000 m^3/j à 3 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la conductivité de l'effluent augmentera de 1000

⁶ Cette culture maraîchère offre des avantages sur plan sanitaire puisqu'elle se consomme uniquement cuite

μ S/cm soit une eau d'irrigation à 4 500 μ S/cm de conductivité.

Le Tableau 3 présente les directives FAO (AYERS et WESTCOT, 1988) pour l'interprétation de la conductivité des eaux d'irrigation.

Tableau 3: Les directives FAO pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation

Paramètres	Unités	Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
EC _w	μ S/cm	Inf à 700	700- 3000	Sup à 3000
TDS (sels dissous)	mg/l	Inf à 450	450 à 2000	Sup à 2000

Les valeurs de conductivité actuelles des EUE en sortie de la STEP de Settât, et a fortiori les valeurs à venir en cas de raccordement des effluents industriels, exigent des précautions vis-à-vis de l'usage de l'eau en irrigation.

En effet, de façon analytique, l'irrigation de cultures avec des eaux salées produit un enchaînement de phénomènes qui peuvent, de façon synthétique se résumer de la façon suivante:

- les sels sont apportés dans le sol à chaque irrigation,
- la culture prélève dans le sol une forte proportion de l'eau appliquée pour ces besoins en évapotranspiration mais laisse dans le sol la plus grande quantité de sels qui se concentrent dans un volume réduit du sol,
- progressivement ils vont réduire les rendements agricoles s'ils s'accumulent dans la profondeur racinaire au point de créer des concentrations nuisibles,
- une partie de ces sels doit être lessivée de la zone racinaire avant que sa concentration n'affecte le rendement de la culture,
- le lessivage se fait en appliquant suffisamment d'eau pour qu'une partie percole à travers et sous la zone racinaire, entraînant avec elle un pourcentage de sels accumulés; la fraction d'eau appliquée qui traverse la totalité de la profondeur racinaire et percole au-delà s'appelle la fraction de lessivage,
- après de multiples irrigations, la teneur en sels dans le sol sera voisine d'une concentration d'équilibre, fonction de la salinité de l'eau appliquée et de la fraction de lessivage.

Le lessivage peut être effectué à chaque irrigation, une irrigation sur deux ou de façon saisonnière en fonction de la nécessité de maintenir la salinité en dessous de seuil à partir duquel les rendements pourraient être réduits de manière inacceptable. Les eaux de pluie jouent également un rôle dans le lessivage des sels.

La démarche de calcul des doses de lessivage développée par la FAO a été appliquée à chaque culture. Selon ce principe, la consommation d'eau par la plante suit le modèle 40-30-20-10 ce qui signifie que la plante prélèvera 40% de la demande en eau dans le quartier supérieur de la zone des racines, 30% dans le quartier suivant, puis 20% et enfin 10% dans le quartier inférieur. La consommation de la plante augmentera à chaque niveau la concentration de l'eau du sol qui est drainée vers le quartier suivant.

La fraction de lessivage (LR leaching ratio) est calculée à partir de la salinité de l'eau d'irrigation (EC_w) et de la tolérance de la culture à la salinité du sol, mesurée en extrait de pâte saturée, pour un rendement donné (EC_e).

$$LR = EC_w / (5EC_e - EC_w)$$

La tolérance des cultures de l'assolement choisi vis-à-vis de la salinité, reprise du bulletin FAO de 1988, est proposée dans le Tableau 4.

Tableau 4: Sensibilité des cultures à la salinité: rendements escomptés en fonction de la conductivité des eaux d'irrigation

Conductivité en dS/m	Rendements des cultures				
	100%	90%	75%	50%	0%
	ECe : extrait de pâte saturée				
Blé	6	7,4	9,5	13	20
Bersim	1,5	3,2	5,9	10	19
Luzerne	2	3,4	5,4	8,8	16
Pomme de terre	1,7	2,5	3,8	5,9	10
Maïs fourrager	1,8	3,2	5,2	8,6	15
Oliviers					14 ²

² D'après évaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations CTGREF

Il a été pris en compte pour le projet des objectifs de rendement de 90 à 100%, à l'exception de la pomme de terre, plus sensible à la salinité, comme nombre de cultures maraîchères. Les doses de lessivage préconisées (Tableau 5) varient selon les cultures entre 0,15 et 0,3. On considère que ces doses sont appliquées pendant la campagne d'irrigation.

Tableau 5: Sensibilité des cultures à la salinité: rendements escomptés en fonction de la conductivité des eaux d'irrigation

Culture	Objectif de rendement	Doses de lessivage calculées - eau 3.5 dS/m	Dose de lessivage prise en compte ³
Blé	100%	0.13	0.15
Luzerne	90%	0.26	0.3
Bersim	90%	0.28	0.3
Pomme de terre	75%	0.23	0.3
Maïs fourrage	90%	0.28	0.3
Oliviers	100%	-	0.2

³ La dose de lessivage prise en compte majore la dose calculée, afin d'intégrer un éventuel raccordement de la zone industrielle de Settat à la station d'épuration, et donc une hausse de la salinité de 3 500 à 4 500 µS/cm

La dose d'irrigation théorique annuelle de l'assolement, prenant en compte le besoin brut des cultures (efficacités d'irrigation comprises) et la fraction de lessivage est de 7 506 m³/ha.

A ce chiffre s'ajoute le coefficient de Keller et Karmeli, lié à la précision des apports en irrigation localisée (10%). La dose calculée d'irrigation annuelle est de 6 755 m³/ha, tout compris. On note que l'intégration de l'efficacité d'irrigation à 0.8 et de ce dernier coefficient de 10% traduit la volonté d'inciter les agriculteurs à adopter progressivement des pratiques d'irrigation plus économes en eau.

Cette dose permet l'irrigation d'une superficie de 300 ha avec un stockage modéré de 14 000 m³ (à comparer avec les 320 000 m³ d'eaux usées épurées produits mensuellement). Ce stockage,

avec l'assolement proposé, permet de valoriser l'intégralité de l'eau pendant les 4 mois estivaux, de juin à septembre. En revanche, pendant le reste de l'année, les besoins du périmètre irrigué sont inférieurs à la production de la STEP, et une partie des eaux usées épurées est rejetée au milieu naturel, dans l'oued Boumoussa, où elle finit par s'infiltrer.

Fertilisation avec les eaux usées

L'apport d'eau d'irrigation amène des éléments fertilisants N P et K, en lien avec la concentration des EUE en sortie de station d'épuration. Les fourchettes de concentration prises en considération sont proposées au Tableau 6.

Tableau 6: Valeur fertilisante des eaux usées épurées prise pour la STEP par lagunage complet de Settat

Paramètres	Unités	Valeurs
Azote Kjeldhal	mg/l	40 à 80
P ₂ O ₅	mg/l	15 à 35
K ₂ O	mg/l	20 à 30
MgO	mg/l	15 à 25
Bore	mg/l	1 à 5

Essentiellement sous forme minérale, les éléments majeurs dissous sont biodisponibles pour les cultures. Le Tableau 7 compare les quantités totales moyennes apportées par les doses d'irrigation appliquées aux besoins des cultures tels qu'ils paraissent dans les références bibliographiques marocaines (SKIREDG, 2007).

Tableau 7: Apports en éléments fertilisants des eaux usées épurées par rapport au besoin des cultures

cultures	Apport d'eau annuel par irrigation m ³ /ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Blé	936	Déficit- 70%	Déficit- 70%	Déficit- 80
Luzerne	9750	Excédent+ 1 000%	Equilibre	Equilibre
Bersim	2602	Excédent+ 400%	Déficit- 40%	Déficit- 50%
Artichaut	2777	Excédent+ 70%	Déficit- 30%	Déficit- 60%
Pomme de terre	2040	Equilibre	Déficit- 30%	Déficit- 70%
Maïs fourrager 1	3378	Equilibre	Déficit - 30%	Déficit- 40%
Maïs fourrager 2	6015	Excédent+ 60%	Equilibre	Equilibre
Olivier	2943	Déficit- 50%	Déficit- 60%	Déficit- 85%

Il ressort de cette comparaison apports / besoins que, dans le cadre du projet, une part importante des éléments fertilisants majeurs va être apportée par les eaux d'irrigation. L'équilibre ne sera que rarement atteint. On note un excédent d'azote pour de nombreuses cultures, en particulier pour les légumineuses fixatrices d'azote atmosphérique (luzerne, bersim). Il y aura déficit modéré pour les apports en phosphore, et déficit sévère pour les apports en potassium.

En conséquence, la dynamique des éléments fertilisants majeurs d'une part occasionnera une lixiviation de N, et d'autre part nécessitera une fertilisation complémentaire en P et K.

DISCUSSION

Un premier point de discussion concerne le choix de l'assolement

Un assolement plus ou moins intensif aurait été possible (conversion du périmètre à la culture intensive de l'olivier, par exemple), mais avec le risque de bousculer les habitudes des agriculteurs du périmètre. Compte-tenu des contraintes et potentialités locales, l'assolement préconisé semble être le plus prêt à remporter dans un premier temps l'adhésion des agriculteurs. A l'avenir, une fois le périmètre organisé mis en place, et un recul de plusieurs années sur son fonctionnement, l'assolement pourra être optimisé.

Un deuxième point de discussion concerne le calcul des doses de lessivage

En moyenne pour l'assolement, la fraction de lessivage est de 0,25. Ce chiffre est élevé: le CIRAD recommande et constate en Tunisie une fraction comprise entre 0,17 et 0,18 (MARLET 2008, communication personnelle). Le chiffre préconisé assure, sans prendre en compte le lessivage par les pluies hivernales, la sécurité pour la préservation des sols et des rendements des cultures, mais impacte négativement la qualité de la nappe phréatique, par lixiviation des sels et de l'azote. La gestion du risque agronomique implique une prise de risque environnemental.

Toutefois, cette prise de risque environnemental doit être relativisée. D'abord, la nappe phréatique sous le périmètre est déjà largement fragilisée par l'infiltration des eaux usées de la ville et de la zone industrielle depuis des décennies. Sur trois puits du périmètre, et pour des prélèvements en septembre 2007 et mai 2008, la teneur en nitrates varie entre 34 et 75 mg/l, et la salinité entre 4 000 et 4 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (supérieure aux eaux usées épurées en sortie de STEP).

D'autre part, sans projet de REUE, quelles auraient été les options possibles ? Les eaux, captées ou non par des pompages non organisées, s'infiltreraient de toutes façons, pour rejoindre la nappe. Aucun pilotage de la salinisation ni de la fertilisation ne serait possible. Le projet permet dans un sens une « optimisation » de la consommation des nutriments par les cultures.

En outre, la surfertilisation azotée des légumineuses (luzerne, bersim) (Tableau 7) n'occasionnera pas nécessairement la lixiviation de l'azote excédentaire. En effet, il est connu qu'en cas de milieu enrichi en azote minéral, la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique est substituée par un prélèvement de l'azote minéral du sol. Il y a un effet tampon « azote » des légumineuses. Dans ce cas, la lixiviation de l'azote serait limitée.

Quoi qu'il en soit, un suivi régulier de la fertilisation sera nécessaire, en appliquant la méthode des bilans, et au besoin, en modifiant les doses de lessivage s'il s'avère, après quelques années de fonctionnement, que le système eau-sol-plante résiste bien à la salinité.

Le raccordement de la zone industrielle, s'il a lieu, sera très pénalisant pour le futur périmètre. La recherche de processus de traitement alternatifs pour les effluents industriels semblent la seule option vraiment viable.

CONCLUSION

Le volet agronomique du projet de réutilisation des eaux usées de la station d'épuration de Settat a mis en évidence un point critique agronomique lié à la nature des eaux usées épurées: la gestion de la salinité et de la fertilisation au travers des doses d'irrigation.

Un choix de pilotage a été proposé, qui permet une bonne gestion des risques pour les sols et les cultures, mais entraînera une lixiviation des sels et de l'azote vers la nappe phréatique, déjà fragile. Ce choix devra être accompagné d'un suivi fin (méthode des bilans) du sel et de N P K.

Ce projet est novateur: il n'y a que peu de retours d'expérience à ce jour d'associations d'irrigants pratiquant la réutilisation des eaux usées épurées au Maroc. La mise en œuvre d'une démarche

participative avec les agriculteurs du périmètre est prépondérante. C'est pourquoi, l'adhésion des agriculteurs a été recherchée attentivement, en particulier sous deux aspects. D'une part, une évolution progressive des pratiques d'irrigation a été préconisée, avec le remplacement de la robta gravitaire traditionnelle dans un premier temps par un système gravitaire amélioré californien de type rampes souples (efficacité 0.8), puis dans un deuxième temps par de l'irrigation localisée à ajutage calibré (efficacité 0.85). D'autre part, un assolement optimisé proche des pratiques actuelles, a été proposé.

Références

AYERS R S et WESTCOT D W (1988): La qualité de l'eau en agriculture – bulletin FAO d'irrigation et de drainage 29.

DPA (2000): Direction provinciale à l'agriculture: monographie agricole de la province de Settat.

EL MANSOURI B (1993): Structure et modélisation quantitative de l'aquifère de Berrechid (MAROC) – Validation par l'approche géostatistique – Université des Sciences et technologies de Lille.

INGEMA et SCET-SCOM (2007): Etude du Plan Directeur d'Aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia – Agence du bassin hydraulique du Bou Regreg et de la Chaouia.

SKIREDG A (2007): www.fertigation.com, éléments de cours du département d'horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.