



HAL
open science

Problèmes de pollution phosphatée de l'eau d'irrigation en zones aval d'oasis : le cas de la quatrième zone agricole irriguée de l'oasis du rio Mendoza, Argentine

Emilie Lavie, José Morabito, Santa E. Salatino

► To cite this version:

Emilie Lavie, José Morabito, Santa E. Salatino. Problèmes de pollution phosphatée de l'eau d'irrigation en zones aval d'oasis : le cas de la quatrième zone agricole irriguée de l'oasis du rio Mendoza, Argentine. XIII^e World Water Congress de l'IWRA (International Water resource Association). Montpellier, 01-04 Septembre 2008, Sep 2008, Montpellier, France. halshs-00394079

HAL Id: halshs-00394079

<https://shs.hal.science/halshs-00394079>

Submitted on 30 Jun 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**PROBLEMES DE POLLUTION PHOSPHATEE
DE L'EAU D'IRRIGATION :
LE CAS DE LA QUATRIEME ZONE AGRICOLE
DU BASSIN VERSANT DU RIO MENDOZA**

**PHOSPHATE-POLLUTED IRRIGATION WATER:
THE CASE OF THE FOURTH IRRIGATION ZONE
IN THE MENDOZA RIVER BASIN (ARGENTINA)**

Emilie LAVIE¹, José A. MORÁBITO²⁻³, Santa E. SALATINO²

1 : ATER en Géographie, Laboratoire de Géographie Physique Appliquée (LGPA) et ADES-DyMSET (CNRS), Université de Bordeaux 3, Esplanade des Antilles, 33607 PESSAC, France. *emilie.lavie@yahoo.fr*

2 : Ingénieurs agronomes, Instituto Nacional del Agua, Centro Regional Andino, Belgrano oeste 210, 3° piso, 5550 MENDOZA, Argentine. *jmorabito@lanet.com.ar* et *cra_riego@lanet.com.ar*

3 : Professeur Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentine.

*Etude réalisée avec l'aide partielle du CNR-Conicet (Argentine, Italie).
This study was made with partial support of CNR-Conicet Agreement (Argentina, Italy).*

Résumé : Grâce à la dérivation des eaux du río Mendoza alimenté par la fonte des neiges et des glaciers andins, les indiens *Huarpes* ont créé une oasis de piémont, au cœur du désert du Cuyo argentin. Cette oasis développée par les premiers colons espagnols et des générations d'immigrés représente aujourd'hui un secteur agricole et agro-alimentaire de premier plan. Cependant, si l'agriculture revêt une fonction économique majeure, elle subit, tant sur le plan de la quantité d'eau disponible, que sur celui de la qualité de cette ressource, une forte concurrence. En effet, le développement de l'industrie énergétique (pétrole, gaz, hydro-électricité, énergie thermique...), celui du tourisme (lacs de montagne, routes des vins, trekkings dans les Andes...) et la croissance urbaine extraordinaire de Mendoza (950 000 habitants dans l'agglomération et 1 million dans l'oasis), ont multiplié les usagers de la ressource alors que la quantité aurait tendance à baisser avec le Changement Climatique Global (fonte des glaciers, hausses des températures, baisses des précipitations neigeuses et pluvieuses... sont, entre autres, des faits mesurés). Par ailleurs, lorsque la demande augmente alors que l'offre baisse sensiblement, les usagers situés en aval du système de distribution ne reçoivent plus qu'une eau déjà usée et souvent polluée.

La Quatrième zone agricole de l'oasis est située en aval des zones cultivées, sur des terrains naturellement salins, mais aussi des zones industrielles et urbaines. C'est précisément parce qu'elle est le réceptacle des eaux usées de l'agglomération que nous l'avons choisie comme illustration des problèmes de pollution par les phosphates.

L'étude présentée ici s'appuie sur des séries d'analyses des phosphates dans les eaux du réseau d'irrigation (publiées ou en cours). Il en résulte que les 19 150 ha de terres cultivées de la Quatrième zone reçoivent l'eau du canal *Cacique Guaymallen*, issue de l'eau du río Mendoza. Cette eau est contaminée par les eaux de la ville, de qualité est bonne à médiocre (seuils Agence de l'Eau, France, 1999). Pour 48 % de ces 19 150 ha, cette eau est en outre contaminée par des effluents industriels chargés en minéraux et en phosphates avec des

valeurs comprises en 0,5 et 4 mg/l, soit 5 à 40 fois la valeur naturelle. Et 38 % reçoivent, outre les eaux du canal *Cacique Guaymallen*, les rejets d'une station d'épuration d'effluents domestiques chargés en phosphates et en germes fécaux.

Ainsi, l'objectif premier de ce travail, outre l'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation, est-il d'alerter les pouvoirs publics sur le risque sanitaire pour la population consommant les végétaux arrosés par des eaux chargées en phosphates. Il en est de même pour les agriculteurs et leur famille, au contact quotidien avec des eaux impropres à l'irrigation et à la consommation.

Mots-clés : Oasis, irrigation, pollution, phosphates, Mendoza, Argentine.

***Abstract:** By deriving water from the Mendoza River, fed by snow and Andean glacier ice melt, the Huarpe Indians created a piedmont oasis in the middle of Cuyo desert in Argentina. The oasis, later developed by the first Spanish settlers and generations of immigrants mostly of European descent, has become very important within the country's agricultural and agribusiness sector.*

At present, although agriculture has priority in the use of the available water because of its economic importance, it faces strong competition from other users for the quantity of water available as well as for its quality. Indeed, the development of the energy industry (oil, gas, hydro-electricity, thermal energy), tourism (mountain lakes, wine trails, trekking in the Andes,) and Mendoza's urban growth (one million inhabitants in the oasis, of which 950.000 reside in the urban conglomerate), have multiplied the number of users. Water availability (quantity), however, tends to decline with –among other causes– the Global Climate Change (melting glaciers, rising temperatures, reduced snowfall are some of the measured factors). In short, due to growing demand and a more limited supply, users downstream of the distribution system basically receive drainage (possibly polluted) water.

The Fourth Irrigation Zone in Mendoza's Northern Oasis is located downstream of other cultivated zones on naturally saline soils, and also downstream of industrial and urban areas. This is why it was selected as a representative case of phosphate-pollution problems.

The study presented here is based on series of analyses for phosphates in waters from the irrigation system (published or in progress). The 19,150 ha under cultivation in the Fourth Irrigation Zone are irrigated with water from the "Cacique Guaymallén" canal (Mendoza River), polluted as it traverses the city of Mendoza, whose quality can be rated as "good to fair" (according to the standards of Agence de l'Eau, France, 1999). Of the said 19.150 ha, 48% is further polluted with industrial effluents loaded with minerals and phosphates: from 0.5 to 4 mg/l, or 5 to 40 times the water's original content. In addition to "Cacique Guaymallén" canal water, 38% of the area under cultivation receives discharges from a domestic effluent treatment plant loaded with phosphates and faecal pathogens.

Thus, in addition to evaluating irrigation water quality, the main objective of this work is to alert the water management authorities of the Province of Mendoza (Departamento General de Irrigación and Water Users' Associations), the users and the general public about the medical risk associated with consumption of raw vegetables irrigated with phosphate-polluted water, which is similar to the risk posed to farm workers and their families because of their the daily contact with water unfit for irrigation and drinking.

Key words: Oasis, irrigation, pollution, phosphates, Mendoza, Argentina

Introduction

Le système oasien du río Mendoza est particulier. Il s'agit d'un espace de piémont de plus de 1 000 km², irrigué principalement par la dérivation des eaux du río Mendoza, rivière andine qui apporte les eaux de fonte des neiges et des glaciers. Ainsi, sur le cône de déjection du río, au cœur du désert du Cuyo (200 mm de précipitations annuelles), s'est-il créé une oasis d'abord indienne, puis coloniale. Récemment, elle s'est transformée en une oasis moderne où vivent 1 million de Mendocins. Le secteur économique majeur est le secteur primaire. L'oasis est composée d'une première ceinture maraîchère ; en effet, sa disposition sur une zone d'exsurgence de la nappe phréatique et sa proximité du centre-ville, marché de consommation, ont favorisé le développement de l'horticulture. Une seconde couronne, bien plus large, est vouée aux cultures « méditerranéennes ». Y sont cultivés vignes, vergers et oliviers, dont la finalité première est l'industrie de transformation agro-alimentaire.

Parallèlement à la modernisation de l'oasis, le secteur industriel s'est développé au départ quasi-exclusivement autour de l'agro-alimentaire. Puis il s'est tourné depuis peu vers les énergies. Le système oasien, construit au fur et à mesure de l'accroissement de la population et des besoins, revêt une vocation avant tout agricole. En effet, presque toute l'eau prélevée dans le río Mendoza est utilisée pour l'agriculture, soit directement via les canaux agricoles, soit indirectement via la réutilisation des effluents domestiques, urbains, industriels et agricoles.

Ainsi, dans ce désert où les sols sont naturellement salins, les zones agricoles les plus basses disposent-elles de sols de mauvaise qualité. Par ailleurs, elles sont situées en aval d'oasis, et sont donc le réceptacle des effluents des activités anthropiques d'amont. Parmi cette pression d'origine humaine, l'agglomération de Mendoza (950 000 habitants) est avant tout productrice de macro-déchets (poubelles) et d'effluents phosphatés. Les industries agro-alimentaires quant à elles sont généralement installées dans des complexes industriels en banlieue du *Gran Mendoza*, il s'agit de conserveries, d'industries de fabrication d'huile d'olive, mais avant tout de *bodegas* (caves vinicoles). Si les *bodegas* familiales sont dispersées dans la campagne mendocine, la majorité a gardé son emplacement historique dans les complexes industriels. Les industries de l'énergie sont également concentrées dans des complexes industriels, en général en amont de l'oasis.

Afin d'évaluer la pression anthropique subie par les zones basses, nous avons fait le choix de nous intéresser à la Zone 4 de l'oasis du río Mendoza, puisqu'il s'agit de la seule zone qui ne reçoit que des eaux déjà usées, ou des eaux non usées mais fortement contaminées par les activités de la ville (**figure 1**).

En effet, la Zone 4 est alimentée principalement par un canal, le *Cacique Guaymallen* (**figure 2**) traversant au préalable toute l'agglomération de Mendoza. De plus, elle reçoit à l'Ouest les effluents d'une station d'épuration par lagunage. Au sud-est, c'est un collecteur d'effluents industriels qui apporte l'eau d'irrigation à la Quatrième zone.

Nous disposons de plusieurs bases de données sur la pollution de l'oasis du río Mendoza, sur de nombreux paramètres physiques, chimiques et micro-bactériologiques. Parmi les résultats recensés, les concentrations en phosphates nous ont particulièrement interpellés, puisqu'elles sont relativement élevées et touchent 86 % des surfaces irriguées.

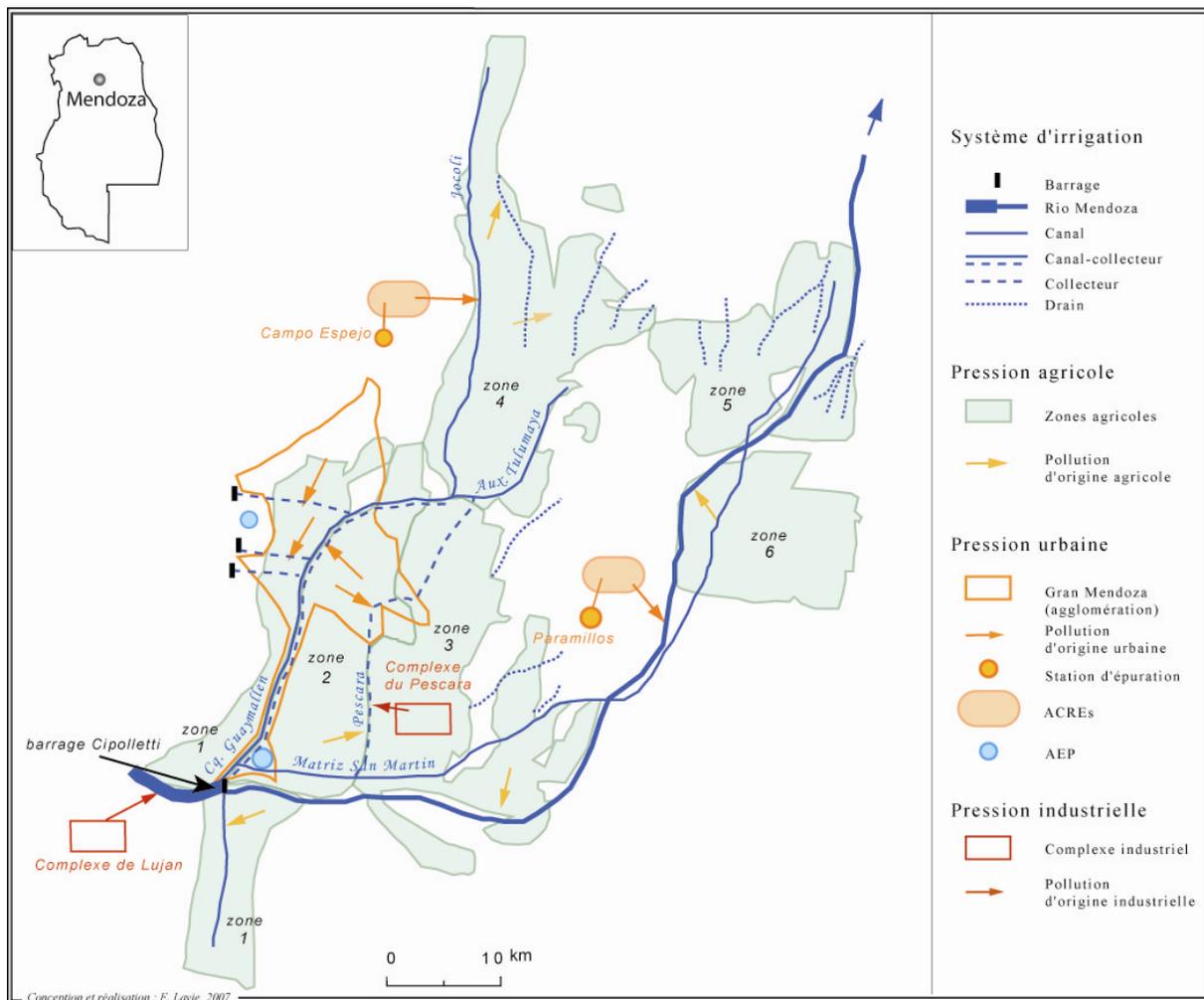


Figure 1 : La Zone 4, une zone d'aval d'oasis soumise à une forte activité anthropique
 Source : Lavie, 2007

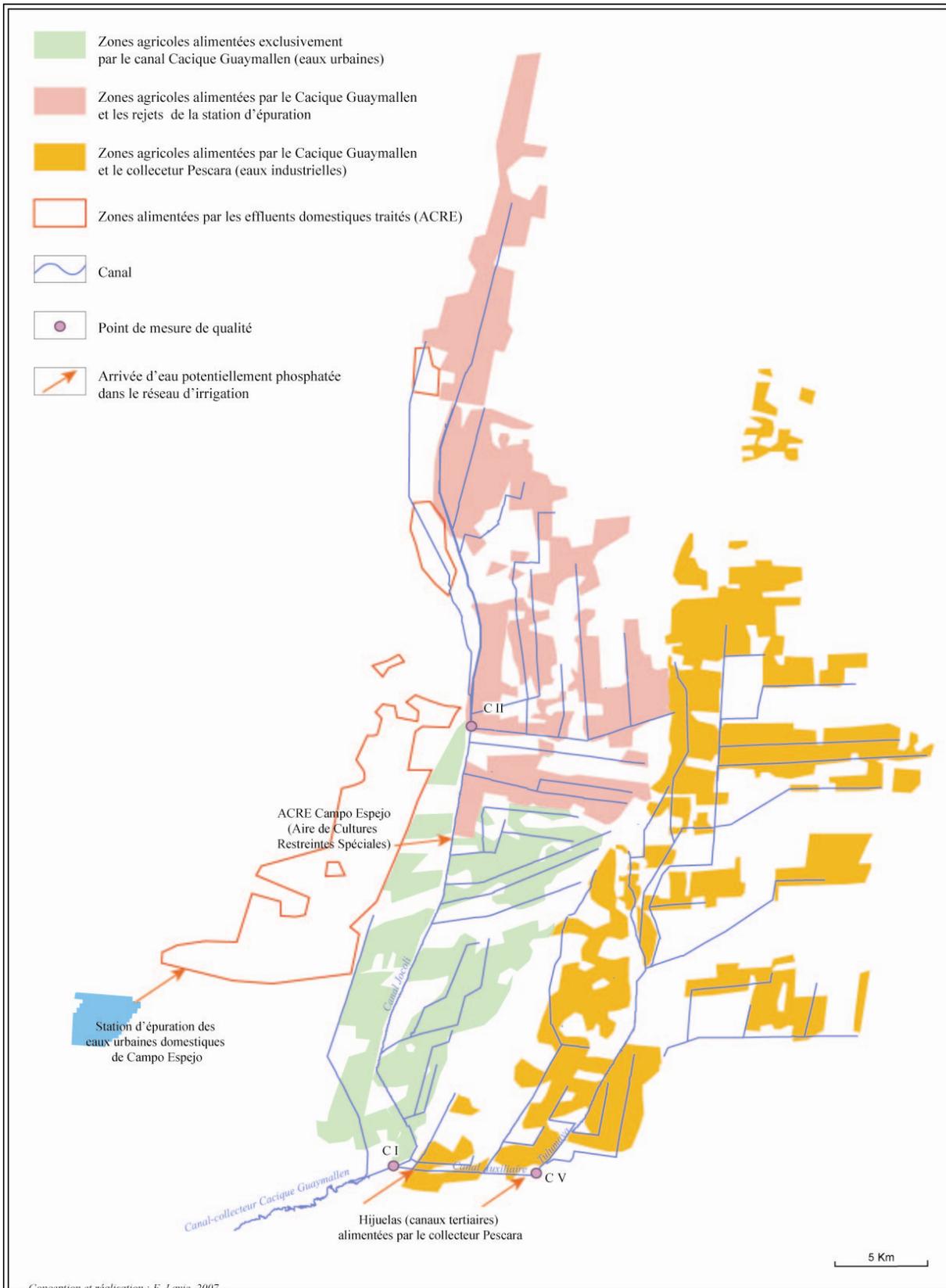


Figure 2 : Caractérisation des eaux superficielles utilisées pour l'irrigation de la Quatrième zone agricole.

Source : Elaboration des auteurs à partir de cartes du DGI (www.irrigacion.gov.ar)

Objectif

Dans le cadre d'un projet bilatéral commencé depuis 2005 entre l'*Instituto Nacional del Agua* (INA = Institut National de l'Eau) de Mendoza (Argentine) et le *Laboratoire de Géographie Physique Appliquée* (LGPA) de l'Université de Bordeaux 3 (France), nous cherchons à diagnostiquer l'état qualitatif de l'eau de l'oasis du río Mendoza. Cette Zone 4, située en aval de presque toutes les activités anthropiques de Mendoza, est victime de la pollution produite en amont et s'avère être la zone qui intéresse le moins les autorités car elle est relativement peu habitée. L'objectif de ce travail est de dresser un état des lieux de la qualité de l'eau afin de mieux cerner les priorités en matière d'action gouvernementale.

Méthodologie

Dans l'élaboration de ce diagnostic qualitatif, nous avons fait appel à deux de nos bases de données. Ce paragraphe nous permettra de présenter les méthodologies utilisées.

a- Projet SECTYP INA-FCA, 2002-2008

Depuis 2002, via un projet cofinancé par l'*Instituto Nacional del Agua* et la *Facultad de Ciencias Agrarias* (FCA = Faculté de formation des ingénieurs agronomes, Université de Cuyo, Mendoza), un réseau de mesure de la qualité de l'eau de 16 points de l'oasis a été dessiné. Ainsi, à raison d'une fois par mois, depuis 2002 (avec quelques lacunes dans le suivi dues aux arrêts de financements), la qualité physico-chimico-bactériologique de 16 points du río Mendoza, des canaux d'irrigation et des drains agricoles et collecteurs a-t-elle été analysée. Les phosphates ont commencé à être analysés en 2005, ce qui nous offre une base de données de deux ans, permettant d'observer le comportement saisonnier (cf. aussi MORÁBITO *et al.* 2005 et 2007a).

b- Projet d'évaluation de la qualité de l'eau LGPA (Thèse Lavie en cours)

A partir des mêmes points que le projet de l'INA et de la FCA, nous avons commencé l'évaluation de la qualité de l'eau, mais de manière plus précise (une fois par semaine) sur un temps beaucoup plus court (hiver 2006 et printemps 2007), de manière à compléter la base. Il s'agissait de connaître la réactivité du système à un stimulus pluvieux ou au réveil végétal printanier par exemple. Ainsi, avec deux méthodes complémentaires, l'une basée sur le temps long, et l'autre sur des fréquences rapprochées, nous espérons évaluer spatio-temporellement la qualité de l'eau de l'oasis du río Mendoza.

Résultats

I- Le problème de la réutilisation des effluents d'origine domestique et industrielle.

Dans un milieu aussi aride que celui du Cuyo (200 mm de précipitations par an), il est très important de gérer la ressource disponible au point de vue quantitatif. L'agriculture autrefois prioritaire dans la distribution de l'eau, doit aujourd'hui partager la ressource avec les citoyens, les industriels et les touristes (activités nautiques sur le río Mendoza, lacs de barrages, besoin d'eau pour les piscines...). De fait, les agriculteurs qui recevaient il y a un demi-siècle une eau directement déviée du río Mendoza, reçoivent aujourd'hui pour certains la même eau et pour d'autres les eaux usées provenant des activités anthropiques.

En ce qui concerne la Zone 4, son principal tributaire est le canal *Cacique Guaymallen*. Il s'agit en fait d'un canal-collecteur dont la première fonction est de **transporter** les eaux depuis le río Mendoza au Sud, vers le centre urbain de Mendoza (approvisionnement en eau potable via le canal *Civit*, approvisionnement des *acequías*, mini-canaux qui irriguent les arbres des bords de rue et les parcs et jardins de la ville) et vers certaines zones agricoles, en particulier vers la Zone 4 (**figure 1**). Néanmoins, sa deuxième fonction est de **collecter** les eaux urbaines (des *acequías*, des collecteurs de crues de la ville...). C'est pourquoi c'est un canal fortement pollué par les activités urbaines. A son entrée en Zone 4, il se sépare en deux canaux secondaires (*ramas*) : au nord, la *rama Jocoli*, à l'est, la *rama Auxiliar Tulumaya*.

Le canal *Jocoli*, de direction Sud-Nord, alimente en eau tout l'Ouest de la zone agricole. Il n'a qu'un affluent principal, le collecteur des eaux de l'ACRE (cf. *infra*) et de la station d'épuration *Campo Espejo*. De fait, les eaux domestiques (pour les foyers reliés au réseau collectif) sont transportées via des canalisations souterraines vers deux stations d'épuration principales : *Campo Espejo* et *Paramillo* (il existe aussi deux petites stations en aval de l'oasis, dans la Zone 5). Il s'agit de stations par lagunages, où des bassins de décantations aérobiques, anaérobiques et mixtes, traitent grossièrement les effluents domestiques. Les eaux « traitées » servent à irriguer les ACREs (*Areas de Culturas Restringidas Especiales*, ou Aires de Cultures Restreintes Spéciales). Dans ces espaces contrôlés, seules les espèces **non destinées à être consommées crues** peuvent être cultivées, il s'agit des vignes, vergers, plantes industrielles et forêts d'exploitation. Or, d'une part les quantités d'eau domestique apportées aux stations dépassent souvent les capacités techniques des stations et d'autre part, les ACREs n'ont pas besoin de beaucoup d'eau puisqu'il s'agit d'espèces végétales adaptées au désert. De fait, de nombreux surplus d'eau sont générés par ces espaces de gestion et de traitement d'effluents domestiques. Si celui de *Paramillo* renvoie ces derniers vers le río Mendoza en aval de l'oasis où les eaux ne sont plus utilisées comme source d'irrigation, celui de *Campo Espejo* n'a d'autre possibilité que de renvoyer ses effluents vers le réseau agricole commun, à savoir dans le canal *Jocoli* (**figure 1**).

Le tiers Nord-Ouest de la Quatrième zone reçoit donc en partie des effluents domestiques. Or, il faut savoir que le canal *Cacique Guaymallen* n'apporte de l'eau que 4 jours, puis est à sec 4 jours, et ainsi de suite. Ce système de tour à tour permet d'alimenter le canal *Matriz San Martín* les autres jours (ce canal longe le río Mendoza en rive gauche et alimente le Sud des Zones 2 et 3, avant de traverser le río à plusieurs reprises et d'alimenter les Zones 6, puis 5, **figure 1**). Ainsi, lorsque le canal *Cacique Guaymallen* n'apporte pas d'eau au canal *Jocoli*, seuls les effluents de *Campo Espejo* alimentent l'ouest de la Zone 4 ; on appelle cela le *turno chico* (petit tour). A l'inverse, lorsque le canal *Jocoli* reçoit les eaux et de la station, et du canal *Cacique*, on appelle cela le *turno grande* (grand tour). En totalité, sur les 10 000 ha de cultures irrigués par le canal *Jocoli*, **7 300 ha** reçoivent de l'eau de la station d'épuration de *Campo Espejo* (en rose sur la **figure 2** ; l'espace irrigué par le canal *Jocoli* avant l'apport d'eau domestique est en vert sur la même figure).

Le canal *Auxiliar Tulumaya* irrigue la Zone 4 au Sud et à l'Est. Il reçoit, outre les eaux du canal *Cacique Guaymallen*, plusieurs collecteurs provenant du « Système Pescara ». Il s'agit d'une usine de dilution des eaux des complexes industriels qui bordent le collecteur *Pescara*. Auparavant, toutes ces entreprises versaient leurs effluents directement dans le collecteur. Désormais, elles doivent traiter en partie leurs effluents et les renvoyer vers un collecteur souterrain réservé aux eaux industrielles. Ce drain souterrain arrive dans une salle de mélange (« Système Pescara », cf. Lavie, 2007) où les effluents industriels sont dilués à de l'eau propre puisée dans l'aquifère. Ce procédé, un peu simpliste n'avait pour vocation

principale que de restituer aux agriculteurs de la Zone 4 une eau un peu moins saline et surtout de minéralisation régulière, sans pics, très mauvais pour les cultures. Dans ce sens, le « Système Pescara » est relativement efficace, néanmoins, les eaux du collecteur *Pescara* en sortie de ce complexe, sont noires, très malodorantes, et assez chargées en bactéries, métaux lourds et quelques minéraux comme les nitrates et les phosphates. En ce qui concerne ce tiers Sud-Est, le système *turno chico-turno grande* existe aussi. Au total, ce sont **9 150 ha** de terres (en orange sur la **figure 2**) qui sont irrigués par des effluents industriels dilués.

Déjà en 1987, un rapport de l'INTA (*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* = *Institut National de Technologies Agro-pécuniaires* ; Bagini, 1987) stipulait que la Zone 4 recevait de l'eau de qualité « acceptable » lors des *turnos grandes*, et de mauvaise qualité lors des *turnos chicos*. Il a été question ces dernières années de fermer le drain qui apporte les eaux de la station d'épuration de *Campo Espejo* au canal *Jocoli*. Or, selon Mario Luraschi, Directeur de la Police de l'Eau du DGI (*Departamento General de Irrigación* ou Département Général d'Irrigation, organisme gestionnaire de l'eau à Mendoza), les agriculteurs de la Zone 4 ont tenu à garder le système actuel afin de profiter des autres teneurs en minéraux NPK dans les eaux domestiques, permettant une économie en engrais chimiques.

Finalement, sur les 19 150 ha de terres irriguées par le réseau superficiel, 100 % reçoivent des eaux non-usées mais polluées par les eaux de l'agglomération, 38 % de ces mêmes terres sont alimentés par des eaux usées de rejets domestiques tandis que 48 autres % utilisent comme eau d'irrigation des eaux usées industrielles. De fait, ce sont 86 % des terres qui sont susceptibles d'être très polluées par les phosphates alors que les 14 % restants sont susceptibles de ne l'être qu'en partie.

II- Diagnostic qualitatif : la pollution par les phosphates

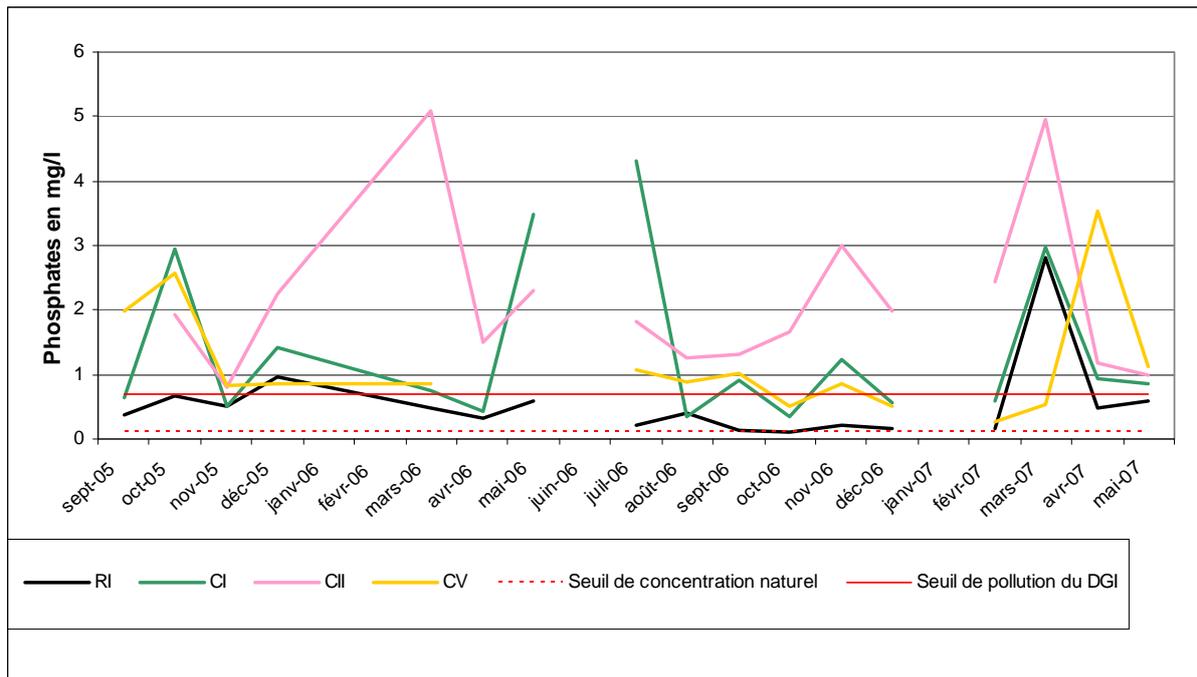
Pourquoi les phosphates particulièrement ? Parce qu'au cours de nos suivis, nous nous sommes rendus compte que ce traceur révélait des valeurs particulièrement importantes dans les eaux à finalité agricole de cette Quatrième zone. En effet, le phosphate, bien qu'anion, n'entre pas en compte dans les sels minéraux naturels composants la salinisation puisqu'à l'état naturel, il n'est présent qu'en très faible quantité (< à 0,1 mg/l). Il est donc, à raison, plus souvent considéré comme polluant traceur que comme sel minéral. Le phosphate est un polluant que l'on retrouve généralement dans les eaux usées au-delà du seuil de 0,1 mg/l. Il entre en compte dans la plupart des effluents domestiques (on le trouve notamment dans les excréments humains et les lessives) et industriels (notamment vinicoles). Il est en grande partie responsable de l'eutrophisation des milieux humides, particulièrement les rivières à faible écoulement (comme le río Mendoza en aval de la prise d'eau) ou dans les lagunes. De même, depuis peu, les médecins s'interrogent sur la responsabilité des phosphates dans le développement de maladies neuro-dégénératives comme la maladie de Charcot par exemple.

Le cas de la Quatrième zone agricole est spécifique, puisque 38 % des terres irriguées de manière superficielle reçoivent des effluents domestiques, tandis que 48 % sont irriguées par des effluents industriels. Ce sont donc 16 450 ha de cultures qui sont alimentés par des eaux usées, hautement susceptibles de contenir des phosphates.

Les **graphiques 1** et **2** présentent les mêmes points (un de plus sur le **graphique 2**), mais les représentativités temporelles sont distinctes. Sur le **graphique 1**, nous présentons les résultats d'un suivi réalisé mensuellement (quand les canaux sont en eau puisque celle-ci est

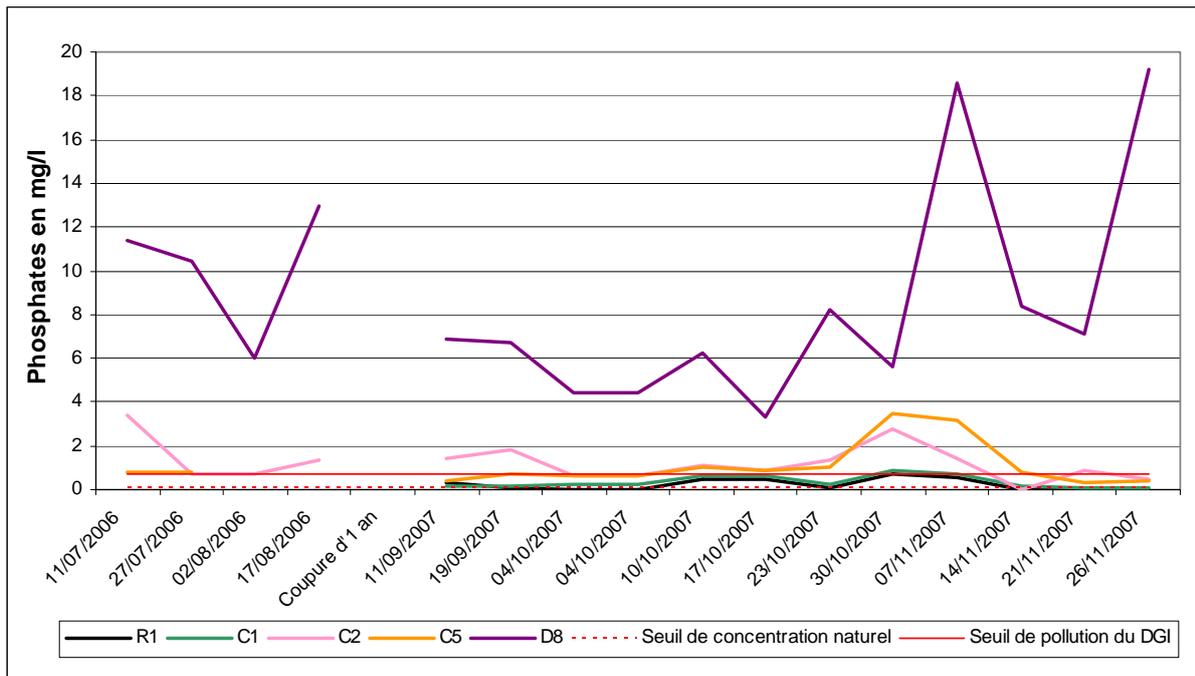
coupée en hiver), depuis 2005. Il s'agit des points RI, (au barrage Cipolletti, point de référence puisque point amont du système irrigué) ; CI au barrage *Algarobal*, séparation du canal *Cacique Guaymallen* en *rama Jocoli* et en *rama Auxiliar Tulumaya* (point amont de la zone 4, **figure 2**) ; CII, sur le canal *Jocoli* (en aval du rejet de la station d'épuration) ; CV sur le canal *Auxiliar Tulumaya* (en aval du rejet des effluents du collecteur *Pescara*). Précisons que dans la majorité des cas, les prélèvements ont été réalisés en *turnos grandes* (quand le canal *Cacique Guaymallen* est en eau et qu'il dilue les eaux usées).

Le **graphique 2** présente les résultats de deux suivis saisonniers (hiver 2006 et printemps 2007), de fréquence hebdomadaire, où les prélèvements ont été réalisés en *turnos chico* ou *grande*, selon le jour de notre passage. A ces mêmes points, nous ajouterons le point DVIII, sur le collecteur *Pescara* (entre le rejet des effluents industriels (cf. Lavie, 2007 et Morábito *et al.* 2007) et l'entrée de ces eaux dans le canal *Auxiliar Tulumaya*).



Graphique 1 : Pollution phosphatée dans les points en 2005-2007 (fréquence mensuelle)

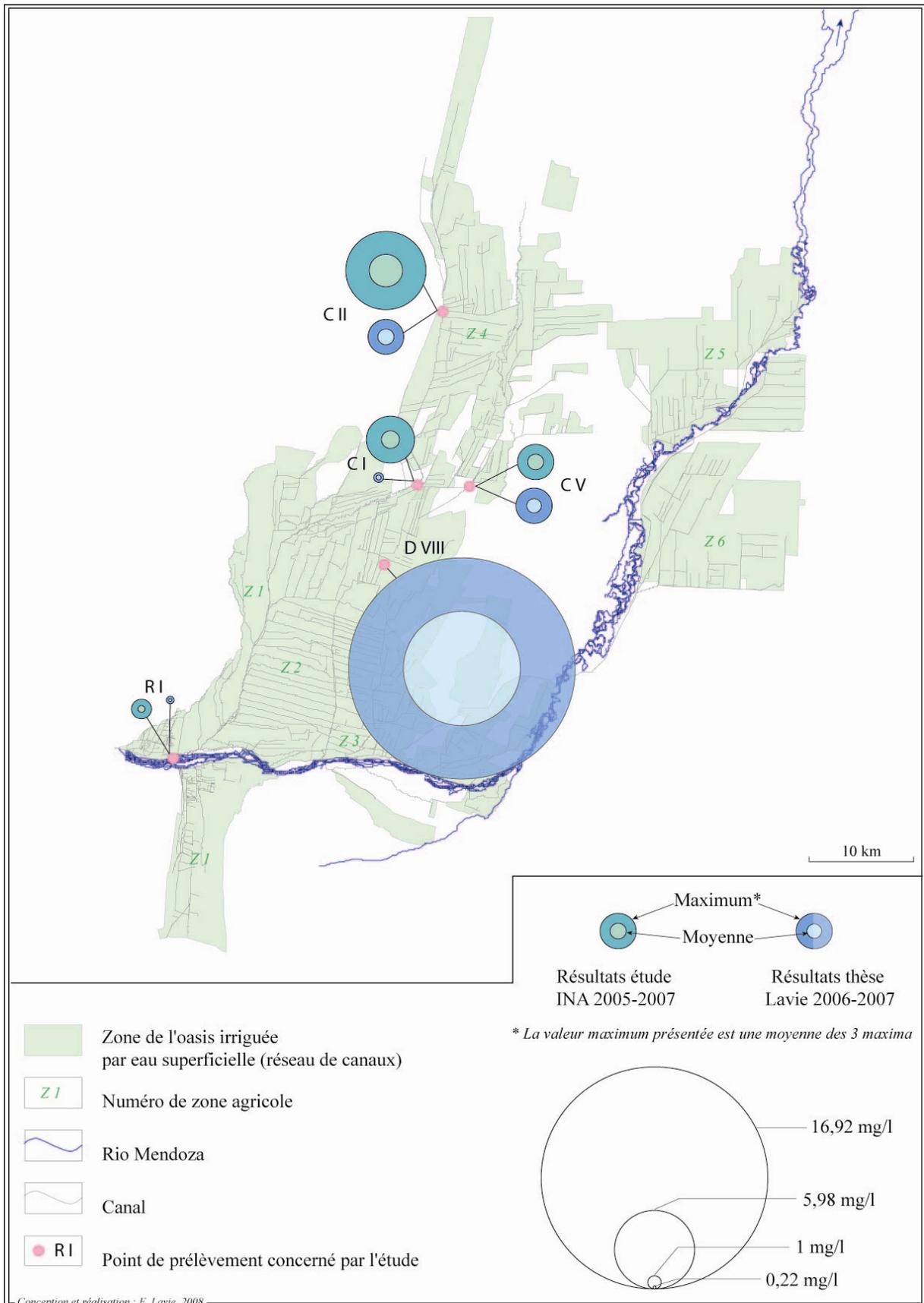
Source : Base de données INA



Graphique 2 : Pollution phosphate dans les points en hiver 2006 et printemps 2007 (fréquence hebdomadaire)

Source : Base de données thèse en cours E. Lavie

Si les **graphiques 1 et 2** nous présentent une information de type **temporel**, la **figure 3** nous permet d'observer les problèmes de pollution phosphatée sur le plan **spatial**. Les deux méthodes utilisées étant différentes, il conviendra de comparer les cercles bleus d'un côté et les cercles verts de l'autre. De fait, l'impact phosphaté apparaît très nettement sur la ressource en eau superficielle de la Zone 4. Le point DVIII est particulièrement révélateur. Par chance, le débit du collecteur *Pescara* est plus faible que celui du canal *Cacique Guaymallen*, ce dernier abaissant les concentrations en phosphates en CV par dilution. On notera également l'augmentation des concentrations en phosphates entre RI et CI, points d'entrée et de sortie du canal *Cacique Guaymallen*, dont la cause principale est la traversée par ce canal de l'agglomération du *Gran Mendoza*, où le réseau d'assainissement collectif est dans certains quartiers peu efficace, en particulier dans les *villas miserías* (nom donné aux colonies spontanées, plus familièrement appelées bidonvilles). Or, le point CI étant le point d'entrée de la Zone 4, ce sont 19 150 ha de terres cultivées qui sont soumises à la pression phosphatée de l'agglomération.



Par ailleurs, si l'étude de l'INA et de la FCA a tendance à montrer un abaissement des concentrations en phosphates entre CI et CV, l'étude du LGPA (thèse Lavie en cours) indique l'inverse. Par contre, on notera exactement les mêmes valeurs mesurées en CV pour les deux études alors que les dates de prélèvement sont différentes. En revanche, entre CI et CII, les deux études révèlent une nette augmentation des valeurs d'amont en aval. **L'hypothèse proposée en introduction d'une pollution par les phosphates venant de la station d'épuration de Campo Espejo est donc vérifiée.** De même, l'étude présentée par Lavie (2007) nous amène également à incriminer **le rôle essentiel des zones industrielles alimentant le collecteur Pescara quant à la présence des phosphates en CV.**

Enfin, si les valeurs mesurées en phosphates dans le río Mendoza au niveau de la dérivation de l'eau (point RI) sont supérieures au seuil de concentration naturel (0,1 mg/l), elles restent en général en deçà du seuil du DGI pour les eaux d'irrigation (0,7 mg/l). En revanche, **les eaux situées en aval des deux points de rejets des effluents sont systématiquement inaptes à l'utilisation agricole**, en particulier en automne, au moment où les activités de mise en conserve des fruits et légumes et de vinification sont les plus fortes. Néanmoins, parce que ces eaux sont chargées en minéraux, les agriculteurs situés en aval du point d'entrée des effluents domestiques (zones en rose sur la **figure 2**) ont demandé au DGI de ne pas leur couper cette arrivée d'eau. Pourtant, n'étant pas maîtres des variations des niveaux de phosphates au cours des saisons (cf. **Graphique 1**), son utilisation est un risque à la fois pour la consommation humaine des fruits et légumes cultivées dans ces zones, mais aussi pour la nappe phréatique située à quelques mètres de la surface de cette zone d'exurgence.

Conclusion

La Quatrième zone agricole de l'oasis du Río Mendoza est un « cas d'école » dans le sens où cet espace de 19 150 ha de terres cultivées est situé en aval d'une oasis de 1 156 km² (1 156 km² = totalité de l'oasis, zones agricoles, urbaines et incultes), accueillant une agglomération millionnaire, avec des industries agro-alimentaires et énergétiques de premier plan et une agriculture de niveau national (horticulture), continental (fruits et légumes pour mise en conserve) et international (vins et huiles d'olives). L'ensemble de ces terres cultivées est alimenté par le canal *Cacique Guaymallen* qui collecte une partie des eaux urbaines. De ce fait, à cette pollution modérée il faut ajouter l'entrée dans le réseau d'irrigation d'effluents domestiques sommairement traités (seuls les solides sont filtrés) qui vont alimenter 38 % de cet espace agricole (soit 7 300 ha), mais également le rejet d'effluents industriels peu traités mais parfois dilués (Lavie, 2007) et qui vont irriguer quelques 9 150 ha de terres (48 %). **Ce sont ainsi 86 % des terres cultivées de l'espace d'étude qui sont pollués par des eaux usées, hautement contaminées en phosphates** (1,2 mg/l pour CII en 2006-2007 ; 1,1 mg/l pour CV, soit plus de 10 fois le seuil naturel (0,1 mg/l) et 2 fois la limite du DGI (0,7 mg/l)).

Les Quatrième, Cinquième et Sixième zones agricoles irriguées par la dérivation des eaux du río Mendoza, sont situées en aval de l'oasis, sur des terrains salins et dans des départements plus pauvres que ceux du *Gran Mendoza* (Lavalle (zones 4 et 5) et San Martin

(zone 6)). Du coup, elles n'intéressent que peu le Gouvernement provincial et le *Departamento General de Irrigación*, d'autant plus que les impôts payés par les agriculteurs des zones aval sont faibles (petits agriculteurs). En outre, si les zones 5 et 6 ont d'abord un problème de quantité-qualité dû à leur éloignement de la prise d'eau du barrage Cipolletti et à la salinité des terres, la Zone 4 connaît avant tout des problèmes de pollution d'origine urbaine et industrielle. Il s'avère aujourd'hui indispensable de prendre conscience du risque sanitaire pour la population mendocine.

Nous sommes de fait amenés à nous interroger sur la qualité des produits agricoles de cette zone. Pourquoi ne pas réserver ces espaces à des cultures non destinées à être consommées crues comme dans les ACREs ou dans les zones réservées aux cultures industrielles comme c'est le cas de la zone agricole *Hijuela Sanchez*, irriguée par des eaux du collecteur *Pescara* ? Bannir l'horticulture de la Zone 4 nous apparaît indispensable, avant de penser à des infrastructures de traitement plus lourdes comme l'agrandissement de la station d'épuration de *Campo Espejo*.

Bibliographie

AGENCES DE L'EAU - 1999. Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau, SEQ-EAU (Version 1). *Les études de l'Agence de l'Eau n° 64*. Paris, AE. 59 p.

BAGINI - 1987. *Mejoramiento del riego en Mendoza*. E.E.A. Mendoza INTA, Mendoza, Argentine. 12 pp

LAVIE, E. - 1997. « Deux exemples d'aménagements pour l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation dans l'oasis de Mendoza (Argentine). Le Système Pescara et l'imperméabilisation du canal Matriz San Martin », in *Travaux du Laboratoire de Géographie Physique Appliquée n° 25*. Pessac, Université Bordeaux 3. pp. 83-106

MORÁBITO, J. et al. – 2005. « Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza (Argentina) », in *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Tome XXXVII, Mendoza, UNC/FCA. pp. 1-24.

MORÁBITO, J. et al. – 2007a. « Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza: temperatura, pH, iones solubles y sólidos », in *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Tome XXXIX, Mendoza, UNC/FCA. pp. 9-20.

MORÁBITO, J. et al. – 2007b. « Impactos de las obras humanas sobre la mejora de la calidad del agua en el oasis regadío del río Mendoza: "impermeabilización del canal Matriz San Martín" », *Actes du Colloque National Argentin sur l'eau CONAGUA*. Tucuman, Argentine, Mai 2007, 9 p.