



HAL
open science

Gérer la rareté en eau. L'alimentation en eau potable et d'irrigation des villes-oasis et des espaces méditerranéens

Emilie Lavie

► To cite this version:

Emilie Lavie. Gérer la rareté en eau. L'alimentation en eau potable et d'irrigation des villes-oasis et des espaces méditerranéens. Géographie. Université Paris 7 - Denis Diderot, 2019. tel-02888599

HAL Id: tel-02888599

<https://theses.hal.science/tel-02888599v1>

Submitted on 3 Jul 2020

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.



Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches
Présenté par

Emilie Lavie

*L'alimentation en eau potable et d'irrigation des villes-
oasis et des espaces méditerranéens*



Oasis de Valle de Uco (Argentine), alimentée en eau par irrigation pressurisée, et son extension vers le piémont aride, à l'ouest, au second plan
© Lavie, 2016

Volume 1 :
Positionnement scientifique

Stéphane Angles, Professeur, Université de Lorraine, LOTERR, *examinateur*.

Gilles Arnaud-Fassetta, Professeur, Université de Paris, UMR PRODIG, *garant et rapporteur interne*.

David Blanchon, Professeur, Université Paris-Ouest-Nanterre, UMR LAVUE, détaché à l'UMI Iglobes, Tucson, *Examinateur*.

Anne Honegger, Directrice de Recherche CNRS, UMR EVS, *rapportrice externe*.

Mohamed Oudada, Professeur, Université Ibn Zohr d'Agadir, *rapporteur externe*.

Bénédicte Thibaud, Professeure, Université Bordeaux-Montaigne, UMR LAM, *examinatrice*.

Soutenue le 21 novembre 2019

Université Paris-Diderot
Université de Paris
UMR 8586 PRODIG

Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches
Présenté par

Emilie Lavie

Gérer la rareté en eau
L'alimentation en eau potable et d'irrigation des
villes-oasis et des espaces méditerranéens

Volume 1 :
Positionnement scientifique

Stéphane Angles, Professeur, université de Lorraine, LOTERR, *examineur*.

Gilles Arnaud-Fassetta, Professeur, université de Paris, UMR PRODIG, *garant et rapporteur interne*.

David Blanchon, Professeur, université Paris-Ouest-Nanterre, UMR LAVUE, détaché à l'UMI Iglobes, Tucson, *Examineur*.

Anne Honegger, Directrice de recherche CNRS, UMR EVS, *rapporteuse externe*.

Mohamed Oudada, Professeur, université Ibn Zohr d'Agadir, *rapporteur externe*.

Bénédicte Thibaud, Professeure, université Bordeaux-Montaigne, UMR LAM, *examinatrice*.

NB : Tous les textes en anglais (citations et institutions) seront laissés en l'état. Tous les textes en espagnol seront traduits.

Remerciements

Cette HDR vient ponctuer dix années de recherche post-doctorale, dont neuf ans au sein de l'équipe PRODIG du Département de géographie de l'université Paris-Diderot. C'est donc en premier lieu cette équipe resserrée, qui a vécu de grands moments collectifs, des plus gais aux plus difficiles, que je souhaite remercier : Malika Madelin, Nicolas Delbart, Vincent Viel, François Bétard, Gilles Arnaud-Fassetta, Monique Fort, Salem Dahech, Jean-Claude Bergès, mais aussi les doctorant.e.s et post-doctorant.e.s, avec une pensée évidente pour Gérard Beltrando.

Un grand merci aussi à tou.te.s les autres collègues du Département, pour les échanges quotidiens, en particulier à celles et ceux avec qui je partage mes midis, mes pauses cafés et mes papotages de couloir : Céline Clauzel, Etienne Grésillon, Sophie Baudet-Michel, Clélia Bilodeau, Christine Zanin, Philippe Cadène. Les partages de cours, les charges administratives, les nombreuses réunions, font de ce département une entité dans laquelle il est agréable de travailler. Dans ce cadre, merci aussi à tout le personnel de scolarité et de gestion du département LSH et de l'UFR GHES, qui font beaucoup malgré les lourdeurs de l'université, et avec qui j'ai été au contact quotidien en tant que responsable pédagogique et des services : je pense notamment à Antoine Apercé, Muriel Lellouche, Odile Moreau et Manuelle Sarda. Je tenais aussi à remercier Max Laromanière au laboratoire de géographie physique de l'UFR.

Une grande partie de mes recherches s'est effectuée dans le cadre de l'UMR PRODIG. Merci donc à l'ensemble des collègues pour tous les échanges et pour votre confiance dans l'animation de l'équipe : Christine Raimond, Elisabeth Peyroux, Françoise Duraffour, Cécile Faliès, Jérôme Lombard, Géraud Magrin, Marie Redon. J'ai surtout une pensée toute particulière pour Anaïs Marshall pour les terrains, les co-écritures, les projets, le colloque et l'amitié.

Pour m'avoir proposé de travailler sur le Minervois, pour avoir accepté d'être garant de ce travail, pour ses remarques justes, ses lectures pertinentes (et ultra-rapides !) et pour ses encouragements, je souhaiterais remercier Gilles Arnaud-Fassetta. Un grand merci aussi à David Blanchon pour nos échanges depuis dix ans à propos des questions de gestion des eaux et pour avoir aussi accepté de discuter de mon travail. Merci également à Stéphane Anglès pour nos quelques échanges sur l'irrigation des oliviers andalous, et à Anne Honneger, Mohamed Oudada et Bénédicte Thibaud qui ont répondu présent.e.s pour lire et évaluer mon travail.

Parce que leurs remarques le plus souvent pertinentes m'ont fait avancer, un grand merci à tou.te.s les relecteur/rice.s anonymes des articles que j'ai pu soumettre. Et un

immense merci à Florence Salit, à Anaïs Marshall et à mon père, pour leurs relectures de ces manuscrits, et à Nicolas Delbart pour ses remarques.

Un dernier merci académique franco-français aux membres de la section 23 du CNU pour m'avoir accordé un ½ CRCT qui m'a bien aidée à trouver du temps pour lire, lire, lire, et pour terminer la rédaction de cette HDR.

En Mendoza, mi más sincero agradecimiento a Santa E. Salatino y J. A. Morábito por recibirme regularmente desde 2006, y por demostrarme la mayor confianza al darme su preciosa base de datos sobre la calidad del agua, para todas nuestras charlas y publicaciones. Gracias también a los miembros del CONICET y del CIFOT y del DGI-Alvear por los proyectos compartidos.

Des remerciements pour l'équipe WaMaKhaIR avec qui j'ai eu le plaisir de travailler à Khartoum et au retour, tout particulièrement à Luisa Arango et Laure Crombé.

Merci aussi aux collègues tunisiens avec qui j'ai eu le plaisir de travailler dans le cadre de l'encadrement de Jouda Ben Arfa ou dans le programme SAR-DYN sur le bassin Leben : Riadh Bouaziz et Rim Katlane.

Merci également à Etienne Grésillon et François Bouteau pour m'avoir amenée dans leurs bagages à Ouaouizerth.

Dans le Minervoais, un merci tout particulier au SMAC pour son aide, notamment à Mathilde Pouillat et Christian Magro.

Et puis comment ne pas terminer ce catalogue de rencontres de terrains sans remercier l'ensemble des personnes que j'ai pu interroger sur ces années et qui, le plus souvent patiemment, ont répondu à mes questions, me permettant de mieux saisir leurs enjeux personnels et collectifs.

Je terminerais ces remerciements professionnels avec une pensée pour l'ensemble des étudiant.e.s de licence et de master, tout particulièrement celles et ceux que j'ai eu le plaisir d'encadrer pour leur mémoire et avec qui j'ai eu des discussions très enrichissantes. Sachez que vous aussi, vous apportez beaucoup à vos encadrant.e.s.

Un merci tout particulier à Mathilde Resch, Jouda Ben Arfa et Amélie Boucher pour m'avoir fait confiance dans l'encadrement de leurs travaux de shèse et à qui je souhaite bien évidemment le meilleur, que ce soit dans l'académique ou ailleurs.

Bien entendu, il m'a été nécessaire d'être aussi entourée en dehors du monde académique, d'être soutenue dans cette rédaction, en particulier au retour de congé maternité : un immense merci à mon entourage pour ses encouragements, mon homme, ma famille, mes ami.e.s. Et enfin, merci ma fille d'être aussi facile et d'avoir laissé ta maman dormir la nuit pour qu'elle puisse rédiger la journée. Tu n'imagines pas à quel point tu as été un rouage essentiel à l'accomplissement de cette HDR.

Sommaire

Remerciements.....	3
Sommaire	5
Introduction.....	7
Partie 1 : Positionnements et approches.....	13
Chapitre 1. Positionnement scientifique et théorique : des sciences humaines et sociales à la géographie de l'eau.....	15
Chapitre 2. Gérer la rareté de l'eau dans les oasis mondialisées	33
Partie 2 : Trajectoires.....	69
Chapitre 3. Gérer la rareté : l'eau, élément structurant des villes-oasis.....	71
Chapitre 4. La qualité de l'eau, nouvelle entrée pour analyser le risque de pénurie	105
Partie 3 : Perspectives.....	139
Chapitre 5. La Méditerranée européenne s'oasise-t-elle ?.....	141
Chapitre 6. Un exemple d'oasisation en cours : le futur espace hydraulique du Minervois audois	171
Conclusion générale	187
Bibliographie.....	193
Table des matières.....	219
Index	225

Introduction

Ce manuscrit d'Habilitation à Diriger des Recherches vient conclure dix années de recherche post-doctorale en offrant une série d'objectifs de recherche et d'encadrements à venir. Il vise à discuter de l'objet principal de mes recherches, **l'eau, dans les territoires où elle est rare**. L'or bleu, enjeu de développement social, économique et environnemental, se comprend également comme un thème de recherche central en géographie, une entrée pertinente pour discuter/traiter d'organisation socio-spatiale, de politiques et de processus physiques.

Mon parcours complet d'enseignante-chercheuse depuis la maîtrise est décrit dans le Volume II et j'ai choisi ici de **ne présenter que ma trajectoire scientifique depuis le début de mon post-doctorat en 2010, et d'exclure ainsi mes travaux de thèse**. Ma thèse de doctorat en géographie physique sur la qualité de l'eau de l'oasis du río Mendoza fournit des résultats pertinents dans le contexte spatio-temporel de 2010 mais a atteint aujourd'hui ses limites, même si les résultats issus de la thèse seront résumés dans le Chapitre 13. L'oasis a évolué et surtout mon approche s'est enrichie en ne se centrant plus uniquement sur le volet physique, très météorologique, mais en élargissant mes questionnements vers une géographie plus 'humaine' et intégrée (systémique). De fait, ce n'est plus l'angle des processus mais celui de la gestion de l'eau via sa qualité qui m'intéresse aujourd'hui.

J'ai exploré durant ma carrière de plusieurs voies scientifiques qui ne figureront pas dans ce volume. J'ai opté pour présenter et expliquer mes recherches selon un axe principal cohérent. Je ne parlerai pas de travaux de recherches qui sont à la marge de ce projet sur l'alimentation en eau potable et d'irrigation, mais dont les publications et communications sont indiquées dans le Volume II :

- Le projet *residuos urbanos* avec l'Institut de Géographie de Mendoza, sur le comptage des déchets urbains dans les canaux d'irrigation urbaine en 2007 ;
- Le programme ExpoRA sur l'exposition des populations aux pesticides en Rhône-Alpes en 2012-13 ;
- Le programme SAR-Dyn sur le bassin versant de l'oued Leben en Tunisie puisqu'il vient de commencer (2019-2020).

Ce Volume scientifique sera donc uniquement consacré à la gestion de la rareté de l'eau dans des espaces arides ou méditerranéens et à mes travaux depuis ma soutenance de thèse.

Première bifurcation : De la pollution de l'eau à la gestion de la pénurie

Mes recherches menées sur l'adduction en eau potable et d'irrigation dans les villes-oasis (Figure 1) de Mendoza en thèse (univ. Bordeaux 3, UMR ADES) et de Khartoum en post-doctorat (univ. Nanterre, EA GECKO), se sont d'abord appuyées sur un travail de terrain, avec une approche relativement inductive, empirique. L'essentiel de la collecte de données consistait en des prélèvements et analyses d'eau *in situ* et en laboratoire pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation puis de l'eau potable. La valorisation a été orientée vers une compréhension des processus hydrologiques et physico-chimiques observés dans le bassin versant ou suite à des manipulations de l'eau par l'usage agricole ou domestique.

La nécessité de prendre de la distance, d'abord sur le plan théorique pour considérer la possibilité de généralisation de mes observations, puis sur le plan épistémologique pour positionner mes approches, ne s'est faite ressentir qu'après la thèse. Cette distanciation avec le terrain est devenue une nécessité pour avancer à partir de mon insertion dans l'équipe de recherche WaMaKhaIR en post-doctorat d'une part, et de la construction de nouveaux cours d'épistémologie à La Rochelle et Paris-Diderot d'autre part. Mon intégration dans l'UMR PRODIG à mon recrutement comme Maître de conférences à l'université Paris-Diderot en septembre 2010, a prolongé le besoin que je ressentais, de mieux saisir les enjeux théoriques. Ce fut en particulier le cas dans le cadre de la rédaction de l'ouvrage *Ressources mondialisées, essai de géographie politique*, pour lequel j'ai co-écrit un chapitre avec Agathe Maupin du *South African Institute of International Affairs*, et David Blanchon de l'université Paris-Nanterre-LAVUE. Parallèlement, l'encadrement d'étudiant.e.s de master à Paris-Diderot, activité particulièrement intéressante du métier, a enrichi les données sur la gestion des pénuries à Mendoza, vue sous l'angle des approches méthodologiques. J'ai ainsi co-encadré avec Nicolas Delbart quatre étudiant.e.s sur la télédétection des ressources en eau et de l'occupation agricole des oasis, Malika Madelin nous ayant conseillé.e.s utilement sur des questions de climatologie des Andes. J'ai aussi suivi deux étudiantes sur la participation des agriculteurs¹ à la gestion de l'irrigation, et deux étudiant.e.s sur l'accès à l'eau potable en périphérie de Mendoza.

Une nouvelle étape a été la collaboration avec Anaïs Marshall, spécialiste des enjeux fonciers des oasis latino-américaines, MCF à l'université Paris 13-PLÉIADE, rattachée secondairement à PRODIG, UMR où elle avait réalisé sa thèse. L'organisation d'un colloque et la publication des Actes puis d'un ouvrage chez Springer ont lié nos approches d'accès à la terre et à l'eau. Une grande partie de nos échanges a été réalisée dans le cadre de la rédaction des projets *Marges oasiennes* dont l'un a été accepté et qui nous a permis d'effectuer deux missions à Mendoza. Accueillir une

¹ Tous les agriculteurs rencontrés sur les terrains de Mendoza, Gabès et Ouaouizerth étant des hommes, je n'utiliserai pas l'écriture inclusive les concernant.

spécialiste des questions foncières sur un terrain où je travaillais sur l'accès à l'eau depuis dix ans a été l'occasion de prendre beaucoup de recul sur l'accès aux ressources. Ainsi a émergé la conviction que la qualité de l'eau d'irrigation et de l'eau potable participait à des jeux politiques de gestion et à l'organisation territoriale, en particulier dans les espaces agricoles dont les rendements baissaient, et dans les quartiers d'habitation en périphérie de la ville. C'est en particulier la rédaction d'articles (Lavie & Marshall, 2019 ; Lavie *et al.*, soumis) qui m'ont donné l'envie d'emprunter de nouveaux chemins et de rédiger cette HDR, notamment la Partie 2 sur les trajectoires.

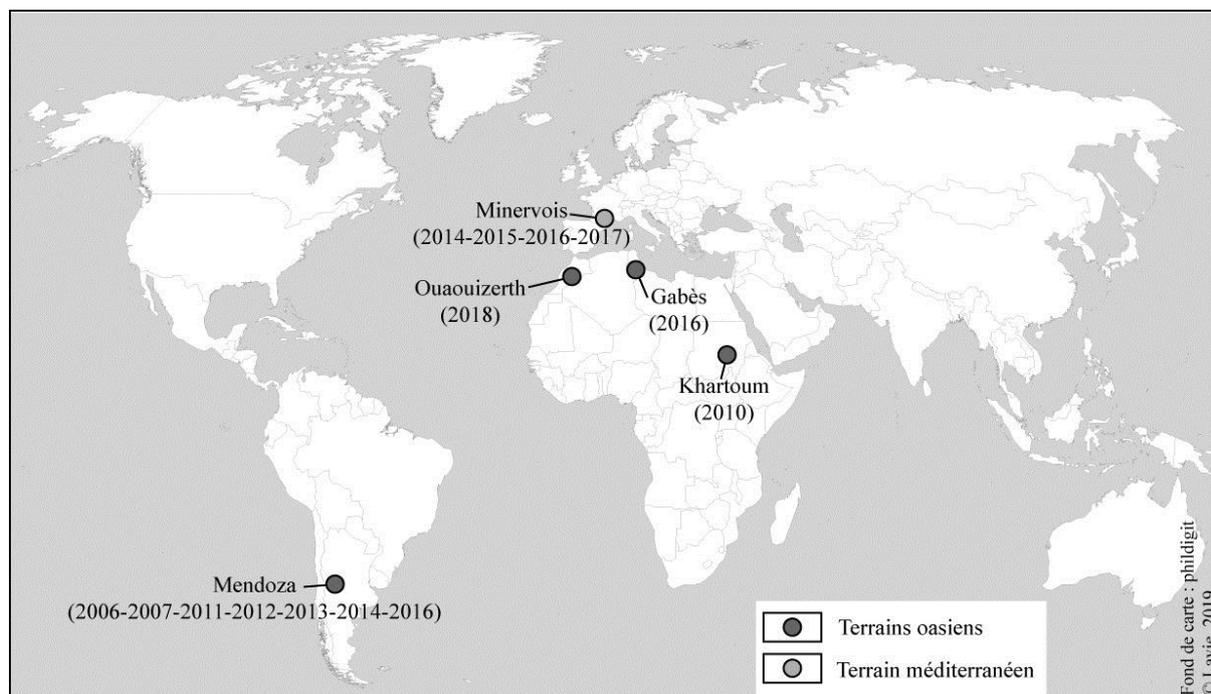


Figure 1 : Localisation de mes terrains de recherche et dates des missions

Seconde bifurcation : Des oasis à la Méditerranée

La collaboration avec des chercheur/se.s travaillant sur les oasis, dans le cadre du colloque *Oasis dans la mondialisation*, des Actes et de l'ouvrage en anglais éponymes, ont non seulement participé à envisager mes propres terrains de Khartoum et Mendoza (Figure 1) sous un autre angle, mais aussi à comprendre en quoi les dynamiques spatiales étudiées étaient assez proches de celles observées par ces collègues ailleurs dans le monde. Cette expérience a d'ailleurs été complétée dans le cadre du suivi de la thèse de Jouda Ben Arfa à Gabès (Tunisie ; Figure 1) et de l'accompagnement des étudiant.e.s de M2 'Espace et Milieux' à Ouaouizerth au Maroc en 2018 (Figure 1).

Mais souhaitant lier les avancées sur la gestion de la rareté en eau et cette nouvelle définition des oasis, j'ai décidé d'observer les dynamiques de l'irrigation dans des

espaces moins arides où la pression sur les ressources est tout aussi forte. Surtout, je trouvais intéressant de travailler sur des territoires concernés par des politiques de gestion des milieux, ce qui est peu le cas à Khartoum et Mendoza. À la lecture de certains travaux sur l'Europe du Sud (Riaux, 2006 ; Ruf & Riaux, 2008 ; Rivière-Honegger, 2008 ; Ghiotti & Rivière-Honegger, 2009 ; Ghiotti & Honegger, 2012 ; Ruf, 2012, 2015b), j'ai noté de forts liens d'une part, entre les systèmes d'irrigation et les structures de gestion, et d'autre part, entre les oasis et les espaces irrigués de la Méditerranée européenne. L'Europe par ses Directives – notamment la Directive Cadre européenne sur l'Eau (2000) – pose un cadre législatif contraignant pour les gestionnaires. La France, par ses transferts de compétences des réseaux d'irrigation aux Régions en 2008 et sa nouvelle carte des Régions en 2015, offrait à la chercheuse que je suis une dynamique de changements à observer. Ce contexte explique donc que les nouvelles recherches amorcées en 2016 portent sur un territoire méditerranéen français, le Minervois (Figure 1) ; ce sera en partie l'objet de la troisième partie.

Une problématique générale : Gérer la rareté en eau dans les espaces oasiens mondialisés

Je me suis ainsi intéressée aux dynamiques des espaces oasiens qui s'insèrent dans la mondialisation : Mendoza et ses vignobles d'exportation, Khartoum qui investit sa rente issue du pétrole dans les réseaux d'eau potable, Gabès le fleuron industriel tunisien, Ouaouizerth et son huile d'olive qui pourrait à terme être exportée. Les dynamiques politiques, socio-spatiales, économiques et environnementales sont observées sous l'angle de la rareté de la ressource en eau, que cette rareté soit liée à la quantité d'eau disponible ou à sa qualité.

Ce sont donc les **enjeux de l'alimentation en eau agricole et domestique dans des territoires où elle est rare qui vont constituer le fil rouge de ce travail**. À la lecture des recommandations émises par la section 23 du Comité National des Universités (CNU), il m'a semblé logique de produire un manuscrit (Volume I) en trois parties :

La première Partie *Positionnement et approches* visera à présenter le cadre théorique dans lequel je travaille. Le **Chapitre 1** est consacré à une épistémologie de l'hydrogéographie, branche en mutation depuis le début du XXI^{ème} siècle, opérée dans le cadre de l'émergence de la *political ecology* dans les sciences humaines. Le **Chapitre 2** pose le sujet principal de mes recherches : la gestion de la rareté de l'eau dans les oasis mondialisées. J'en décortique dès lors 1) le thème central de mes recherches : la gestion de la rareté en eau, 2) le contexte théorique du « modèle oasis » colonial et de sa déconstruction dans le cadre de la mondialisation de la fin du XX^{ème} siècle, en terminant par 3) une discussion sur les méthodologies de recherche utilisées.

La deuxième partie, plus dense et appuyée sur 16 publications intégrées en fin de Volume II, présente les *Trajectoires* de recherche empruntées depuis 2010. Elle ne correspond pas à l'ordre chronologique de mes recherches : dans les faits, j'ai d'abord travaillé sur la mesure de la qualité de l'eau avant de me consacrer aux approches politiques de l'accès quantitatif à l'eau ; puis je me suis à nouveau intéressée à la qualité de l'eau afin de nourrir des questionnements sur la gestion de sa rareté. Ici, le **Chapitre 3** cherche à démontrer comment la gestion de la rareté en eau structure spatialement les villes-oasis, qu'il s'agisse des espaces agricoles ou des agglomérations. Ce chapitre s'appuie sur l'accès à l'eau plutôt sous l'angle quantitatif. Le **Chapitre 1** met pleinement en avant l'originalité de mon travail des dix dernières années : l'affirmation de la qualité de l'eau comme entrée nécessaire pour analyser les pénuries. En effet, la qualité de l'eau d'irrigation a des impacts sur les rendements tandis que la qualité de l'eau du robinet participe à la construction des paysages de l'eau urbaine.

La troisième partie ouvre sur les *Perspectives* de recherche actuelles. Elles portent sur la mise en oasis de secteurs agricoles en Méditerranée européenne. Mes travaux sur la gestion de la rareté dans les espaces oasiens ainsi qu'un récent projet pédagogique et de recherche dans le Minervois m'ont fait prendre conscience que les codes séculaires des oasis étaient utilisés sur cette rive de la Méditerranée, qui connaît des changements climatiques allant vers une augmentation des extrêmes hydro-climatiques dont les sécheresses font partie. Ainsi, le **Chapitre 5** discute de la gestion de la rareté en Méditerranéen européenne, afin de dégager les processus proches de ceux expérimentés par les oasis, ainsi que la spécificité de ces espaces non-oasiens. Enfin, le **Chapitre 6** tente de répondre à la problématique d'une possible « oasisation » de la Méditerranée européenne, en s'appuyant sur mes travaux en cours sur l'extension d'un réseau d'irrigation dans le Minervois audois.

Partie 1 : Positionnements et approches

Avant de commencer la synthèse de mes travaux (Partie 2), il me semblait important dans cette Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), de présenter mon positionnement dans les sciences de l'eau en général, et en géographie de l'eau en particulier.

Formée à la géographie physique pendant la thèse, j'ai bifurqué vers des approches plus sociétales dès le post-doctorat, qui s'inscrivent dans le champ de la *political ecology*. Le Chapitre 1 est donc voué à une présentation descendante, depuis les sciences humaines et sociales vers les sciences de l'eau. Cette synthèse va me permettre en fin de chapitre de définir trois concepts qui guident mes recherches et qui seront utiles pour la lecture des chapitres suivants.

Une mise au point de ce que j'utilise à la fois dans le champ disciplinaire de la géographie et dans le cadre transdisciplinaire des *water studies* permet de mieux introduire le thème principal de mes recherches des quinze dernières années, à savoir la gestion de la rareté dans les oasis mondialisées. Le Chapitre 2 discute ainsi de cette thématique sous trois axes : le thème de recherche (la gestion du risque de pénurie), les terrains de recherche (les oasis mondialisées) et les méthodologies (de la métrologie aux approches qualitatives).

Chapitre 1. Positionnement scientifique et théorique : des sciences humaines et sociales à la géographie de l'eau

Les sciences de l'eau (*water studies*), éminemment transdisciplinaires, offrent à la géographe que je suis le cadre idéal pour nourrir mes questionnements issus non seulement des champs théoriques de SHS mais aussi des méthodologies des sciences de la nature. L'objectif de ce Chapitre 1 est de présenter ce qui constitue le cadre théorique de mes recherches, d'abord à l'échelle des SHS puis à celle des sciences de l'eau, et notamment de la géographie.

Une première sous-partie s'arrête d'abord sur la *political ecology*, un champ théorique dans lequel je me reconnais en partie (1.1). Je me focalise ensuite sur les sciences de l'eau, à la fois en géographie et dans les sciences connexes (1.2). En fin de ce « voyage » épistémologique, je présente trois concepts (l'hydrosystème, le cycle hydrosocial et le *waterscape*) des sciences de l'eau utilisés en géographie et dans d'autres sciences, telles les sciences de la nature ou bien encore les SHS. Définir ces trois concepts m'a semblé un préalable avant de synthétiser mes recherches sur la gestion de la rareté de l'eau dans les oasis mondialisées (Chapitre 2).

1.1. À l'échelle des SHS : la *political ecology*

La *political ecology* est une branche des SHS née dans les années 1960-1970, devenue un mouvement de pensée dans les années 1980, comme « une façon de conceptualiser l'écologie politique et la Nature dans un contexte de mouvements environnementaux » (Gautier & Benjaminsen, 2012). Elle est adossée à la géographie et à l'anthropologie anglo-américaine (Laslaz, 2017) et fait suite à des mouvements comme la *political economy* et la *cultural ecology* (Walker, 2005). La philosophie reposait sur la promotion de l'idée que le contexte politique et économique avait des effets sur le milieu, en particulier sur l'érosion des sols. À la suite de chercheur/se.s engagé.e.s, à l'image du géographe David Harvey, s'est en effet développée une approche marxiste des sciences humaines. Les excès du capitalisme se manifestent par des injustices sociales et spatiales que les géographes, selon eux, se devaient de démontrer voire de corriger. La domination de la nature devient donc une étape obligée puisqu'elle permet de distribuer une ressource de manière équitable (Blanchon, 2009 ; Blanchon & Graefe, 2012).

Pour autant, si la grille de lecture était marxiste, seule une partie des chercheur.e.s était réellement engagée politiquement, branche que l'on appelle plus usuellement « critique ». Ces mouvements politisés se rapprochent plus de l'**écologie politique**

française, très disparate, où les écologues et écologistes ne s'accordent pas toujours. Il s'agit ici d'un mouvement de pensée aussi militant, dont certain.e.s acteur/ric.e.s² civiques sont devenu.e.s des acteur/ric.e.s politiques comme Alain Lipietz. Elle s'adosse plus généralement à la sociologie et à la philosophie françaises (Laslaz, 2017).

Sur le plan scientifique, l'opposition à l'**écologie politique** à la française présentée ci-avant, passe par la *political ecology*, ce qui pose un problème évident de traduction entre anglais et français. Ce nouveau paradigme scientifique analyse essentiellement le pouvoir et les luttes pour le pouvoir en matière de gestion de l'environnement (Benjaminsen & Svarstad, 2009 ; Blanchon & Graefe, 2012). D'ailleurs, un autre problème de traduction entre les deux langues se pose : *political* renvoie à la fois à *politics* et à *policy*, qui se traduisent par « politique » en français, alors que l'anglais fait une distinction entre *politics* qui englobe un ensemble d'acteurs et d'activités liées à la gouvernance d'un territoire, alors que *policy* est l'ensemble des principes, de normes, qui guident la politique et qui sont déterminées par les hommes et femmes politiques. Peter A. Walker a rédigé trois articles publiés dans la revue *Progress in Human Geography*, faisant une synthèse de la bibliographie existante en *political ecology* en s'appuyant sur la prise en compte de trois facettes de cette école : « Political ecology: where is the ecology? » (2005), « Political ecology: where is the policy? » (2006), « Political ecology: where is the politics? (2007) ».

Avec l'avènement de la *political ecology*, des recherches se développent donc sur les acteurs du secteur de l'environnement – comme les associations plus ou moins radicales, mais aussi d'autres lobbies – et les intérêts qu'ils défendent. Parmi ces chercheur/se.s intéressé.e.s par les réseaux d'acteurs, on peut citer les *political ecologists* du groupe CALL qui ont développé l'*actor network theory* (ANT) (Blanchon & Graefe, 2012). Dans les années 1980, les sociologues Michel Callon, Madeleine Akrich, John Law et Bruno Latour (d'où CALL) s'intéressent aux relations entre les acteurs au-delà des liens humains : à savoir les objets et les discours, c'est l'*Actor-Network Theory* (ANT). Cet élargissement des études sociologiques promeut donc les réseaux dans lesquels ils s'insèrent, les collectifs, ou encore les controverses scientifiques (*Ibid.*). Des géographes comme Donna Haraway ou Sarah Whatmore ont popularisé ces notions dans la géographie anglo-saxonne, alors qu'elles étaient paradoxalement relativement peu connues en géographie francophone. En effet, le développement de la *political ecology* proche du marxisme dans la recherche anglo-saxonne des années 1980, s'est fait au moment même où en France, les géographes ont rejeté le marxisme. À la même période, les travaux de terrain, qui devenaient moins fréquents, ont conduit au développement recherches plus axées sur la modélisation. La géographie française de la fin du XX^{ème} siècle était donc quantitative

² Quand le terme « acteur » est employé dans ce manuscrit pour désigner une fonction, il sera au masculin. Quand il s'agira de désigner des personnes, j'utiliserai l'écriture inclusive.

et peu engagée. Les changements de paradigmes chez les géographes de l'environnement dans les années 1980-1990 ont retardé par ailleurs la mise en dialogue entre les géographies française et anglo-américaine (Loftus, 2017).

Pour autant, cette approche duale et caricaturale entre marxistes et écologistes dans la sphère scientifique ne pouvait pas durer au-delà d'une décennie (Blanchon & Graefe, 2012). Le géographe britannique Noel Castree aurait contribué dans les années 1990 à réduire le fossé entre ces deux approches, avec une argumentation qui semble évidente : d'une part, en rappelant que les premiers travaux de Marx prenaient en compte l'importance de la nature ; d'autre part, en prouvant que la domination des hommes sur la nature est aussi responsable d'inégalités sociales et d'erreurs du capitalisme. La recherche française aujourd'hui en SHS s'intéresse donc de près à une *political ecology* hybride, à la fois « scientifique » et « militante » (Chartier & Rodary, 2016 ; Loftus, 2017).

C'est sur ces bases que Nik Heynen, Maria Kaïka et Erik Swyngedouw ont développé une approche de *political ecology* critique, la *radical political ecology* (Heynen, Kaïka & Swyngedouw, 2006). Redéfinissant le lien entre espaces urbains, natures et cultures, ils développent une branche nommée aujourd'hui *Urban water studies* (UWS), et mettent en avant l'idée que : « *Environmental and social changes co-determine each other (...); There is nothing a-priori unnatural about produced environments like cities, genetically modified organisms, dammed rivers, or irrigated fields. Produced environments are specific historical results of socio-environmental processes (...); All socio-spatial processes are invariably also predicated upon the circulation and metabolism of physical, chemical, or biological components (...); Questions of socio-environmental sustainability are fundamentally political* » (Heynen *et al.*, 2006 : 28 ; Blanchon & Graefe, 2012). La *radical political ecology*, proche de David Harvey, revêt une orientation militante très forte (Laslaz, 2017). Sur ce point, ma façon de faire de la recherche s'éloigne grandement de la *radical political ecology*. Je rejoins d'ailleurs Lionel Laslaz, pour qui « *il importe de défendre aussi l'idée selon laquelle la recherche n'est pas un acte politique en tant que tel mais un moyen de l'analyser* » (Laslaz, 2017), même si Lionel Laslaz critique dans son article l'ensemble de la *political ecology* et non la branche critique radicale.

Autre reproche qui peut être fait à la *political ecology* telle qu'elle est opérée aujourd'hui, qu'elle soit *radical* ou non, c'est son côté eurocentré, même si de nombreux travaux concernent les Suds. Dans une synthèse des travaux réalisés sur la *political ecology* hors de l'« *Anglo-American Citadel* » (Kim *et al.*, 2012), Alex Loftus se pose la question d'une prééminence scientifique de la recherche anglo-américaine en *political ecology* (Loftus, 2017). Son premier argument pour déconstruire l'effet « citadelle » tient dans le fait que l'ensemble de l'Europe s'intéresse à cette branche, et non pas seulement le Royaume-Uni dont il est un citoyen. Pour lui, les recherches lusophones mettent aussi en avant les grandes interconnexions qui dépassent les dualités Nord-Sud (Freitas & Mozine, 2015), l'*ecología política* espagnole est marquée

par les débats intellectuels et militants entre économistes de l'environnement, sur la justice environnementale ou les mouvements de décroissance. Mais c'est sur la *political ecology* à la française qu'il est le plus prolix, s'appuyant sur les travaux de Denis Gautier et Christian Kull notamment. D'après ces auteurs, trois champs de la géographie notamment servent de zone de contact entre l'Europe et l'ailleurs : la géographie tropicale, la géographie des systèmes agraires et l'hydrogéographie (Gautier & Kull, 2015).

Le deuxième argument d'Alex Loftus pour dépasser l'approche anglo-américaine de la *political ecology* repose sur son omniprésence dans de nombreux travaux réalisés au Nord comme au Sud, sur l'Amérique Latine, sur la géographie de la décolonisation, sur la définition du foncier, sur une épistémologie des Suds, sur le néocolonialisme d'occupation, sur une *urban political ecology* (UPE) située, ou encore dans le cadre de recherches post-coloniales féministes. Tout ceci, selon lui, « *have led to new questions around the origins and the foundation of knowledge within the field [of political ecology]* » (Loftus, 2017). Je ne vais pas développer le champ des études coloniales en *political ecology* puisque c'est assez éloigné de mes thématiques de recherche axées sur la rareté de l'eau. Alex Loftus invite ici les *political ecologists* à repenser leur manière de faire de la recherche, notamment sur la richesse d'aller lire les écrits dans d'autres langues que l'anglais puisque les langues latines et les contextes nationaux de la recherche apportent de la complexité à la pratique de la recherche.

Pour autant, ce questionnement de l'auteur est assez proche de celui que je peux avoir sur le côté militant de la *radical political ecology*. Même si c'est écrit de manière polie, on retrouve ici une partie des critiques menées par Lionel Laslaz :

- La traduction de *political ecology* n'est pas l'écologie politique à la française ;
- De ses trois ambitions scientifique, politique et citoyenne, le/la chercheur.e n'a à œuvrer de manière obligatoire que pour la première ;
- La *political ecology* « *considère que la science devrait régler des questions de justice spatiale et environnementale, conduisant à des formes de recherche-action (...) La dimension scientifique est exploitée pour convaincre et pour une visée politique. Mais on pourrait partir du principe qu'une démonstration convaincante emporte l'adhésion sans que son auteur ait besoin de peser sur des décisions* ». « *Elle prend parti et cherche à placer, voire à imposer le sien, c'est-à-dire à considérer comme incontournable et politiquement incorrect tout positionnement ne prônant pas la durabilité* » (Laslaz, 2017) ;
- Elle s'est surtout intéressée aux Suds, qui ont été analysés par des chercheur/se.s du Nord.

Parmi les axes de recherche de la *political ecology*, on trouve notamment le champs de la justice environnementale (Blanchon *et al.*, 2009), qui se rapproche des travaux marxistes de David Harvey. Bien que la justice environnementale soit issue de recherches sur la justice spatiale (Gervais-Lambony & Dufaux, 2009), cette dernière a peu à voir avec la *political ecology*. On pourrait même dire que la justice

environnementale renvoie pour partie à l'écologie politique à la française. Les termes de justice, d'inégalité, d'équité, peuvent amener à porter un jugement sur ce qu'on analyse. Nous touchons ici à un autre débat qui, malgré tout l'intérêt que je lui porte, ne peut être l'objet d'un développement dans cette HDR. Tout.e chercheur.e comporte en lui/elle une part de subjectivité que l'on ne peut renier, puisque la neutralité absolue est innatteinable, surtout dans le regard qu'une Occidentale porte sur ces terrains de recherche. Néanmoins ces courants de pensées portent en eux trop de jugement pour ma façon d'aborder ces questionnements.

En définitive, la définition de la *political ecology*, cette branche des SHS qui domine aujourd'hui la production en géographie, économie, anthropologie et sociologie des relations entre les sociétés et leur environnement, est donc floue et variable d'un.e auteur.e à l'autre. Elle peut être vue comme une approche scientifique analysant les jeux de pouvoir à plusieurs échelles, tout comme sous un angle plus engagé. Je m'en rapproche par son objet de recherche, l'analyse des jeux de pouvoir, par l'échelle fine que l'anthropologie notamment a apporté et par l'approche éminemment systémique des processus. Pour autant je m'éloigne du côté militant et engagé que peuvent avoir une partie de ses branches comme la justice environnementale ou la *radical political ecology*.

1.2. Dans le domaine des sciences de l'eau : les *water studies*

Si je m'inscris dans une *political ecology* non radicale, mes recherches s'intéressent quasi-exclusivement aux ressources en eau. Dans ce domaine, je me reconnais à la fois dans une véritable tradition disciplinaire – l'École de la géographie de l'eau chère à Jacques Béthemont ou Jean-Paul Bravard – mais fais de nombreux pas de côté en direction d'autres disciplines comme l'anthropologie par exemple, dont l'échelle fine apporte beaucoup aux études spatiales. Cette sous-partie s'intéressera donc à présenter les cadres disciplinaires et transdisciplinaires qui guident ma géographie de l'eau.

1.2.1. Une tradition disciplinaire géographique

Parmi les branches de la géographie, la géographie de l'eau ou hydrogéographie, est marquée par une profonde tradition disciplinaire. Elle repose sur des méthodes variées (de la métrologie aux enquêtes), généralement inductives car elles s'appuient sur une collecte de données de terrain. La géographie de l'eau s'inscrit à la fois dans des approches systémiques issues de ses relations avec d'autres sciences de l'environnement, sur une analyse spatiale des flux et des réseaux et sur la compréhension des relations entre les acteurs. En substance, elle transcende l'ensemble des paradigmes de la discipline.

Parmi les préoccupations majeures des géographes, la compréhension des processus d'écoulement et la gestion des stocks.

- **La compréhension des processus d'écoulement**

La grande majorité des géographes français a eu une formation en hydrologie issue des travaux de potamologie conduits sur le Rhône par les disciples de Maurice Pardé (1894-1973). La potamologie, hydrologie fluviale, a guidé pendant un demi-siècle les recherches en géographie de l'eau en France avec, d'une part, l'**hydrologie fluviale** qui s'intéresse aux régimes et qui donne naissance à l'hydro-climatologie et d'autre part, la **dynamique fluviale** à savoir les courants fluviaux, la géométrie hydraulique et l'érosion ; il définit ici la géomorphologie fluviale, ou l'hydrogéomorphologie (Pardé, 1964 ; Bravard, 1996 ; Laganier *et al.*, 2009 ; Blanchon, 2011).

La géographie de Maurice Pardé a un parallèle outre-atlantique : Robert Elmer Horton (1875-1945). Même si son cycle (Figure 2) est plus complexe que le lien précipitations-écoulement de Maurice Pardé, il exclut lui aussi les usages de l'eau faits par les sociétés. Le cycle hydrologique est donc strictement naturel, comme si les hommes n'avaient pas d'effet sur lui. Sa simplicité le rend pratique pour expliquer aux étudiant.e.s (ou pour vulgariser) le fonctionnement de l'hydrosystème.

Bien entendu, la géographie physique a bien évolué depuis la première moitié du XX^{ème} siècle et j'y reviendrai très vite, notamment quand j'aborderai les recherches sur les hydrosystèmes.

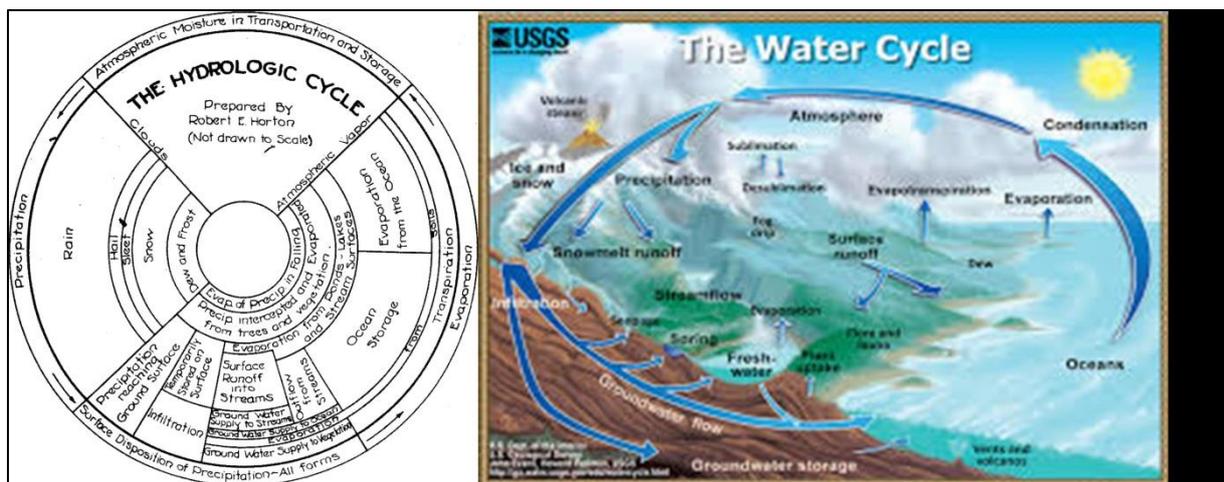


Figure 2 : Le cycle hydrologique de Horton et sa transcription par l'United States Geological Survey
Source : Horton, 1931: 193 et USGS, image libre de droits sur wikipedia.fr

- **Gérer l'eau par les stocks**

Peter H. Gleick ou Malin Falkenmark voient l'eau comme un élément physique qui se meut dans un cycle hydrologique (Graefe, 2011). Mais à la différence de la plupart

des géographes physiciens, ils s'intéressent plus aux stocks qu'aux flux : on n'est pas ici dans une dynamique des écoulements mais dans une gestion des stocks. L'utilisation de données chiffrées, souvent à l'échelle globale d'ailleurs, a permis la multiplication d'indices, comme ceux de stress hydrique ou de pauvreté en eau (Chapitre 3). Ce recours aux mathématiques et aux indices composites visant à évaluer les stocks d'eau disponibles, mettent en avant une vision des ressources qui seraient donc limitées, vision théorisée sous le terme de *peak water*, basé lui-même sur celui de *peak oil* (Gleick & Palaniappan, 2010). Ce volume quantifié de ressources – ici eau ou pétrole – ne peut pas être exploité à outrance sous peine de pénurie.

Deux sortes de discours ont émané de ces publications (politiques comme scientifiques) sur les pénuries : d'une part, l'idée que l'eau va manquer et qu'il faut donc limiter le développement de certaines activités ou agglomérations ; d'autre part, l'utilisation de la peur de manquer pour justifier de grandes infrastructures. C'est pour répondre à cet enjeu que se sont développées les sociétés ingénieristes pendant les Trente Glorieuses.

1.2.1. Un cadre théorique transdisciplinaire

- *La political ecology appliquée aux water studies*

La géographie a construit de nombreux ponts avec les SHS, en particulier dans le cadre de la *political ecology*. En ce qui concerne l'eau plus particulièrement, les recherches se sont d'abord intéressées à l'eau H₂O en tant que ressource, dans le cadre d'aménagements hydrauliques notamment (Béthemont, 1977) qui se sont multipliés au cours des Trente Glorieuses (Laganier *et al.*, 2009).

La découverte par les géographes des travaux des sociologues leur a permis d'aller au-delà de la géographie physique, pour proposer une approche plus centrée sur l'eau comme objet social, construit, plutôt qu'un objet physique H₂O (Graefe, 2011). La nature et les sociétés sont combinées pour former de nouveaux paysages ; cette combinaison est à la fois celle des pouvoirs de la nature et des pouvoirs de la lutte des classes sociales. L'anthropologue indienne Amita Baviskar a d'ailleurs beaucoup œuvré pour faire intégrer la place de la culture dans ces approches sociétales des objets naturels (Baviskar, 2003, 2007). Elle fait partie de celles et ceux qui ont valorisé la prise en compte des échelles fines dans la redéfinition des paysages de l'eau.

On notera par exemple ici des travaux de Julie Trottier sur la question de la gestion des ressources hydrauliques, non seulement dans le conflit israélo-palestinien, mais aussi en Afrique australe et dans le sud-ouest français (Trottier, 2007) ; de David Blanchon sur les transferts d'eau de grande ampleur entre le Lesotho et l'Afrique du Sud (Blanchon, 2009) ; ou à la suite, d'Agathe Maupin sur le risque hydropolitique lié aux grandes infrastructures hydrauliques en Afrique australe (Blanchon & Maupin, 2009 ; Maupin, 2010) ; enfin, de Frédéric Lasserre sur les transferts massifs d'eau

(Lasserre, 2015, 2017). Plus récemment, la canalisation des eaux du Rhône, initialement vers Barcelone, puis vers les espaces viticoles du sud de la France, ont intéressé les géographes comme Stéphane Ghiotti et Anne Honneger (2012) ou le sociologue Thierry Ruf (2015).

Loin donc d'une approche de la gestion des stocks par une simple question de volumes à distribuer, ces géographes et chercheur/se.s en sciences humaines en France ont instillé dans les trois dernières décennies l'idée que les questions politiques constituaient une entrée indispensable de la gestion des hydrosystèmes. La diffusion du concept de GIRE³ au début des années 2000 a ponctué ça et là quelques recherches en hydrogéographie. Mais surtout, la place de la politique dans les recherches en hydrogéographie s'est manifestée par la diffusion d'une approche par la *political ecology* dans les sciences humaines de l'eau.

- **Les approches socio-techniques (AST)**

Alors que les recherches françaises sur la gestion de l'eau se sont développées à plusieurs échelles spatiales, à celle plus locale des usager/ère.s c'est surtout les analyses socio-techniques qui ont émergé. Deux corpus se font ainsi remarquer : un en géographie urbaine, le second en anthropologie des techniques.

Premièrement, on notera une approche plutôt géographique de la distribution de l'eau dans les villes, animée par les chercheur/se.s du LATTIS notamment. Olivier Coutard et Jonathan Rutherford en particulier, dessinent ainsi une ville marquée par les réseaux techniques de distribution « *au cœur de la transition urbaine qui s'est opérée dans les pays les plus industrialisés depuis le début du XIXe siècle* » (Coutard & Rutherford, 2009). Cet avènement de la ville industrielle va de pair avec une séparation entre les eaux dites sales et celles dites propres, suite aux épidémies de choléra (dont Paris et Londres en 1832). C'est ce que le britannique Matthew Gandy nomme « *bacteriological city* » (Gandy, 2004). En France aussi on s'interroge sur la place de l'eau dans la ville, comme Catherine Carré et Jean-Claude Deutsch qui pointent des paradoxes entre la ville qui se développe avec l'eau, et ces tuyaux que l'on cherche à cacher, ces rivières que l'on enterre (comme la Bièvre), synonymes d'insalubrité (Carré & Deutsch, 2015). Les réseaux d'eau, techniques, ont donc contribué à la transformation du secteur de l'eau en ville, dans les Nordes comme dans les Suds. Laure Crombé dans une excellente synthèse sur ces approches socio-techniques de l'eau sur laquelle je m'appuie beaucoup ici, précise que deux éléments sont primordiaux pour comprendre cette transformation urbaine (Crombé, 2017) : d'une part, la forme technique que prend le réseau (uniforme, en archipel de réseaux, etc.) et d'autre part, les principes de gestion néolibéraux. En effet, l'avènement du

³ Gestion Intégrée des Ressources en Eau, programme issu du Partenariat mondial de l'eau, créé en 2000 sous l'égide de la Banque Mondiale et du PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement).

Consensus de Washington, prônant la décentralisation et la privatisation des services d'eau à la fin des années 1980, a entraîné la diffusion d'un modèle libéral de la ville occidentale en réseau à l'ensemble des villes mondiales. Le réseau, modèle de la ville industrielle, est vu comme un élément performant de fourniture de service urbain (Coutard, 2010). Mais « *en dépit de la force de ce modèle, il convient d'en relativiser la portée pratique car il s'accompagne de nombreuses exceptions dans le monde urbain contemporain, notamment dans les pays en développement. On peut ainsi distinguer schématiquement quatre configurations ou états du modèle : consolidé, dégradé, inachevé, inadapté* » (Jaglin, 2012). Sylvie Jaglin explicite dans cet article une série d'exemples (plutôt consacrés à l'électricité), qui appuient l'idée d'un modèle inadapté dans la plupart des villes africaines et les périphéries des Suds (Figure 3).

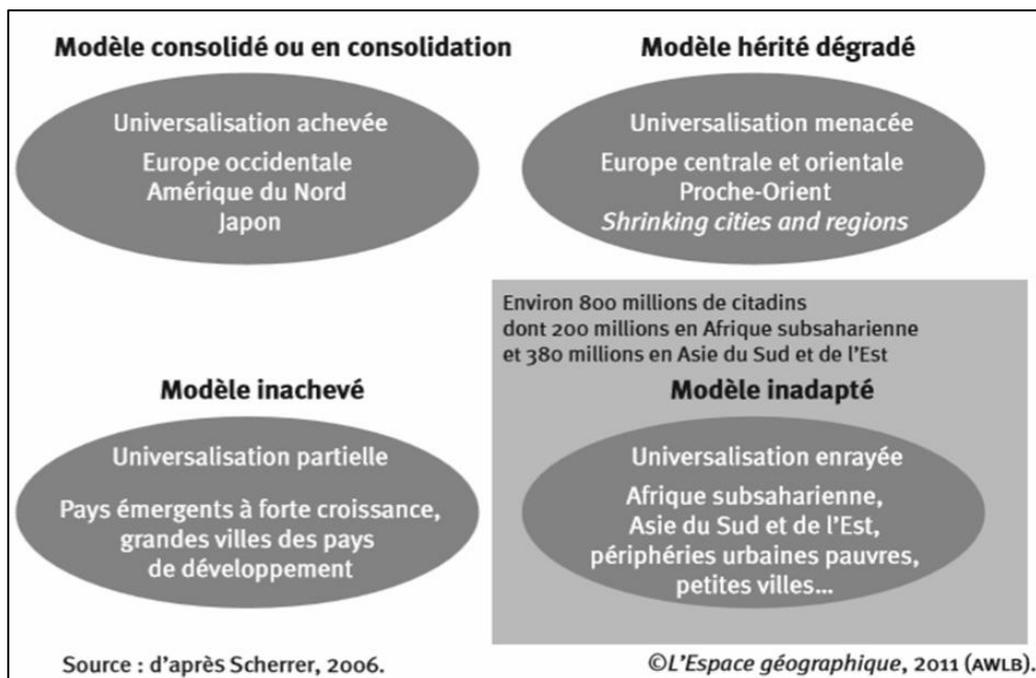


Figure 3 : Trajectoires différenciées du modèle de mise en réseau des services urbains

Source : Jaglin, 2012

Pour Laure Crombé, « *Dans ce schéma, ce qui est hors réseau serait hors norme urbaine. Les espaces non connectés représentent une urbanisation non désirée, incontrôlée et mal maîtrisée. Le défaut d'infrastructures est perçu comme un manque et une défaillance du système urbain réticulé, qu'il s'agirait de rattraper pour pallier les dysfonctionnements de la ville* (Coutard et Rutherford, 2009) » (Crombé, 2017 : 46). Or d'après elle, l'adaptation des populations, notamment en périphérie des villes est une évidence. Les multiples systèmes d'adduction illustrent cette inadaptation à un autre modèle, moins universel et absolument pas uniforme. Parmi ces exemples, citons : la distribution en porte-à-porte à Khartoum (Crombé, 2009 ; 2017) ; des dons de l'eau entre voisins et

familles à Cebu au Philippines (Verdeil, 2003, 2004), à Khartoum (Zug, 2013 ; Zug & Graefe, 2014 ; Arango, 2015 ; Lavie *et al.*, soumis), et à Mendoza (Lavie & Marshall, 2019 ; Lavie *et al.*, soumis) ; les micro-réseaux à Maputo (Ginisty, 2009), Khartoum (Crombé & Blanchon, 2010 ; Crombé, 2017) et Mendoza (Lavie & Marshall, 2019), ou encore la diversité des sources d'eau pour être résilient.e.s face aux pénuries, comme à La Paz-El Alto (Hardy, 2009). ;

La multiplication de systèmes hybrides qui mêlent le recours à des techniques plus anciennes (notamment la distribution en porte-à-porte), le stockage de l'eau dans les foyers et l'utilisation plus ou moins légale du réseau, continue ou intermittente, ont créé une ville qui n'est donc plus construite avec le réseau, une ville post-réseau. « *La notion d'une " ville post-réseau " (...) sert à désigner les formes d'organisation des espaces urbanisés associées à l'assemblage hybride d'une myriade de configurations urbaines infrastructurelles émergentes* » (Coutard *et al.*, 2014).

Parallèlement aux approches géographiques, les anthropologues⁴ se sont depuis longtemps intéressé.e.s aux relations entre hommes et environnements, en particulier en anthropologie rurale (Geertz, 1972 ; Appadurai, 1990) ; des auteurs comme Strang (2004) ou Mosse (2008) utilisent l'objet 'eau' pour démontrer les liens entre natures et cultures (Casciarri & Van Aken, 2013 ; Zug & Graefe, 2014). En France, la place de l'eau dans ces analyses a été longue à se faire, et c'est surtout l'irrigation et les techniques hydrauliques associées qui ont intéressé les chercheur/se.s, comme Geneviève Bédoucha sur les liens de pouvoir des gestionnaires de l'eau des oasis marocaines (Bédoucha, 1987). Une plus jeune génération, marquée par la tradition française de l'anthropologie des techniques, s'intéresse aussi aux réseaux d'irrigation : Fabienne Wateau au Portugal, Olivia Aubriot au Népal, Jeanne Riaux au Maghreb (Wateau, 2002 ; Aubriot, 2004 ; Riaux, 2006). Les travaux sur la sphère domestique, notamment l'adduction en eau potable, est l'œuvre de travaux récents et encore peu nombreux : Karen Coelho à Chennai, Matthew Bender sur le Kilimandjaro, Nikhil Anand sur Bombay, et Sylvie Janssens et Zack Thill en Jordanie (Coelho, 2006 ; Bender, 2008 ; Anand, 2011 ; Janssens & Thill, 2013), tous cités par Luisa Arango, liste à laquelle on peut ajouter sa récente thèse en anthropologie sur Khartoum au Soudan et Caño de Loro à Carthagène en Colombie (Arango, 2015).

Or si ces travaux sur l'eau peinent à trouver leur place en anthropologie, ils sont très appréciés par les géographes anglo-saxons marqués par la *political ecology* (cf. *supra*). Ainsi, l'approche à l'échelle fine des anthropologues, celle des quartiers, des familles, ainsi que leur approche culturelle des relations entre l'eau et les hommes, a fortement intéressé des géographes comme Maria Kaika, Alex Loftus ou Sebastian Zug.

⁴ N'étant pas anthropologue, je m'appuie ici sur un article de Barbara Casciarri et Mauro Van Aken (2013) et sur la thèse de Luisa Arango (2015).

1.3. Des concepts transdisciplinaires privilégiés dans mes recherches

La géographie de l'eau dans laquelle je m'inscris est donc marquée par la discipline géographique, qu'elle soit physique ou humaine, mais elle emprunte aussi beaucoup à d'autres disciplines, notamment au sein des SHS.

Ce voyage historique de la *political ecology* vers les *water studies* se termine par une sous-partie sur les concepts qui sont nés de ce contexte épistémologique, et que j'utilise dans mes recherches : l'hydrosystème, le cycle hydrosocial et le *waterscape*.

1.3.1. L'hydrosystème

Bien que marquées par les eaux courantes, il nous semble important d'appuyer le fait que les thèses de potamologie publiées en France dans les années 1960-1970 s'intéressent au bassin versant dans son intégralité, particulièrement aux relations amont-aval. Les écoulements de surface, objet final observé dans la tradition pardéenne, ne pouvaient se comprendre sans une prise en compte des éléments climatiques, géomorphologiques, et surtout, avec une approche à deux dimensions : de l'amont à l'aval. C'est sur cette approche « en long » que se sont dès lors focalisés les travaux des hydrogéographes, en grande partie fondés sur l'application aux bassins versants de la théorie des systèmes et du concept d'équilibre d'Arthur N. Strahler dans les années 1950 (Bravard, 1996 : 138). En France, ce changement de paradigme a plutôt eu lieu dans les années 1970 (Cosandey, 2003 ; Laganier *et al.*, 2009 ; Blanchon, 2011). Ceci s'explique par une pression accélérée sur les écoulements via des aménagements hydrauliques de grande taille, par un besoin accru en eau, par des extrêmes climatiques et hydrologiques qui ont fait peser des menaces de pénuries et d'inondations, et par une prise de conscience de la nécessité de protéger les ressources, « le tout accompagné d'un immense élan des techniques pour l'acquisition des données et l'analyse des processus » (Cosandey, 2003).

Les monographies des grandes rivières et les théories d'Arthur N. Strahler ont donc été une des bases du développement du concept de *système fluvial*. Stanley A. Schumm dans *The fluvial system* (Schumm, 1977) applique les approches systémiques de Ludwig Von Bertalanffy aux bassins versants et aux cours d'eau. Là où il y a révolution, c'est que le cours d'eau n'est qu'une partie du système fluvial « composé d'éléments hiérarchisés que sont les cours d'eau selon leur ordre, délimité par les lignes de partages des eaux entre les bassins versants et soumis à la dynamique de flux entrants et sortants d'eau, de sédiments et de matières organiques » (Blanchon, 2011 : 78) et de matières dissoutes. Le système fluvial est un concept géomorphologique centré sur l'organisation spatiale des transferts des sédiments et des solutés. Appuyé sur le cycle d'érosion de Jean Tricart, il repose essentiellement sur la dimension longitudinale des échanges au sein d'un bassin versant (Figure 4).

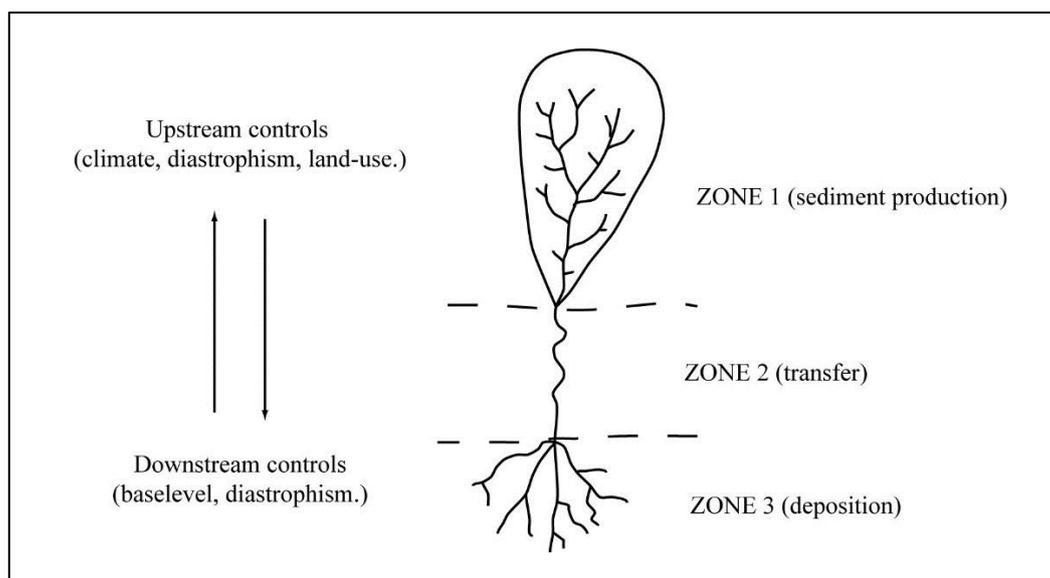


Figure 4 : *The ideal fluvial system*

Source : Schumm, 1977 : 3

Ce type de conception met l'accent sur l'atténuation vers l'aval de l'influence des versants sur la dynamique fluviale. Cette atténuation s'explique par la formation progressive d'une plaine alluviale, construite par les apports sédimentaires successifs depuis l'amont.

En même temps que l'hydrogéomorphologie s'est structurée autour du système fluvial, la potamologie en général a connu une évolution sémantique qui a fait émerger le concept d'hydrosystème. L'augmentation de la pression anthropique sur les cours d'eau a entraîné une mue : « dans la communauté géographique, le terme même de potamologie tend[ant] à être remplacé par 'hydrologie fluviale' (vers 1960), 'hydrogéographie' (« où l'on considère la liaison entre géographie physique et économique dans le cadre de l'hydrologie » Llovitch, 1968), 'hydrologie continentale' (1976), 'géographie des systèmes continentaux' (1992) » (Cosandey, 2003 : 4). Parallèlement, la commission du Comité National Français de Géographie (CNFG) dédiée aux questions hydriques a aussi vu son appellation évoluer avec la même sémantique, d'« hydrologie fluviale » (vers 1960) à « hydrologie continentale » (1976) puis « hydrosystèmes continentaux » (depuis 1992) (Laganier *et al.*, 2009 15). L'apparition du terme **hydrosystème** daterait d'un rapport PIREN⁵ de 1982 (Roux, 1982 ; Amoros & Petts, 1993). Pourtant, les potamologues adoptent dès les années 1970 « l'hydrosystème' comme nouveau cadre spatial pour l'étude des phénomènes hydrologiques » (Cosandey, 2003 : 4). « Le concept d'hydrosystème se trouve à la confluence de plusieurs traditions épistémologiques. La plus proche est évidemment la notion de 'système fluvial' de Schumm (...) mais l'on y trouve également la perspective du temps long et de cycle, propre à la géomorphologie, avec notamment l'influence des travaux de J. Tricart » (Blanchon, 2011 :

⁵ PIREN : Programmes Interdisciplinaires de Recherche sur l'Eau et l'Environnement.

80–83). Mais au-delà de l'approche par les formes fluviales, il associe aussi le développement du concept au « *dialogue fécond avec les biologistes comme C. Amoros ou A.L. Roux, depuis longtemps habitués à manier le concept d'hydrosystème* » (Ibid.). Il ajoute une troisième influence, celle des ingénieur.e.s civils et militaires, notamment aux États-Unis. Les monographies régionales s'intéressant aux relations historiques entre les hommes et les fleuves ont également permis de mieux lier les dynamiques sociales aux dynamiques fluviales : ce fut le cas de manière précoce en France sur la Loire (Dion, 1933) ou sur le Rhône (Béthemont, 1972, 1977), ou en Afrique par exemple pour les rives des fleuves Niger (Gallais, 1967) et Congo (Sautter, 1966).

En résumé, la « *'généalogie' du concept d'hydrosystème procède donc pour ainsi dire d'une fusion entre l'hydrologie, la géomorphologie fluviale et l'étude des écosystèmes de la plaine alluviale* » (Blanchon, 2011 : 81).

Comment alors définir un concept dont l'objet d'étude dépasse toutes les limites spatiales connues, puisque l'eau se trouve dans tous les niveaux de la planète habitée ? Claude Cosandey *et al.*, (2003 : 4) voient dans l'hydrosystème un « *espace, délimité naturellement ou découpé artificiellement, saisi dans toutes ses dimensions, quelques que soient sa taille et sa profondeur (...), en quelque sorte une portion de l'interface terrestre* ». Les auteur.e.s ajoutent qu'un ensemble de réservoirs (atmosphériques, pédologiques, biologique, etc.) est soumis à des transformations sous l'effet de l'énergie solaire et des précipitations. Il/elle.s précisent enfin que les influences humaines sont importantes, certaines allant même « *jusqu'à bouleverser la structure même et le fonctionnement de l'hydrosystème* » (ibid.). L'écologue Claude Amoros et le géographe Geoffrey Petts (Amoros & Petts, 1993 15) définissent l'hydrosystème fluvial comme « *un système écologique complexe, organisé hiérarchiquement, et constitué de l'ensemble des biotopes et des biocénoses d'eau courante, d'eau stagnante semi-aquatiques et terrestres, aussi bien épigés que souterrains, établis dans la plaine alluviale et dont le fonctionnement dépend directement ou indirectement du cours actif du fleuve. Il s'agit d'un ensemble d'écosystèmes en interaction qui forment un éco-complexe* ». Basé donc sur les travaux de Stanley A. Schumm sur le système fluvial, et plus encore sur ceux de Richard J. Chorley sur les systèmes, « *une des innovations du concept d'hydrosystème par rapport à celui de système fluvial est d'avoir considéré non pas une (amont-aval) mais quatre dimensions (Roux, 1982, Amoros et Petts, 1993, Bravard et Petit, 1997) pour prendre en compte les processus à l'œuvre dans les cours d'eau. Celles-ci sont : la dimension longitudinale (...), la dimension transversale (...), la dimension verticale (...) et enfin, la dimension temporelle, qui englobe tous les événements d'ordre spatial différent* » (Blanchon, 2011 : 83).

Au fur et à mesure de l'avancée dans le XX^{ème} siècle, la prise en compte de la systémique dans la compréhension des écoulements a permis de mieux interpréter la complexité des relations naturelles entre les éléments hydriques dans les bassins versants. Elle a surtout aidé à faire émerger une nécessaire prise de conscience des

interactions entre l'eau et les sociétés. De fait, **l'hydrosystème n'est pas cantonné à un hydrosystème fluvial**. Cette ouverture a en partie été permise par la dimension **gestionnaire** des eaux, à savoir l'aménagement du cycle hydrologique pour répondre à la demande sociale.

1.3.2. Le cycle hydrosocial

Depuis environ deux décennies, les chercheurs/se.s en science sociales qui s'intéressent à l'eau, en particulier dans le cadre de la *political ecology*, ont développé des concepts visant à matérialiser la complexité naturelle des hydrosystèmes, et notamment les interactions entre les éléments naturalistes et culturels de l'eau. Parmi les apports de la bibliographie des *waters studies*, deux mots-clés semblent bien définir le côté hybride qui correspond aux réseaux d'eau artificiels – eau potable et irrigation – sur lesquelles je travaille : le *waterscape* et le *cycle hydrosocial*.

Comme expliqué plus tôt, le cycle hydrologique attribué à Robert E. Horton en 1931 est devenu le « *dominant popular means of representing flows of water in the hydrosphere* » (Linton & Budds, 2014). En effet, si les humanistes et les naturalistes se sont depuis longtemps intéressé.e.s aux processus hydrologiques « *the 'hydrologic cycle' and its diagrammatic representation are actually recent inventions* » (Linton, 2008). Or, cette représentation d'un cycle *naturel* sur lequel nous n'aurions aucun impact ne satisfait aujourd'hui personne, et la vision strictement hortonienne a en quelques sortes légitimé une vision technicienne et autoritaire des sociétés sur l'eau (Linton, 2008, 2010 ; Budds *et al.*, 2014 ; Linton & Budds, 2014). Les auteur.e.s appuient d'ailleurs leur argumentaire sur l'exemple des grandes civilisations de l'irrigation (Chine, Mésopotamie, Inde, Égypte) qui étaient aussi des États centralisés et autoritaires ; le pouvoir via l'eau en quelques sortes, ou comme le disait l'anthropologue Geneviève Bédoucha : « *l'eau, amie du puissant* » (Bédoucha, 1987).

Le terme *hydrosocial cycle* a été utilisé par les géographes des *Urban Water Studies* depuis le début des années 2000, afin de caractériser les liens évidents entre les dimensions physiques et sociétales de l'eau (Bakker, 2002 ; Swyngedouw, 2004 ; Budds, 2008 ; Linton, 2008 ; Swyngedouw, 2009 ; Budds, 2009 ; Linton, 2010 ; Bakker, 2012 ; Budds *et al.*, 2014 ; Linton & Budds, 2014). On retrouve alors chez les géographes la dialectique entre nature (dont l'eau) et culture, chère aux anthropologues précités comme Strang ou Mosse. « *Whereas H₂O circulates through the hydrological cycle, water as a resource circulates through the hydrosocial cycle—a complex network of pipes, water law, meters, quality standards, garden hoses, consumers, leaking taps, as well as rainfall, evaporation, and runoff. Water is a dynamic resource landscape, generated by the processes imperative in the uneven development of capitalism* » (Bakker, 2003, citant en partie les travaux de R. Roberts and J. Emel). **L'eau est donc non seulement un flux physique, mais aussi cette « chose » intimement sociale, qui fait que ça circule.**

Même si le terme était déjà usité, le concept de cycle hydrosocial en tant que tel est généralement attribué à Jamie Linton (2008) qui a cherché à dépasser ces relations

entre eau et sociétés. Il insiste notamment, outre les évidentes dimensions techniques, sur les dimensions et les enjeux à la fois historiques et culturels. Le cycle hydrosocial, que l'on peut opposer ou pas au cycle hydrologique, est donc un concept très interdisciplinaire. À l'occasion d'un numéro spécial sur ce concept de la revue *Geoforum*, Jamie Linton et Jessica Budds rédigent un article à double finalité : non seulement ils poursuivent la conceptualisation du cycle hydrosocial « *as a socio-natural process by which water and society make and remake each other over space and time* » ; mais ils en font un outil analytique pour de futures recherches sur les relations entre eaux et sociétés (Linton & Budds, 2014).

Comme le présente la Figure 5, le cycle hydrosocial est beaucoup plus simple que le cycle hydrologique, voire simpliste. Autour de ce cercle fléché à double sens, on observe **trois matérialités de l'eau : l'eau physique (H₂O), les enjeux de pouvoir et de structures sociales** (notamment les circonstances historiques et culturelles) **et les infrastructures techniques**, qui font appel à la manière dont les ingénieurs et gestionnaires interviennent sur le cycle hydrologique. L'eau, au centre, prend des guillemets, puisqu'il s'agit ici de « *particular type, discourse, construction, idea, or representation of H₂O that pertains in any given assemblage occurring as a moment of the hydrosocial cycle* » (Ibid.).

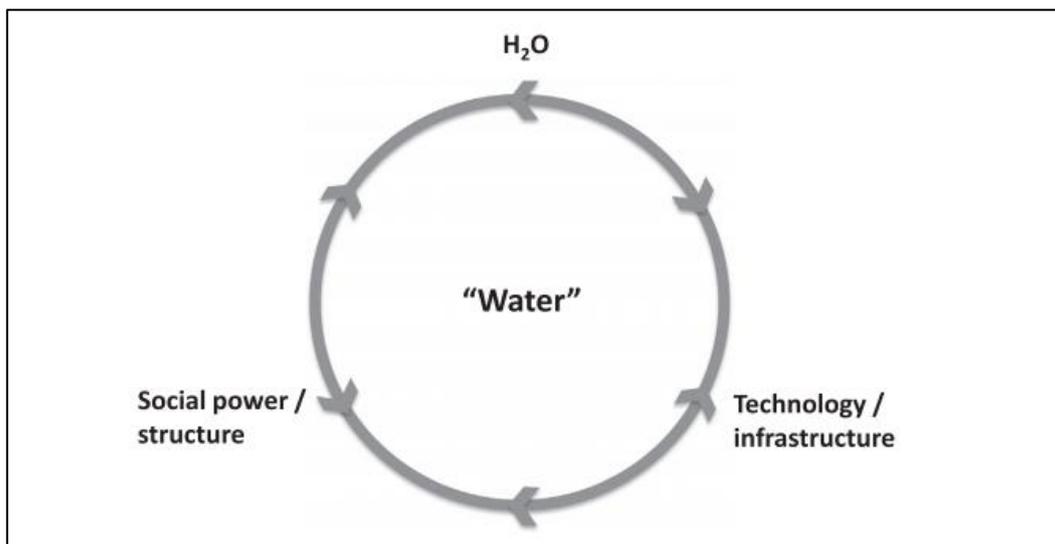


Figure 5 : *The hydrosocial cycle*
Source : Linton, Budds, 2014

Le cycle hydrosocial est particulièrement intéressant comme cadre théorique lorsque l'on travaille sur la rareté des ressources en eau. **Dessiner le circuit d'une goutte d'eau permet de mieux saisir à la fois la responsabilité et les enjeux de tel.le ou tel.le acteur/rice, de telle ou telle valve de contrôle du cycle et ainsi de mieux déterminer les dynamiques naturelles ou anthropiques qui participent à la création de la pénurie.**

1.3.3. Le *waterscape*

Le terme de *waterscape*, littéralement « paysage de l'eau » ou « paysage aquatique », « paysage hydrique », ne peut se traduire directement en français. On retrouve ce genre de modèle de « paysage de » / *scape* dans la littérature grise anglophone avec des termes comme *cityscape*, *urbanscape*, *townscape*, tous appuyés sur le modèle de *landscape*. *Waterscape* est à la fois employé par les historiens de l'art pour désigner des scènes liées à des paysages d'eau et par les naturalistes pour caractériser une branche de l'écologie du paysage (Orlove & Caton, 2010). Mais ce mot est aussi utilisé comme concept ou comme outil d'analyse par les chercheur/se.s en sciences sociales, notamment dans les *urban water studies*, pour désigner « généralement tous les facteurs sociopolitiques qui entrent en compte dans les politiques de l'eau » (Blanchon, 2011 ; Blanchon & Graefe, 2012). On attribue généralement le développement du terme à Erik Swyngedouw, dans son analyse du *Spanisch waterscape* dans le contexte de politique de transfert des eaux de la façade océanique vers la façade méditerranéenne (Swyngedouw, 1999) (cf. Chapitre 5 de cette HDR). Généralement, **le concept est utilisé par les géographes** (Swyngedouw, 1999 ; Bakker, 2003 ; Swyngedouw, 2004 ; Loftus, 2006 ; Baviskar, 2007 ; Loftus, 2007 ; Budds, 2008 ; Loftus & Lumsden, 2008 ; Ekers & Loftus, 2008 ; Loftus, 2009) **comme grille de lecture pour analyser, à travers les flux d'eau, d'autres types de flux comme les flux de pouvoir, financiers, de capitaux**, etc. (Budds & Hinojosa, 2012). Selon l'anthropologue Amita Baviskar « *the term waterscape captures the spirit of this fluid, fast-changing terrain* », elle souligne son rôle dans la « production de nature » (Baviskar, 2007 : 4). Ce concept, très populaire aujourd'hui, est couramment employé par les chercheur/se.s travaillant sur l'eau en sciences sociales, non seulement dans le monde anglo-saxon évidemment, mais aussi dans la communauté scientifique francophone (Blanchon & Graefe, 2012).

Le *waterscape* désigne ainsi l'ensemble des éléments visibles ou invisibles, structurels, infrastructuraux et non structurels, qui interviennent dans **la production de paysages** de l'eau. Parce qu'il prend en compte les acteurs et les réseaux dans une approche multiscalaire, il est majoritairement utilisé par les géographes s'intéressant aux questions de pouvoir (voir à ce propos la synthèse sur l'histoire de ce concept *in* (Budds & Hinojosa, 2012). Pour autant, d'autres chercheur/se.s en SHS ont complété le concept, au premier rang desquels Amita Baviskar qui a travaillé à souligner l'importance et la signification des habitudes culturelles dans la production des *waterscapes* (Baviskar 2003, 2007). Alex Loftus et Yaffa Truelove (Loftus, 2007 ; Truelove, 2011) de leur côté se sont intéressé.e.s à l'importance du genre dans les travaux de *political ecology* traitant du *waterscape*. Très inspiré.e.s par leurs travaux à échelle fine, le géographe Sebastian Zug et l'anthropologue Luisa Arango ont aussi contribué à proposer une autre approche du *waterscape*, celle des transferts gratuits et ou familiaux de l'eau à l'échelle de rues ou de maisons à Khartoum (Zug, 2013 ; Zug & Graefe, 2014 ; Arango, 2015).

Aussi le *waterscape* est-il un terme anglais facile d'usage, un concept intéressant pour observer un paysage avec une approche très pluridisciplinaire. En ce qui me concerne, il m'a donné une grille de lecture à partir de l'année 2014, grâce à une double prise de conscience :

- D'une part, parce que prise par des activités d'enseignement et administratives, je ne pouvais plus faire de missions de terrain approfondies de plus d'un mois. Il a donc fallu non plus que je travaille à l'échelle d'une ville-oasis entière, mais à l'échelle de quartiers particuliers. C'est ce *downscaling* qui a guidé dès lors mes choix de terrains. Or sans les collaborations avec Luisa Arango, Sebastian Zug et Laure Crombé, dans le cadre de leurs thèses en anthropologie et géographie sur l'eau à Khartoum (ANR WaMaKHAIR), je n'aurais probablement pas compris l'intérêt scientifique de l'échelle fine, que je considérais comme non représentative d'un espace d'étude, donc non généralisable ou transposable. Cette conviction que de s'intéresser à l'échelle fine renforçait la finesse des observations (à défaut d'être représentative de toute une région), est aussi la conséquence de mon travail d'enseignante au quotidien avec Malika Madelin qui travaille aux échelles fines en climatologie urbaine et des vignobles.
- D'autre part, la lecture et surtout la synthèse de ce riche matériel bibliographique sur le *waterscape* m'a fait ouvrir les yeux sur le fait que seul l'accès quantitatif à l'eau avait intéressé ces chercheur/se.s. À l'exception des travaux de Kumpel et Nelson à Hublie-Dharwad (Inde) qui portent sur les liens entre qualité de l'eau potable et santé des populations (Kumpel & Nelson, 2013), l'approche par la qualité de l'eau était très légère voire indigente. J'ai alors ré-ouvert mes carnets de terrain des missions à Khartoum en 2010 et à Mendoza en 2013, 2014 et 2016, et réutilisé mes propres publications passées (Lavie & Hassan El-Tayib, 2013 ; Lavie, *et al.*, 2015a) ou en cours (Lavie & Marshall, 2019). Cette nouvelle lecture de mon matériel de recherche sous l'angle du *waterscape*, en particulier les travaux d'Amita Baviskar, m'a permis de proposer une redéfinition du concept de *drinking-waterscape*. En effet, en réinterrogeant mon matériel de terrain sur l'eau potable à Khartoum (2010) et sur une marge urbaine de Mendoza (2014 et 2016), j'ai proposé d'ajouter le critère « qualité » de l'eau domestique au *waterscape* (Lavie *et al.*, soumis) ; ces travaux sont présentés dans le Chapitre 14.

Ainsi, les travaux publiés depuis une vingtaine d'années prouvent **que les liens se resserrent entre les sciences naturalistes et humanistes**, mais à la lecture des publications de géographes français travaillant sur l'eau, il me reste une impression de **dualité assez marquée entre les géographes physicien.ne.s** – principalement géomorphologues – **et les géographes humain.e.s** – plus théoricien.ne.s et parfois marqué.e.s par l'envie de mettre en valeur des inégalités. Par exemple, à lire la synthèse faite par Olivier Graefe (2011), les géographes physicien.ne.s en seraient resté.e.s à une approche H₂O de Maurice Pardé et Robert E. Horton et n'auraient pas

évolué donc dans leurs approches depuis les années 1930 ; dans la même veine, pour Richard Laganier et Gilles Arnaud-Fassetta (2009), il n’y aurait pas de réelle géographie humaine de l’eau au-delà de celle de la gestion des risques et de concepts de résilience par exemple. Les changements de paradigmes en géographie de l’eau sont fréquents depuis un siècle, avec de nombreuses recompositions mais aussi des passerelles difficiles entre ces branches. Pour autant il faut le voir de manière positive : c’est le signe d’une branche en plein dynamisme, qui profite de la diffusion facilitée des publications avec l’avènement des nouvelles communications. C’est ce dynamisme qui a permis aussi le développement de nouveaux concepts qui m’ont donné un cadre d’analyse, utile pour réinterroger mes terrains et thématiques de recherche, en particulier sous le prisme de la rareté des ressources.

Conclusion du Chapitre 1 :

Mon parcours de jeune chercheuse a été assez pluriel et m’a donc permis de découvrir plusieurs facettes de la géographie de l’eau. Formée à la géographie physique en thèse, j’ai découvert avec le post-doctorat dans l’ANR WaMaKhaIR les *Urban water studies*, qu’il ne fut pas facile pour moi d’intégrer, de digérer. Recrutée dans un laboratoire de géographie (PRODIG) mais au sein d’une équipe de géographes physiciens assez quantitativistes (Paris-Diderot), j’ai pu prendre le temps de faire les ponts entre les approches des cycles et des paysages liés à l’eau. Le travail de synthèse bibliographique nécessaire dans le cadre de mes cours d’épistémologie, et utile à la redéfinition de mes approches du terrain, m’a permis de me positionner.

Ma recherche est clairement géographique, avec une approche spatiale assez fine et une approche temporelle de l’ordre de la décennie. Mes cadres d’analyses sont à la fois empruntés à la géographie physique (la métrologie notamment) et à la géographie humaine entre autres sciences sociales (par l’échelle fine et l’approche par les jeux de pouvoir par exemple). Les « écoles » qui guident mon travail sont à la fois l’approche socio-technique (AST) en géographie comme en anthropologie, et la compréhension des processus physiques de l’hydrosystème, empruntés à la géographie physique. La *political ecology* reste une grille de lecture intéressante, elle propose un cadre d’analyse plus théorique malgré l’engagement – assez radical parfois de certain.e.s auteur.es.

Ce chapitre consistait à préciser le positionnement épistémologique qui a guidé, non pas mes recherches, mais la rédaction de cette HDR. Une connaissance des évolutions de la géographie de l’eau depuis les flux vers les stocks, depuis l’échelle du bassin versant vers celle des familles, depuis la compréhension des processus vers les enjeux politiques ou de gestion locale voire des usages, permet de mieux comprendre les bifurcations qui vont être présentées ci-après. Surtout, **cette synthèse bibliographique permet d’appréhender les recherches menées sur la gestion de la rareté de l’eau**, qui doivent s’appuyer sur de nombreuses approches, des outils variés et des concepts parfois complexes.

Chapitre 2. Gérer la rareté de l'eau dans les oasis mondialisées

La gestion de la rareté en eau dans les oasis mondialisées est le thème général qui a guidé mes recherches depuis la fin de ma thèse en 2009 jusqu'à l'écriture de cette HDR. Après avoir positionné mes recherches dans le cadre théorique de la *political ecology*, (Chapitre 1), il m'a semblé nécessaire de présenter dans ce deuxième chapitre le thème général de recherche sur la gestion de la rareté.

Une première sous-partie vise à problématiser le thème de la gestion de la rareté en eau en général, et de l'instrumentalisation du risque de pénurie en particulier (2.1). Je discute ensuite des terrains de recherche – les oasis mondialisées – avant de présenter les quatre oasis mondialisées ou en cours de mondialisation (2.2) qui seront traitées dans la Partie 2 (Chapitres 3 et 4) par la suite. Enfin, je présente les différentes méthodologies mise en œuvre (2.3) avant de synthétiser les résultats de mes recherches (Chapitres 3 et 4).

2.1. Un thème principal : de la gestion de la rareté à la construction de la pénurie

La rareté en eau, événement hydro-climatique chronique, saisonnier ou exceptionnel, connaît une distribution spatiale et temporelle assez inégale à l'échelle des domaines climatiques. Les facteurs sont divers, l'intensité, la durée, la fréquence également. Gérer cette rareté est donc nécessaire afin que les besoins en eau soient satisfaits. Des politiques publiques de l'eau ont émergé afin d'adapter l'offre et/ou la demande, et faire coïncider disponibilité et besoins. Or dans la pratique, les changements climatiques non anticipés, la multiplication des usages et les inégalités dans la distribution ont transformé une rareté souvent naturelle en un risque clairement sociétal. Cette première sous-partie cherche donc à définir non seulement ce qu'implique un risque de pénurie mais aussi comment il est estimé, construit et utilisé.

2.1.1. Pénurie et rareté : définition et estimation

- Définir le risque de pénurie

Le risque de pénurie en eau a été traité par les géographes français, en particulier à l'occasion d'un double numéro spécial de la revue *Géocarrefour* intitulé « *La pénurie d'eau : donnée naturelle ou question sociale ?* » (80/4 de 2005 et 81/1 de 2006). La question du risque de pénurie peut être vue sous l'angle des risques climatiques et des vulnérabilités, comme dans le cas des îles du Ponant (Chiron, 2007) où l'insularité

peut rimer avec vulnérabilité aux variations interannuelles des précipitations. La vision de Thomas Chiron, qui s'appuie sur l'inadéquation de la demande à l'offre est relativement classique, impliquant le croisement d'un aléa naturel (la rareté de l'eau du ciel) et d'une vulnérabilité anthropique. Cette interrelation entre l'inadéquation de l'offre et de la demande est aussi l'objet des travaux d'Evelyne Gauché sur les crises hydriques du Rif oriental marocain (Gauché, 2006). Ici encore la sécheresse pluviométrique a des conséquences fortes sur le système agropastoral et le milieu, mais elle se heurte à des réalités socio-économiques comme l'exode rural, entraînant des mutations des usages et des surexploitations de nappes, facteurs limitant d'une gestion raisonnée des ressources. Un autre exemple concerne la ville de Niamey et la relation offre et demande dans l'adduction en eau potable (Bechler-Carmaux *et al.*, 1999)

La bibliographie sur le risque de pénurie s'appuie donc sur l'interrelation entre l'offre et la demande en eau, mais d'autres entrées ont pu être privilégiées. Il peut s'agir par exemple du rôle 1) des indices quantitatifs visant à estimer les ressources en eau et donc le risque de leur rareté (Margat, 2005 ; Kauffer, 2006), 2) des discours justifiant des politiques hydrauliques (Alexandre, 2005 ; François, 2006 ; Laganier *et al.*, 2009) et 3) de l'impact de la pollution des eaux sur la baisse de l'offre et l'accentuation du risque de pénurie (Turton & Ohlson, 1999 ; Garcier, 2010). Les deux premières entrées sur la mesure de la rareté et sur les discours politiques autour de la pénurie seront traitées dans ce Chapitre 3, celle sur les liens entre quantité et qualité de l'eau dans le Chapitre 1.

Une clarification sémantique est nécessaire à ce niveau de lecture : il faut distinguer la **rareté qui correspond à une offre chroniquement faible** par rapport aux besoins, et la **pénurie qui est liée à l'inadéquation** de l'offre et de la demande sur un temps plus court, avec parfois une occurrence assez brutale. La pénurie est donc plus une crise mal anticipée, ce qui renvoie au **risque** de manquer. « *La pénurie est le fruit d'un processus d'ajustement réciproque des ressources produites et des usages finals consommés ou non qui implique la surexploitation des ressources primaires, et qui débouche sur un désajustement qu'il est faux d'attribuer uniquement, ou même principalement, à un manque de ressources primaires. Ainsi, la notion de surexploitation est indissociable du caractère renouvelable des ressources primaires* » (Buchts, 2006 : 10).

Pour autant, cette distinction qui est importante pour la suite de la lecture, s'appuie sur une définition clairement française. En effet, en anglais, rareté et pénurie se traduisent toutes deux par *scarcity* sans distinction, même si on peut aussi lire le terme de *shortage* pour la pénurie, qui ne s'utilise pas pour la rareté. Il en va de même en espagnol où *escasez* renvoie à la fois à rareté et pénurie. Pour autant, mes collègues argentin.e.s utilisent plutôt les termes de *crisis hídrica* (crise de l'eau) ou de *déficit hídrico* (déficit en eau) pour définir la pénurie, ce qui renforce cette idée de risque et de crise associée à la pénurie.

Dans le cadre d'une rareté de la ressource en eau, il est sous-entendu que si la gestion de cette rareté n'est pas optimale, cela peut mener à un risque de pénurie. Le risque de pénurie a comme facteur déclenchant l'aléa sécheresse. Comme le soulignent Alexandre Gaudin et Sara Fernandez : « Le terme de « sécheresse » est compris comme un manque d'eau dont les causes sont la faiblesse des précipitations par rapport à la normale. Il renvoie plutôt aux sciences hydrologiques. La pénurie d'eau quant à elle est plutôt comprise comme un manque d'eau dont les causes sont à la fois biophysiques et anthropiques » (Gaudin & Fernandez, 2018). Cela n'empêche en rien de prendre en compte le rôle des activités anthropiques sur les variations de pluviométrie. Pour Gérard Beltrando et Anne-Laure Chémery (1995), il y aurait trois approches de la sécheresse : celle de la climatologie et de la météorologie pour qui la sécheresse est liée aux volumes et à la temporalité des précipitations voire de l'humidité relative de l'air ; celle de l'agronomie, qui, en plus des facteurs climatiques s'intéresse au déficit en eau des plantes et des propriétés des sols ; enfin celle de l'hydrologie qui au-delà des facteurs précédents met le focus sur les réserves en eau des sous-sols et des écoulements superficiels.

L'aléa sécheresse concerne bien ces trois approches ; c'est un phénomène linéaire, qui commence avec l'arrêt prolongé des précipitations (sécheresse climatique), entraînant un assèchement de l'atmosphère (sécheresse atmosphérique) et des vents, qui favorisent la transpiration végétale. Les plantes puisent donc leurs besoins en eau dans les sols qui s'assèchent à leur tour (sécheresse pédologique). Parallèlement, les nappes associées au cours d'eau jouent un rôle tampon en soutenant les étiages. La sécheresse hydrologique précède donc la sécheresse potamologique. Or le recours à l'irrigation, qui puise dans les réserves en eaux superficielles et souterraines pour combler les manques des sols et des végétaux, accentue les effets de sécheresse des eaux liquides. Si le processus en chaîne qu'est la sécheresse évolue plus ou moins vite dans le temps et dans l'espace, les usages anthropiques des ressources accélèrent l'abaissement du niveau des nappes et affaiblissent les écoulements.

On comprend dès lors qu'il est nécessaire de connaître les volumes de ressource en eau afin d'estimer finement ce qui relèverait d'une sécheresse hydrologique réelle, liée à la variabilité des stocks, ou ce qui correspond à une rareté naturelle de l'eau.

- **Estimer l'offre en eau : des indices quantitatifs internationaux de mesure de la pénurie**

Gérer la ressource quantitative en eau dans une oasis semble une évidence tant la rareté est prégnante, chronique, accentuée par des fortes variabilités interannuelles des précipitations dans les zones arides. Or la bibliographie et mes travaux de terrain révèlent des paradoxes dans les temporalités, notamment des choix relativement discutables à long terme. Ces choix de gestion passent souvent par des difficultés d'évaluation des stocks disponibles.

Un des principaux indices utilisés à l'échelle mondiale est celui de stress hydrique (*Water Scarcity Index*), « produit de réflexions prospectives menées dans les années 1970 dans le cadre de l'UNESCO et de la Conférence des Nations unies sur l'eau organisée à Mar del Plata en 1977 » (Fernandez, 2017). Il sert à évaluer le lien entre ressources en eau et population et est fondé sur la disponibilité en m³ d'eau par personne et par an. On estime ainsi (Falkenmark, 1981 ; Falkenmark *et al.*, 1989) que les pays sont en situation 1) de stress hydrique quand les ressources sont inférieures à 1500 m³/an/hab., 2) de rareté chronique lorsque le seuil des 1000 m³/an/hab. est atteint et 3) critique en dessous de 500 m³/an/hab. Dans cette situation, même une forte capacité d'adaptation de la société ne pallie pas le manque d'eau (*Ibid.*). D'après Sara Fernandez, ces travaux cadrés par la question du risque de pénurie à l'échelle mondiale produisent deux grandes catégories de situations : « d'un côté les pays industrialisés au climat tempéré et où l'eau est en abondance mais polluée par le développement industriel, feraient face à des risques de pénuries d'eau de bonne qualité. (...) De l'autre, les pays arides assimilés aux pays du tiers-monde, feraient quant à eux face à des risques de crises alimentaires et démographiques, c'est-à-dire à une demande alimentaire exponentielle nécessitant, pour être satisfaite, l'irrigation par la production nationale du fait de la faiblesse de la pluviométrie, irrigation elle-même contrainte par des écoulements stockables ou mobilisables limités » (Fernandez, 2017).

Même si cet indice dit-de-Falkenmark est intéressant pour mettre en avant les inégalités des pays face à des réalités physiques, il revêt un biais important qui dépasse les critiques précitées : la non-prise en compte des capacités des États, qui sont dépendantes non seulement des situations socio-économiques locales mais aussi de la volonté des pouvoirs publics (Blanchon, 2011). Le début de la décennie 2000 voit alors l'émergence d'un nouvel indice, un outil qui se veut holistique (Sullivan *et al.*, 2003) : l'indice de pauvreté en eau (IPE ou *Water Poverty Index*).

Développé par les chercheur/se.s du *Center for Ecology and Hydrology* de l'université de Wallingford (UK), cet indice prend en compte : le volume des ressources, l'accessibilité de ces ressources, leur utilisation, la capacité d'adaptation de la population et la qualité de l'environnement. Calculé sur 100, l'indice va donc de 0 à 100 mais les pays sont situés entre 35 et 78. L'IPE est intéressant car il permet de prendre plus finement en compte les possibilités pour les pouvoirs publics et les populations de réellement assurer l'adduction en eau potable et d'irrigation (majoritairement). Il permet surtout de mieux faire la distinction entre des pays ne disposant pas de grandes ressources mais qui avec de gros investissements financiers (Ex. Espagne, Israël) ou par des droits historiques sur l'eau (Égypte, Afrique du Sud), parviennent à assurer l'alimentation de leurs populations ; tandis que d'autres sont des pays pauvres en eau malgré des ressources importantes, à l'image de la République Démocratique du Congo. La Figure 6, réalisée dans le cadre d'un chapitre d'ouvrage commun (Lavie *et al.*, 2015b) illustre bien cette distinction et donc la complémentarité des deux indices.

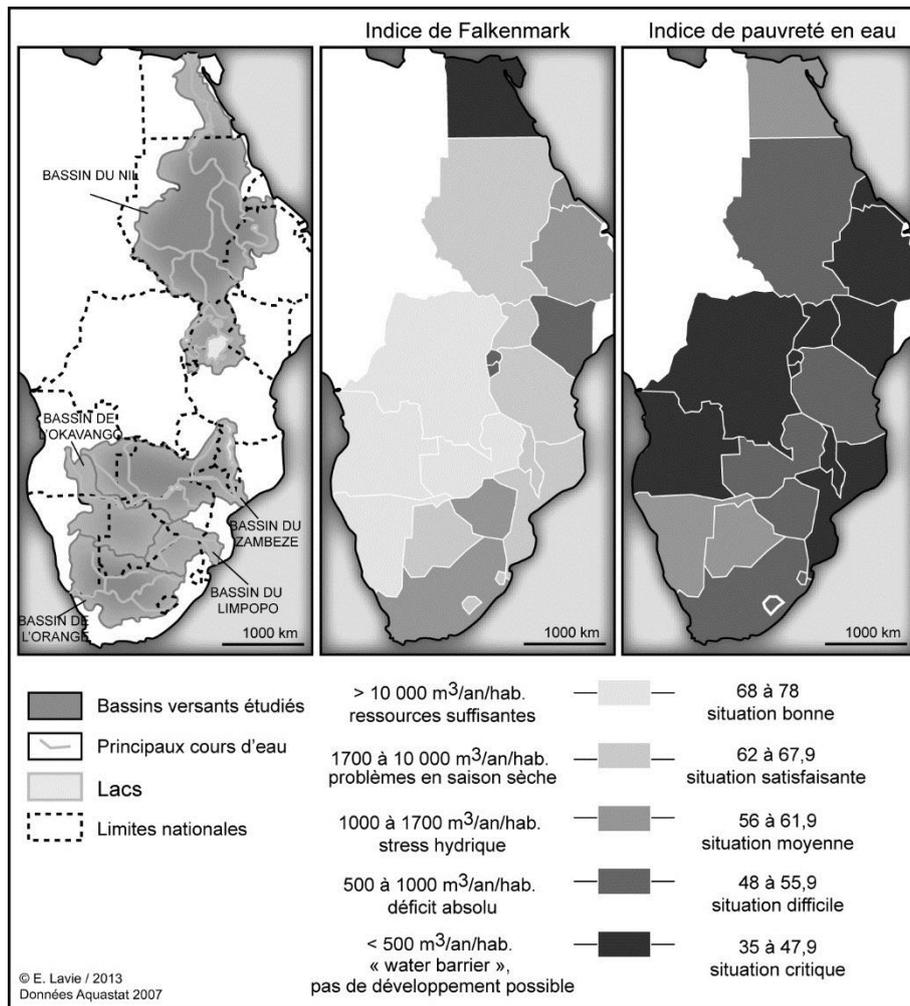


Figure 6 : Comparaison des indices de Falkenmark et de pauvreté en eau en 2007 dans certains bassins versants de l'est et du sud de l'Afrique

Source : Lavie *et al.*, 2015b

Pourtant, même si ces indices relativisent la gestion des eaux en mettant en avant les ressources et la population, ils sont discutables (Lavie *et al.*, 2015b) : manque de données, unité spatiale du pays inadéquate pour certaines grandes nations (même si l'IPE se calcule plus souvent à l'échelle de la région), aucune prise en compte des variabilités saisonnière et interannuelle, parfois le double-compte entre eaux de surface et eaux souterraines lorsque l'interdépendance est grande (Margat, 1998). Dans le même ordre d'idée, Huub Savenije (2000) écrit : « *The water scarcity indicators that are presently used to indicate the level of water shortage in the different parts of the world suffer from serious flaws. First of all, they are limited to "blue" water only, neglecting the important contribution that "green" water makes to global food production* »⁶.

⁶ L'eau verte est l'eau du ciel, utilisée principalement en agriculture pluviale. L'eau bleue correspond à l'eau qui entre dans le cycle hydrosocial : détournée, transformée, utilisée, réintégrée dans le milieu.

Dès lors, ces indices sont difficiles à utiliser à l'échelle régionale, et surtout ils ne permettent pas de travailler en diachronie : ils ne sont valables que pour une année donnée avec un calcul fait *a posteriori*.

2.1.2. La pénurie en eau : de sa construction à son utilisation

Depuis environs deux décennies, la bibliographie s'est intéressée à la compréhension des causes et des manifestations de la pénurie en eau, qui peut toucher des catégories sociales diverses (Lavie *et al.*, 2015b). Ainsi, de la lecture de travaux récents, il ressort que la pénurie a été construite, en particulier par des politiques de privatisation ou d'innovations techniques centrées sur l'offre, pas toujours de manière consciente d'ailleurs, mais que cela conduit mécaniquement à proposer de nouvelles politiques publiques visant à lutter contre les crises de l'eau, vues comme inéluctablement croissantes (Blanchon, 2011).

- La pénurie comme construction sociale

Les travaux menés par Federico Aguilera-Klink, Eduardo Pérez-Moriana et Juan Sánchez-García sur l'île canarienne de Tenerife insistent sur le fait que les scientifiques s'accordent pour considérer la planète Terre comme un « *finite world* ». Mais pour ces auteurs, il faut dépasser cette vision. En effet, « *shortage [is] not [...] a physical statistic or [...] a point of departure, but rather [...] the articulation between the physical and social systems* » dans la création d'une crise de l'eau sur cet espace insulaire (Aguilera-Klink *et al.*, 2000). S'appuyant sur un historique de l'appropriation de l'eau par certain.e.s – que les auteurs considèrent comme une « *usurpation* » – au détriment de la majorité, ils décrivent et analysent dans cet article « *the social processes that have led to the creation of this type of scarcity* ». L'une des principales conclusions s'attache à analyser les jeux de pouvoir : la politique publique de l'eau à Tenerife a consisté, d'une part, dans « *a reinforcement of water owners' power ('water is ours')* » et d'autre part, dans le recours assez systématique aux innovations techniques afin de répondre aux mécontentements des sociétés face au manque d'eau « *in order to avoid having to challenge water owners' vested interests* » (*Ibid.*). Dans le même esprit, Karen Bakker a travaillé sur la sécheresse qui a touché le Yorkshire en 1995. Cet événement climatique majeur pour l'Angleterre a surtout été problématique pour l'industrie, dont l'alimentation en eau avait été privatisée depuis six ans (Bakker, 2000). Elle discute ici des processus de régulation de l'eau industrielle suite à cette crise qu'elle considère, visiblement ironiquement, comme une réponse à la fois à la privatisation et à la non-prise en compte des dérèglements climatiques. Un des principaux apports de ce travail est que si la sécheresse a été présentée comme naturelle (climatique), la pénurie est dans les faits largement corrélée à la privatisation de l'eau pour l'industrie, et au rôle de l'État dans ce processus : « *From this perspective, the Yorkshire drought was neither simply a freak of nature, nor an isolated case of spectacular mismanagement of a water supply system, but*

*rather what Neil Smith terms “produced scarcity in nature” » (Ibid.). D’autres auteur.e.s se sont saisi.e.s du rôle de la privatisation de l’eau dans la production de faits naturels, comme Maria Kaika Giorgos Kallis à propos des sécheresses à Athènes entre 1989 et 1991, pendant lesquelles l’État a montré du doigt la « nature » dans la production de la crise de l’eau alors que les politiques de marché et la privatisation des ressources ont aussi joué dans la production de leur pénurie (Kaika 2003). Á Athènes, la demande en eau a augmenté avec les progrès techniques : « *waterworks are built to create demand and growth, not to satisfy it* » (Kallis, 2010).*

Les manœuvres politiques autour de la sécheresse, donc de la construction d’une pénurie, ne manquent pas dans la littérature. C’est aussi l’objet des recherches de Jessica Barnes en Syrie il y a une dizaine d’années, soit avant le début de la guerre civile commencée en 2011. L’État syrien ne semblait pas expliquer la pénurie par une baisse de l’offre mais plutôt par une augmentation de la demande par pression démographique. Mais pour l’auteure, « *Syria’s water scarcity is a consequence of the ruling Ba’th party’s continuous promotion of water-intensive agriculture. This support for the agricultural sector, motivated in part by a desire for food self-sufficiency and growth through an expansion in irrigated agriculture, is linked to the rural roots of the Ba’th party and the influential Peasants Union* » (Barnes, 2009).

Pour Julie Trottier, qui a travaillé sur la question du partage des eaux entre Israël et la Palestine, les discours sur l’eau se sont majoritairement focalisés sur la crise de l’eau depuis les années 1990. Après une synthèse bibliographique assez fournie, elle conclut que « *many international conferences have addressed the issue, and many governments and organizations have adopted policies as a reaction to the “water crisis”* » (Trottier, 2008). Une des conséquences est que cette construction par le discours des perceptions environnementales a donné à la crise de l’eau une position hégémonique. Les organisations internationales ont alors tenté d’atténuer la peur de la rareté par deux réponses : *Integrated Water Resources Management* (IWRM⁷) et *Millennium Development Goals* (MDG⁸). Le premier paradigme est né à la suite du Sommet de la terre de Rio en 1992 et s’adresse à l’échelle des grands bassins, même si on peut en observer l’application à toutes les échelles. Le second a été développé par le Programme des Nations Unies pour le Développement et a une portée plus locale, souvent à l’échelle de l’adduction en eau potable des villes notamment.

La pénurie en eau est donc une construction sociale issue d’une rareté naturelle, un élément hybride qui, par le risque de manque qu’il implique, a été utilisé pour justifier certaines politiques publiques de l’eau.

⁷ Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE), voir Chapitre 1.

⁸ Objectifs de développement pour le Millénaire (OMD), devenus en 2015 les Objectifs de Développement durable (MDD).

- **L'utilisation de la pénurie à des fins politiques et économiques**

« Difficile à évaluer en raison des biais méthodologiques liés à sa quantification, dotée d'une définition mouvante selon les objectifs qu'on lui donne, la pénurie est donc facilement manipulable » (Lavie et al., 2015b). Par exemple, en France, de nombreux éléments intégrant l'évaluation de la pénurie sont en réalité discutés avec les usager/ère.s de la ressource (Barbier et al., 2010 ; Gaudin & Fernandez, 2018).

Même si les travaux sur les pénuries démontrent une hétérogénéité des pratiques de gestion (François, 2006 ; Blanchon, 2009 ; Maupin, 2010 ; Lavie & Crombé, 2011 ; Maupin & Lavie, 2011), il semble que « les discours sur la pénurie suivent des tendances générales telles que la marchandisation et la déterritorialisation de cette ressource » (Lavie et al., 2015b).

Le thème d'une pénurie croissante est d'abord au cœur de nombreux discours, de la sphère technicienne internationale à la sphère médiatique (Linton, 2010 ; Blanchon, 2011 ; Magrin, 2015). À titre d'exemple, le rapport *Coping with scarcity* (Pereira et al., 2002) « permet de décrire précisément le passage de la naturalisation de la pénurie aux préconisations politiques, par un savant mélange d'arguments scientifiques et de rhétorique (...) Toutes les figures obligées du thème de la crise et de la pénurie s'y trouvent. La pénurie y est d'emblée présentée comme une donnée scientifique mesurable⁹, sans remettre en cause sa construction ; c'est un « fait » qui pose des problèmes, provoque des conflits, aggrave la pauvreté » (Blanchon, 2011). Les auteurs peuvent alors proposer des solutions clé-en-main pour lutter contre le risque de pénurie, ce qui accentue le lien entre ce risque et une vision économique majeure dans les politiques de l'eau mises en place depuis la Conférence de Mar del Plata (1977) et « sanctuarisées » dans les Principes de Dublin (1992 ; *Ibid.*). Se manifeste alors une multiplication d'exemples de conséquences territoriales de cette vision de l'eau comme une marchandise.

En voulant « remettre en question le bien-fondé des politiques d'autosuffisance alimentaire affichées par les gouvernements » (Fernandez, 2017) de pays qui utilisent le risque de pénurie pour justifier des ouvrages hydroagricoles (Treyer, 2006), Anthony J. Allan développe la notion d'eau virtuelle ou *embedded water*. En effet, la mondialisation des années 1990 a conduit à une augmentation des échanges de produits agricoles hautement consommateurs en eau comme les céréales, particulièrement au Moyen-Orient et au Maghreb, entraînant de nouvelles modalités d'irrigation et donc de gestion de la ressource. Pour lui, la grande majorité de l'eau consommée à l'échelle mondiale l'est à travers la production et la consommation de produits agricoles, mais aussi de biens et de services (Allan, 1992). Finalement, à l'échelle d'un État, le stockage et le transport des céréales se substituent aux stockages et transfert d'eau.

⁹ « *Water scarcity is among the main problems to be faced by many societies and the World in the XXI century. Water scarcity is commonly defined as a situation where water availability in a country or in a region is below 1000 m³ per person per year* » (Peirera et al., 2002 : 1).

La pénurie en eau n'est donc plus utilisée seulement à l'échelle locale ou nationale mais intervient à l'échelle globale par l'intervention de la gouvernance de l'eau dans le contrôle des prix des marchés mondiaux de céréales (Fernandez, 2017). Mostafa Dolatyar et Tim S. Gray ont analysé 40 ans de discours sur la sécurité liés à la pénurie en eau, à propos du bassin du Jourdain, du bassin Tigre-Euphrate et de la Péninsule arabique (Dolatyar & Gray, 2000). Les auteurs remettent en cause bon nombre de théories politiques sur la guerre de l'eau dans la région, argumentant sur le fait que l'eau est une ressource trop précieuse pour que les États puissent prendre le risque d'une guerre. Si la rareté de l'eau a été utilisée comme prétexte dans les discours des opposants, elle n'est en réalité qu'un des facteurs des crises politiques et militaires. Surtout, les auteurs sont en désaccord avec Anthony J. Allan : pour eux, le marché international lié à l'eau virtuelle et la désalinisation ne sont pas suffisants pour expliquer que les guerres de l'eau n'auront pas lieu : « *a definitive reason for optimism about permanent water peace requires a deeper foundation than the technological solution offered by desalination* » (Dolatyar & Gray, 2000).

La gouvernance de l'eau passe donc par la gouvernance des prix des marchés de denrées agricoles et se manifeste à l'échelle des États par un **recours massif à l'irrigation**. C'est particulièrement le cas **dans les oasis où l'eau**, certes peu abondante naturellement, peut rapidement se transformer en **argument automatique pour justifier des aménagements, des politiques de priorisation de la distribution** (souvent à destination des villes aux dépens des agriculteurs), des délégations de service public d'adduction en eau potable etc. **alors même que le risque de pénurie n'est relativement pas très élevé** (Lavie *et al.*, 2015b).

Travailler sur la rareté m'est venu comme une évidence à partir de mes travaux de thèse et de post-doctorat sur des oasis. La rareté physique, hydrologique, y est omniprésente dans les discours de tou.te.s les usager/ère.s et gestionnaires. **Pour autant, la rareté n'implique pas une pénurie, que je considère plutôt comme construite par les acteurs.**

2.2. Des terrains privilégiés : les oasis mondialisées

L'objet géographique 'oasis' est bien défini en soi : il s'agit d'un espace d'agriculture irriguée dans un milieu aride. Mais que sont les oasis ? Un paysage qui rompt avec le milieu environnant, un micro-climat, un concept, un agrosystème, un modèle de développement, etc.

L'oasis est née de la présence d'une source d'eau et reste cet agrosystème unique, qui parfois s'est développé et a grandi jusqu'à accueillir un véritable noyau urbain. Mais à la lecture de la bibliographie, reste l'impression que ce milieu artificiel/ultra-

antropisé créé *ex nihilo* semble figé, à la fois dans le temps et dans l'espace. Les oasis seraient des espaces immobiles ou évoluant lentement.

Mais comment alors, à l'heure où les espaces agricoles connaissent des mutations liées aux évolutions des systèmes de productions, de financement et de consommation, à l'heure où un Terrien sur deux est un urbain, les oasis resteraient des espaces intouchés ? Il est difficile d'imaginer qu'elles soient restées en marge des dynamiques de la mondialisation.

Plus récemment, des chercheur/se.s ont redéfini les oasis, en rediscutant cette version figée. C'est sur cet état de l'art renouvelé de l'oasis, « *autant qu'un lieu, un ensemble de pratiques* » (Garcier & Bravard, 2014) que je me suis appuyée pour **discuter de la géographie de trois oasis mondialisées** : Mendoza en Argentine, Gabès en Tunisie et Khartoum au Soudan ; **et une en cours de mondialisation** : Ouaouizerth au Maroc.

Ayant moi-même effectué une thèse et des projets de recherches à Mendoza, un post-doctorat à Khartoum, ces villes-oasis seront plus longuement développées que les terrains maghrébins. En effet, je n'ai effectué qu'une semaine de mission sur chacune de ces oasis de Gabès et Ouaouizerth, dans le cadre d'accompagnement d'étudiant.e.s, et non de projet de recherches.

2.2.1. Les oasis, paysages ou concept ?

- Un cadre théorique déterministe « le modèle oasis »

L'image de l'oasis – avec son paysage spécifique principalement composé de palmiers irrigués dans un désert de sable – a été vulgarisée par de nombreux récits de voyageurs ou d'explorateurs, comme nous l'écrivions dans l'introduction à l'ouvrage *Oases and globalisation, ruptures and continuities* (Lavie & Marshall (dir.), 2017). « *This fixed image of the oasis in opposition to the hostility of the surrounding area* » (Marshall & Lavie, 2017) a aussi été favorisée par les textes scientifiques jusqu'au début du XX^{ème} siècle. Les géographes français, entre autre, ont en effet longtemps gardé dans leurs écrits cette description d'une opposition entre espace cultivé fragile et désert hostile (*Ibid.*) :

- « *L'oasis pourrait se définir par l'effet de contraste entre l'îlot de verdure dense qu'elle constitue et les étendues arides ou semi-arides dans lesquelles elle se localise* » (Mainguet, 2003 : 240) ;
- « *une antithèse de désert* » (George, cité par (Mainguet, 2003) ;
- « *un lieu habité, isolé dans un environnement naturel aride, dont la localisation est liée à la possibilité l'eau pour la pratique de l'agriculture* » (Levy & Lussault, 2006 : 671).

La présence d'eau semblait donc le seul critère qui ferait passer un secteur de désert à oasis :

- « Dans les régions arides ou désertiques, la nature restreint l'habitat à une zone étroite dont il ne peut s'écarter. La proximité de l'eau est la règle inflexible ; pas d'établissement qui s'en écarte, qui ne tienne de l'oasis. » (Vidal de la Blache, 1921 : 175) ;
- « L'oasis de Techkent est née de l'utilisation des eaux du Tchirtchik et de l'Angren » (George, 1956 : 85).

Le terme grec *oasis*, dérivé de l'égyptien, a beaucoup été donné en géographie à des espaces situés sur la rive sud de la Méditerranée. On attribue d'ailleurs à Hérodote la première description d'une oasis, en Égypte (Lacoste, 1990). À l'image des travaux de Pierre George (George, 1956) ou plus récemment d'Alain Cariou (2004, 2007, 2013, 2017) ou de Julien Thorez (Thorez, 2013), le terme a aussi été accolé aux espaces irrigués de l'Asie centrale. En Amérique latine, le terme est clairement utilisé pour les oasis Argentines du Cuyo en espagnol, anglais ou français (Deffontaines, 1952 ; Denis, 1968 ; Hansis, 1977 ; Zamorano, 1985 ; Poblete *et al.*, 1989), mais visiblement moins au Pérou par exemple (Battesti, 2005 ; Mesclier *et al.*, 2017). En revanche, si le terme est souvent associé à la vallée du Nil, la vallée du fleuve Orange qui s'y apparente pourtant, n'est pas qualifiée d'oasis mais de « Nil » (Blanchon, 2017).

Encadré 1 : Qui travaille sur les oasis ?

J'ai réalisé un travail de recherche bibliographique à partir des bases ©Scopus, ©Google scholar et ©Hal sur le terme *oasis* (ayant l'avantage de s'écrire au singulier de la même manière en anglais et dans toutes les langues latines). Il a révélé que les travaux sur les oasis en sciences humaines sont très majoritairement écrits par des chercheur/se.s européen.ne.s en français (sur le Maghreb, le Machrek et l'Asie centrale) et en anglais (sur l'Amérique latine) jusque dans les années 2000. Depuis, les travaux rédigés par les chercheur/se.s chinois.es (en chinois mais aussi un peu en anglais) dominent la production. Viennent ensuite des études écrites par des Étatsunien.ne.s et des Égyptien.ne.s.

L'Encadré 1 montre que les oasis intéressent les chercheur/se.s à travers le Monde en ce début de XXI^{ème} siècle. Reste qu'au XX^{ème} siècle, les écrits français étaient majoritaires et ont contribué à façonner le « modèle oasis » comme milieu immobile, immuable comme le désert qui l'entoure (Battesti, 2005).

- La déconstruction du « modèle oasis »

La définition des oasis comme un espace d'agriculture rendue possible par la présence d'eau dans un environnement aride, a donc donné un cadre géographique aux recherches : l'oasis est un paysage assez figé, un peu comme des îles dans le désert. Romain Garcier et Jean-Paul Bravard (2013) expliquent par exemple que l'oasis de Kharga en Égypte est un produit du développement colonial, un « 'modèle oasisien' [qui] postule donc une stabilité essentielle de l'environnement oasisien au cours de la période historique, les variations observables de l'environnement étant rapportées à une

inégale compétence des civilisations et de l'agir humain face aux forces de la Nature ». Le cadre naturel [présence d'eau dans le désert] serait donc le déterminant de la présence des oasis. Or « *l'eau est une condition nécessaire mais non suffisante pour expliquer la création d'une oasis* » (Battesti, 2005 : 12). Yves Lacoste (1990) insiste sur le fait que seule une partie « *des cours d'eau allogènes a fixé des oasis* ». Toutes les recherches récentes sur l'objet oasis s'accordent sur un fait : « *en naturalisant l'objet* », les approches déterministes « *ont fait de l'oasis le 'cadre naturel' de l'histoire politique plutôt qu'un objet d'histoire à part entière* » (Garcier & Bravard, 2014). Le modèle colonial de l'oasis figée est donc un cadre théorique qui ne tient plus : « *après la fin des temps coloniaux, et celui plus récent encore de l'ouverture économique générale, l'oasis se transforme rapidement* » (Chaléard *et al.*, 2013).

Les oasis connaissent en effet des dynamiques internes et dans le cadre de réseaux d'échanges. Elles se rétractent dans l'espace parce que la ville les grignote comme à Mendoza (Lavie *et al.*, 2017 ; Lavie & Marshall, 2019) ou à Gabès (Abdedayem 2009; Ayeb 2012). Elles s'étendent avec des périmètres irrigués modernes plus ou moins pérennes. Parmi les exemples : la pampa de Villacuri d'Ica et à Virú au Pérou (Marshall, 2009, 2014), à Gabès et à Tozeur en Tunisie (Abdedayem & Veyrac-Ben Ahmed, 2013 ; Veyrac-Ben Ahmed & Abdedayem, 2017), en Valle de Uco et dans l'oasis de Mendoza en Argentine (Montaña, 2007 ; Robillard, 2009, 2010 ; Lavie *et al.*, 2017 ; Larsimont *et al.*, 2018), au Maroc dans la plaine du Saïss (Fofack *et al.*, 2018) ou à Ouaouizerth (M2 Espaces et Milieux, 2018).

Les oasis ne sont donc plus figées, ni temporellement, ni spatialement. Elles connaissent des échanges depuis longtemps, certaines étant situées sur des routes millénaires comme la Transsaharienne ou la Route de la soie, jouant le rôle de caravansérails (Lacoste, 1990 ; Battesti, 2005). On parle alors d'archipels d'oasis (Chaléard *et al.*, 2013) comme à Abu Dhabi (Cariou, 2013, 2017) ou dans les Andes et l'Himalaya (Lavie & Fort, 2017).

Tout.e.s les auteur.e.s s'accordent aussi sur les causes multiples qui conditionnent la naissance, le développement ou le déclin des oasis : historiques, politiques et sociales, sans toutefois nier l'influence des variations climatiques de disponibilité de la ressource. Histoire, politique et relations sociales sont donc intimement liées. Il faut comprendre l'histoire des lieux pour mieux analyser leur présent (Battesti, 2005 ; Marshall & Lavie, 2017). Une oasis est née de l'intention, du travail, voire de projets politiques organisés (Garcier & Bravard, 2014). Les sociétés de l'hydraulique sont d'ailleurs des sociétés au pouvoir fort (Linton & Budds, 2014). Comme me le disait en 2006 Santa E. Salatino, ingénieure agronome à l'INA de Mendoza, alors que je lui demandais pourquoi le Super-Intendant du Département Général d'Irrigation de Mendoza était considéré par la plupart des chercheur/se.s comme le vrai Gouverneur de la province alors qu'il était nommé par les élus et non au suffrage universel : « *c'est le chef de l'eau, quand tu es le chef de l'eau dans un désert, tu es le Roi !* ».

« Lastly, socially, the oasis is a territory in which the actors adapt to a constantly changing environment by shaping and creating a particular oasian landscape » (Marshall & Lavie, 2017). Malgré la spécificité de chaque oasis, elles présentent donc par leurs histoires et leurs relations politiques et sociales, des similitudes qui permettent de les regarder comme un objet à part, donc de proposer une typologie.

- **Les types d'oasis**

L'analyse de la bibliographie sur les oasis (Figure 7) s'est révélée relativement francophone (Encadré 1). Il faut dire que comme le terme est majoritairement utilisé au Maghreb, les scientifiques pouvaient s'exprimer en français.

La première typologie des oasis est attribuée à Yves Lacoste (1990) dans la *Géographie Universelle* dirigée par Roger Brunet. Il présente quatre types : 1) les oasis de fleuve allogène comme la vallée du Nil, du Tigre ou de l'Euphrate ; elles sont vouées à l'agriculture de subsistance et aux cultures céréalières (blé et riz) ; 2) Les oasis caravanières, plus petites, dont la finalité est commerciale ou militaire ; 3) Les oasis de plantation, plus ou moins anciennes comme la plaine du Souss au Maroc, le bas-Iraq et l'oasis de Mendoza¹⁰ ; 4) Les oasis modernes plantées de produits à haute valeur ajoutée, comme aux USA ou dans les plaines cotonnières des anciens États socialistes comme l'Azerbaïdjan, l'Ouzbékistan, le Tadjikistan et le Kirghizstan.

Une autre typologie a été proposée par Yves Clouet (Clouet, 1995) puis retravaillée avec Vincent Dollé (Clouet & Dollé, 1998) : 1) Les oasis intra-désertiques du Sahara. Comme Yves Lacoste, ils insistent sur la nécessité de trouver un point d'eau dans le désert et de structurer l'oasis autour du forage, la vocation étant commerciale ou militaire ; 2) Les oasis de piémont, que l'on retrouve sur le pourtour méditerranéen, sur la Route de la soie ou au Yémen. Elles dérivent les eaux de montagne grâce à des barrages ; 3) Les oasis de plaine irriguée (Pendjab, Sind, Irak, Égypte). Les cours d'eau allogènes voient leurs eaux dérivées via de très grands barrages. Principalement tournées vers des cultures vivrières, elles commencent à s'orienter vers des cultures d'exportation ; 4) Sans les décrire, ils présentent aussi les oasis spéculatives, dans les pays du Nouveau Monde (Australie, Brésil, Argentine, USA), récentes et très intégrées aux économies de marché.

Vincent Battesti (2005) propose une typologie un peu plus complexe, basée sur le type d'économie plus que sur les paysages. D'autres auteurs s'intéressent à des oasis particulières, sans forcément dresser une typologie : ainsi Abderrazak Romdhane (1989) à propos de Gabès et Jean-Paul Deler (1991, cité par Marshall, 2009) à propos des oasis péruviennes, parlent d'oasis littorales. Contrairement aux domaines continentaux où les vents asséchants accentuent la transpiration de la végétation, elles ont la particularité de disposer des masses d'air humide du littoral.

Dans la conclusion du colloque *Oasis dans la mondialisation, ruptures et continuités*,

¹⁰ L'exemple de Mendoza est d'Yves Lacoste.

Jean-Louis Chaléard, Sabine Planel et Thierry Ruf reprennent les types déjà présentés et ajoutent que certaines oasis sont installées sur des cours d'eau permanents, d'autres sur des ressources intermittentes (Chaléard *et al.*, 2013). Ils/elles ajoutent aussi les oasis endoréiques et les oasis de montagne. Nous avons nous-même défini les oasis de montagne comme de mini-oasis de piémont, puisque les systèmes d'irrigation par dérivation des eaux de montagne et de réseau gravitaire sont assez similaires (Lavie & Fort, 2017).

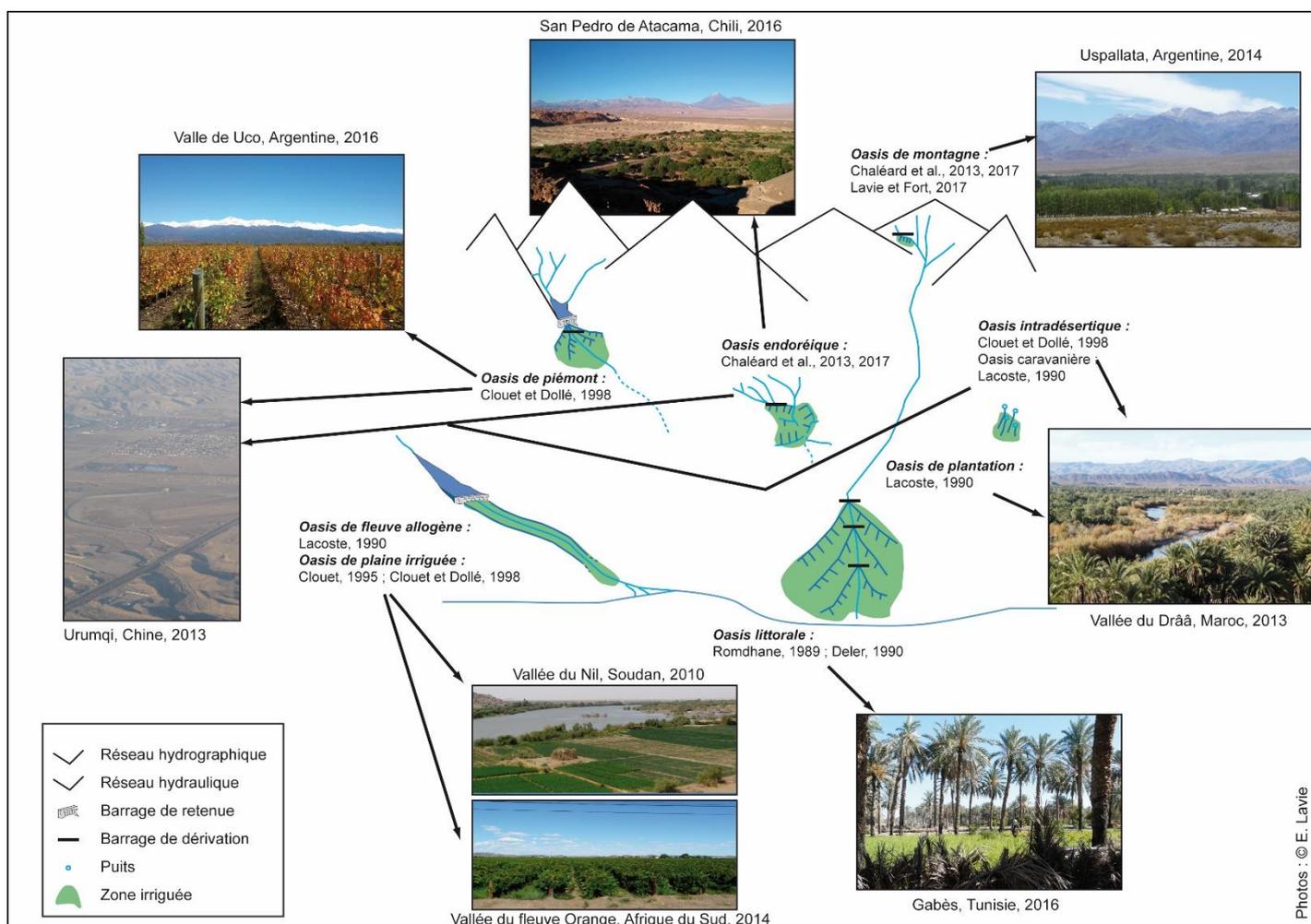


Figure 7 : Les types d'oasis selon la bibliographie

Si on change d'échelle, on peut retrouver à l'intérieur d'un ensemble oasien plusieurs types d'oasis. Slaheddine Abdedayem (2009) par exemple, dresse une typologie des oasis tunisiennes de Gabès, qui s'appuie à la fois sur l'ancienneté des systèmes et sur la dualité public-privé : 1) Il y a les périmètres irrigués publics, une « œuvre des autorités étatiques » où les points d'eau et le réseau ont été créés/édifiés par l'État, mais dont les parcelles sont privées. Parmi eux, les « oasis traditionnelles » ou « oasis-mère » créées de longue date, avec un riche héritage basé sur une société de l'hydraulique (*Ibid.* : 64-69). La complémentarité entre l'oasis et la steppe où se trouve le bétail est aussi primordiale (Abdedayem 2009 ; Ayeb 2012 ; Abdedayem & Veyrac-

Ben Ahmed 2013) ; 2) Entre la fin du XIX^{ème} siècle et 1970 avec la sédentarisation volontaire des nomades, le modèle colonial des oasis a été adossé aux oasis anciennes. Ce sont les « oasis modernes » ou « oasis-fille », en périphérie des « oasis-mère » ; Ghannouch est un exemple type. Il parle aussi d'oasis périurbaines puisque les villes ont grandi sur les parcelles irriguées, entraînant une mutation dans les types de cultures ; 3) À partir des années 1970, la conquête de la steppe a été décidée, entraînant une croissance de 10 % par an¹¹. Des forages en aquifère profond et la réutilisation des eaux usées domestiques font l'assise de l'irrigation. On parlera ici de Nouveaux Périmètres Irrigués (NPI) (Abdedayem & Veyrac-Ben Ahmed, 2013 ; Veyrac-Ben Ahmed & Abdedayem, 2017).

Les périmètres irrigués privés se sont développés en parallèle de l'échec du collectivisme des années 1970 et des facilités d'échanges commerciaux. De même, de même que les NPI publics, dans ces NPI privés, non seulement la terre mais aussi le réseau d'irrigation appartiennent aux agriculteurs. Slaheddine Abdedayem (2009) estimait qu'ils constituaient près du tiers des périmètres oasiens du Gouvernorat de Gabès. Il distingue plusieurs sous-types : à puits de surface, à forage profond, illicites.

Outre cette classification, il décrit trois types de paysages (Figure 8) : 1) Les oasis à trois étages : palmier-dattier + arboriculture + strate herbacée ; « *c'est le paysage typique des oasis* » (Abdedayem, 2009 : 83). On reconnaît l'ancienneté des périmètres à la densité et la disposition des palmiers. Les deux autres strates varient d'une oasis à l'autre ; 2) Les oasis à deux étages : soit par dégradation de la santé des palmiers-dattier, soit elles ont directement été créées comme ça. Elles se déclinent en : palmiers + vergers ; palmiers + strate herbacée et pour les oasis périurbaines en vergers + strate herbacée ; 3) Les oasis de type NPI. Ici, que l'eau soit distribuée collectivement ou gérée privativement, une seule strate est visible : du maraîchage, du fourrage associé au petit élevage caprin/ovin ou de l'arboriculture.

Ces typologies d'oasis à différentes échelles et selon différents critères en font **un objet plus complexe qu'il n'y paraît, les oasis** ne sont donc pas des paysages uniques et figés. L'oasis est à la fois un paysage issu du développement agricole et/ou urbain dans un milieu peu arrosé grâce à une source d'eau. Mais c'est aussi, plus qu'un concept, **un objet géographique qui se matérialise par des jeux de pouvoir** pour la gestion de l'eau, **des conflits d'usage** entre les types d'acteurs et depuis la mondialisation des échanges à la fin du XX^{ème} siècle, **des trajectoires de politiques de développement** particulièrement variées.

¹¹ Je n'ai pas saisi clairement de quoi il s'agissait, je pense que c'est en termes de surfaces irriguées.

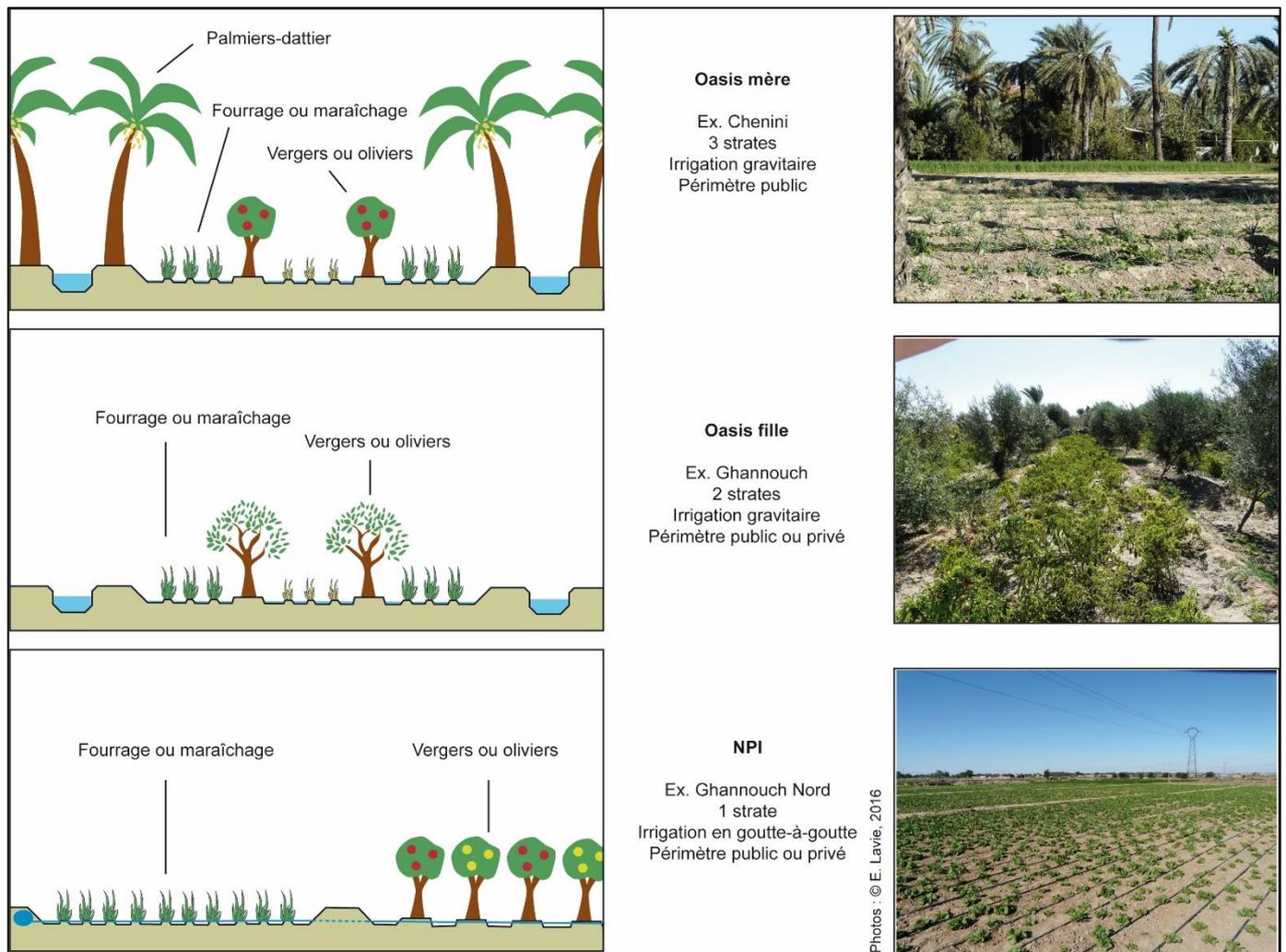


Figure 8 : Les types d'oasis littorales à Gabès

Sources : d'après Abdedayem, 2009 et observations personnelles de terrain

2.2.2. La mondialisation des espaces oasiens

Dans notre introduction à l'ouvrage *Oases and Globalisation, ruptures and continuities* (Marshall & Lavie, 2017), nous écrivions que depuis les années 1990, **la mondialisation est considérée comme une nouvelle phase dans l'intégration de phénomènes économiques, financiers, écologiques et culturels à l'échelle globale.** Au-delà des classiques objets de recherche sur les aspects économiques et financiers ou de recompositions géopolitiques, la multiplication des types d'échanges impliquait de regarder ce phénomène sous d'autres angles : ouverture des marchés, dynamiques territoriales, sociales, environnementales (Lombard *et al.*, 2006b ; Dollfus, 2007). J'ajouterais que les géographes ont su dépasser les approches globales des études sur la mondialisation pour s'intéresser aux impacts locaux, aux acteurs qui font la mondialisation et aux marges (Portes, 1997 ; Choplin & Pliez, 2015 ; Racaud, 2015 ; Choplin & Pliez, 2018).

- **La mondialisation dans la recherche en géographie française**

La « mondialisation » des espaces oasiens telle que je l’entends dans cette HDR s’appuie beaucoup sur les travaux de géographes français des années 2000 sur l’entrée brutale de pays du Sud dans ce phénomène mondial. La reconfiguration géopolitique mondiale qui a suivi l’effondrement du bloc de l’Est à la fin du XX^{ème} siècle a facilité la diffusion de marchandises et de capitaux à l’échelle planétaire. Alors que jusque-là certains pays étaient imperméables à l’établissement de firmes multinationales, **l’économie de marché qui semblait aller de pair avec la démocratie formelle, devient un modèle dominant** (Lombard, Mesclier & Velut, 2006a). C’est ce que Saskia Sassen appelle la « deuxième mondialisation », la « première » étant celle décrite, notamment par Fernand Braudel, sur les nouveaux échanges de la fin du XIX^{ème} siècle (Ghorra-Gobin, 2009). Cette « deuxième mondialisation » s’appuie donc sur le concept de *globalisation*¹² de Saskia Sassen qui s’applique avant tout à une extension des échanges via des firmes internationales. Vient ensuite une mondialisation des cultures, via la diffusion de modèles sociaux par exemple (Lombard *et al.*, 2006a). Ces auteur.e.s tiennent à l’usage du terme mondialisation plutôt qu’à globalisation puisqu’il n’a pas en français l’acceptation mondiale que *globalisation* a en anglais.

Plusieurs éléments issus de la bibliographie sur la mondialisation me semblent intéressants à relever ici pour présenter les oasis mondialisées ou en cours de mondialisation sur lesquelles j’ai travaillé :

- D’abord, « *la mondialisation n’est pas un fait qui s’impose de lui-même (...) : il s’agit bien d’un processus social, construit, porté, approprié et transformé par des acteurs sociaux* » (Lombard *et al.*, 2006a). Cela n’invalide pas l’idée d’une diffusion de modèle depuis les pays développés à économie de marché vers d’autres espaces, mais cela met en avant le rôle des acteurs de l’échelle planétaire à celle des territoires dans la diffusion des flux de marchandises, de capitaux ou de mouvements culturels et sociaux ;
- Ensuite, les nouveaux territoires s’organisent (*Ibid.*). On observe alors des inversions de structure, ou à moindre mesure des changements dans les centralités et les polarisations (Reynaud, 1981 ; Cattan, 2006 ; Chaléard 2014 ; Chaléard *et al.*, 2016 ; Lavie *et al.*, 2017) ;
- La mondialisation a donc été étudiée par les géographes sous l’angle des acteurs et des territoires, faisant ressortir une certaine uniformité dans les processus de diffusion de ce mouvement. Or, dans les Suds, les spécificités régionales et locales révèlent plutôt des originalités, en particulier une accentuation des disparités plus brutale que dans les Nord (Lombard *et al.*, 2006a ; Gervais-Lambony & Landy, 2007). **Cette entrée rapide dans la mondialisation a d’ailleurs parfois été considérée comme une nouvelle**

¹² J’ai décidé d’utiliser l’anglais britannique dans tout ce manuscrit. Je privilégie ici *globalisation* qui sera en italiques en anglais, plutôt que *globalization*, d’orthographe étatsunienne.

forme d'impérialisme, puisque vécue comme l'application de modèles occidentaux portés par des acteurs, généralement des firmes internationales, déjà bien insérés dans la mondialisation.

- **Que sont alors des oasis mondialisées ?**

D'abord, je ne suis pas du tout convaincue que les oasis aient vécu (ou vivent) la mondialisation différemment des autres espaces de production. Leur insertion dans les échanges, au moins régionaux, ne date pas de la fin du XX^{ème} siècle. Les oasis de la Route de la soie, les échanges de part et d'autres des cordillères himalayenne et andine (Lavie & Fort, 2017), transsahariens (Lacoste, 1990) ou transméditerranéens, sont des exemples. Reste que la lecture de la bibliographie sur les oasis et la co-direction de la publication de l'ouvrage *Oases and globalisation, ruptures and continuities* (Lavie et al., 2017) me laissent à penser que **les oasis mondialisées du Sud ont connu les mêmes formes de mondialisation que l'ensemble des territoires du Sud** décrits par les collègues précité.e.s (Lombard et al., 2006a ; Gervais-Lambony & Landy, 2007).

Pour définir une oasis mondialisée, je vais m'appuyer sur celle d'une ville mondiale. Cynthia Ghorra-Gobin, dans un article visant à mieux définir « ville mondiale » et « ville globale », fait une synthèse de l'usage de ces deux termes en anglais, s'appuyant notamment sur les travaux de John Friedman, Goetz Wolf ou Saskia Sassen (Ghorra-Gobin, 2009). Son hypothèse principale est que si les chercheur.e.s anglo-américain.e.s utilisent indifféremment les deux, leur distinction est nécessaire « *si l'on veut éviter d'associer le processus de la mondialisation à sa seule dimension économique. Ainsi « ville globale » paraît approprié quand il s'agit de mettre en évidence l'articulation entre une ville et l'économie globale alors que l'idée de « ville mondiale » s'avère plus pertinent pour signifier le degré d'attraction qu'exerce une ville à l'échelle mondiale en raison de son passé historique, de son patrimoine, de la spécificité de sa production à une époque donnée ou encore de sa capacité à attirer des flux de touristes* » (Ibid.). Elle y ajoute que la « ville globale » qualifie mieux les espaces bien insérés dans la deuxième mondialisation ou *globalisation*, tandis que la « ville mondiale » fait aussi appel à d'autres facteurs de la mondialisation comme les champs culturels, historiques et/ou patrimoniaux.

En m'appuyant sur les travaux de Cynthia Ghorra-Gobin sur la distinction entre ville mondiale et ville globale, tout comme sur la définition de « ville-monde » généralement associée aux travaux de Fernand Braudel, il m'est possible de définir une oasis mondiale ou mondialisée. En effet, l'oasis est un territoire construit *ex nihilo*, porté par des acteurs et inséré dans un tissu d'autres territoires, au même titre qu'une ville.

Une oasis mondialisée est donc globale, puisqu'elle s'insère dans des réseaux d'échanges de produits et de capitaux d'échelle planétaire, mais surtout parce qu'elle peut organiser ces flux, à savoir qu'elle a un rôle de commandement. Mais

elle est aussi mondiale puisque son patrimoine culturel et cultural lui donne une certaine attractivité, pouvant être valorisée sur le plan touristique. L'oasis mondialisée peut donc être un ancien territoire colonial mais ce n'est pas un critère déterminant.

2.2.3. Le choix des villes-oasis mondialisées

Le titre est un peu exagéré : je n'ai pas fait le choix de travailler sur des oasis mondialisées. J'ai découvert Mendoza en thèse en 2006 grâce à Jean-Noël Salomon, et Khartoum en post-doctorat en 2010 grâce à David Blanchon. Mon intérêt pour les dynamiques de mondialisation des oasis est issu de ma collaboration avec Anaïs Marshall dès 2013. Mes recherches sur Gabès sont venues de ma participation à l'encadrement de thèse de Jouda Ben Arfa suite au décès de Gérard Beltrando, mais dans ce cas le terrain (2016) a été postérieur à mes travaux sur la mondialisation. Enfin, j'ai accompagné des étudiant.e.s de M2 à Ouaouizerth (2018) et ai pu observer des dynamiques de tentatives d'insertion dans la mondialisation des échanges.

De fait on ne peut pas parler d'un échantillonnage *a priori* puisque les terrains sont plus liés à des réseaux de recherches, mais d'un constat *a posteriori* de similitudes entre ces terrains. En effet, ces villes-oasis ont pour point commun de constituer un ensemble hétérogène d'espace urbain et d'espace cultivé irrigué dans un milieu aride. L'interaction entre l'espace de production (zones cultivées) et l'espace de consommation et de services (villes) est quotidienne et la croissance des villes se fait dans les quatre cas sur les espaces irrigués. Ainsi les villes grignotent les oasis qui elles s'étendent sur le désert environnant. Différentes par leurs contextes géographiques, politiques et historiques, ces quatre villes-oasis sont aussi insérées dans des dynamiques mondialisées peu comparables.

De la même manière, les « Suds » sont divers, à l'image des quatre terrains concernés. L'Argentine est un pays émergent qui a souffert de crises financières et politiques successives. L'écho positif aux politiques néolibérales voulues par le Consensus de Washington a permis à des entreprises (parfois familiales) étrangères d'investir dans la filière viticole à Mendoza, entraînant une mutation rapide du système de production/transformation/vente dans les années 1990. La Tunisie est un pays émergent qui a connu une certaine stabilité politico-économique jusqu'aux prémices du Printemps arabe. Des choix de spécialisation des régions (tourisme, industrie, etc.) ont transformé le système oasien de Gabès dans les années 1970, devenu un centre industriel majeur aux dépens des espaces agricoles. Une nouvelle mutation est d'ailleurs en cours depuis ce changement politique récent. La situation marocaine est assez similaire, même si le contexte politique n'est pas comparable : l'hyperspécialisation des espaces vers l'agriculture et le tourisme, montre une volonté d'insertion dans les échanges avec l'Occident, notamment l'Europe. Ce qui est intéressant est que l'oasis de Ouaouizerth n'en est qu'au début de cette démarche. Enfin, le Soudan est considéré comme un PMA (Pays les moins avancés), soit un pays

en développement non-émergent. Khartoum a connu une croissance exponentielle due à l'arrivée de migrants régionaux suite aux crises entre l'Éthiopie et l'Érythrée, au Soudan du Sud et au Darfour. L'exportation du pétrole du Soudan du Sud depuis les années 1990 jusqu'à son indépendance en 2011 a constitué une économie de rente qui a aussi permis un changement de politique de la Capitale, modifiant là encore la structure interne de la ville-oasis.

Les très rapides mutations des systèmes des villes-oasis de Mendoza, Gabès, Khartoum et Ouaoouizerth, **font suite à une insertion dans un système mondial d'échanges** (vin à Mendoza, phosphate à Gabès, pétrole à Khartoum) et une volonté de suivre cette dynamique via l'exportation d'huile d'olive pour Ouaoouizerth. Leurs histoires, malgré des temporalités et des degrés différents, correspondent à ce que décrivaient Jérôme Lombard *et al.*, (2006) : « *Ce qui particularise de manière générale la mondialisation dans les pays du Sud, c'est la rapidité et la violence avec lesquelles les évolutions se produisent* ».

Si je reviens à la définition donnée aux oasis mondialisées, je peux dès lors classer ces quatre terrains :

- **Mendoza est une oasis globale**, très bien insérée dans des marchés de consommation, mais c'est aussi une **oasis mondiale** dont le patrimoine culturel (viticole surtout) est très bien mis en valeur sur le plan économique et/ou touristique. Il suffit de voir les afflux de touristes états-uniens au moment de la fête des vendanges en février.
- **Gabès est également une ville globale mais de second rang**, avec une moindre capacité à organiser des flux, elle reste plus dépendante de la mondialisation économique qu'elle n'en est un acteur décisionnaire comme Mendoza. Mais c'est aussi une **oasis mondiale** par son patrimoine culturel et cultural, bien mis en valeur sur le plan touristique jusqu'il y a une décennie.
- **Khartoum est une ville globale** puisque capitale politique d'un pays qui exporte du pétrole. Elle a une certaine influence sur le monde arabe. Pour autant, la ville et l'oasis en soi ne produisent pas de produits destinés à l'exportation. **Ce n'est pas une oasis mondiale** puisque son patrimoine et sa culture ne sont en rien diffusés.
- Enfin **Ouaouizerth n'est ni globale ni mondiale**, mais son ambition serait de le devenir.

- **Mendoza, vignoble du Nouveau Monde**

Les oasis de Mendoza sont situées sur le piémont des Andes, au cœur de la diagonale aride sud-américaine¹³. Le long de cette diagonale aride chaude ou froide se sont créées puis développées une quantité d'oasis plus ou moins grandes.

Un chapelet d'une demi-douzaine d'oasis s'est donc établi dans la dépression du Cuyo, sur le piémont central argentin. Marqués par l'usage agricole, ces espaces irrigués accueillent aussi des villes comme San Juan ou Mendoza (Figure 9).

Parmi les oasis du Cuyo, je me suis intéressée à celles de la province de Mendoza, à savoir l'oasis du río Mendoza, l'Oasis de Valle de Uco, l'Oasis de General Alvear et partiellement celle d'Uspallata. L'oasis du río Mendoza est située en plaine, celle de Valle de Uco dans un graben de piémont, celle d'Uspallata en montagne et celle de General Alvear en plaine semi-aride. Elles sont donc soumises à des climats et des topographies divers. Pour autant, on notera une évapotranspiration nettement supérieure aux précipitations, comme à Mendoza où la situation d'abri implique une humidité relative inférieure à 50 %, une évaporation potentielle de 782 mm et un déficit hydrique annuel moyen de 562 mm (Salomon & Prat, 2004).

D'après des documents datant du début de la colonisation hispanique, les Huarpes, une communauté locale, auraient développé l'agriculture irriguée sur le cône alluvial du río Mendoza et dans la vallée d'Uspallata depuis environ 1700 ans av. J.-C. (Chambouleyron, 2004 ; Ponte, 2006). Les Incas sont arrivés en 1481 et se sont mêlés aux Huarpes, améliorant le réseau d'irrigation primitif. « *Quand les Espagnols sont arrivés, le site disposait déjà de quatre grands canaux alimentant la population locale en eau* » (Chambouleyron, 2004).

À peine 80 ans plus tard, en 1561, les colons Espagnols ont atteint le Cuyo et commencé la construction d'un grand ensemble irrigué, passant de 50 à 160 ha sur l'ensemble du XVII^{ème} siècle. Le choix a été fait de concentrer la production sur deux secteurs : des céréales moulues par des moulins à eaux installés sur les canaux d'irrigation ; et des fourrages pour le bétail. Les animaux arrivaient de la Pampa humide argentine à l'est, et s'arrêtaient quelques semaines dans les oasis du Cuyo pour grossir avant la traversée des Andes à pattes, et être vendus au Chili. Il faut dire que par décret royal (espagnol), le commerce par Buenos Aires était interdit, les produits devaient passer par le Pérou. Deux routes existaient alors : par le Haut Pérou (Bolivie) ou par bateau depuis Valparaiso au Chili. La place de Mendoza dans la mondialisation n'est donc pas récente (Chambouleyron, 2004 ; Richard-Jorba, 2004, 2006).

¹³ La cordillère des Andes faisant barrage aux masses d'air humides, un désert côtier est visible des côtes équatoriennes, péruviennes et nord-chiliennes ; puis autour du 30° de latitude Sud, en zone tempérée, la diagonale passe sur le versant oriental des Andes, du nord au sud de l'Argentine. La Patagonie fait partie de la diagonale aride, mais ce sont les vents asséchants issus de la dérive antarctique qui expliquent le climat sec.

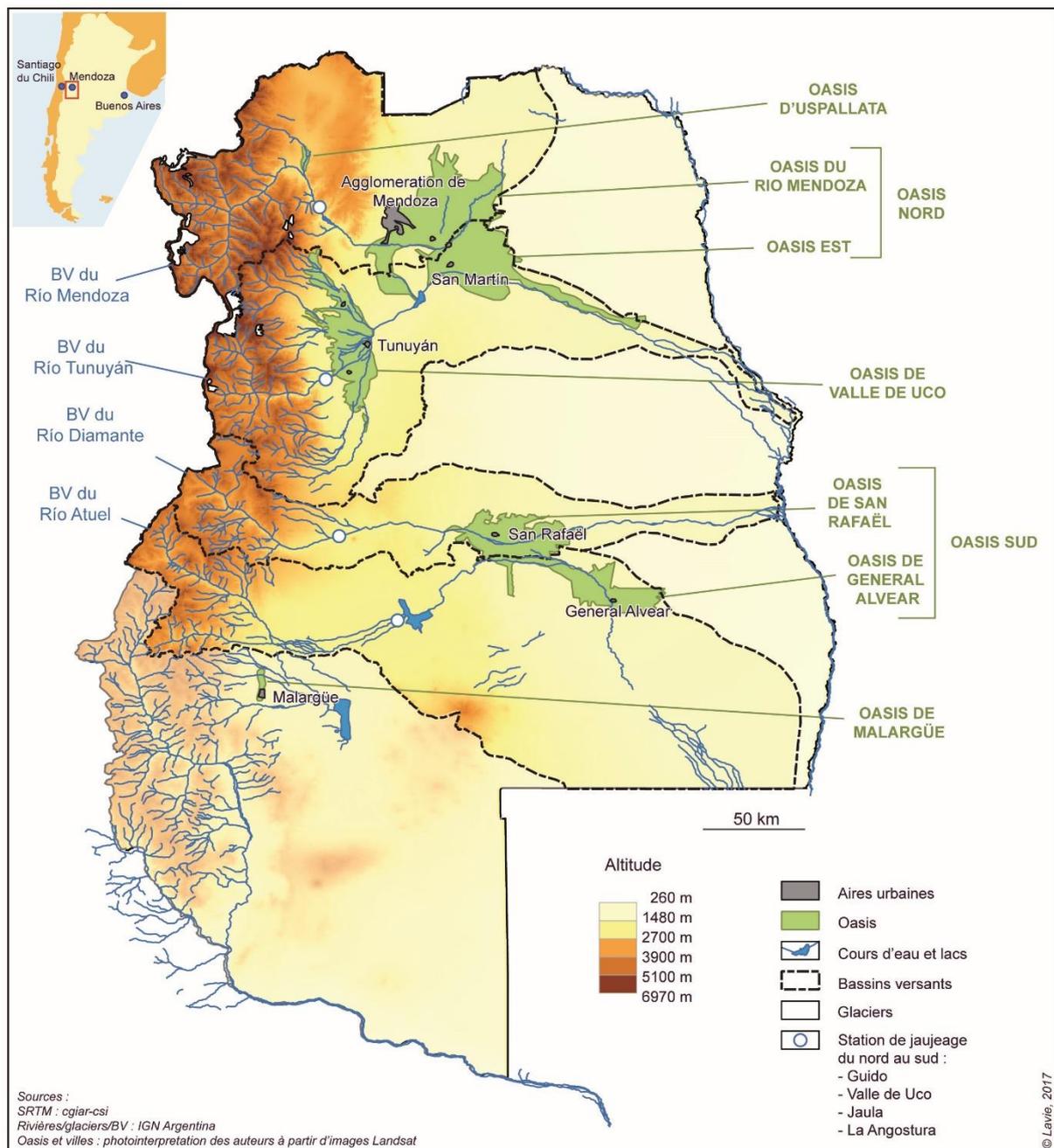


Figure 9 : Les oasis de la province de Mendoza

Source : modifié d'après Delbart *et al.*, 2015b ; Lavie *et al.*, 2017

Le changement de système de production commence au XIX^{ème} siècle, quand la toute jeune République argentine¹⁴ parie sur l'immigration européenne pour exploiter l'ensemble de son territoire. La majorité des Mendocino/as descend des immigrant.e.s arrivé.e.s entre 1884 et les années 1930. Ils/elles sont venus avec des habitudes culturelles et culturelles différentes et ont transformé en profondeur le

¹⁴ L'Argentine proclame son indépendance de l'Espagne en 1810, elle a été acquise définitivement en 1816.

paysage oasien, en même temps que l'élevage devenait de moins en moins rentable. La plupart étant Italien.ne.s, Espagnol.e.s et Français.es, le système fourrage/élevage/céréale a été remplacé par un système cultural méditerranéen : vigne, vergers, oliviers. Parallèlement, l'industrie de la farine a été remplacée par celle de la mise en conserve des fruits et légumes et par la vinification (Pérez Romagnoli, 2007 ; Montaña, 2007 ; Robillard, 2010). Malgré plusieurs crises économiques et agricoles, les « *oases of the Province of Mendoza, with their economic model based on the coupling of Mediterranean cultures and agri-food-related industries, experienced some evolutions during the 20th century, but no real structural change* » (Lavie et al., 2017).

Le vrai changement est arrivé dans les années 1990. Depuis une vingtaine d'années, la consommation de vin en Argentine avait chuté de 90 l./an/hab en 1970 à 54 l./an/hab. en 1990 (*Vitivinifera*, 2002 : 17, cité par Tulet & Bustos, 2005. Les exportations étant négligeables, il a fallu orienter la production vers un marché mondial qui s'intéressait depuis peu aux vins du Nouveau Monde (Faliès et al., 2018). « *The new orientation of the agricultural sector and the entry of globalised actors into the region were helped by two local and national contexts: firstly, a new economic orientation at the national scale. In fact, the new Republic was incapable of sustaining the economy in the 1980s. In return for the cancellation of part of the debt and the staggering of the remaining debt, the new President Menem (1989-1999) agreed to follow the Washington Consensus, such as the liberalisation of external trade and market deregulation, imposed by the International Financial Institutions (International Monetary Fund, World Bank). Then, in the Province of Mendoza, local Governor Bordón started a provincial project of territorial marketing, so as to attract foreign investors (Velut, 2002 ; Robillard, 2010)* » (Lavie et al., 2017).

Ainsi, les spécialistes européens et nord-américains de la filière viticole qui étaient venus apporter leurs conseils, ont été parmi ceux qui ont ensuite investi dans une nouvelle viticulture et la fructiculture. Une des conséquences sur lesquelles nous reviendrons dans la Partie 2 est une expansion des oasis, non plus vers le désert en aval du réseau, mais vers le piémont, ce qui a été rendu possible grâce à une loi assez permissive concernant l'usage des eaux souterraines et à de nouvelles techniques d'irrigation pressurisée (Lavie et al., 2017 ; Faliès et al., 2018).

- **Khartoum, le pétrole comme économie de rente**

Khartoum est la capitale politique et administrative du Soudan. J'ai effectué mes terrains de post-doctorat en 2010, avant la partition du pays en deux États suite au référendum du 9 juillet 2011. Il s'agit d'une agglomération constituée de trois villes qui se sont développées sur les rives de la confluence des Nils (Figure 10). La présence des fleuves allogènes a donc permis le développement d'une cité dans ce désert aride à longue saison sèche (9 mois) et courte saison des pluies (de juillet à octobre sur une vingtaine de jours), avec des maxima dépassant les 40°C pendant 3 mois par an. Les précipitations totales annuelles inférieures à 170 mm sont typiques

de milieux arides et la sécheresse est accentuée par une couverture nuageuse faible, des températures élevées, donc une évapotranspiration de 2900 mm/an (Shahin, 1985 277).

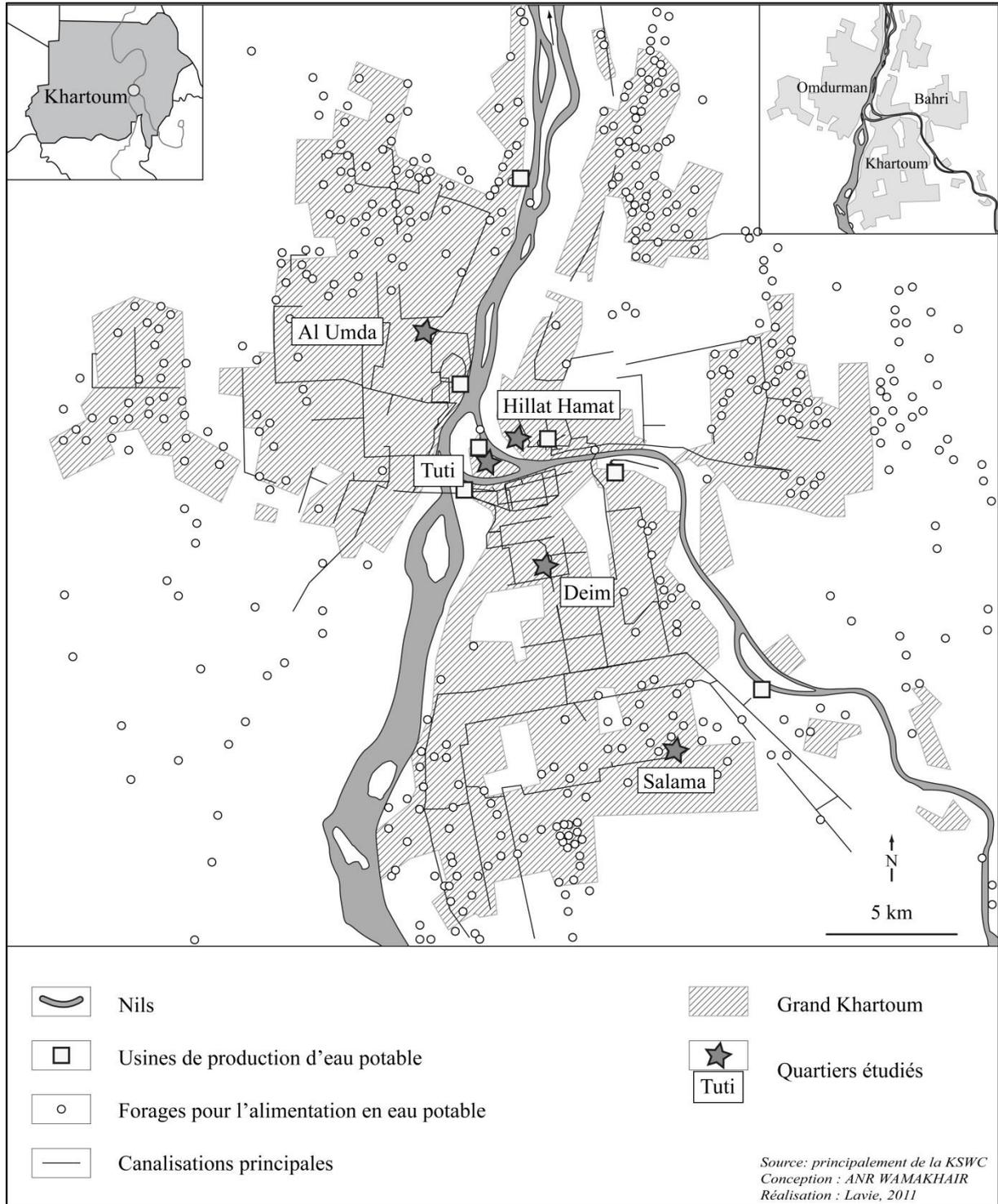


Figure 10 : L'agglomération de Khartoum née de la confluence des Nils

Source : Lavie & Hassan El-Tayib, 2014

Au sud, entre le Nil Blanc venu du Lac Victoria et le Nil Bleu né au Lac Tana en Éthiopie, se trouve Khartoum City, la ville politique et coloniale. À l'ouest, sur les rives du Nil Blanc et du Nil principal s'est développée Omdurman, la ville culturelle, populaire, religieuse ; c'est surtout la plus peuplée. Au nord-est s'est construite Bahri (=Nord), une ville plutôt industrielle. Cette agglomération de 5,5 à 6 millions de personnes¹⁵ a connu une croissance assez exponentielle suite aux crises politiques successives, attirant des populations déplacées par les guerres et les guerres civiles. La planification s'est faite le plus souvent *a posteriori*, avec des déplacements et des relocalisation de populations quartiers par quartiers (de Geoffroy, 2009). Sur le plan des services urbains, le réseau d'adduction en eau potable par exemple n'a pas pu suivre l'expansion spatiale de la ville.

Or à partir de 1999 et l'exploitation du pétrole de la province du Soudan du Sud, le Soudan est réellement entré dans la mondialisation des échanges, utilisant cette ressource naturelle comme base de son économie de rente. Et si on fait l'impasse sur la corruption liée aux investissements de cette manne financière (Beckedorf, 2012), on peut reconnaître que la population a en partie bénéficié de retours positifs. En effet, au regard des travaux d'Anne-Sophie Beckedorf (2012), dans les six années qui suivent la production et l'exportation de pétrole, la part de la population disposant d'un accès à l'eau potable à domicile passe de 35 à 60 % (Figure 11).

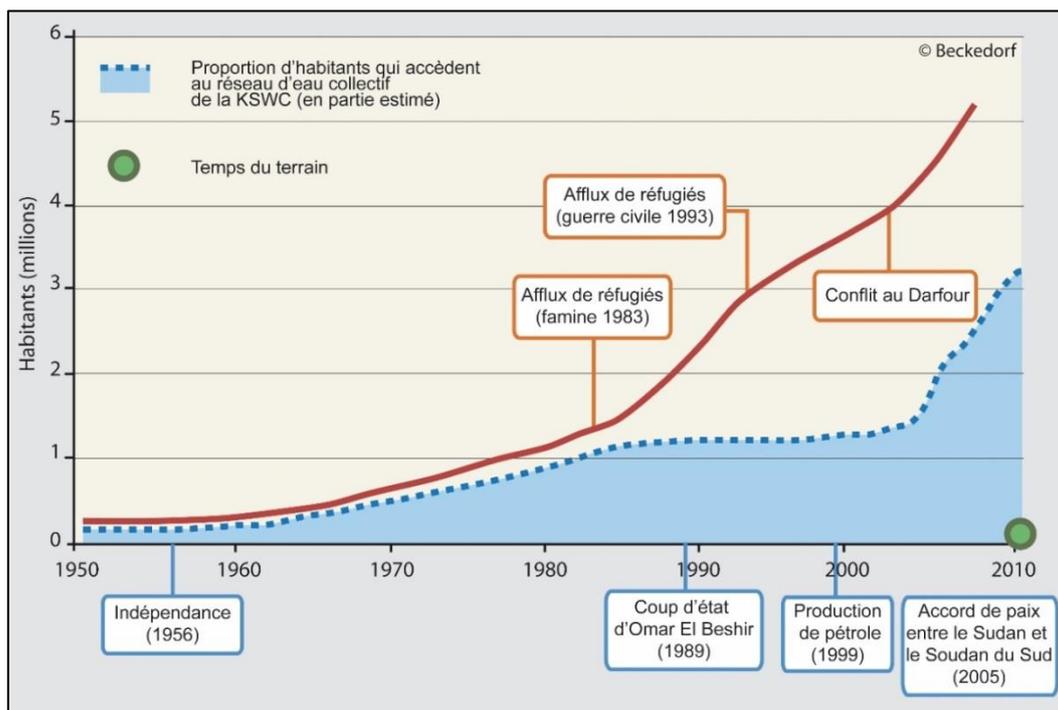


Figure 11 : L'émergence d'un déficit d'adduction en eau potable entre 1950 et 2010 à Khartoum

Source : modifié, de Beckedorf, 2012

¹⁵ Chiffre difficile à préciser selon le sociologue François Ireton (communication personnelle).

- **Gabès, oasis industrielle**

Le Gouvernorat de Gabès est constitué d'un chapelet d'oasis littorales (Figure 12) développées par les colons français sur un modèle à trois strates de végétation, irrigué par des oueds dans un milieu aride (précipitations de 175 mm/an) et chaud.

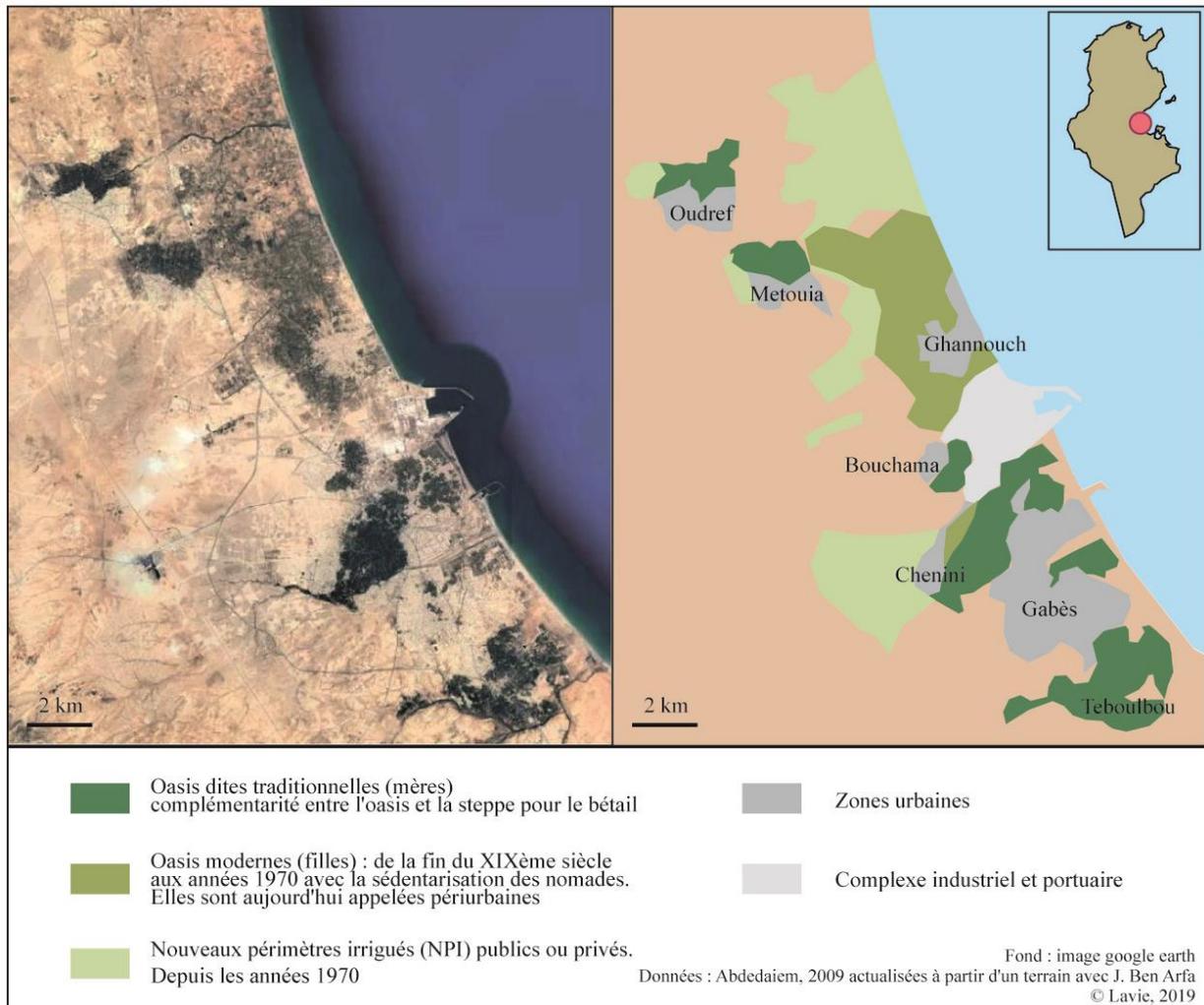


Figure 12 : Localisation des oasis de Gabès

Les sources d'eau sont issues de nappes dont l'alimentation est allogène (Abid *et al.*, 2009). L'agriculture a d'abord évolué en fonction des variations à la baisse de la disponibilité en eau superficielle, phréatique puis profonde. Mais un changement plus marqué s'est observé dans les années 1970, avec la construction du pôle chimique de Ghannouch « élément de taille pour la transformation de la société » (Abdedayem & Veyrac-Ben Ahmed, 2013 : 106). La bathymétrie du Golfe de Gabès offrant une situation portuaire commode, le site a été choisi pour accueillir des industries de transformation de phosphates et un port d'exportation. Le port est aussi une porte de sortie pour les produits agricoles comme la grenade et les olives, consommées en Tunisie et en Europe, alors que la production était jusque-là

consommée sur le marché local. Le pôle industriel surtout a été créateur de milliers d'emplois et de richesses pour la région (Ben Arfa *et al.*, soumis). Il a ainsi attiré dans les villes de Gabès et Ghannouch non seulement une population travaillant autrefois dans les oasis mais aussi nomades ou habitant dans les zones rurales plus éloignées. Ainsi, la population urbaine du Gouvernorat de Gabès est passée de 55 à 68 % de la population totale entre 1975 et 2000 (Abdedayem, 2009). Ce territoire est devenu une agglomération¹⁶ adossée à un espace agricole presque continu. La pression urbaine s'est faite assez forte sur les espaces irrigués, puisque la terre avait une valeur foncière plus importante en tant que terre à lotir qu'en tant que terre agricole (*Ibid.*). Mais cette bifurcation dans les politiques économiques vers le développement de l'industrie, a aussi entraîné une pénurie de savoir-faire traditionnel et de main d'œuvre agricole (Ayeb 2012 ; Ben Arfa *et al.*, 2017). Les résultats concernant Gabès sont liés à l'encadrement de Jouda Ben Arfa.

- **Ouaouizerth : tentative de certification de l'huile d'olive**

L'oasis de Ouaouizerth, dans l'Atlas marocain, a développé une oléiculture irriguée en terrasses, sur lesquelles des cultures secondaires (fourrages, céréales, pâturages) peuvent être pratiquées (Figure 13).

Des sources et un oued sont détournées pour arroser une oasis via un réseau de *seguias* (canaux), tandis que les terrains adjacents, appelés *bours*, sont voués à une agriculture pluviale qui fonctionne difficilement, étant donné les extrêmes climatiques. Avec des températures annuelles moyennes estimées à 18-19°C et des précipitations évaluées à moins de 150 mm/an d'après des oléiculteurs rencontrés mais à 500 mm/an selon Taïbi *et al.*, (2015), je classerai Ouaouizerth comme en domaine semi-aride. Les aquifères sont quasi inexistantes (*Ibid.*) et seules les eaux de fonte des neiges alimentent les cours d'eau et les sources en périodes culturales. Les travaux de terrain réalisés par les étudiant.e.s du Master Espace et Milieux en février 2018¹⁷, que j'ai co-assisté.e.s, ont mis en évidence la volonté de certains oléiculteurs de développer encore plus leur production de manière à pouvoir alimenter une huilerie ouverte en 2017 (Figure 13), quitte à passer en monoculture exclusive. L'objectif à moyen terme est de faire certifier leur production agricole et agro-alimentaire afin d'exporter leurs huiles en Europe. On observe donc ici les prémices d'une mondialisation de la production, en décalage par rapport aux grandes plaines irriguées du Saïss voisin ou du Souss plus au sud, qui exportent beaucoup de produits agricoles.

¹⁶ Dont il est difficile d'estimer la population totale puisque les chiffres concernent des limites administratives bien plus larges. Mais plus de 250 000 hab. c'est certain, au regard de l'Institut National de la Statistique en 2014.

¹⁷ Sous l'égide de la fondation *AADEC-Attawassol* qui travaille pour le développement humain et agricole de la commune.

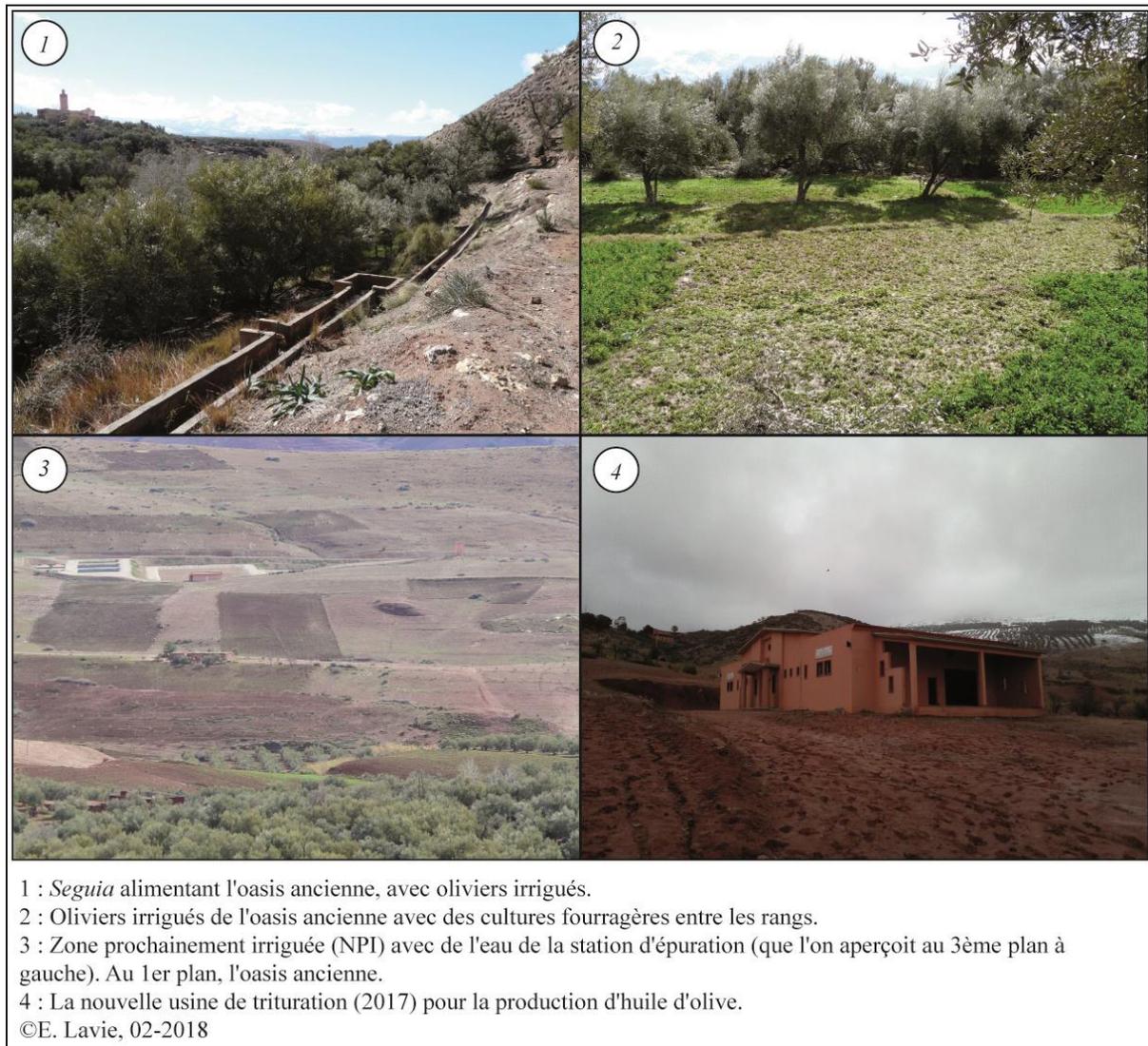


Figure 13 : Photographies de la filière oléicole à Ouauizerth

Les 4 villes-oasis de Mendoza, Khartoum, Gabès et Ouauizerth présentent donc des dynamiques différentes d'insertion dans la mondialisation. Les travaux de recherche réalisés sur ces terrains ont tous porté sur la ressource en eau, qu'elle soit à vocation agricole (Mendoza, Gabès et Ouauizerth) ou domestique (Mendoza et Khartoum). Ce choix de faire du terrain afin de disposer de données de première main aux échelles fines plutôt que de travailler sur des données statistiques générales, implique donc aussi un positionnement méthodologique.

2.3. Des approches méthodologiques très marquées par le terrain

Formée à la métrologie de la qualité des eaux d'irrigation, la nécessité de compléter ces données avec des dires d'acteurs s'est vite faite ressentir pour mieux pouvoir analyser les résultats. À partir de mon recrutement comme MCF, il m'a été impossible de rester de longs mois *in situ* pour réaliser de tels suivis. J'ai donc bifurqué de plus en plus vers une approche plus qualitative, à travers le passage d'entretiens semi-directifs avec les gestionnaires et les usager/ère.s. Je présenterai ici les méthodologies utilisées pendant les missions de terrain, qui me semblent utiles à discuter avant de présenter les résultats dans la partie suivante.

2.3.1. Mesures de la qualité : métrologie

Dès les premières discussions avec Jean-Noël Salomon, mon directeur de mémoire de maîtrise, il a été question de réaliser un suivi hydro-qualitatif de cours d'eau. J'ai été formée au sein du Laboratoire de Géographie Physique Appliquée du Département de Géographie de Bordeaux 3 par Frédéric Hoffmann, MCF en géographie. Il a toujours insisté sur la nécessité de la rigueur scientifique : choix des points de prélèvements, échantillonnage, transport des bouteilles, préparation du matériel de terrain et de laboratoire (notamment l'étalonnage et la vaisselle), tout le long du traitement des échantillons en laboratoire, puis de la base de données. La formation a concerné non seulement le suivi des nitrates et phosphates de la maîtrise à la thèse, mais aussi en la maîtrise d'appareils de mesures *in situ*, notamment pour la conductimétrie, la pHmétrie ou l'oxymétrie.

La méthodologie, sur laquelle je reviens dans le Chapitre 1 suit relativement le même fil : sélection des sites en amont et *in situ*, mesures et prélèvement, transport dans de bonnes conditions et post-traitements (Figure 14).

Concernant le matériel mis à disposition :

- Le Laboratoire de géographie physique appliquée (LGPA) de Bordeaux 3 m'a fourni un conductimètre-pHmètre de terrain et un spectrocolorimètre de laboratoire, pour mes études de maîtrise, DEA et thèse. S'est ajouté pour la thèse un oxymètre qui n'a pas supporté l'évaporation trop forte et s'est abîmé entre mes deux terrains de 2006 et 2007. Un conductimètre-pHmètre m'a aussi été prêté pour aller à Khartoum par le LGPA.
- Une partie des analyses en laboratoire à Mendoza ont été réalisées par la Faculté d'Agronomie de l'université Nationale du Cuyo. À Khartoum c'est l'*Unesco Chair Laboratory for water resources* qui a effectué les analyses.
- Depuis mon arrivé à Paris-Diderot, j'ai obtenu un BQR qui a financé un spectrocolorimètre. Les autres matériels ont été achetés par l'UMR PRODIG, tout comme les réactifs nécessaires aux analyses. Des réactifs sont

régulièrement commandés sur les crédits pédagogiques pour pouvoir former les étudiant.e.s de Master (plus rarement de Licence) à ces méthodes.

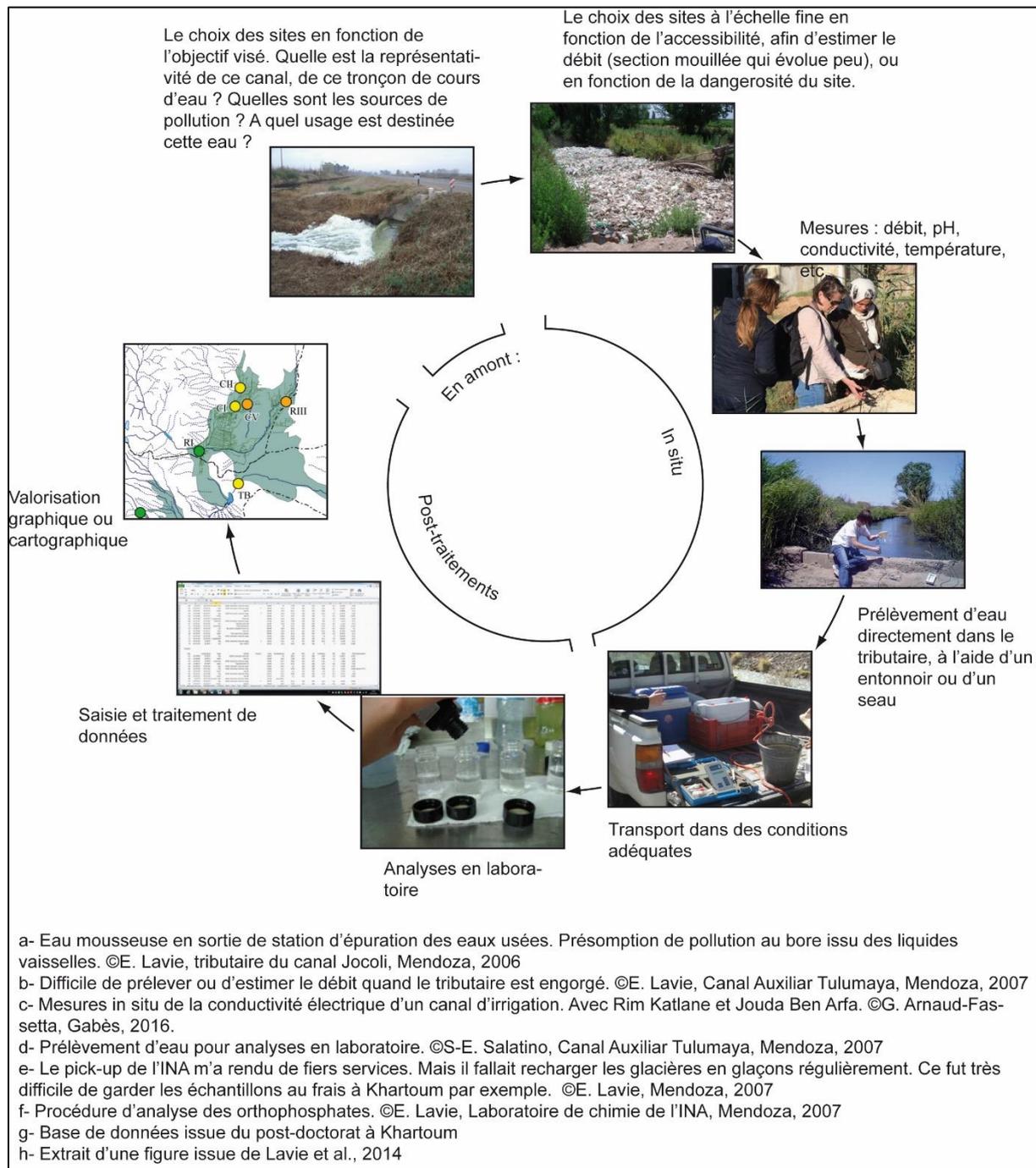


Figure 14 : Méthodologie d'évaluation de la qualité de l'eau

2.3.2. Les entretiens semi-directifs et la question de la langue

Les premiers entretiens réalisés lors de mes premiers terrains en thèse (en 2006 et 2007) étaient à la fois informels et mal préparés. Généralement l'entretien était

proposé par un.e collègue argentin.e ou organisé par un.e collègue à ma demande ; mes difficultés à comprendre l'espagnol au téléphone la première année expliquant cette manœuvre. Lors des entretiens, ma maîtrise moyenne de la langue rendait difficile l'aller-retour entre mes notes et la personne interviewée. De fait je ne relançais pas, laissant l'acteur/rice parler de ce qui l'intéressait. Au fur et à mesure des années (2012 à 2016), la maîtrise à la fois de la langue et de la concentration ont facilité les choses. Les entretiens répondent bien aux questions préparées à l'avance, je ne laisse plus la personne interrogée partir sur d'autres sujets. Lors des deux derniers terrains à Mendoza (en 2014 et 2016) Anaïs Marshall m'accompagnait. Réaliser des entretiens à deux est d'un intérêt capital : pouvoir se partager les rôles entre celle qui relance, discute, regarde l'interviewé.e dans les yeux... et celle qui note. Et après l'entretien, discuter ensemble des réponses recueillies et de leur interprétation est aussi quelque chose de riche.

À Khartoum (en 2010), les entretiens ont été réalisés par les deux collègues Noha Hassan El Tayib et Osman Ismaël en arabe et traduits au fur et à mesure en anglais. Ce ne fut pas des plus concluants : en effet lorsque Noha traduisait, les habitant.e.s trouvaient toujours des critiques à faire au système d'adduction, alors qu'avec Osman il n'y avait jamais aucun problème. Notre niveau d'anglais moyen à tous les trois, ajouté au fait que « traducteur/rice » n'est pas leur métier, m'ont laissé une réelle impression de perte d'information. Malheureusement ce post-doctorat a été trop court pour que je maîtrise l'arabe soudanais.

En Tunisie, j'ai surtout accompagné Jouda Ben Arfa, elle maîtrisait donc ses propres entretiens en arabe.

À Ouaouizerth, les étudiant.e.s français.e.s étaient toujours accompagné.e.s d'un membre de l'Association des oléiculteurs, qui étaient partie prenante du projet. C'est peu de le dire, les traductions des réponses furent subjectives...

2.3.3. De la difficulté de faire du terrain dans des pays instables et/ou être chercheuse dans des pays où les femmes sont moins considérées

Il y a un point commun dans mes travaux à Mendoza et à Khartoum : le caractère sensible dans lequel a été réalisée la recherche.

À Mendoza, j'étais en stage à l'Institut National de l'Eau (INA). Cette procédure fictive visait simplement à ce que je sois couverte en tant que doctorante par l'université Bordeaux 3, mais aussi que l'INA puisse m'accompagner sur le terrain, me fournir ses bases de données, pendant et après la thèse. Pour autant, à part une petite étude faite pour le compte de l'université Nationale du Cuyo, je n'ai jamais demandé d'autorisation de faire des enquêtes auprès des services de recherche, ni à la province, ni à l'université. Les entretiens n'étaient pas autorisés, mais par chance aucun agriculteur ne le savait et je ne suis d'ailleurs pas sûre que ça leur importait.

Cette jeune démocratie (1983) est encore très marquée par la bureaucratie. Les gestionnaires, même du DGI¹⁸, ne m'ont jamais demandé ce papier, mais ils/elles ne m'ont pas toujours répondu, du moins dans le nord, à Mendoza. À Alvear au sud ils/elles m'ont toujours bien accueillie (*idem* avec mes étudiantes).

Une autre difficulté a été celle de faire entrer des réactifs pour analyser les orthophosphates et les nitrates lors d'une mission de terrain de thèse en 2007. Les échantillons sont restés à la douane avant de m'être remis « *sans le droit de les utiliser* » (*sic.*), puisqu'il fallait que je prouve que le matériel n'existait pas dans les pays du Mercosur. Il s'agissait de matériel allemand acheté en France. Bien sûr personne n'est venu vérifier si je les avais utilisés ou non, mais les collègues de l'INA n'ont réussi à clôturer ce dossier qu'en 2011 seulement.

Mes mésaventures de terrain en thèse me sont parues assez légères quand j'ai commencé à travailler à Khartoum. Quand je suis arrivée en janvier 2010 pour trois mois, le collègue soudanais qui gérait le programme, Samawal El Makki, m'a tout de suite reçue pour me dire qu'il avait été convoqué plusieurs heures par la police suite aux recherches de doctorant.e.s européen.ne.s quelques mois auparavant. Sa peur était palpable et il ne m'a laissé aucune marge de manœuvre. Mon passeport a ainsi été gardé pendant deux semaines, je n'ai pas eu le droit de sortir de la ville et surtout, interdiction de faire du terrain, quel qu'il soit. Au bout de six semaines de blocage, j'ai dû changer la problématique de départ qui était d'analyser l'eau des puits, pour m'orienter vers les eaux utilisées dans la sphère domestique. En effet, dans les maisons on est moins visibles, moins vulnérables, on pouvait réaliser des prélèvements avec accord des habitant.e.s sans alerter les services d'ordre. Un des quartiers (Salama) était classé en zone rouge par le Haut-Commissariat aux Réfugiés car peuplé de déplacé.e.s Sud-Soudanais.es. Les six journées de prélèvement ont donc été résumées en quelques heures : c'est-à-dire que nous entrions avec Osman Ismaël, étudiant en Master, nous prélevions une bouteille, mais nous faisons les mesures *in situ* directement dans la bouteille, une fois sortis du quartier, dans la voiture, cachés. Je dois avouer que sur le coup, c'est ma propre sécurité de femme dans une dictature qui m'a inquiété, persuadée qu'Osman était juste là pour me surveiller. Et puis au retour on prend conscience que le risque est partagé, et que s'il m'a vraisemblablement surveillée, il a aussi pris des risques.

Il faut dire que la qualité de l'eau agricole, dans un secteur qui exporte, ou de l'eau potable en ville, est un sujet éminemment politique et je n'ai sûrement pas pris la mesure de l'enjeu pendant ces missions de terrain. Je n'ai pas compris pourquoi une partie de mes publications à Mendoza avaient été censurées, pourquoi les collègues qui m'accompagnaient au quotidien bloquaient les publications en espagnol. Le risque encouru, je ne l'ai saisi que bien plus tard. Je présente d'ailleurs ces éléments

¹⁸ *Departamento General de Irrigación* / Département Général d'Irrigation, voir Chapitre 3.

de contexte aux étudiant.e.s avant leur départ sur le terrain : « *attention, vous, vous pouvez rentrer, et puis l'ambassade est là, mais les collègues, eux/elles, ils/elles restent* ».

Enfin, situation sûrement commune à toutes les chercheuses, il n'est pas facile de faire des recherches dans des pays comme l'Argentine ou le Soudan où la femme n'est pas considérée comme l'égal de l'homme, à des degrés différents. Ce fut un peu marqué au Maroc, mais pas en Tunisie.

À Mendoza j'ai été régulièrement prise de haut. En effet une thèse est faite à partir de 27-30 ans, pour 5 ans au minimum. Or j'ai été recrutée MCF à 28 ans. Une des techniques a donc été de profiter de ma jeune apparence pour me faire passer pour une étudiante [lycéenne pendant la thèse (à 24 et 25 ans) ; doctorante quand j'étais MCF] ayant juste un travail simple à rendre à mes enseignant.e.s. L'impression d'absence d'enjeux à leurs yeux a délié certaines discussions. Donner l'impression à l'acteur homme qu'il en sait beaucoup plus que moi, jeune femme étrangère, et que je demande des éclaircissements, le laisser répéter des informations que je connais bien, furent certaines des stratégies mises en place.

Au Soudan, j'ai expérimenté des refus de me serrer la main ou de m'adresser la parole par les frères musulmans. Il me fallait donc toujours passer par Osman, un étudiant de Master : « *Emilie, you cannot check hand with a Brother, he cannot touch you, you can recognize them to their red beard (henné)* ». Pour autant, il faut reconnaître qu'être étrangère peut avoir des avantages. Je citerai ici le chapitre méthodologique de Laure Crombé¹⁹ : « *Comme d'autres auteures l'ont souligné à propos du Soudan et de l'Égypte (Chevrillon-Guibert, 2013 ; Debout, 201[2]), la place de la chercheuse blanche, dans une société où les rapports entre les genres restent très codifiés, s'avère même souvent un avantage (Chevrillon-Guibert, 2013 : 57). Être une jeune femme étrangère et non musulmane apportait curiosité et distanciation qui ont permis des contacts rapides auprès des groupes d'hommes qui gèrent les points d'eau ou la revente de l'eau. Si la question matrimoniale est revenue régulièrement, elle entraînait dans un échange d'information respectueuse, ou se faisait sous forme de plaisanterie* » (Crombé, 2017 : 132).

Reconnaissons enfin que la bifurcation de mes recherches de l'eau d'irrigation vers l'eau potable trouve aussi ses racines dans cette différenciation du genre. En effet, la sphère domestique reste une sphère de femmes, ce sont elles qui assurent les tâches ménagères et utilisent donc l'eau. Travailler avec les femmes a facilité les contacts, et justifiait aussi dans les pays à langue arabe, le choix d'une traductrice plutôt qu'un traducteur.

¹⁹ Qu'il faut conseiller à tout.e étudiant.e commençant un doctorat avec du terrain dans les Suds.

2.3.4. Des données de terrain à la valorisation

Ce sous-chapitre porte sur les méthodes d'acquisition de données. Il va de soi que les résultats ont été traités puis valorisés sur le plan (carto)-graphique. J'ai souvent privilégié les cartes et schémas. Les données de qualité des eaux ont d'abord été présentées sous forme de cartographie thématique (Figure 26 par exemple) mais aussi sous forme de schémas synthétiques (Figure 28). La partie 2 à suivre présente une partie des valorisations que j'ai pu faire de mes données issues du terrain.

Conclusion du Chapitre 2 :

Le risque de pénurie est une situation de crise qui s'explique par l'inadéquation de la demande à l'offre, notamment lorsque l'offre baisse suite à des sécheresses climato-hydro-potamologiques. Il se distingue de la rareté en eau qui est un phénomène chronique que les sociétés des milieux arides ont appris à gérer. Oui, mais d'une part, la rareté peut être instrumentalisée jusqu'à devenir dans les discours un véritable risque de pénurie. D'autre part, l'offre peut devenir plus faible alors que la demande augmente, faisant passer un territoire de pauvre en eau à déficitaire en eau. **Les oasis ayant été fondées dans des domaines climatiques où la rareté est chronique²⁰, elles deviennent un laboratoire pour qui souhaite étudier la gestion de la rareté et le risque de pénurie.**

Les villes-oasis sont des espaces intégrant secteurs agricoles, urbains et industriels en permanentes interactions. **Leur insertion dans la mondialisation a été rapide et date des années 1970 pour Gabès et 1990 pour Mendoza et Khartoum.** Les marchés mondiaux régulés depuis les Nord (Gervais-Lambony & Landy, 2007) ont entraîné une mutation des systèmes de production des oasis pour répondre aux marchés de consommation. Ainsi l'industrie du vin, du phosphate et du pétrole ont transformé profondément les paysages et les structures des villes-oasis.

Les oasis ont été présentées ici comme des territoires connaissant des dynamiques ordinaires de mutations territoriales dans le cadre de la mondialisation. Comme d'autres territoires, elles se spécialisent vers des activités qui peuvent être assimilées à des économies de rente (le vignoble à Mendoza, le pétrole au Soudan, l'industrie phosphatière et portuaire à Gabès, possiblement l'huile d'olive à Ouaouizerth). D'autres exemples déconstruisent cette idée, comme Liwa à Abu Dhabi qui est devenue une réserve d'eau potable stratégique pour les espaces urbains du littoral (Cariou, 2013, 2017) ou Uspallata en Argentine qui fut une oasis militaire et que je considère aujourd'hui comme une ville-oasis-station-service sur la Panaméricaine avant/après la traversée des Andes (Lavie & Fort, 2017).

Les bifurcations de structures, parfois stables depuis de longues décennies, ont aussi eu des effets sur les hydrosystèmes oasiens. L'irrigation superficielle gravitaire est peu à peu supplantée par des systèmes pressurisés connectés à des forages ; les modèles d'adduction en eau potable délaissent peu à peu des systèmes centraux pour des micro-réseaux par exemple. Ce sont ces mutations qui ont guidé mes recherches et qui seront présentées dans la Partie 2 *Trajectoires* ci-après.

Les approches méthodologiques expérimentées sur le terrain depuis les analyses d'eau vers des entretiens semi-directifs ont surtout démontré, s'il en était besoin, la nécessité d'adapter les approches à la problématique, mais aussi au site et à ses difficultés.

²⁰ À l'exception de Khartoum où les Nils et la nappe d'accompagnement située à leur confluence constituent une ressource en eau *in situ* notable.

Partie 2 : Trajectoires

Cette deuxième partie a pour objectif de faire le point sur les connaissances que j'ai pu acquérir sur la gestion de la rareté en eau dans les oasis mondialisées de Mendoza, Khartoum et Gabès, ou tentant d'intégrer la mondialisation comme Ouaouizerth. Ces deux chapitres reposent essentiellement sur la synthèse de mes articles et chapitres d'ouvrages, publiés seule ou collectivement, et aussi en partie sur le co-encadrement d'étudiant.e.s. J'irai donc au-delà du résumé de mes travaux pour proposer un regard plus distancié, qui met en perspective l'ensemble des résultats pour mieux comprendre les mutations des oasis. Regarder les oasis par l'eau me permet donc ici de présenter à la fois **la trajectoire de mes recherches post-thèse et celle des oasis elles-mêmes.**

La présentation de cette double trajectoire personnelle et oasisienne aborde en premier lieu dans le Chapitre 3 le rôle de la rareté en eau et de sa construction politique dans la structuration des villes-oasis sous l'angle de l'accès quantitatif. Dans un second temps, le Chapitre 14 abordera la question de la gestion de la rareté de l'eau sous l'angle de sa qualité.

Cette synthèse des travaux réalisés constitue à mes yeux un préalable indispensable au développement d'une réflexion sur les transferts de modèles de gestion de la rareté en eau entre continents qui seront en partie l'objet de la Partie 3.

Chapitre 3. Gérer la rareté : l'eau, élément structurant des villes-oasis

La **rareté** est une variable physique, hydrologique, le fait que les volumes disponibles et les écoulements soient limités. Cette rareté s'explique d'abord par la situation climatique dans laquelle se trouvent les oasis, à savoir la dépendance à une source allochtone par faiblesse des précipitations *in situ*. Pour rappel (Chapitre 2), la **pénurie**, *i.e.* une offre en eau inférieure à la demande, est à mes yeux une construction sociale, généralement due à une inadéquation de la demande à l'offre, donc de leur gestion.

La présence d'eau dans le désert n'implique pas forcément le développement d'une oasis, puisque des contextes politiques, économiques et sociaux sont des éléments au moins aussi importants (Lacoste, 1990 ; Battesti, 2005 ; Garcier & Bravard, 2014) (cf. *supra*, Chapitre 2). En effet, des choix politiques et des mutations de systèmes façonnent les paysages oasiens et peuvent anticiper des modifications dans les structures des oasis. Or, **dans l'ensemble de mes travaux est ressortie l'idée que l'eau reste l'élément *media* de ces évolutions** : les choix des décideurs, les alternatives à l'échelle locale, les développements ou dégradations des superficies irriguées, urbanisées... sont toujours liés à la disponibilité en eau. La gestion de la ressource a des effets sur les paysages et les structures oasiens mais la gestion par l'eau est aussi un élément structurant de ces milieux artificiels.

La question de la construction des pénuries et des jeux de pouvoir liés à la gestion de la rareté en eau est majoritairement issue de mes collaborations avec des collègues de l'UMR PRODIG :

- Des discussions dans le cadre des séminaires du Thème 3 *Territoires, rapports de pouvoir et mondialisation* du quadriennal 2010-2013 est née l'envie de construire un ouvrage collectif à propos de la géopolitique des ressources (Redon *et al.*, 2015) ;
- L'encadrement d'étudiant.e.s de Master à l'université Paris-Diderot, en particulier avec Nicolas Delbart, a permis de compléter ces approches en mesurant la disponibilité en eau issue de la fonte des neiges à Mendoza ;
- Des travaux plus ponctuels avec Gérard Beltrando et Cécile Faliès ont permis d'illustrer quelques mutations des modes de gestion de l'eau en Amérique Latine ; hors de PRODIG, il en a été de même avec Laure Crombé, Agathe Maupin et David Blanchon sur des études de cas africains ;
- Mais surtout, des travaux de terrain et des réflexions scientifiques avec Anaïs Marshall ont orienté mes travaux entre 2013 et 2017 sur les changements de structures spatiales des oasis par l'accès à l'eau potable et d'irrigation dans ces territoires où elle est rare.
- Par la suite, la participation à l'encadrement de thèse de Jouda Ben Arfa à Gabès en Tunisie et l'accompagnement d'une promotion de M2 Espaces et Milieux à

Ouaouizerth au Maroc m'ont offert la possibilité d'observer d'autres terrains de recherche aux dynamiques analogues.

Ce chapitre de synthèse s'appuie à la fois sur un état de l'art et sur des études de cas effectuées sur les oasis de Mendoza, Khartoum, Gabès et Ouaouizerth. Il est construit en trois temps : d'abord j'aborde la question du risque de pénurie en eau à Mendoza en croisant l'aléa sécheresse et la vulnérabilité des usager/ère.s. Par la suite, je présente des mutations des structures oasiennes par la gestion de la rareté de l'offre, d'une part, à travers l'exemple de l'eau agricole à Mendoza et Gabès et d'autre part, à travers celui de l'eau potable en périphérie de Mendoza.

3.1. Le risque de pénurie en eau à Mendoza

J'ai défini ci-avant la pénurie comme une construction sociale qui peut être exagérée ou manipulée pour faciliter des aménagements hydrauliques ou des modalités de gestion discutables. Reste qu'elle est aussi un risque, au croisement d'un aléa et de vulnérabilités.

Une oasis étant installée dans des espaces arides où les sécheresses climatiques et atmosphériques sont chroniques, le risque de pénurie est évidemment lié à la gestion collective des ressources en eau. Ainsi, la gestion du risque de pénurie en eau à Mendoza doit à la fois passer par l'estimation des ressources superficielles à détourner et par une gestion de la demande en eau, puisqu'elle peut participer à augmenter la vulnérabilité des usager/ère.s.

3.1.1. Anticiper l'aléa sécheresses hydrologiques par l'estimation des volumes de neige à fondre

Il semblait assez nécessaire de proposer un outil qui permettrait d'anticiper les écoulements en eau à l'échelle d'une oasis. L'oasis est un objet géographique très intéressant puisque l'eau du ciel n'est presque pas utile à l'agriculture et proprement inutile à l'eau domestique. Mendoza s'alimente en eau de fonte des neiges annuelles à 85 % (Salomón *et al.*, 2008) et cette couverture neigeuse est observable par télédétection, ce qui est un avantage majeur par rapport à des oasis s'alimentant en nappes comme à Gabès ou par les précipitations en amont du bassin versant comme à Khartoum. De plus, les quelques mois de latence entre précipitations neigeuses en montagne et écoulements liquides sur le piémont, typiques de régimes hydrologiques thermiques, permettent d'anticiper les volumes exploitables chaque année.

Issu de discussions avec Nicolas Delbart, collègue de l'équipe PRODIG au département de géographie de Paris-Diderot, ce projet de recherche s'est construit en plusieurs temps. La première étape de ce projet, que nous souhaitons pédagogique

autant que de recherche, a consisté à co-encadrer Régis Goma, étudiant en M1 GST. Il a analysé la couverture neigeuse sur un rectangle comprenant les quatre bassins versants principaux de la province de Mendoza (les bassins des ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante et Atuel) et a tenté de lier la couverture neigeuse (mesurée en extension spatiale) en fin d'hiver avec la quantité d'eau (mesurée en débits) s'écoulant dans les rivières au printemps et en été. Ce travail préliminaire a fait l'objet d'une présentation à une journée de l'AGF (Delbart *et al.*, 2013) puis de la rédaction d'un article dans le *Bulletin de l'AGF* (Delbart *et al.*, 2014). Nous étions assez frustré.e.s de l'absence de finesse des résultats : d'une part, ils ne mettaient pas en valeur la disparité des précipitations et des écoulements entre les différents bassins, d'autre part on observait la présence d'artefacts sur le río Atuel en hiver que l'on ne pouvait pas expliquer à cette échelle. Nous avons donc proposé à Samuel Dunesme, étudiant en M2 TGAE, de refaire ce travail en opérant un traitement à l'échelle de chaque bassin-versant et non plus d'un grand rectangle les englobant. La méthode, automatisée par programmation, a été présentée lors d'une *Journée de la Commission climatologie* du CNFG (Delbart *et al.*, 2015a). Malika Madelin, climatologue à l'UMR PRODIG et au département de géographie de Paris-Diderot, nous a alors rejoint.e.s et a contribué à mieux expliquer les variations spatiales de la distribution du manteau neigeux. La synthèse de ce projet de recherche a été publiée dans la *Revue de géographie Alpine* (Delbart *et al.*, 2015b) et fait l'objet d'une partie de la HDR de Nicolas Delbart (2017).

D'une part, à partir des « *cartographies de l'extension du manteau neigeux (...) fournies par le produit MOD10A2 (...) nous estimons la surface en neige et en nuage pour une période de 8 jours, et ce pour chacun des quatre bassins hydrographiques : Mendoza, Tunuyán, Diamante et Atuel* » (Delbart *et al.*, 2015b). D'autre part, nous disposons des débits moyens journaliers des quatre rivières précitées. Les courbes de la couverture neigeuse et des débits sont en opposition de phase, ce qui est logique pour des régimes nivo-glaciaires (Figure 15). Les stations ont été choisies en amont des barrages régulateurs afin d'être indépendant.e.s des lâchers d'eau par les gestionnaires. Une précision est importante : en amont de ces stations de mesure les rivières s'écoulent sur le socle ; il n'y a donc pas d'autre nappe que la très fine nappe alluviale associée au cours d'eau. La majorité des écoulements, concentrés ou diffus se fait en surface ou en sub-surface lorsqu'il y a un mince sol. La relation neige-débit est donc assez directe.

Sur le plan des processus, ce travail nous a permis de préciser le comportement des rivières en fonction des apports de neige l'hiver précédent. Des variations climatiques s'observent, au moins à court terme : « *À partir de l'été 2009-2010 (décembre 2009-février 2010), des années sèches (jusque-là assez exceptionnelles comme en 2003-2004), sont devenues plus fréquentes. (...) [L]es volumes annuels ont baissé (par exemple pour la rivière Mendoza, le débit moyen est de 49,4 m³/s pour la décennie 2001-2012 mais seulement de 27,3 m³/s entre juillet 2010 et juin 2011)* » (Ibid.). Mais surtout, et c'est

assez important en termes de gestion de l'irrigation, le comportement saisonnier des écoulements a aussi évolué : les hautes eaux printanières sont visibles, mais on n'observe plus aussi clairement le replat entre la crue de printemps et la crue d'été. En d'autres termes, « le régime hydrologique semble avoir muté de nivo-glaciaire à nival, peut-être même nivo-pluvial, mais des données climatiques sont nécessaires pour valider cette hypothèse et la période étudiée est trop courte pour conclure à un changement de régime significatif » (Ibid.).

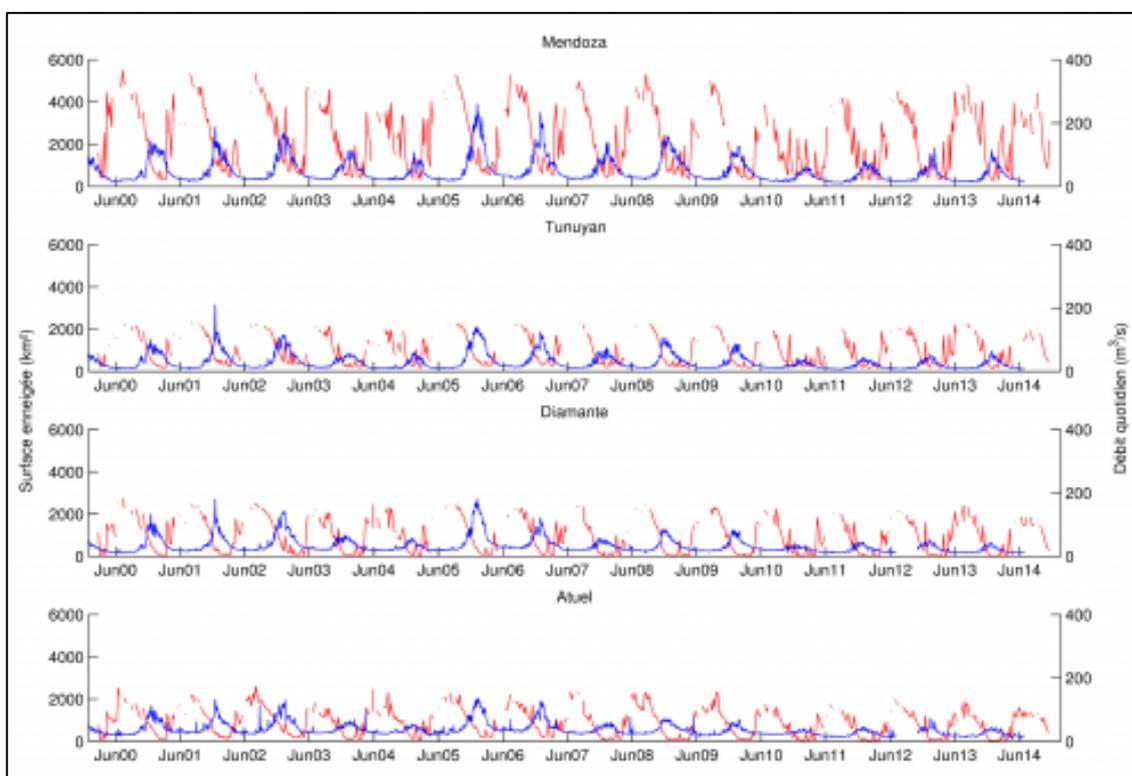


Figure 15 : Relation entre la surface enneigée (en rouge) et les débits des rivières (en bleu)

Source : Delbart *et al.*, 2015b

La précision de la méthode d'estimation de la couverture neigeuse entre 2013 et 2015 nous a aussi permis de mieux comprendre le comportement différent de l'Atuel, rivière la plus australe : si lors des hautes eaux elle se comporte comme les autres rivières de la province, elle « présente des variations erratiques en dehors, lors des basses eaux, avec des pics de crue pendant la saison de l'embâcle nival » (Ibid.). Nous avons proposé deux hypothèses pouvant expliquer ces pics de crue en hiver : d'une part, des orages sur le piémont, d'autre part, « une soudaine fonte des neiges lors des jours de foehn marqué. Le foehn de Mendoza (appelé Zonda) crée de hautes amplitudes thermiques diurnes, en particulier en hiver : les températures peuvent monter de 30 à 40°C en quelques heures (Norte, 1988) » (Ibid.). Cette seconde hypothèse nous semble plus probable, puisque ces très brefs pics de crue sont toujours en lien avec une réduction de la surface couverte par la neige dans le bassin versant la même semaine.

Sur le plan de la méthodologie, « les différences de débit entre les rivières vont de pair avec celles des surfaces enneigées pour chaque bassin hydrographique, elles-mêmes en lien avec les dimensions des bassins. Les variations interannuelles du module annuel semblent, pour les quatre cours d'eau, en partie liées à celles du manteau neigeux » (Ibid.). En nous intéressant de plus près à la période des hautes eaux (septembre à avril), on observe qu'elle est assez systématiquement en lien avec la surface enneigée en septembre. Ainsi, les images étant disponibles gratuitement dix jours après la prise de vue, « il est donc possible d'anticiper un risque de pénurie durant la période septembre-avril dès fin septembre ou début octobre. Puisque les résidus sont plus faibles lorsque l'on utilise les données d'octobre, il est possible de fournir une seconde prévision un peu plus précise début novembre » (Ibid.), malgré des différences entre les bassins, eu égard à leur position latitudinale et leur exposition aux précipitations neigeuses. Bien qu'imparfaite (voir les biais méthodologiques in Delbart et al., 2015b), l'erreur moyenne étant de 15 %, cette méthode permet de fournir assez tôt au printemps (septembre) une prévision des volumes à écouler pendant la période chaude pour les oasis du piémont andin de la province de Mendoza. Les eaux étant régulées grâce à de grands barrages (Figure 9), connaître aussi tôt les volumes disponibles peut s'avérer crucial pour le DGI, organisme gestionnaire de l'eau.

Une deuxième étape dans la modélisation des estimations d'eau à écouler dès le début du printemps a été permise grâce aux travaux réalisés par Nicolas Delbart via l'utilisation de données du satellite GRACE qui grâce à un gravimètre spatial peut estimer la dérive temporelle des changements de masse à la surface de la terre. Dès lors, « the mass anomalies (departure from the 2004-2009 average reference period) are expressed as water equivalent (WE) thickness in cm, and given once a month » (Delbart et al., 2016). Un des principaux résultats issus de ces traitements est que l'analyse des anomalies de masse de neige explique en grande partie les surestimations de prévisions d'eau à fondre dans la méthode précédente. En effet, la plupart de nos erreurs viennent de la non-prise en compte de l'épaisseur de neige, notamment quand le manteau neigeux est très fin : « Comparison with mass anomalies retrieved GRACE satellite data suggest that overestimation of our forecast method comes from snowbed thickness interannual variations » (Ibid.). D'autres erreurs sont encore à l'étude comme les précipitations liquides à haute altitude et qui donc participent aux écoulements sans être estimées dans le manteau neigeux, ou l'exposition (Delbart, 2017).

3.1.2. Atténuer les vulnérabilités des usager/ère.s : un processus à peine entamé

La province de Mendoza, comme toutes les provinces de cet État fédéral, est responsable de la gestion des ressources naturelles, y compris les ressources en eau²¹.

²¹ Jusqu'en 2007, aucune loi nationale sur les ressources naturelles n'existait en Argentine. La loi sur les forêts natives (2007) et la loi sur les glaciers et l'environnement périglaciaire (2010) actuellement en

En principe, l'État national doit intervenir afin d'apaiser et limiter des tensions entre provinces d'amont et provinces d'aval lorsqu'un bassin versant traverse deux provinces au moins, comme dans la législation espagnole. Par exemple, la province de Mendoza a pu détourner l'eau des rivières Mendoza, Tunuyán, Diamante et Atuel et ainsi créer et développer les oasis. Or ces rivières sont des affluents du río Salado, qui ne reçoit plus aujourd'hui que des débits réservés ou des eaux issues d'exurgence des nappes phréatiques ; par son usage historique des eaux dans les oasis, la province de Mendoza a transformé le río Salado en rivière endoréique. Ainsi, la province de Mendoza, malgré sa situation en zone aride, a bénéficié – au moins jusqu'au début du XXI^{ème} siècle – d'une relative « richesse » hydrique grâce à des infrastructures hydraulique majeures. À l'inverse, la province de la Pampa, en aval, « *subit une rareté en eau aux origines politique et infrastructurelle* » (Lavie et al., 2015b) alors que son climat est plutôt tempéré humide. L'abondance en eau, non naturelle mais construite infrastructurellement²², a « *fortement ralenti la remise en cause de la gouvernance de l'eau, à la fois au niveau national où il n'existe pas de gestion par bassin, et au niveau local où le Département Général d'Irrigation (...) est incapable d'optimiser un système de distribution sur le plan quantitatif, et de contrôle des eaux sur le plan qualitatif* » (Ibid.). Mes terrains (2006, 2007, 2012, 2013, 2014, 2016) et mes travaux de thèse (Lavie, 2009) ont ainsi mis en valeur des problèmes de corruptions à la fin des années 2000²³, mais aussi des « *vides juridiques, lacunes et chevauchements dans les compétences entre sous-gestionnaires (distributeurs d'eau potable, municipalités, associations d'irrigants, syndicats d'industriels) et grands types d'usagers (agriculture, industrie agro-alimentaire, industrie extractive - notamment du pétrole -, usages domestiques privatifs et collectifs)* » (Lavie et al., 2015b). L'impression qui ressort d'une décennie de recherches est celle de l'installation d'un mythe d'une eau inépuisable (Lavie & Beltrando, 2013), favorisé par une abondance créée *ex nihilo* par des infrastructures hydrauliques, elle-même permise par le soutien de la communauté scientifique et d'ingénierie agronomique, « *pour qui le développement économique des oasis dépendait du renforcement des infrastructures de stockage et de dérivation* » (Lavie et al., 2015b).

Pour autant, les variations climatiques que nous avons mises en valeur dans l'étude de la couverture neigeuse se sont manifestées dès 2008. « *Des hivers très froids, qui ont obligé les gestionnaires à accélérer la production hydro-électrique et donc à délester les lacs de barrage d'une partie du volume utilisable en été, et des années très sèches* » (Ibid.) à défaut de modifier les comportements individuels, ont contribué à faire évoluer la pensée dominante des gestionnaires et des politiques. De fait, le « tout hydraulique » n'est plus durable, le modèle ne peut plus perdurer.

cours d'application (dessin des périmètres des zones à protéger, définitions des activités) sont une grande nouveauté pour ce pays, et le processus ne concerne pas pour le moment l'ensemble des ressources en eau.

²² D'après la nomenclature de Homer-Dixon : "*structurally-induced water abundance*".

²³ Les articles de presse locale sont très nombreux, citons par exemple : Peralta, D. « *Más acusaciones complican a Frigerio* ». Journal *Los Andes* du 28/11/2011.

L'exemple de l'irrigation urbaine (ou viaire) est particulièrement intéressant, puisque contrairement à l'eau domestique, agricole ou industrielle, il n'y a plus vraiment de gestion de l'eau. « *Dans la plupart des villes-oasis, les rues sont étroites, de manière à procurer un peu d'ombre. À Mendoza, les rues sont larges (deux voies et des larges trottoirs avec places de parking souvent) ; l'ombre vient des linéaires d'arbres plantés sur le bord de chaque voie* » et irrigués par un réseau de canaux appelés les *acequias* (Lavie & Beltrando, 2013). Ce paysage assez original a permis le développement non seulement du transport automobile en plein centre mais aussi d'une vie culturelle, sociale et économique sur les trottoirs (Montaña, 2006 ; Lavie & Beltrando, 2013). Plusieurs chercheur/se.s ont travaillé sur l'irrigation urbaine, que ce soit à propos de la construction et la gestion historique de ce patrimoine urbain (Ponte & Cervini, 1998 ; Ponte, 2006), en termes d'état sanitaire de la canopée (Correa, 2009 ; Correa *et al.*, 2010), ou à propos de la gestion quantitative de la ressource (Laymond, 2000 ; Salomon & Prat, 2004 ; Montaña, 2006 ; Lavie, 2009 ; Lavie & Beltrando, 2013). Il/elle.s mettent tous en évidence un paradoxe entre la nécessité de maintenir la canopée, support des activités économiques, culturelles et sociales puisque la plupart des échanges se font sur les trottoirs ombragés, et le fait que l'irrigation des *acequias* passe après les besoins en eau agricole, domestique et industrielle. Un second paradoxe est évident, et il concerne l'ensemble de la gestion de l'eau dans cette province : « *la baisse des ressources disponibles constatée depuis deux à trois décennies* » se heurte à « *l'absence d'une prise de conscience de la nécessité d'une gestion intégrée de la distribution dans l'oasis et l'agglomération* » (Lavie & Beltrando, 2013).

L'exemple de la gestion des pénuries dans la province de Mendoza, et ce à toutes les échelles (province, oasis, agglomération, etc.), va dans le sens d'une gestion, non pas de la pénurie, mais d'**un discours sur le risque de pénurie**, à savoir une probabilité d'occurrence de l'événement 'sécheresse hydrologique'. Ainsi, au lieu de modifier l'arsenal législatif provincial entériné par la Loi sur l'Eau de 1885 et non révisée depuis 1916, les gestionnaires poursuivent une gestion par l'offre pourtant dépassée. L'absence d'une gestion par la demande à l'échelle des bassins versants a accentué les disparités entre secteurs de distribution (Lavie, 2009 ; Lavie & Beltrando, 2013), entre l'amont et l'aval (Lavie *et al.*, 2013 ; Lavie *et al.*, 2014 ; Lavie *et al.*, 2015b) et entre les provinces. À ce propos, afin de ne pas avoir à modifier sa Loi sur l'Eau dans le conflit qui l'oppose à la province de la Pampa, la province de Mendoza répond par un 'droit historique' à l'eau ; l'argument principal étant que les rivières n'atteignent plus le río Salado depuis un demi-siècle au moins.

Il semble donc que le mode de gestion de l'eau soit un facteur aggravant du risque de pénurie. En effet, sans réel impact sur l'aléa 'sécheresse hydrologique' en eau, les lacunes dans le partage de la ressource accentuent la vulnérabilité des usager/ère.s.

Le **risque de pénurie** est le croisement entre un **facteur prédisposant** (une offre en eau de montagne qui diminuerait) et un **facteur aggravant** (une vulnérabilité des usager/ère.s). Le **facteur déclenchant** de ce risque de pénurie correspond à une **demande qui dépasse l'offre**.

L'exemple du mode de gestion de la pénurie en eau à Mendoza permet donc de mettre en avant les dynamiques d'hydro-hégémonie non seulement de la province sur ses voisines, mais aussi de certains secteurs sur d'autres. L'oasis a été construite par et pour les agriculteurs depuis l'époque coloniale. Or la croissance de la ville et de ses activités de service, mais aussi du secteur pétrolier, ont renversé l'ordre des priorités de distribution (Lavie, 2009 ; Lavie & Beltrando, 2013). Les agriculteurs doivent se contenter d'une eau qui a souvent traversé des espaces urbains ou a été polluée par l'industrie ; les *acequias* sont peu alimentés. Dès lors, les usager/ère.s ont dû s'adapter. Ces modifications du système d'irrigation ont eu des effets sur l'ensemble de la structure territoriale de l'oasis. Si Mendoza est très illustrative de cette mutation de structure, dans le sud de la province, mais aussi à Gabès et à Ouaouizerth, j'ai pu observer des dynamiques analogues.

3.2. Structuration des espaces oasiens par la gestion des eaux d'irrigation

Afin de répondre aux nécessités des marchés mondialisés, de trouver des alternatives à des crises agricoles ou encore pour être durables dans un contexte de raréfaction de l'offre en eau, les oasis ont dû s'adapter. Cette adaptation crée logiquement des inégalités entre celles et ceux qui peuvent investir dans de nouvelles technologies, promouvoir leurs productions, voire faire pression sur les autorités pour disposer d'un puits (au besoin en corrompant) et celles et ceux qui ne le peuvent pas. Des mutations de structure socio-spatiales peuvent alors s'observer. Cet intérêt pour les changements de structure des oasis vient spécialement de la lecture des travaux d'Alain Cariou sur Liwa et de Frédéric Alexandre sur le Cap Vert. Liwa, oasis agricole d'Abu Dhabi, accueille désormais dans son sous-sol une réserve d'eau potable pour les villes côtières (Cariou, 2013, 2017) ; même si elle est stratégique, l'ancienne oasis est devenue une marge. Au Cap Vert, la spécialisation touristiques des îles de Boa Vista et Sal a relégué à la marge les oasis que sont les Ribeiras (Alexandre, 2013, 2017). Ces problématiques ont été travaillées dans le cadre du projet *Marges oasiennes* avec Anaïs Marshall à Mendoza. J'ai également poussé des étudiantes vers ces enjeux d'évolution des structures oasiennes à Alvear (Sud Mendoza) et à Gabès (Tunisie). Enfin, le cas de Ouaouizerth au Maroc est clairement au tout début de ce processus.

3.2.1. Les inversions centre-périphérie dans un contexte d'agriculture mondialisée

Les liens entre les centres et leurs périphéries ont intéressé les chercheurs/se.s en sciences sociales depuis plus d'un siècle, notamment via le prisme des théories de l'impérialisme de Karl Marx et Werner Sombart. La diffusion contemporaine est l'œuvre de théoriciens de l'inégalité (e.g. Amins), puis le modèle a été développé dans les années 1980 (Grataloup, 2004 ; Cattan, 2006). La démonstration a été faite dans *Société, espace, justice* (Reynaud, 1981), que des classes socio-spatiales existaient, au même titre qu'une opposition entre des lieux qui contrôlent et d'autres qui subissent. En 1992, Alain Reynaud précise sa définition et « *montre toute l'ambiguïté et la richesse du modèle centre ("là où les choses se passent") - périphérie (dominée, délaissée, intégrée et exploitée ou annexée, valorisée) auquel il ajoute "en marge des centres et des périphéries... isolats et angles morts"*. Ces deux sous-ensembles territoriaux sont considérés comme des éléments dynamiques de la périphérie » (Prost, 2004). Les concepts de marges et d'angles morts ajoutent une certaine discontinuité à ce modèle fait de cercles concentriques suivant un gradient depuis le centre qui domine, vers des périphéries dominées (Grataloup, 2004). « *In fact, they maintain the idea of an opposition between places/spaces, whatever the chosen spatial scale. Yet, spaces are dynamic and can evolve over time* » (Lavie et al., 2017). Les interactions, dépendances mutuelles, liens asymétriques, flux de personnes et de capitaux, font parfois de ces espaces, comme les oasis, des systèmes qui s'autorégulent.

3.2.2. Des changements de structure par la privatisation de l'irrigation

Comme expliqué dans le Chapitre 2, la province de Mendoza a connu une entrée rapide dans la mondialisation suite à des crises viticoles dans les années 1970-1980 et à l'arrivée d'investisseurs étrangers dans les années 1990. Ceux-ci ont permis l'accès à de nouvelles technologies, mais ont aussi pu puiser l'eau en amont des oasis, dans l'aquifère, ce qui n'a jamais été le cas auparavant.

Dans les oasis du río Mendoza et de Valle de Uco, les systèmes ont logiquement évolué au cours de l'histoire, avec des mutations relativement brutales comme l'arrivée des Espagnols à la fin du XVI^{ème} siècle, qui en développant les systèmes d'irrigation des Huarpes et des Incas, ont créé un site d'étape sur la route du bétail. Les animaux élevés dans la pampa humide de l'Est argentin étaient vendus au Chili et traversaient le continent à pattes. Les oasis servaient de points de repos et d'engraissement avant le passage de la Cordillère. Les cultures étaient donc essentiellement du fourrage et des prairies (Ponte & Cervini, 1998 ; Chambouleyron, 2004 ; Ponte, 2006). La fin du XIX^{ème} siècle voit une nouvelle mutation, avec l'arrivée massive de migrants européens, qui ont transformé les oasis en systèmes culturels de type méditerranéens, avec de petites surfaces séparées par des haies, où se cultivaient vergers, oliviers et vignes, en contrebas d'une ceinture maraîchère (Figure 16).

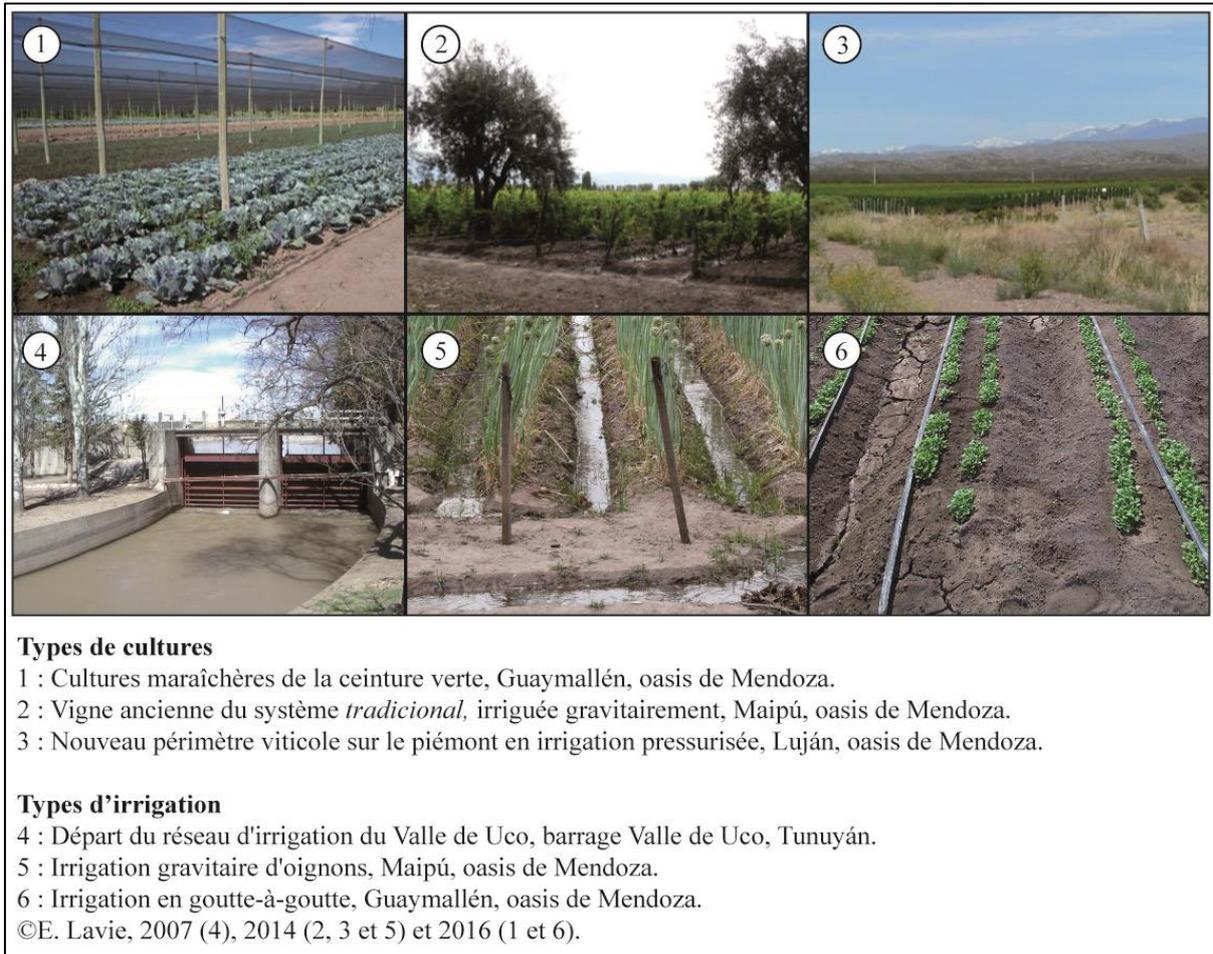


Figure 16 : Photographies des types de paysages irrigués de l'oasis de Mendoza

Ce système que les Mendocinos nomment *tradicional* a perduré jusqu'aux crises nationales monétaires et viticoles des années 1980 (Chambouleyron, 2004 ; Montaña, 2007). Dès la décennie suivante, de nouveaux investisseurs se sont installés non plus en aval de l'oasis comme c'était le cas depuis des siècles, mais en amont. Ne disposant pas d'un droit à l'eau superficielle qui va de pair avec le droit foncier puisque sur des terres désertiques, ils ont profité des lacunes sur le plan législatif et de quelques pots de vin, pour creuser des puits et pomper dans l'aquifère (Lavie *et al.*, 2017). Or, les pressions sur l'aquifère en amont ont des effets sur les terres plus basses.

La Figure 17 permet de mieux comprendre les changements paysagers depuis l'arrivée de ces nouveaux investisseurs. Elle est issue d'une co-publication qui synthétise une décennie de recherches sur Mendoza avec mes collègues ingénieur.e.s de l'Institut National de l'Eau (Lavie *et al.*, 2017). Elle montre aussi comment les relations entre centre et périphérie ont évolué entre les oasis, mais aussi à l'intérieur des oasis avec un glissement des centres vers l'ouest et le piémont.

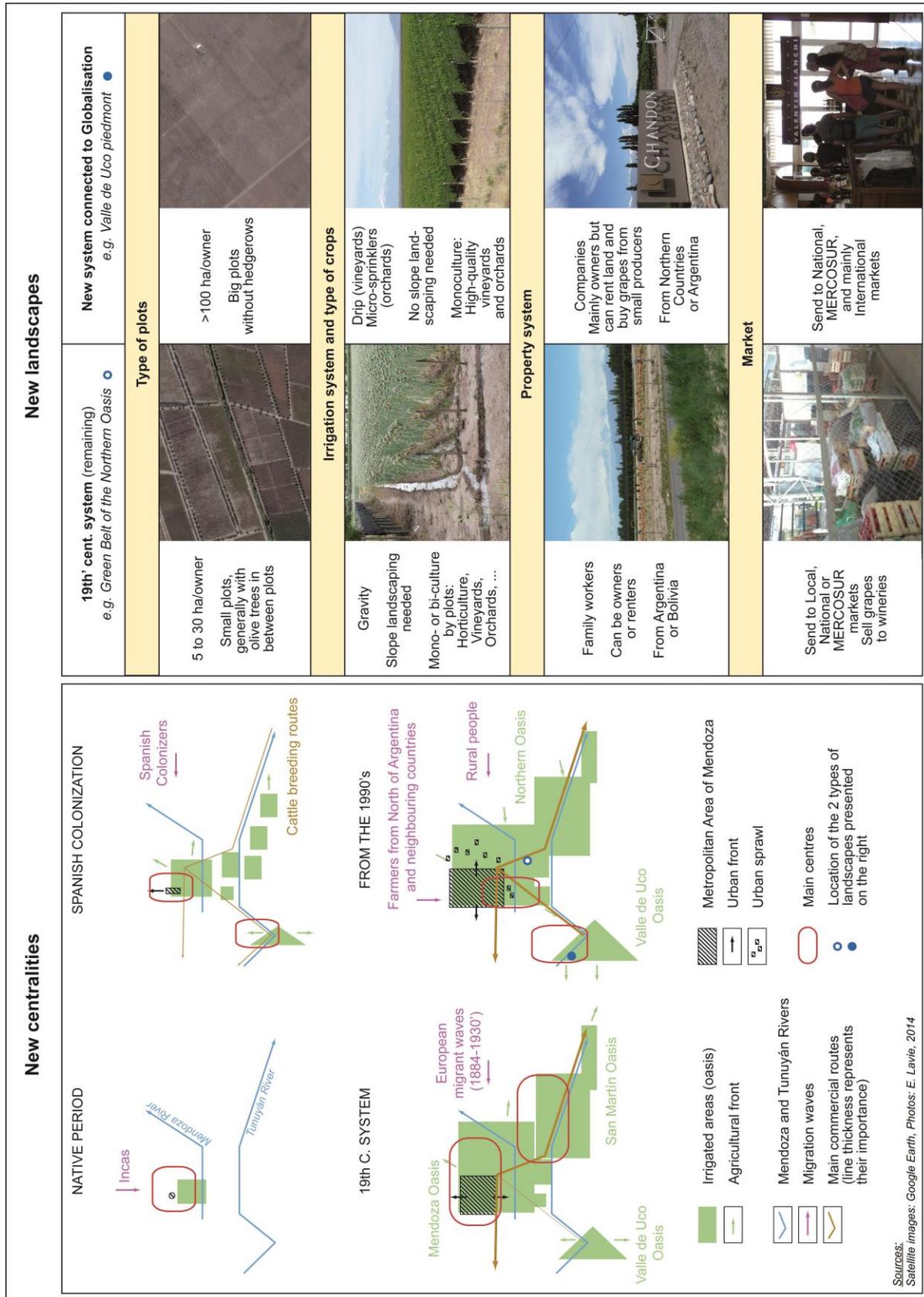


Figure 17 : Nouvelles structures socio-spatiales et nouveaux paysages dans les oasis Nord et Valle de Uco

Source : Lavie et al., 2017

Parmi les éléments **discriminants de changements de structure des oasis de Mendoza, il y a donc surtout l'accès au capital** permettant d'installer des systèmes d'irrigation pressurisés (Robillard, 2010 ; Lavie *et al.*, 2017 ; Larsimont *et al.*, 2018).

À Gabès en Tunisie, les travaux de Jouda Ben Arfa pour laquelle j'ai participé activement au Comité de thèse, ont démontré des résultats assez proches de ceux de Mendoza. Des travaux précédant de géographes (Abdedayem, 2009 ; Abdedayem & Veyrac-Ben Ahmed, 2013 ; Veyrac-Ben Ahmed & Abdedayem, 2017) avaient déjà mis en avant la pression sur les ressources, le tarissement des sources et le passage à des logiques de gestion privative aux dépens du collectif (Chapitre 2). Les travaux réalisés par la doctorante (Figure 18) démontrent par le traitement d'images Landsat que ces logiques se traduisent sur le plan spatial par des glissements dans le paysage des oasis vers l'ouest où les ressources souterraines sont plus accessibles, ou vers le nord où les terres sont salines, donc moins intéressantes. Évidemment, nos premières observations de terrain semblent s'orienter vers une différence de capital de départ de ces irrigants, mais c'est une piste à affiner.

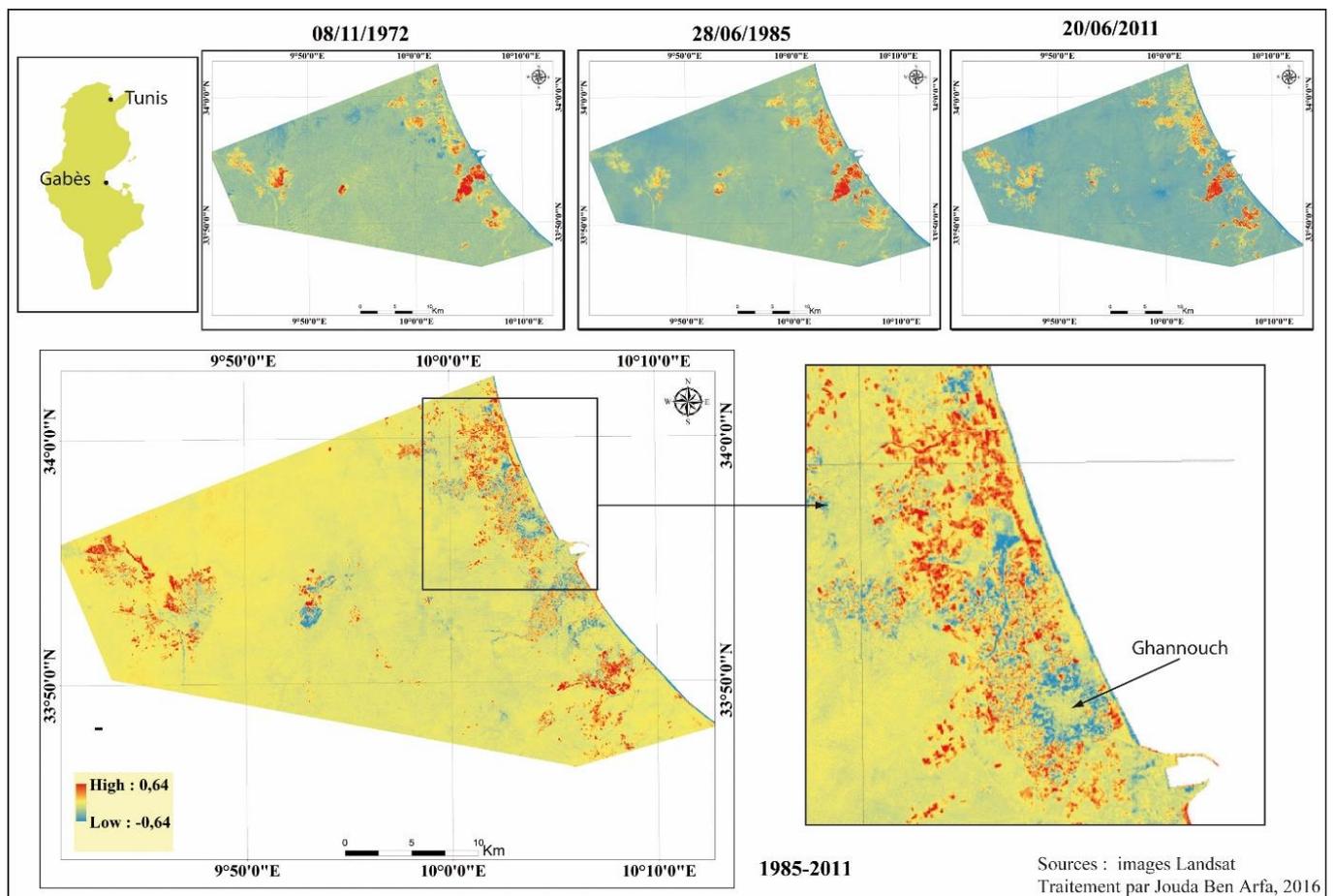


Figure 18 : Extension des périmètres irrigués à Gabès (1976-2011)

Source : modifié d'après Ben Arfa *et al.*, 2015

Les principales logiques que j'ai pu observer à Mendoza et Gabès sont donc des inversions de centralité liées à l'accès aux ressources, mais surtout au capital financier permettant de creuser des puits et de financer une agriculture de pointe, souvent pressurisée. Cette situation n'est en rien unique puisqu'en comparant les oasis mendocines avec l'oasis péruvienne d'Ica et la vallée centrale chilienne, les analyses que nous avons pu faire avec Cécile Faliès et Anaïs Marshall sont les mêmes : **l'eau est une ressource économique mais c'est surtout la gestion de son capital technique et de l'image marketing qui en fait une nouvelle ressource économique, capable d'influencer les jeux de pouvoir** (Faliès *et al.*, 2018). Dans ce chapitre d'ouvrage sur la transformation de l'eau en raisin dans les espaces viticoles irrigués, il est surtout ici question de la transformation de l'eau en une autre ressource économique qu'est le raisin, qu'il soit de table ou de transformation agro-alimentaire (vin ou pisco). À mes yeux, quelle que soit la culture agricole concernée, c'est la privatisation de l'accès à l'eau souterraine, d'abord incitée par les autorités puis par un laisser-faire, qui est le facteur principal de la mutation des structures et de l'inversion des centralités-périphéries. C'est aussi la conclusion des travaux menés par des collègues du CONICET (équivalent CNRS) de Mendoza à propos de la pomme de terre pour les usines de frites surgelées (Larsimont *et al.*, 2018)

Aujourd'hui, dans ces deux territoires à archipels d'oasis (Mendoza et Gabès), les espaces qui s'insèrent le mieux dans la mondialisation et qui s'enrichissent le plus, pouvant substantiellement faire pression sur les autorités, sont aussi les espaces où **l'irrigation privative par forage** dans les aquifères a été la plus marquée.

3.2.3. Des changements de structure par des actions collectives

Si la privatisation de l'irrigation dans des oasis très insérées dans la mondialisation des échanges, comme dans le Nord-Mendocino et à Gabès, est une dynamique majoritaire, on observe ailleurs des trajectoires inverses. En effet, dans le Sud-Mendocino et à Ouaouizerth au Maroc, pour de plus petites oasis dont la vocation commerciale est le marché national, c'est plutôt **une modernisation de la gestion collective** de l'eau qui crée les changements de structures spatiales. Ces résultats s'appuient sur les travaux d'étudiant.e.s de Master. Dans le Sud-Mendocino, à partir de problématiques que j'ai co-définies après un court terrain effectué avec Anaïs Marshall dans l'oasis du río Atuel en 2014, deux étudiantes (Beaudoin & Serrano, 2017) ont réalisé un stage au sein de la Délégation du río Atuel du Département General d'Irrigation, sous la direction de Rafaël Pereira et moi-même ; elles ont mené une série d'entretiens avec des agriculteurs pour comprendre leur compromission dans la gestion de l'eau à l'échelle de leur zone d'irrigation. Une troisième étudiante de M1 GST (Maynaud, 2017) a travaillé sur l'évolution des secteurs irrigués en relation avec les débits de la rivière Atuel, par télédétection du NDVI ; elle a été encadrée par Nicolas Delbart et moi-même. Comme déjà mentionné, les résultats sur Ouaouizerth sont issus de l'accompagnement de travaux d'une promotion d'étudiant.e.s de M2.

Dans le sud de la province de Mendoza, deux oasis, celle du río Diamante accueillant la ville de San Rafaël et celle du río Atuel dont le centre est la ville de General Alvear, se sont aujourd’hui rejointes en un seul immense périmètre irrigué appelé oasis Sud, alimenté par ces deux rivières : le Diamante et l’Atuel (Figure 9). Mes relations avec le Département Général d’Irrigation de la délégation du río Atuel m’ont permis de proposer deux stages à Louise Beaudoin et Alexia Serrano, en M1 GST. Elles ont travaillé sur le rôle des *Inspecciones de Cauce* (IC), des inspections de canal²⁴, des associations d’irrigants assez proches du système des ASA (Associations Syndicales Autorisées) françaises. Les IC participent à la gestion à l’échelle d’une *rama* (un canal secondaire d’irrigation) et des périmètres alimentés par cette *rama*. L’ingénieur agronome Rafaël Pereira du DGI de l’Atuel m’avait expliqué que son sentiment était que plus une IC était impliquée dans l’action collective de gestion des eaux, plus les périmètres irrigués étaient productifs et les irrigants commercialisaient la production. Il cherchait donc des stagiaires en sciences humaines pour l’aider à comprendre.

Les travaux de terrain menés par Alexia Serrano et Louise Beaudoin ont mis en valeur des profils très différents chez les agriculteurs. Généralement, quand ils ont de grandes parcelles, ils s’interrogent peu sur la gestion de l’eau qui semble les satisfaire. En revanche, les extrêmes climatiques (gelées tardives, grêles) sont une vraie source d’inquiétude pour eux. Les irrigants impliqués dans les IC n’en sont pas toujours satisfaits, cela dépend de beaucoup de paramètres, mais ils reconnaissent généralement que les réunions sont une bonne source d’information. L’ensemble des agriculteurs notent une baisse des rendements, sans que les étudiantes n’aient pu caractériser les sources de ces baisses. Enfin, les irrigants situés en aval sont généralement moins satisfaits de la gestion de l’eau, et il semblerait que ce soit aussi les moins impliqués.

Parallèlement, Lucie Maynaud, travaillait sur la dynamique temporelle de la végétation dans l’ensemble de l’oasis Sud à partir du NDVI d’images MODIS et Landsat. La partie portant sur la télédétection de la végétation était encadrée par Nicolas Delbart, la partie sur l’usage de l’eau et les pratiques agricoles me revenait. La cartographie diachronique menée par Lucie Maynaud était mise en regard des écoulements des rivières Diamante et Atuel, afin de répondre à une de nos interrogations : est-ce que la production primaire en période culturale correspond aux disponibilités en eau des rivières ? Observe-t-on de meilleures productions lors des années où l’eau l’irrigation est plus importante en termes de volumes ?

Ses « résultats attestent que l’évolution de la végétation n’est pas régie par la variation du volume d’eau véhiculée par les rivières mais par l’usage de la ressource sur le territoire » (Maynaud, 2017). En effet, les résultats cartographiques, notamment ceux issus des images MODIS, démontrent que ce qui a réellement modifié la croissance de la végétation dans la partie irriguée par le río Atuel est en réalité une nouvelle

²⁴ Littéralement, *cauce* signifie « lit de rivière » et non « canal » mais la réalité du travail des Inspections justifie que je traduise par « canal ».

infrastructure hydraulique. Le río Atuel est régulé en amont dans les Andes par deux grands barrages, le Nihuil et le Valle Grande, grands fournisseurs d'électricité hydraulique (Lavie, 2007). En aval dans la plaine, en 1950 a été construit le barrage Rincón del Indio sur le río Atuel, à l'entrée de l'oasis de General Alvear, soit la partie sud-est de l'oasis Sud, afin de l'alimenter en eau. Or si le río Atuel alimente l'oasis de General Alvear, elle est aussi le réceptacle des eaux usées agricoles de l'oasis de San Rafaël (Figure 19). Les eaux irrigant General Alvear étaient donc assez polluées et salines. En 2012 a été construit un nouveau barrage dérivateur, plus en amont, et un canal (le *canal marginal*) transporte les eaux parallèlement²⁵ au río Atuel jusqu'à General Alvear. C'est donc une eau de bonne qualité qui est aujourd'hui distribuée. Les travaux réalisés par Lucie Maynaud démontrent que peu après la construction du barrage et du *canal marginal*, la végétation augmente dans les espaces irrigués les plus proches de cette infrastructure hydraulique, alors qu'avant 2012 les rendements végétatifs baissaient. Ces résultats confirment les observations du DGI (communication personnelle, 2014).

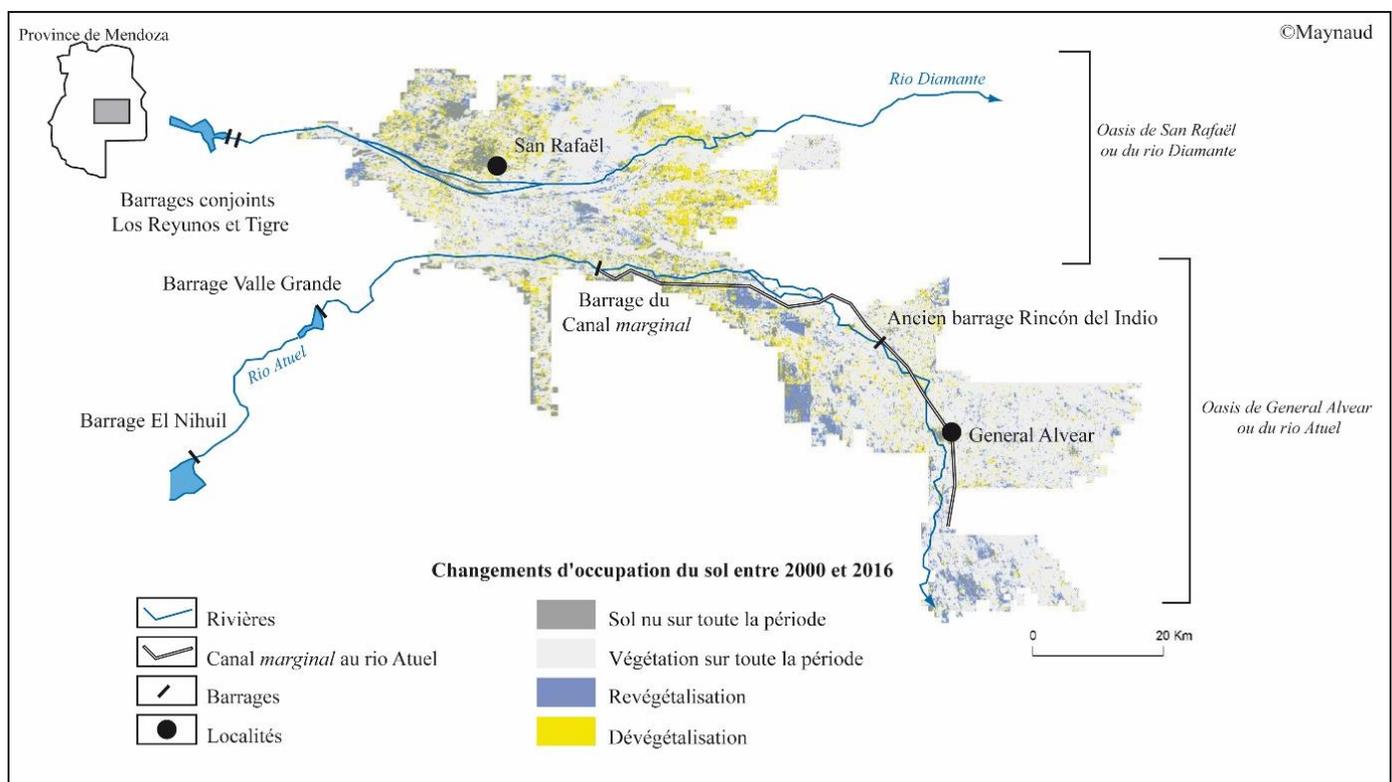


Figure 19 : Évolution de la végétation entre 2000 et 2016 dans l'oasis Sud

Source : modifié selon Maynaud, 2017

Ces travaux conjoints convergent vers trois éléments principaux : 1) c'est moins la disponibilité naturelle en eau que la gestion de sa rareté qui explique les

²⁵ *Marginal* signifie rivulaire.

augmentations des productions agricoles ; 2) l'intérêt des agriculteurs dans la gestion est un bénéfice pour eux puisqu'ils pèsent sur les jeux de pouvoir dans la décision des tours d'eau et des modernisations des réseaux ; 3) on observe ici aussi une inversion de structure. En effet, le centre de production a toujours été concentré à l'ouest de l'oasis Sud, vers San Rafaël, puisque cette ville est plus proche de Mendoza, des secteurs touristiques de montagne, des réseaux de routes nationales et des sources d'eau (Lavie *et al.*, 2017). Or les travaux de terrain et de cartographie de ces trois étudiantes ont démontré que les structures s'inversent : à San Rafaël on observe une baisse de la production agricole (Figure 19) au profit du tourisme alors qu'à l'est, à General Alvear, cette oasis qui a vécu une crise agricole majeure lors de la dernière décennie 2000 (Lavie *et al.*, 2017), connaît aujourd'hui un renouveau agricole. On n'observe pas réellement ici de changements de pouvoirs, mais des mutations dans les structures de spécialisations.

À Ouaouizerth au Maroc, la commande qui a été faite aux étudiant.e.s du Master Espaces et Milieux consistait en l'évaluation de la faisabilité d'un projet de création d'un périmètre de cultures d'oliviers irrigués par les eaux sorties de la station d'épuration. Une association de propriétaires irrigants, AADEC-Attawassol, dont les responsables nous ont semblé particulièrement bien intégrés dans le tissu politique local, est à la tête de ce projet. L'oasis actuelle est alimentée par eaux de sources et de dérivation d'un oued. Elle a une structure assez classique au Maghreb avec un réseau de *seguias* (canaux) qui alimentent des terrains irrigués par gravité dont la pente a été travaillée en terrasses (Lavie, 2018). Entre les plants d'oliviers, majoritaires, les terrasses sont aussi plantées quelques fois en fourrages et les animaux peuvent y pâturer. En aval, la ville de Ouaouizerth accueille les administrations, les habitats (environ 8000 habitant.e.s selon plusieurs sources locales) et les services. Autour de la zone actuellement irriguée, des terrains d'agriculture pluviale (les *bours*) sont principalement voués au pâturage même si des essais de plantations d'oliviers ont été réalisés. Des oliviers ont été plantés en 2012 dans le contexte du *Millenium Challenge Account* (MCA), soutenu par la Direction Provinciale de l'Agriculture (DPA). D'après les ingénieur.e.s interrogé.e.s par les étudiant.e.s en ma présence, les arbres n'ont pas poussé pour plusieurs raisons : l'irrigation par citernes effectuée pendant dix-huit mois par la DPA s'est progressivement ralentie à la fin du contrat, des criquets sédentaires ont mangé les feuilles et les branches, tout comme des animaux de pâturage, qui aux dires des propriétaires des terres n'avaient pas l'autorisation d'y entrer (M2 Espaces et Milieux, 2018).

La problématique des oléiculteurs est relativement simple : ils ont obtenu les fonds pour construire une usine qui presse et met en bouteilles une huile de bonne qualité, considérée comme biologique car très peu traitée. Afin de conquérir un marché national voire européen, la production d'olives doit être plus importante. Il faut donc planter plus d'oliviers dans un contexte de sécheresses climatiques accrues depuis trois ans. L'eau potable distribuée aux habitant.e.s est en partie prise aux sources qui

alimentent l'oasis, c'est autant d'eau de perdue pour l'agriculture et l'extension de la zone actuellement irriguée n'est pas du tout envisageable. L'idée de l'association AADEC-Attawassol est donc de récupérer cette eau une fois utilisée par la population, donc en sortie de la station d'épuration. Le projet mené par les étudiant.e.s a conclu en une faisabilité technique, à la condition que la station respecte bien les standards de qualité des eaux relatifs aux normes marocaines (M2 Espaces et Milieux, 2018).

Ce qui me semble particulièrement intéressant dans ce projet – et qui n'était pas inclu dans la commande aux étudiant.e.s – c'est que ce nouveau périmètre irrigué sera de taille équivalente à l'oasis actuelle (~250 ha), mais avec des techniques et des gestions bien différentes. Si dans l'oasis la gestion est indexée sur des héritages familiaux assez anciens basés sur des lignages qui peuvent sembler inégaux avec un regard européen-centré, dans les nouveaux périmètres irrigués (NPI) la gestion peut être parfaitement collective puisque créée *ex nihilo*, en fonction du nombre d'irrigants ou de la surface à irriguer par exemple. L'alimentation se fera vraisemblablement par technique pressurisée et non gravitairement ; des réservoirs seront construits sur les reliefs, ce qui n'existe pas dans l'oasis actuelle. Enfin, l'idée des commanditaires de ce projet est de favoriser la monoculture de l'olivier. Ces NPI sont donc projetés pour alimenter l'huilerie en olives et uniquement pour cela. L'action est collective mais elle va impliquer uniquement les propriétaires du secteur, qui ne seront plus dépendants des eaux de source ou de rivière, mais obtiendront une eau en permanence en sortie de station d'épuration. Étant donné le poids politique des commanditaires de ce projet, il est intéressant de voir à moyen terme, d'ici une dizaine d'années, si le changement de structure et de jeux de pouvoirs que je sens poindre, se réalisent. **Il me semble en effet que ces NPI, si l'irrigation fonctionne, seront les nouveaux centres producteurs principaux** de la commune de Ouaouizerth.

L'accès à l'eau d'irrigation et la gestion de la pénurie semblent profiter à une gestion de plus en plus individuelle dans les grandes oasis mondialisées comme dans le Nord-Mendocino et à Gabès. Pour autant, des actions collectives pour obtenir de l'eau, généralement superficielle, et développer de nouveaux secteurs voués à un marché pour le moment national, se développent dans le Sud-Mendocino et à Ouaouizerth. Les jeux de pouvoir dans l'accès à l'eau agricole semblent donc structurer les espaces producteurs et participer aux dynamiques d'inversions, ou du moins de mutation, des centralités.

L'exemple suivant est celui de l'accès à l'eau potable dans les grandes agglomérations de milieux arides (ici à Mendoza), dont les administrateur/rice.s doivent tout autant gérer la rareté.

3.3. Structuration des villes oasiennes par l'accès à l'eau potable

Les secteurs urbains des oasis sont à la fois illustratifs des villes et des oasis :

- les réseaux d'adduction en eau potable peuvent contribuer à la fabrication de la ville (Offner, 1993 ; Jaglin, 2005 ; Coutard & Rutherford, 2009 ; Coutard, 2010 ; Jaglin & Zérah, 2010 ; Jaglin, 2012), notamment la ville moderne, bactériologique (Offner, 1993 ; Gandy, 2004), où les habitant.e.s sont alimenté.e.s par un réseau protégé des problèmes de pollution des eaux. Cette ville, même si elle se fabrique avec les réseaux, ne suit pas des trajectoires parallèles puisque parfois les périphéries sont planifiées avec les services urbains, parfois elles grandissent bien plus vite que les réseaux (Jaglin & Zérah, 2010). Cette dualité entre la ville et ses réseaux est intéressante pour observer leurs relations (Carré & Deutsch, 2015).
- est aussi sous-jacente l'idée que la ville-oasis subit les mêmes contraintes que les oasis : à savoir le partage de la ressource en eau non seulement au sein de l'usage domestique, mais aussi entre les différents usages. La croissance des espaces urbains sur les espaces agricoles ou sur les déserts environnants complexifie à la fois la gestion et la distribution de ce service public et les relations entre villes et secteurs agricoles. J'ai ici fait le choix de me concentrer uniquement sur l'exemple de Mendoza, même si certains éléments analogues ont également été observés à Khartoum.

3.3.1. Contexte et méthodologie

Pendant ma thèse sur les secteurs agricoles irrigués, je vivais en ville et ai assez vite observé ce qui, avec mes yeux euro-péo-centrés, pouvait être considéré comme un immense gaspillage d'eau potable : arrosage intempestif des jardins à l'eau du robinet, robinets rarement réparés, facturation ne tenant pas compte de la consommation, etc. Cette question avait d'ailleurs été développée dans mon manuscrit (Lavie, 2009).

En 2012, un étudiant en M1 Géographie des Pays Émergents et en Développement (GPED) de l'université Paris 1-Sorbonne, Jean-Eudes Hévin, m'a contactée afin de pouvoir analyser l'adduction en eau potable à Mendoza. En discutant, il nous a semblé intéressant de plutôt travailler sur une commune périphérique afin d'observer les inégalités de distribution et de gestion. Son choix s'est porté sur la commune de Las Heras au nord de Mendoza. Son terrain a été effectué en 2013 ; je l'ai d'ailleurs accompagné lors d'une de ses enquêtes. En réutilisant une partie de son mémoire (Hévin, 2013) et en y ajoutant une mise au jour des travaux sur la gouvernance de l'eau sur l'agglomération de Mendoza, nous avons co-publié un article sur les problèmes de gouvernances à Las Heras (Lavie *et al.*, 2015a).

Par la suite, dans le cadre du projet *Marges oasiennes* avec Anaïs Marshall (2014-2016), nous avons poursuivi ce travail dans une autre commune périphérique de

l'agglomération, Guaymallén. Une partie des résultats a été publiée récemment (Lavie & Marshall, 2019) ; une autre partie a servi d'exemple pour illustrer les travaux sur la qualité de l'eau potable (Lavie *et al.*, soumis) (Chapitre 14).

Las Heras et Guaymallén sont deux municipalités dont le gestionnaire diffère : dans les secteurs considérés comme urbains au sens du plan d'aménagement du territoire²⁶ c'est la province de Mendoza qui a la charge de la distribution mais elle la délègue en régie provinciale à *Aguas Mendocinas* ; dans les secteurs ruraux, c'est la municipalité qui a la responsabilité de l'adduction, charge qu'elle délègue souvent à des coopératives. Or dans l'agglomération il y a six communes : Mendoza-Capital et Godoy Cruz, qui sont presque en totalité urbaines et qui ne nous intéressent pas car non périphériques ; Las Heras et Guaymallén sur lesquelles nous avons travaillé respectivement avec Jean-Eudes Hévin et Anaïs Marshall ; et Maipú et Luján de Cuyo, qui sont en régie municipale intégrale. Afin de vérifier si les hypothèses relevées en fin du programme *Marges oasiennes* étaient aussi valables dans les périphéries en régie municipale, il était nécessaire de proposer une autre étude sur l'une de ces communes. C'est Lucie Escudié, étudiante en M1 GST parcours DYNARISK (Dynamiques des Milieux et Risques) qui s'est proposée. Elle a réalisé un terrain à Maipú en 2018 (Escudié, 2018).

Sur le plan méthodologique, la démarche que nous avons pensée ensemble avec Jean-Eudes Hévin fin 2012 a été suivie sur ces trois communes, même si les grilles d'entretien et les questionnaires ont été adaptés au fur et à mesure des années.

À Las Heras, Jean-Eudes Hévin est resté trois mois en 2013 et avait déterminé quatre quartiers, d'ouest en est (Figure 20) :

- Un en amont des principaux tuyaux d'eau collective, où l'adduction est plurielle (camions-citerne, puits, etc.) et gérée par la commune : Challao Oeste ;
- Deux dans la partie urbaine dans le secteur d'*Aguas mendocinas* : Barrio municipal et Ciudad (le centre-ville) ;
- Un quartier de *villa misera*²⁷ en aval du réseau : El Algarrobal.

²⁶ *Plan de ordenamiento territorial*, équivalent du PLU en France.

²⁷ Appellation générale pour les quartiers très précaires et/ou spontanés (=bidonville).

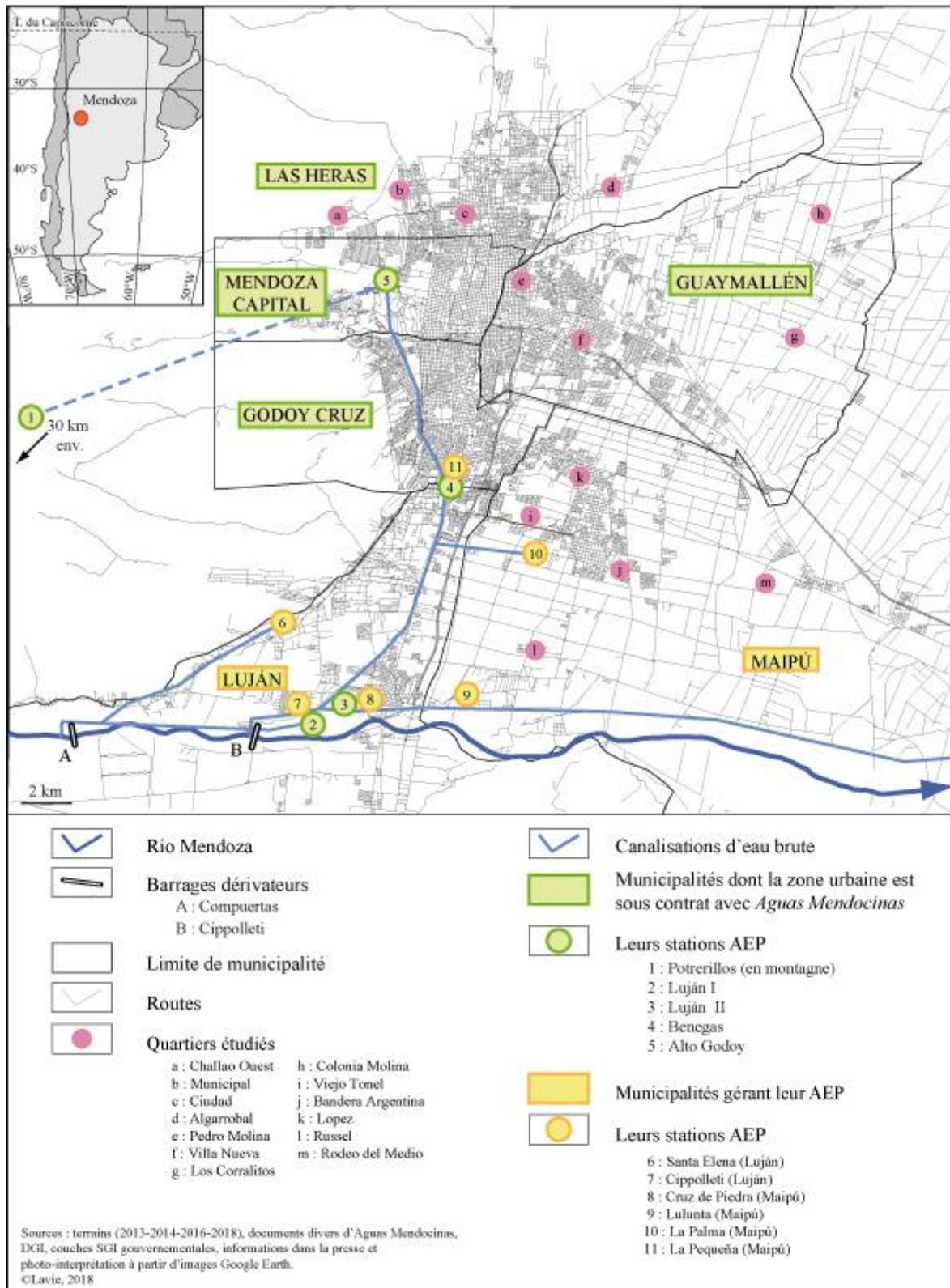


Figure 20 : Le réseau d'adduction en eau potable de la zone dite urbaine de l'agglomération de Mendoza ; et la localisation des quartiers étudiés
Modifié d'après Lavie *et al.*, 2015a

À Guaymallén, le terrain s'est déroulé sur quatre semaines en 2014 et trois semaines en 2016 ; Anaïs Marshall et moi-même avons également choisi quatre secteurs :

- Deux dans la zone urbaine dans le secteur d'*Aguas Mendocinas* : Pedro Molina et Villa nueva (centre-ville) ;
- Un quartier dans une zone qui s'urbanise vite, notamment pour les résidences secondaires, mais qui reste en partie agricole et dont l'adduction est faite par trois coopératives différentes (*San Vicente*, la *coopérative rurale Los Corralitos* et *Corralcoop*) : Los Corralitos ;
- Un quartier non alimenté par le réseau collectif, tout comme Challao à Las Heras, où chacun dispose d'un puits peu profond et où les habitant.e.s insistent pour disposer d'eau potable : Colonia Molina.

Lucie Escudié a passé trois mois à Maipú en 2018, et a choisi cinq quartiers :

- Deux quartiers alimentés par la municipalité : Viejo Tonel et Bandera Argentina ;
- Deux quartiers essentiellement connectés au réseau municipal tandis que quelques habitant.e.s ont recours à d'autres sources (coopérative, camions-citerne) : Lopez et Russel ;
- Un quartier aux alimentations plurielles : réseau municipal, camions-citerne, puits privé, absence de connexion : Rodeo del Medio.

Nos démarches de terrain ont donc un peu évolué mais sont restées analogues sur ces quatre périodes de terrain : des entretiens assez longs (généralement autour d'une heure) avec des gestionnaires [*Aguas mendocinas*, agents municipaux, coopératives, EPAS (l'organisme régulateur de l'eau)] ; et des questionnaires courts (3 pages, < 10 min.) auprès des usager/ère.s (Tableau 1).

Municipalité	Quartier	Nombre de questionnaires	Date de l'enquête	Enquêteur/rice.s
Las Heras	Challao	14	2013	J.-E. Hévin
Las Heras	Municipal	18	2013	J.-E. Hévin
Las Heras	Ciudad	16	2013	J.-E. Hévin
Las Heras	Algarrobal	7	2013	J.-E. Hévin
Guaymallén	Pedro Molina	16	2014-2016	E. Lavie & A. Marshall
Guaymallén	Villa Nueva	15	2014-2016	E. Lavie & A. Marshall
Guaymallén	Los Corralitos	22	2014-2016	E. Lavie & A. Marshall
Guaymallén	Colonia Molina	9	2014-2016	E. Lavie & A. Marshall
Maipú	Viejo Tonel	12	2018	L. Escudié
Maipú	Bandera argentina	9	2018	L. Escudié
Maipú	Lopez	12	2018	L. Escudié
Maipú	Russel	13	2018	L. Escudié
Maipú	Rodeo del Medio	11	2018	L. Escudié

Tableau 1 : Répartition des questionnaires passés par quartier

Notre objectif était de réaliser une quinzaine de questionnaires par quartiers. Or certains sont inaccessibles, par exemple les *barrios cerrados*²⁸, d'autres sont dangereux. C'est le cas des quartiers très précaires Algarrobal à Las Heras et Bandera Argentina à Maipú. J'avais fortement déconseillé aux deux étudiant.e.s d'y aller, mais ils ont tenu à y entrer en étant accompagné.e. Ceci explique qu'il y ait moins de 10 questionnaires dans ces quartiers-là : il/elle ont dû faire vite et en une seule fois. Au total, 174 questionnaires ont été passés.

3.3.2. À quel modèle de mise de réseau correspond l'agglomération de Mendoza ?

- La fragmentation gestionnaire

Malgré quelques nouveautés concernant les glaciers et les forêts primitives, en Argentine les ressources naturelles ne sont pas sous gestion nationale mais provinciale.

Depuis 1884, c'est ainsi le DGI (*Departamento General de Irrigación* / Département Général d'Irrigation) de la province de Mendoza qui distribue l'eau entre tous les secteurs : irrigation agricole et urbaine, eau domestique et industrielle. Révisée en 1916, la Loi sur l'Eau n'a pas évolué depuis un siècle et laisse au DGI la gestion totale de l'eau brute superficielle et souterraine. Ainsi, les eaux détournées du río Mendoza sont distribuées par le DGI aux stations de potabilisation, et il faut une autorisation de cette même institution pour installer un forage²⁹, avec un droit annuel d'usage payant. C'est la seule prérogative du DGI sur l'usage domestique.

L'Alimentation en Eau Potable (AEP) est conditionnée par la Loi provinciale 6044 de 1993, votée dans le contexte de politiques de décentralisations des pouvoirs de la nation argentine vers les provinces à la fin des années 1980. Le cadre législatif provincial distingue deux secteurs : la zone urbaine et la zone rurale. Même si l'extension de l'agglomération depuis 1993 est telle que ces appellations sont aujourd'hui très discutables, la distinction foncière est primordiale pour comprendre la distribution de l'eau. Ces deux zones sont actuellement en cours de modification dans les plans d'urbanisme provinciaux et municipaux ; mais leur délimitation est régie par les Plans d'Aménagement du Territoire, les POT (*Plan de Ordenamiento Territorial*).

Selon la Loi 6044 de 1993, pour quatre des municipalités de l'agglomération (Mendoza-Capital, Godoy Cruz, Las Heras et Guaymallén), la zone urbaine est à la charge de la province de Mendoza qui a donné ce service en délégation de service

²⁸ Quartier fermé sécurisé (*gatted communitie*).

²⁹ Il n'y a que pour les puits en nappe phréatique de moins de 2 pouces de diamètre que cette autorisation n'est pas nécessaire. Seule une alimentation privative peut se satisfaire de ce type de pompage à débit limité.

public à *Aguas mendocinas* (Akhmouch, 2009). Cette entreprise a connu dans son histoire récente plusieurs statuts : l'entreprise nationale *Obras Sanitarias de la Nación* (OSN) a été provincialisée dans les années 1990 en *Obras Sanitarias de Mendoza* (OSM) ; les politiques de libéralisations amorcées sous Carlos Menem (1989-1999) en Argentine et notamment la privatisation des services publics poussée par le FMI, ont transformé l'entreprise d'état en société anonyme ; elle a enfin été renationalisée en 2008 dans le contexte des politiques de renationalisation des années Fernandez de Kichner (2007-2015). En réalité, elle a été re-provincialisée puisque c'est la province de Mendoza qui en est la propriétaire et non l'État argentin (Akhmouch, 2009).

Si Godoy Cruz et Mendoza-Capital sont essentiellement des communes urbaines, ce n'est pas le cas de Las Heras et Guaymallén qui ont des périphéries périurbaines et rurales, dont certains quartiers ne sont pas inclus dans la zone urbaine officielle. Là, ce sont les municipalités qui prennent le relais. Elles peuvent gérer en interne quelques forages ou puits, acheter de l'eau à *Aguas mendocinas* et alimenter des quartiers isolés par des camions-citerne, ou, pour les bourgs ruraux, laisser la gestion effective à des coopératives, souvent des associations de quartier.

Pour les deux communes au sud de l'agglomération, Maipú et Luján de Cuyo, le service d'adduction est 100 % en régie municipale. Les deux communes ont des stations de potabilisation, des forages et des camions-citerne et assurent l'intégralité du service public. Ces deux municipalités sont implantées sur de bonnes terres viticoles et disposent d'industries pétrochimiques d'extraction et de transformation ; leurs moyens sont nettement supérieurs à ceux des autres communes et les services publics (eau, gaz, électricité, transport, collecte des déchets, etc.) y sont bien moins onéreux pour les usager/ère.s.

Enfin, la Loi 6044 a aussi créé un organe de régulation de l'AEP, l'EPAS (*Ente Provincial de Agua y Saneamiento / Agence provinciale de l'eau et de l'assainissement*). Adossée à la province, son « rôle est de contrôler et réguler les systèmes techniques et la tarification dans le respect des droits des usagers, de donner les autorisations de prélèvements » (Lavie & Marshall, 2019).

Pour résumer : la constitution argentine délègue donc à la province de Mendoza la gestion de l'eau potable, qu'elle assume indirectement en étant la propriétaire d'*Aguas mendocinas*, délégataire du service public d'adduction dans la zone urbaine. En zone rurale, elle laisse les municipalités gérer leur adduction, parfois via des coopératives. Deux communes assurent la gestion en régie municipale. Enfin, l'EPAS n'assure aucune gestion mais contrôle le respect des règles. L'agglomération de Mendoza est donc assez illustratrice d'une « fragmentation gestionnaire » (Bousquet, 2006).

Bien que créatrice de fragmentation, la Loi 6044 prévoit à la fois d'universaliser l'accès collectif à l'ensemble du territoire et d'uniformiser le modèle de gestion. Or sur le plan de la gestion, il y a eu plusieurs ratés (Akhmouch, 2009) : d'abord des alternances de gouvernance à la tête de la province et de la concession d'eau potable,

et ensuite le fait que l'État provincial est à la fois gestionnaire de la distribution (même au cours de la période de privatisation puisqu'il a toujours au moins détenu 20 % du capital d'*Aguas mendocinas*) et tutelle de l'agence de régulation (EPAS).

- **Des modèles techniques qui diffèrent entre centre et périphéries**

L'universalisation de l'accès collectif à l'eau au robinet reste un objectif de la Loi 6044 de 1993. Si l'uniformisation est difficile à mettre en place sur le plan gestionnaire, la fragmentation s'observe aussi sur le plan technique.

L'adduction en eau potable de l'agglomération de Mendoza s'apparente à une situation hybride entre deux modèles de mise en réseau : d'une part, le centre de l'agglomération est plutôt bien connecté, avec une distribution à tous les robinets par *Aguas mendocinas* ; d'autre part, les nouvelles périphéries récemment intégrées ont dû adapter une alimentation rurale de l'eau à une nouvelle population urbaine qui demande un accès moderne à l'eau. Par système rural, j'entends que la plupart des maisons de la zone rurale disposaient d'un puits peu profond dans une nappe phréatique aujourd'hui impropre à la consommation (Lavie, 2009) ou d'un forage profond mais ancien et non contrôlé. Il est de toute façon aujourd'hui interdit d'en creuser (entretien EPAS, 2016).

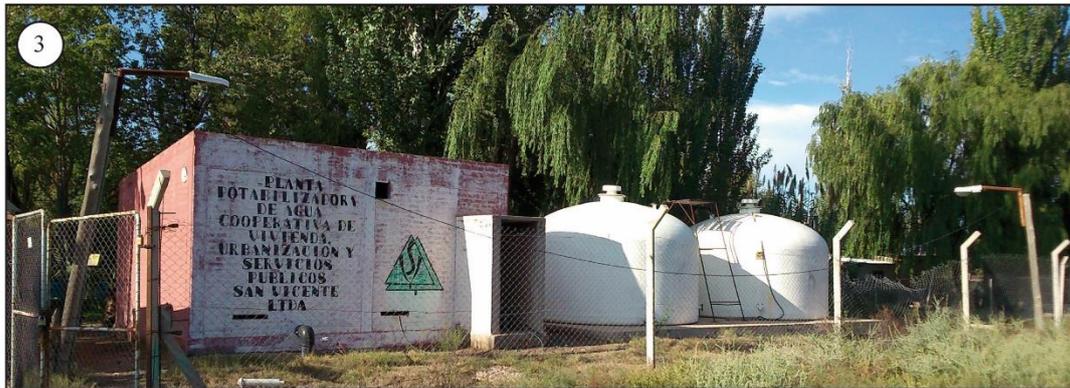
En effet, en s'appuyant sur le schéma proposé par Sylvie Jaglin sur les services en réseau (Figure 3, p. 25), le centre dense de l'agglomération serait proche du « *modèle hérité dégradé* », tandis que les nouvelles périphéries récemment intégrées correspondraient plutôt au « *modèle inachevé* », typique des pays émergents ou des grandes villes des pays en développement (Jaglin, 2012). Ces trajectoires issues d'une double histoire de la gestion à la fois technique et structurelle des réseaux proposeraient alors un autre regard sur l'universalisation des réseaux urbains d'eau potable (Lavie & Marshall, 2019).

Dans les zones urbaines des six communes, le réseau est construit en tenant compte de la pente du cône de déjection sur lequel est construite l'agglomération. Au sud-ouest, l'eau est dérivée par deux barrages régulateurs et envoyée par des canaux *matriz* (majeurs/matrice) vers le réseau d'irrigation qui desservent aussi les stations de potabilisation. *Aguas mendocinas* possède cinq stations (Figure 20) : Luján I (Figure 21) et II à l'entrée du système au sud et Alto Godoy en aval sont les principales ; Benegas sert au secteur agro-industriel de Godoy Cruz, et Potrerillos en montagne soutient Alto Godoy par un aqueduc souterrain. L'ensemble de ces stations produit environ 4000 l/s d'eau potable (données site internet du DGI). *Aguas Luján*, le service en régie municipale de Luján de Cuyo, peut acheter de l'eau à *Aguas mendocinas* mais en produit la plus grande part dans ses deux stations : Santa Elena pour les quartiers hauts et surtout Cippolleti (600 l/s). La Direction de l'eau de Maipú a quatre stations de petite taille : Cruz de Piedra et Lulunta pour les quartiers du sud et de l'est et Palma et la Pequeña pour le centre-ville de la commune (Figure 20).

Adduction collective par le réseau centralisé



Adduction collective par micro-réseau



Adduction individuelle par camion-citerne



1 : Station de potabilisation Luján I d'*Agua*s Mendocinas

2 : Annonce de coupure d'eau d'eau de 24 h dans le journal

3 : Station de potabilisation de la Coopérative *San Vicente* à Guaymallén

4 : Camion de la compagnie *Agua*s del Challao, Las Heras

5 : Enfant allant collecter de l'eau à une borne-fontaine municipale, Las Heras

6 : Pompe individuelle, Colonia Molina, Guaymallén

Alternatives individuelles précaires



Sources : 1, 3 et 6 ©Lavie, 2007 et 2016 ; 2 : ©Journal *El Uno* 07-03-2013 ; 4 et 5 : ©Hévin, 2013

Figure 21 : Photographies des types d'adduction en eau potable dans l'agglomération de Mendoza

Mais la capacité de ces stations est insuffisante puisque la population périurbaine a augmenté et que les nouveaux quartiers ne sont pas situés sur le cône de déjection mais dans la plaine, plus basse. À Mendoza le risque sismique de ce piémont de Cordillère andine est tel que les châteaux d'eau sont inimaginables. Sans pression suffisante, les quartiers bas sont régulièrement en manque d'eau. Pour pallier cela, les communes et *Agua mendocinas* ont fait construire de nombreux forages plus ou moins profonds dans la zone urbaine. Certains disposent tout de même de petits réservoirs hauts mais de faible contenance. L'eau pompée connaît souvent des niveaux de nitrates supérieurs à la limite de potabilité de 50 mg/l ; elle doit donc être mélangée avec de l'eau superficielle issue du réseau principal (entretien EPAS, 2016).

En périphéries, la fragmentation technique est à l'inverse le modèle dominant (Figure 21). Les habitations agglomérées en bourgs ou lotissements sont alimentées par des coopératives publiques, ou privées dans le cas des lotissements fermés. Là, le système technique privilégié est le micro-réseau, à savoir un approvisionnement par des forages locaux et un réseau indépendant ou interconnecté qui dessert un territoire restreint (Lavie & Marshall, 2019) mais qui se calque sur la norme du réseau universel avec une desserte aux robinets, tout en étant détachés du système central urbain (Crombé & Blanchon, 2010). Dans les territoires où implanter un réseau collectif n'est pas rentable, par exemple dans les collines au nord-ouest de Las Heras, des camions-citerne viennent vendre l'eau aux habitant.e.s, qui la stockent dans une citerne familiale. Ailleurs, des habitant.e.s ont fait creuser un puits peu profond pour les usages domestiques mais ne boivent que de l'eau embouteillée achetée en commerce. Enfin, dans les quartiers les plus précaires, il n'est pas rare que la municipalité ait installé une borne-fontaine à laquelle viennent se ravitailler les habitant.e.s en utilisant des jerricans.

Le modèle souhaité par la province de Mendoza et régi par la Loi 6044 est celui d'un accès universel à l'eau potable, si possible via le réseau central ou des micro-réseaux. L'idée sous-jacente est aussi une **uniformisation à la fois technique et gestionnaire**. Or, la zone urbaine s'est densifiée et étendue suite à la crise économique des années 2000 en Argentine (Velut, 2002). Les quartiers périphériques auraient été victimes d'un mode de développement déconnecté des instances de planification urbaine que sont la province et les municipalités, **freinant ainsi la politique d'universalisation** du service.

Le paysage de l'eau potable en périphérie de Mendoza est donc protéiforme sur le plan technique et gestionnaire, mais est-ce que cela freine vraiment l'universalisation du modèle ? Et est-ce que cela crée des inégalités ? C'est à ces questions que notre travail de terrain a permis de répondre. Trois axes ont été discutés : d'une part, la place de la topographie sur la distribution gravitaire, d'autre part, les inégalités socio-spatiales, enfin, la fragmentation de la ville par ses réseaux.

3.3.3. La topographie n'est pas un critère déterminant

Une des hypothèses émises dans les discussions précédant le départ sur le terrain de Jean-Eudes Hévin en 2013 était celle d'un gradient amont-aval de la qualité du service d'AEP à Las Heras. L'agglomération de Mendoza est construite en grande partie sur le cône de déjection du río Mendoza, de pente SO-NE qui se poursuit à l'est par la plaine du Cuyo. Le réseau général suit donc cette pente puisque la sismicité empêche d'utiliser des châteaux d'eau pour créer de la pression. En amont à l'ouest, les glacis du piémont de la Précordillère des Andes surplombent la ville. Ils ont connu une urbanisation rapide au début du XXI^{ème} siècle. Je supposais qu'avec ce système gravitaire, les zones du glacis situées au-dessus du réseau et les zones les plus basses en fin de réseau, ne pouvaient pas disposer d'une pression suffisante au robinet, argument que me tenaient régulièrement des chercheur/se.s travaillant sur cette commune et des Laherino/a.s rencontrés pendant la thèse.

Les résultats issus du travail de terrain de cet étudiant que j'ai co-encadré, révèlent que cette hypothèse est en partie validée mais que ce n'est pas un facteur déterminant des inégalités de distribution (Hévin, 2013 ; Lavie *et al.*, 2015a ; Figure 22). Sachant qu'à Las Heras la pente est d'orientation SO-NE, le quartier de Challao, qui est situé à l'ouest des principales canalisations – soit en amont – ne peut pas disposer du réseau d'*Aguas mendocinas*. La pression qui ne dépend que de la pente ne peut pas faire remonter l'eau, qui-plus-est ce quartier est parsemé de petites collines où vivent les habitant.e.s de manière dispersée. Alimenter en eau ce quartier par le réseau central n'est donc pas aisé techniquement, il n'est surtout pas rentable. Dans le cœur de la ville, on observe bien des différences entre les quartiers Barrio Municipal à l'entrée du réseau et Ciudad plus bas. Pour autant, les enquêtes réalisées et les coupures de presse lues ne démontrent pas de différences marquées par rapport à d'autres municipalités de l'agglomération, même si les habitant.e.s du quartier Ciudad ont noté plus de coupures que leurs voisin.e.s du Barrio Municipal.

Les terrains suivants réalisés par Anaïs Marshall et moi-même à Guaymallén (Lavie & Marshall, 2019) ou par Lucie Escudie à Maipú (Escudie, 2018) vont dans le même sens : les coupures sont légèrement plus fréquentes dans les zones basses comme Villa Nueva à Guaymallén et Lopez à Maipú, mais restent assez conformes à celles observées dans le reste de l'agglomération. Une des hypothèses principales que nous avons apportées est que les **forages de soutien au réseau central jouent bien leur rôle de renfort** dans les zones basses (Figure 22).

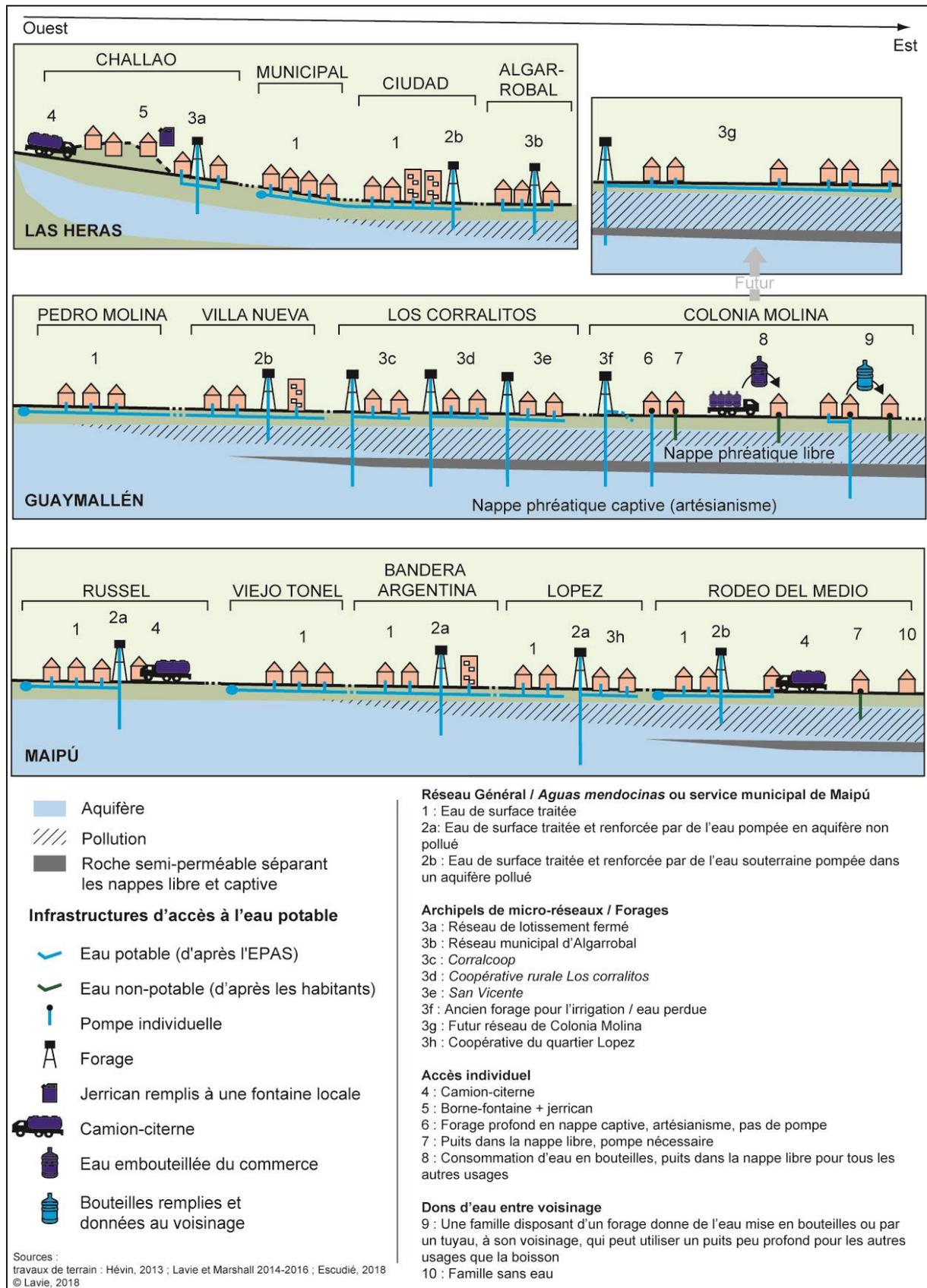


Figure 22 : Gradient des techniques d'adduction en eau potable dans les quartiers enquêtés des communes de Las Heras, Guaymallén et Maipú

Sources : à partir de Hévin, 2013 ; Escudié, 2018 ; Lavie & Marshall, 2019

Il semble donc que si nous avons observé des accès à l'eau potable précaires dans les zones basses et les zones en amont du réseau, ce n'est pas dans la zone urbaine mais dans les secteurs de la zone rurale qui ont été gagnés par l'agglomération, et qui ne sont donc pas connectés au réseau central. En effet, un élément se distingue très clairement de nos trois terrains : en termes quantitatifs, l'ensemble des secteurs de la zone urbaine connaît un service correct avec une adduction à l'eau à tous les robinets malgré quelques coupures. Pour autant, la qualité de l'eau ne peut être la même puisque les zones hautes sont uniquement alimentées en eau du río Mendoza traitée, tandis que les zones basses reçoivent une eau mixte où l'eau des forages – très azotée – est diluée avec de l'eau superficielle.

Les critères déterminants des inégalités de qualité du service sont donc à trouver ailleurs, notamment dans les inégalités socio-économiques entre quartiers de la zone rurale (Escudé, 2018 ; Lavie & Marshall, 2019).

3.3.4. Les inégalités socio-économiques jouent un rôle déterminant en périphérie

Si tou.te.s Lesherino/a.s, Guaymallino/a.s et Maipucino/a.s interrogé.e.s dans la zone urbaine semblent recevoir une eau au robinet par le réseau central, les accès sont bien plus disparates dans la zone rurale pourtant intégrée à l'agglomération. Ces périphéries urbaines ont grandi dans plusieurs dimensions : d'abord au sud vers Luján qui est devenu un territoire viticole très mité par les lotissements fermés réservés à une population de classes moyennes à aisées ; puis à la fin des années 1990 à l'ouest sur les glacis du piémont, avec des lotissements fermés et des habitats plus précaires ; enfin à partir de 2005 vers l'est, sur la ceinture verte maraîchère ou plus à l'est dans des zones salines ou d'arboriculture avec une population variée (Alegre *et al.*, 2014 ; Gudiño, 2017). L'agglomération de Mendoza dépasse donc la zone urbaine délimitée par le POT, qui a conditionné la distribution de l'eau potable en 1993. Les espaces agricoles devenus périphérie urbaine sont de multiples paysages allant de faciès très urbains à un paysage agricole mité par les lotissements. Les avancées se font à la fois en front urbain et en mitage des zones agricoles. Or ces secteurs agricoles disposaient d'un accès dit rural à l'eau domestique. Si l'utilisation des eaux des canaux d'irrigation semble avoir disparue, nombreux sont les agriculteurs qui disposent d'un forage dans un aquifère profond où parfois la nappe est captive et les eaux remontent naturellement par artésianisme. L'universalité de l'accès collectif à l'eau au robinet est une vision très urbaine de ce service public, que demandent les nouvelles populations venues s'installer dans ces périphéries de l'agglomération.

Ces populations sont très variées : des riches propriétaires qui fuient la dense Mendoza en s'installant dans des quartiers fermés et sécurisés, des lotissements de classe moyenne qui cherchent également à quitter la ville, des lotissements pour celles et ceux qui n'ont pas les moyens d'acheter en zone urbaine, généralement des victimes de la crise économique qui sévit depuis une vingtaine d'années (Velut,

2002), des résidences secondaires dans les secteurs arborés, enfin de nombreuses *villas miserias* (Alegre *et al.*, 2014 ; Gudiño, 2017 ; Lavie & Marshall, 2019). La périphérie est donc socio-économiquement fragmentée, on sait que les gestionnaires de l'eau potable sont nombreux, et les techniques d'adduction sont tout aussi protéiformes.

« Être pauvre n'empêche pas d'avoir une forte chance d'accéder au raccordement [...], être riche en revanche abrite pratiquement du risque de ne pas en disposer » (Mesclier *et al.*, 2015). En effet, malgré leur localisation à distance ou en amont des tuyaux principaux, les populations riches n'ont aucune difficulté à disposer d'eau au robinet. Alors que creuser des forages est interdit, les travaux se font quand même et les contentieux juridiques sont nombreux. Les habitant.e.s de ces quartiers étant parfois proches du pouvoir et du DGI, les passe-droits se sont multipliés (enquêtes de terrain, 2013, 2014). Dans le cas du quartier de Challao à Las Heras, un lotissement fermé dispose de son propre micro-réseau dont le forage pompe dans un des niveaux d'aquifère les plus protégés car en amont des activités anthropiques (Hévin, 2013). « Si la construction a sûrement été onéreuse, le prix de l'eau est fixe, et bien plus bas qu'avec Aguas Mendocinas, autour de 4 € par mois (env. 44 \$AR), contre le double ou le triple dans les zones connectées au réseau collectif » (Lavie *et al.*, 2015a). À Los Corralitos à Guaymallén, un quartier fermé en construction dispose d'un ancien puits agricole qui pompe dans la nappe captive. Appartenant à la coopérative *Corralcoop*, ce puits sera connecté au micro-réseau dès que le besoin se fera sentir, c'est un puits pour le futur. Nous n'avons pas observé de quartiers riches qui manquent d'eau potable au robinet.

À l'inverse, les quartiers populaires connaissent des situations particulièrement disparates. À Challao, les habitant.e.s des collines « n'ont d'autre choix que de se faire ravitailler par des camions-citerne de la compagnie Aguas del Challao, qui achètent l'eau à des stations Aguas Mendocinas, au prix exorbitant de 15 € (env. 165 \$AR) la livraison de 10 000 l, nécessaire toutes les une à deux semaine(s) » (Lavie *et al.*, 2015a). Jean-Eudes Hévin a aussi observé des habitant.e.s allant se ravitailler en jerricans à une borne-fontaine. À Algarrobal, la municipalité de Las Heras a construit un micro-réseau relié à trois puits qui pompent dans un niveau supérieur de la nappe. Si le tarif est considéré comme social, les tarissements de la ressource sont fréquents, obligeant les habitant.e.s à régulièrement stocker de l'eau. Surtout, les pollutions de la nappe poussent les autorités à couper la distribution par moments. Alors la municipalité remplit des réservoirs locaux via des camions-citerne, comme le font les habitant.e.s des collines du Challao. À Colonia Molina, les habitant.e.s cherchent à obtenir un micro-réseau. Ils ont travaillé avec les autorités de Guaymallén pour que le puits local du DGI soit utilisé pour cela (cf. Chapitre 1). En attendant, certain.e.s utilisent un ancien forage agricole, voire donnent de l'eau de ce forage à leurs voisin.e.s, via une canalisation privative ou en remplissant des bidons d'eau ; d'autres ont fait creuser un puits en nappe phréatique pour les besoins domestiques mais ne consomment que de l'eau en bouteilles (Figure 22). À Maipú, dans le quartier semi-

urbain de Russel et dans le district rural de Rodeo del medio, les lotissements de classe moyenne disposent tous d'un accès au réseau municipal, qu'il s'agisse d'eau superficielle ou souterraine. Mais les habitats plus dispersés et généralement plus pauvres doivent s'adapter, en ayant parfois recours à des branchements illégaux sur le réseau, en faisant appel à des camions-citerne les jours de basse pression au robinet, ou encore aux puits peu profonds (Escudí, 2018).

Si les municipalités agissent pour que les populations les plus précaires disposent d'un service d'eau potable, même si les coupures sont fréquentes et l'eau de qualité médiocre, il reste des poches de précarité hydrique et hydraulique dans le paysage mendocino. À l'inverse, le poids politique et économique des populations très aisées, les protège généralement de tout manquement dans le service d'adduction en eau potable. Pour autant, au-delà de ces situations extrêmes, la plus grande part des populations de la périphérie urbaine de Mendoza connaît un service de micro-réseau apporté par des coopératives ou par les municipalités. **Ce nouveau système à la fois technique et gestionnaire a tendances à devenir le nouveau modèle dominant ; c'est le résultat principal de nos recherches.**

3.3.5. Quand le micro-réseau devient le modèle dominant

La planification urbaine a été longue à mettre en place (Gudiño, 2017) et les constructions se sont souvent faites avant que les permis ne soient accordés, donc que le service d'eau potable soit optimal (entretiens de terrain, 2014, 2016). Mais ces exceptions cachent aussi une réalité bien plus homogène : les anciennes associations de quartiers ont construit des micro-réseaux dans les dernières décennies du XX^{ème} siècle afin de connecter toutes les habitations agglomérées. Formalisées sous le statut de coopérative par les municipalités, ces gestions peuvent soit être publiques dans la plupart des cas, soit privées dans certains lotissements fermés. Ce statut de coopérative permet à la fois à l'EPAS de venir contrôler mensuellement la qualité de l'eau et aux abonné.e.s de parfois disposer d'un tarif social accordé par la province. C'est une coopérative par exemple qui a pris le relais de la municipalité de Las Heras à l'Algarrobal. Mais le quartier le plus illustratif est Los Corralitos à Guaymallén. Là, trois coopératives se partagent le district : 1) *San Vicente* qui alimente des lotissements de classes populaires disposant pour la plupart d'un tarif social. Les coupures sont fréquentes mais tous les habitant.e.s rencontré.e.s nous ont affirmé que vu le prix payé, la coopérative ne pouvait pas faire mieux ; 2) La *coopérative rurale Los Corralitos* connecte les habitant.e.s du bourg, généralement de classe moyenne, à son réseau. Ces deux coopératives n'ont qu'un seul puits en état de marche et le réseau est de petite taille ; 3) Dans le district, la plus grande coopérative est *Corralcoop*. Elle dispose de deux puits en état de marche, de deux puits pour le futur, et d'un réseau interconnecté de 4000 abonné.e.s.

Surtout, *Corralcoop* est particulièrement illustrative de la politique d'uniformisation technique et gestionnaire que mènent la province et l'EPAS. Ayant bien conscience

que l'extension du réseau central d'*Aguas mendocinas* est illusoire, l'universalisation de ce service public doit trouver d'autres formes de diffusion. Le modèle dominant en périphérie est donc celui-ci : **un seul gestionnaire** qui peu à peu capte les coopératives en difficultés ; et **une seule technique** : celle du micro-réseau interconnecté. *Corralcoop* est donc un allié de poids pour l'EPAS qui lui a demandé d'intégrer des anciens réseaux de quartiers (à Colonia Segovia et prochainement à Puente de Hierro). Si le micro-réseau demandé par les habitant.e.s de Colonia Molina finit par se réaliser, alors que *San Vicente* devrait par décret obtenir sa gestion puisque c'est la coopérative la plus proche et qu'elle a déjà loué le puits local au DGI, l'EPAS invite systématiquement *Corralcoop* aux réunions et n'a pas officiellement arbitré. Le comportement ambigu de l'EPAS vis-à-vis de *Corralcoop* démontre de son soutien à son développement tentaculaire sur toute la zone dite rurale de Guaymallén. « *L'EPAS explique que les micro-réseaux indépendants et non connectés, gérés par des entités différentes n'étaient pas un modèle soutenable sur le long terme : un seul interlocuteur facilite les échanges, limite la concurrence et permet, via des économies d'échelle, de déployer un meilleur service (entretiens, 2014, 2016) »* (Lavie & Marshall, 2019).

Ce modèle semble donc devenir politique, mais il se heurte à certains freins : Colonia Molina a fait signer un document à *Corralcoop* et à *San Vicente*, stipulant que quel que soit le gestionnaire, il ne pourra pas connecter le puits local à un de leurs réseaux existants ; et des habitant.e.s de Los Corralitos continuent d'utiliser leur ancien forage agricole alors qu'ils disposent d'une connexion d'une coopérative à l'entrée de leur propriété. Pour autant, **l'ensemble des travaux de terrain et des publications sur ces périphéries urbaines de l'agglomération de Mendoza** (Hévin, 2013 ; Lavie *et al.*, 2015a ; Escudí, 2018 ; Lavie & Marshall, 2019) **démontrent que le modèle visant à universaliser le service a changé et que celui d'une coopérative monopole de la zone rurale d'une commune, qui distribuerait avec un micro-réseau interconnecté, devient la politique dominante décidée en ville par l'EPAS et le gouvernement provincial.**

À Maipú, la municipalité tente d'absorber les coopératives existantes (sept, rien que dans le centre-ville). Là le modèle n'est pas le micro-réseau mais le réseau général interconnecté, avec de l'eau mixte (superficielle et souterraine). Si le modèle technique n'est pas le même qu'à Las Heras et Guaymallén, en revanche la fragmentation gestionnaire s'amenuise de plus en plus et il s'agit bien d'une volonté politique.

En conclusion, la rareté en eau et les risques de vulnérabilité de la population face à une pénurie, peuvent aussi s'observer par l'entrée 'eau potable'. La gestion de la distribution se heurte à la gestion de la rareté de l'offre tandis que la demande augmente en même temps que l'agglomération s'accroît. Il faut savoir que les politiques de baisse de la demande sont pour le moment peu envisageables puisque le tarif est fixe (même s'il augmente fréquemment) et non-indexé à la consommation.

Limiter sa dépense en eau ne change rien sur la facture. À Maipú, le choix de la commune de laisser un tarif très bas pour l'ensemble des services publics ne limite en rien les gaspillages. Le mode de gestion est même un facteur aggravant du risque de pénurie, par manque de personnel, contraintes administratives et tarifaires, absence de compteur, vétusté du réseau et branchements illégaux (Escudié, 2018).

Cette recherche dans trois communes périurbaines de Mendoza, que l'adduction soit en délégation de service public, privée, ou municipale, confirme bien l'hypothèse de départ de ce sous-chapitre : **l'accès à l'eau potable participe à la structuration de la ville**. Si les autorités ont tardé à formaliser la gestion, la technique des forages et des micro-réseaux a permis à la ville de s'accroître de manière plutôt homogène malgré quelques poches de précarité ou de grande richesse. Finalement, alors qu'au début de ces travaux nous voyions Mendoza comme une agglomération fragmentée, les résultats démontrent plutôt **un espace urbain assez uniforme**.

Conclusion du Chapitre 3 :

Synthèse de mes travaux de recherche sur le risque de pénurie, ce chapitre s'est intéressé à la question de la quantité d'eau potable et d'irrigation agricole et urbaine. La pénurie est un risque qui s'appuie sur des facteurs prédisposant à la sécheresse dans le cadre d'extrêmes hydro-climatiques, mais qui est également construit par les gestionnaires. La marchandisation de l'eau a justifié des choix politiques permettant la transformation de cette ressource naturelle en ressource économique. Mes travaux sur cet enjeu de gestion du risque de pénurie ont donc à la fois porté sur l'estimation des volumes offerts par la nature, la compréhension des formes de gestion et une discussion sur les arguments politiques.

Surtout, ces deux sous-chapitres sur l'eau d'irrigation et l'eau potable démontrent que dans un espace où l'eau est naturellement rare comme les oasis et les villes-oasis, la gestion de la rareté devient un élément déterminant de la structuration des espaces. Ainsi, inégalités spatiales de distribution de l'eau potable et de l'eau d'irrigation, inversions de structures de pouvoir suite à l'arrivée d'une nouvelle ressource comme à Mendoza ou Ouauizerth, sont autant de preuves que la ressource en eau est un objet de pouvoir dans l'aménagement des territoires. À Khartoum, l'eau n'est pas rare puisque les Nils et la nappe sont suffisants, mais la gestion de l'adduction est problématique, créant une pénurie. Finalement, les oasis ne sont pas des espaces si différents des autres sur ce point.

Si la sécheresse est un facteur prédisposant aux risques de pénurie en eau et que la gestion de la ressource est un facteur aggravant de la vulnérabilité des usager/ère.s, il existe un autre facteur aggravant, agissant cette fois-ci sur l'offre en eau : c'est la qualité de celle-ci. Le rôle de la qualité de l'eau dans la baisse des volumes disponibles est l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 4. La qualité de l'eau, nouvelle entrée pour analyser le risque de pénurie

L'École de géographie physique bordelaise qui m'a formée était centrée sur l'évaluation de la qualité des ressources via la validation par des mesures *in situ* et la modélisation des transferts des nitrates de la parcelle aux rivières. **Quand la plupart des travaux s'intéressent à la gestion quantitative de l'eau, j'ai aussi contribué à montrer le rôle de la qualité de l'eau dans les structures oasiennes.** Même si chronologiquement, j'ai travaillé sur les pollutions avant de m'intéresser aux pénuries, ces deux entrées sont liées dans le système hydrosocial : l'impossibilité d'utiliser une ressource essentielle parce que polluée, participe à l'augmentation de sa rareté, donc au risque de pénurie (Fernandez, 2017). L'accentuation de la rareté quantitative de l'eau par l'affaiblissement de sa qualité a fait l'objet de travaux sur les vallées minières de Lorraine par Romain Garcier (2010), en s'appuyant et complétant le modèle d'Anthony Turton et Richard Meissner. Pour ces auteurs (Turton & Meissner, 2002), une société dont la consommation d'eau augmente quand l'offre naturelle reste stable ou diminue, arrive à une première transition, celle de la gestion par l'offre. Les gestionnaires doivent trouver plus de ressources en eau afin de ne pas avoir à agir sur la demande. C'est le cas des sociétés hydrauliciennes. Une seconde transition a lieu lorsque les infrastructures ne suffisent plus et que les usagers/ères prennent, seul.e.s, par des campagnes de conscientisation ou par une augmentation du prix de l'eau, la mesure d'une nécessité de baisser leurs demandes en eau. On passe alors à une gestion par la demande, ce qui n'est pas encore vraiment visible à Mendoza par exemple (cf. *supra*, Chapitre 3). Or d'après Romain Garcier, la baisse de la qualité de l'eau ampute les gestionnaires d'une partie des ressources sur le plan des volumes utilisables (Figure 23). Cette pollution fait donc avancer dans le temps les deux transitions précitées.

Reste que les productions liant le risque de pénurie à des problématiques de qualité des eaux sont rares et l'action publique se focalise avant tout sur des questions de volumes à pourvoir : « depuis plus de 30 ans, dans le Sud-Ouest, l'action publique dans le domaine de l'eau se pense pour l'essentiel comme une gestion quantitative de la pénurie que cela soit pour traiter des enjeux de salubrité ou de préservation des milieux aquatiques » (Gaudin & Fernandez, 2018).

L'objectif de ce Chapitre 14 est de réinterroger mes travaux effectués sur la qualité de l'eau à Mendoza et à Khartoum, non plus sous l'angle des processus de transfert des polluants comme c'était le cas au moment de l'écriture de ces publications, **mais sous celui de la gestion de la pénurie en eau.** Je n'ai pas travaillé sur des questions de qualité sur les autres terrains que sont le Sud-Mendocino, Gabès et Ouauizerth. Comme dans le précédent chapitre, sont synthétisés ici des travaux sur l'irrigation puis sur l'eau potable.

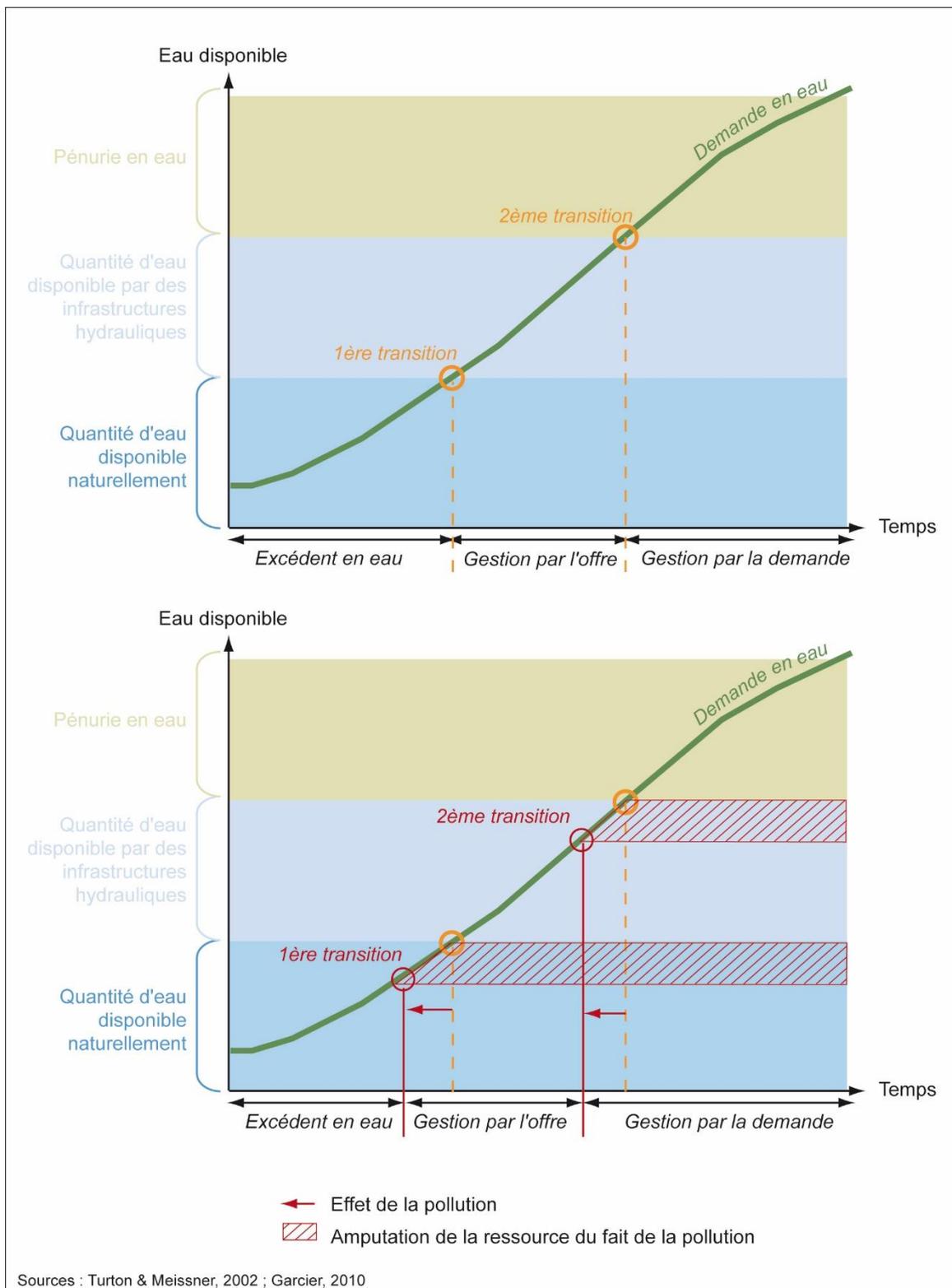


Figure 23 : Augmentation du risque de pénurie par amputation des volumes d'eau par une pollution

Source : Modifié d'après Turton & Meissner, 2002 ; Garcier, 2010

4.1. Irriguer avec de l'eau de bonne qualité à Mendoza

Ma thèse (octobre 2005 / juin 2009) a permis la poursuite des travaux sur les questions de qualité des eaux agricoles comme en maîtrise et DEA dans le Sud-Ouest français, mais cette fois-ci outre-Atlantique, à Mendoza en Argentine. Elle a été faite en collaboration avec le Centre Régional Andin³⁰ (CRA) de l'Institut National de l'Eau³¹ (INA), plus précisément au service Irrigation et Drainage³², où les ingénieurs.e.s agronomes José-Antonio Morábito et Santa-Esmeralda Salatino dirigeaient un programme d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation de différentes oasis. La thèse s'est uniquement focalisée sur celle du río Mendoza, soit l'espace agricole irrigué par cette rivière (Encadré 2).

Encadré 2 : Principaux résultats de mes travaux doctoraux (2005-2009)

Plusieurs changements de trajectoire ont entraîné une baisse de la qualité de la ressource en eau d'irrigation. En effet, l'exode rural massif suite à différentes crises économiques a conduit à une explosion démographique urbaine, plus rapide que les capacités de planification : stations de traitement d'eau potable ayant atteint leurs capacités en 2000, irrigation urbaine défectueuse (cf. *infra*), tout comme les services de collecte des déchets et l'assainissement. Parallèlement à cette dégradation de la qualité de la ressource, afin de répondre aux crises économiques, Mendoza s'est tournée vers une viticulture de haute qualité, qui s'est installée sur le piémont et se développe grâce à des forages en amont des sources de pollution (voir aussi Lavie *et al.*, 2017 ; Faliès *et al.*, 2018). On observe donc une dualité entre un territoire où des activités de haute valeur ajoutée s'alimentent en eau de bonne qualité et participent à la pollution de l'hydrosystème, et d'autres espaces qui subissent ces impacts qualitatifs.

L'essentiel de mon travail a été de réaliser un diagnostic hydro-qualitatif et de valider l'hypothèse selon laquelle les nouveaux périmètres irrigués, l'agglomération non planifiée et les industries contribuent à fortement polluer les canaux d'irrigation qui alimentent les espaces situés en aval, dont la vocation est d'alimenter en fruits et légumes le marché local. C'est en particulier le cas du secteur IV, qui reçoit en effet les rejets de toutes les activités industrielles, domestiques et agricoles de l'oasis (Lavie *et al.*, 2010).

4.1.1. L'enjeu du suivi hydro-qualitatif de l'eau d'irrigation

Les oasis étudiées à partir de la soutenance de ma thèse en 2009 sont l'oasis Nord (composée des oasis du río Mendoza et de l'oasis Est) et l'oasis du Valle de Uco. Ce sont des oasis de piémont, irriguées grâce à la dérivation de cours d'eau andins de régime nivo-glaciaires : le río Mendoza et le río Tunuyán aval pour l'oasis Est et le río

³⁰ Centro Regional Andino.

³¹ Instituto Nacional del Agua.

³² Riego y drenaje.

Tunuyán amont pour l'oasis du Valle de Uco (Ponte & Cervini, 1998 ; Chambouleyron *et al.*, 2002). Majoritairement gravitaire, l'irrigation est aujourd'hui pressurisée sur l'ensemble des nouveaux périmètres irrigués qui s'installent en amont, à l'ouest (Figure 16).

Sur le plan hydro-morphologique, l'oasis de Valle de Uco (825 km²) est une oasis de montagne, insérée dans une dépression (graben), entre la Cordillère frontale et des collines de piémont (Figure 24). Elle est irriguée via détournement de quatre rivières principales, dont le río Tunuyán qui pourvoit le plus aux volumes (80 %) avec son module de 30 m³/s. Un aquifère libre souterrain est aussi présent dans cette dépression. L'anticlinal qui ferme le graben vers l'aval fait confluer les eaux superficielles et souterraines vers le même point, faisant remonter le niveau piézométrique de la nappe dont la résurgence alimente une série de ruisseaux. L'ensemble des eaux superficielles et souterraines conflue donc vers le même point, formant un entonnoir hydrographique et hydrologique.

Les cultures irriguées en Valle de Uco prélèvent surtout dans l'aquifère libre, mais une dérivation des rivières a quand même lieu, puisque quatre barrages alimentent un réseau superficiel de canaux. *« In sum, only 17% of the river flow is used by the Valle de Uco Oasis, so as to allow a significant volume to the East Oasis. But unlike the official line that clears the biggest landowners of this upper oasis of water control, the uncontrolled use of upstream groundwater strongly influences the development of downstream oasis, and the hydraulic results start to be in deficit: we calculated a 53 % fall of the Tunuyán River flow between 2007 and 2011 in point CA »* (Lavie *et al.*, 2013).

Je n'ai pas travaillé sur l'oasis Est, mais les eaux qui quittent l'oasis de Valle de Uco sont toutes collectées par le barrage Carrizal qui régule les eaux du río Tunuyán avant qu'elles ne soient dérivées par le barrage Tiburcio Benegas vers l'oasis Est. Évaluer la qualité des eaux en Valle de Uco conditionne de fait la durabilité de l'irrigation de l'oasis Est.

Aujourd'hui, l'oasis Est est accolée à l'oasis du río Mendoza sur laquelle j'ai surtout travaillé, notamment en thèse. L'ensemble (oasis Est + oasis du río Mendoza) forme l'oasis Nord, probablement l'une des plus grandes au monde avec ses 2 411 km². Il s'agit d'une oasis de piémont installée sur le cône de déjection des deux rivières. Elle dépend majoritairement des dérivations des eaux superficielles.

Le río Mendoza, d'un module de 50 m³/s est régulé en montagne par le récent barrage de Potrerillos (2004) puis dérivée par le barrage Cippolleti à l'entrée de l'oasis. De là sont distribuées : les eaux pour les besoins domestiques d'une agglomération de plus d'un million d'habitants, les eaux pour les industries

pétrolière et agroalimentaire, les eaux pour l'irrigation urbaine³³ et les eaux pour alimenter cette oasis de 1 200 km².

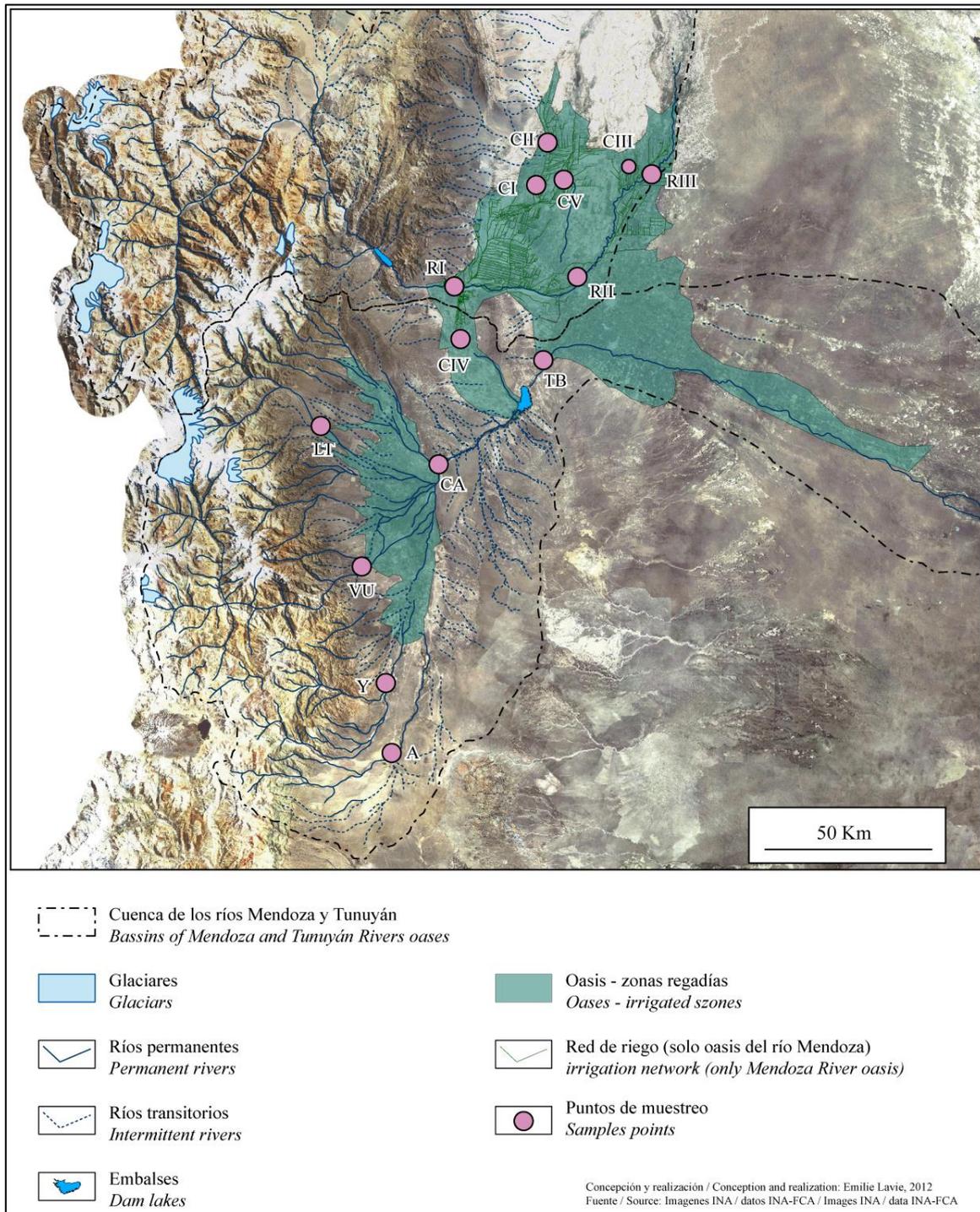


Figure 24 : Localisation des points de prélèvement des oasis du río Mendoza et de Valle de Uco

Source : Lavie et al., 2013

³³ Le réseau d'acequias (cf. supra, Chapitre 3).

La multiplication des besoins et des usager/ère.s pose un problème de taille au gestionnaire, le Département Général d'Irrigation, le DGI (*Departamento General de Irrigación*). En effet, « *If the oases were built by and for farmers, they are no longer a priority, since the industry –including oil– has become the leading foreign exchange earner for the province. Farmers receive less water and are increasingly victims of soil salinization; the most harmful being the ones located in the downstream zones (Chambouleyron et al., 2002; Lavie, 2009). Moreover, the construction of dams has turned turbid waters into clear ones, losing their capacity of waterproofing soil canals, causing infiltration and depriving downstream farmers of a necessary flow (Salomón et al., 2008). In addition, the agricultural territories of Mendoza, located downstream from the town, receive polluted water by domestic and industrial effluents, while the East Oasis is already supplied with water used for irrigation in Valle de Uco. These downstream areas are irrigated with water impacted, on a quantitative –losses by infiltration and evapotranspiration from agricultural areas– and on a qualitative –contamination– levels (Lavie et al., 2008 and 2010) » (Lavie et al., 2014).*

Les campagnes successives du suivi de la qualité des eaux d'irrigation des oasis du río Mendoza et de Valle de Uco, sont donc d'une grande richesse pour évaluer les risques de pollution et ainsi comprendre la baisse des rendements agricoles. Surtout, ce suivi permet – via des séries de publications, en espagnol notamment, mais aussi de séminaires assurés par mes collègues José A. Morábito et Santa E. Salatino de l'Institut National de l'Eau (INA) – de faire prendre conscience aux usager/ère.s comme aux gestionnaires, des conséquences pour les cultures, donc l'économie de toute une région. Dix mois par an depuis 2003 (2007 pour Valle de Uco), Santa E. Salatino part prélever l'eau de 14 points. « *Les points qui font la base de données, correspondant aux sites de prélèvements, ont été sélectionnés en faisant attention aux caractéristiques de la qualité de l'eau d'irrigation et à l'identification de possibles causes de pollution* » (Lavie et al., 2014). Leurs emplacements sont visibles sur la Figure 24, la typologie des points de prélèvements sur le Tableau 2.

À chaque prélèvement, nous avons estimé le débit, et mesuré la conductivité électrique, la température et le pH. En laboratoire, nous avons analysé les paramètres physico-chimiques suivants : Demande chimique en oxygène (DCO), relation d'absorption du sodium (SAR, *sodium absorption ratio*), chlorures, sodium, potassium, calcium, magnésium, carbonates et bicarbonates, nitrates, phosphates et phosphore. Concernant les solides, nous les avons mesurés en solides sédimentables en 10 min (SS10), solides totaux, fixes et volatiles. La base contient aussi des mesures de métaux lourds, sur lesquels nous avons publié (Lavie et al., 2014), avant malheureusement de nous rendre compte que l'appareil de mesure était défectueux. C'est un risque important quand on donne ses échantillons à analyser à un tiers. Enfin, concernant les éléments biologiques, il y a eu des mesures d'oxygène dissous, de bactéries aérophiles mésophiles, et de coliformes fécaux et totaux. Je ne reviens pas sur l'intérêt de chaque paramètre, chacun étant longuement explicité dans la méthodologie de ma thèse. Je m'arrêterai donc sur deux résultats post-thèse qui me

semblent importants : le suivi des solides dans l'eau d'irrigation et la construction d'indices intégrés multi-paramètres.

Catchment	Sample points	Name	Interest
Mendoza River basin	RI	Mendoza River at Cipolletti Dam	Incoming points of water in Mendoza River Oasis
	CI	Channel 1- Cacique Guaymallén	Measuring Mendoza city impact
	CII	Channel 2- Jocoli	Measuring urban wastes waters impact
	CV	Channel 5- Auxiliar Tulumaya	Measuring industrial impact
	CIII	Channel 3- San Martín	Only few drainage waters, little contamination
	CIV	Channel 4- Flores	
Tunuyán River Basin	VU	Tunuyán River at Valle de Uco Dam	Biggest flow of this basin. One entry in Valle de Uco Oasis
	LT	Las Tunas Dam	3 entries in Valle de Uco Oasis
	A	Aguanda River	
	Y	Yaucha Dam	
	CA	Tunuyán River at Costa Anzorena	Convergence of the 4 former points waters and phreatic exurgence. Measuring agricultural impact of Valle de Uco Oasis, and of Tunuyán City.
	TB	Tunuyán River at Tiburcio Benegas Dam	Entry of East oasis, downstream Carrizal Dam Lake

Tableau 2 : Typologie des points de prélèvement

Source : (Lavie *et al.*, 2013)

4.1.2. Pour optimiser l'irrigation, l'enjeu du suivi des solides dissous et en suspension

Parmi les paramètres disponibles, les solides nous sont apparus comme primordiaux à prendre en compte par les gestionnaires : d'une part, les solides dissous (*Total Dissolved Solids* - TDS) qui donnent un aperçu de la minéralisation de l'eau, donc du risque de salinisation des sols ; d'autre part, les solides en suspension (*Total Suspended Solids* - TSS), la part non-soluble qui donne une indication sur le niveau de turbidité.

Pourquoi travailler sur ces deux paramètres en particulier ? Parce qu'ils sont un enjeu majeur pour les agriculteurs : en effet, de fortes quantités de solides en suspension compromettent l'entrée des rayons du soleil dans l'eau, limitent la photosynthèse et participent de fait à l'eutrophisation. Mais c'est une raison mineure. On sait que les traitements pour rendre l'eau potable ou pour la chaîne industrielle sont facilités par des eaux claires, mais pour les agriculteurs qui utilisent encore la méthode de l'irrigation gravitaire, les eaux turbides qui imperméabilisent les canaux de terres et apportent des nutriments aux sols, sont préférables aux eaux claires qui

érodent les berges. Pour autant, 15 % des agriculteurs ont aujourd’hui recours à de nouveaux systèmes pressurisés, plus économes en eau et plus efficaces en termes de rendements. Eux préfèrent des eaux claires qui bouchent moins les buses du goutte-à-goutte (Morábito *et al.*, 2012).

Pour ce travail, nous avons donc utilisé les paramètres :

- *Total Solid* (TS) pour la période 2003-2011 pour le río Mendoza et 2007-2011 pour le río Tunuyán. « *The TS were measured by drying at 103-105°C, then in a muffle furnace at 550°C* » (Lavie *et al.*, 2013) ;
- *Total Suspended solids* (TSS) jusqu’en décembre 2008 pour le río Mendoza et février 2009 pour le río Tunuyán. « *The TSS were observed in an Imhoff cone* » (*Ibid.*) ;
- *Total Dissolved solids* (TDS) : ont été obtenus en soustrayant les TSS aux TS ;
- Débits : nous les avons évalués à partir des échelles de hauteur ou obtenus auprès du DGI pour les points Y, LT, VU, TB et RI, CI et CIII ; pour les autres points, nous avons calculé le débit à partir de sections mouillées dont la largeur n’évolue pas (ce sont des canaux imperméabilisés) en estimant à chaque prélèvement la hauteur d’eau et la vitesse d’écoulement (en surface seulement).

Au final, nous disposons donc de cinq années complètes pour le río Mendoza (2003-2008) et une seule pour le río Tunuyán (2007-2008).

Nos résultats montrent une superposition des courbes de TS et de TDS, ce qui est logique puisque la plus grande part des solides totaux est composée des solides dissous. Dès lors que les analyses de TDS ont arrêté, utiliser les données de TS reste une option. Les solides en suspension (TSS) ont donc été traités à part, mais ils ne concernent qu’une année de suivi pour le río Tunuyán.

La campagne de mesures ayant été plus suivie pour les TS, nous les avons utilisés pour analyser les résultats concernant les TDS (« *9 years of TS data against 6 of TDS data for the Mendoza River watershed, 5 years against 2 for the Tunuyán River watershed* » (*Ibid.*)). Certes, les solides dissous sont aussi composés de métaux lourds issus des pesticides et de quelques nutriments venant des engrais agricoles, mais c’est surtout les minéraux, responsables dans cette région aride de la salinisation des eaux et des sols, qui ont fait de cet indicateur un paramètre important pour évaluer la quantité de l’eau d’irrigation des oasis. L’érosion chimique des roches dans les bassins versants contribue à hauteur de 60 % des débits solides (Cosandey, 2003). On sait que le profil de ces rivières est naturellement calco-sulfaté (Lavie, 2009) étant donné les terrains gypseux traversés par l’eau de ruissellement sur les versants ; on a aussi observé que l’évaporation jouait un rôle sur l’augmentation des taux de potassium, chlorures et sulfates en aval des réseaux d’irrigation.

La description point par point est disponible dans la publication (Lavie *et al.*, 2013), je ne vais donc m’appuyer ici que sur une synthèse des résultats (Figure 25).

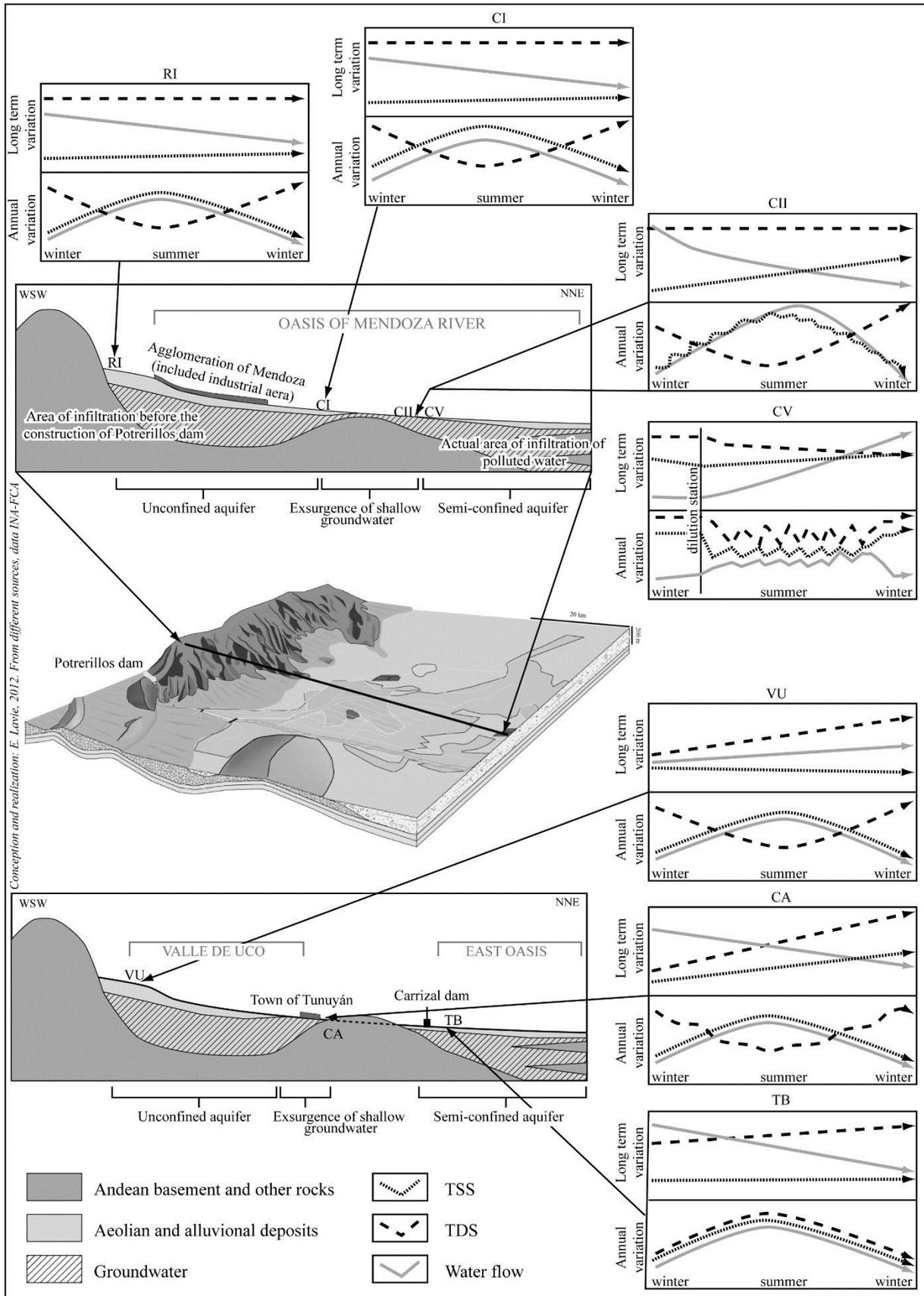


Figure 25 : Synthèse de l'évolution des solides dans l'eau et coupe hydrogéologique

Source : Lavie *et al.*, 2013

La première observation est que les sites RI (río Mendoza à la prise d'eau), le canal CIII et les rivières du Valle de Uco (LT, VU, A et Y) présentent sur le plan saisonnier (annuel) une opposition de phase entre les solides dissous et en suspension. C'est tout à fait logique : ça suit le rythme du module, à savoir un régime nivo-glaciaire, dont la neige annuelle hivernale compose 85 % des écoulements annuels (Salomón *et al.*, 2008). Avec la crue annuelle suivant la débâcle nivale, la minéralisation baisse (dilution) tandis que la turbidité augmente, alimentée par la farine nivale et glaciaire (Caine & Thurman, 1990 ; Caine, 1995 ; Beylich *et al.*, 2006 ; Beylich & Laute, 2012). Avec la décrue puis l'embâcle nival hivernal, la minéralisation augmente tandis que les eaux deviennent plus claires.

En revanche, tous ces sites n'ont pas le même comportement sur le long terme. Le río Mendoza voit une stagnation des solides dissous et en suspension alors les débits baissent. À l'inverse, le río Tunuyán voit ses écoulements liquides augmenter, tout comme la part dissoute, mais la turbidité stagne.

Les sites où la pollution anthropique est modérée, à l'image des canaux CI et CIV ou du río Tunuyán en aval du Valle de uco (CA et TB), ont des comportements relativement homogènes à long terme, qui ressemblent aux sites de rivière (RI ou VU par exemple), mais les comportements saisonniers ne sont pas comparables. C'est là encore totalement logique puisque les barrages influencent de fait la turbidité, par la décantation des éléments les plus lourds. On remarque aussi une augmentation des TDS au fur et à mesure des années de suivi, indiquant une pollution qui s'accroît avec la baisse des volumes d'eau disponibles par augmentation des concentrations de solides dissous.

Enfin deux sites présentent des résultats inquiétants, en accord avec ceux présentés dans ma thèse : les points CII et CV.

- Le point CII, mélange d'eau d'irrigation passée par la ville (CI) et d'eaux de rejets de station d'épuration des eaux usées domestiques. À l'échelle de l'ensemble des campagnes, ce point « *is characterized by a clear increase in average values compared to CI, demonstrating the impact of the discharges from sewage treatment plant on the turbidity and salinization of water for irrigation of downstream areas* » (Lavie *et al.*, 2013). À l'échelle saisonnière, il est équivalent à l'eau de rivière (RI) ; on voit aussi très bien l'irrégularité des rejets de la station d'épuration des eaux usées domestiques dans la variation de la turbidité d'une semaine à l'autre ;
- Le point CV collecte également les eaux passées par CI mais aussi et surtout les eaux d'un complexe industriel (industries agro-alimentaires notamment : coopératives vinicoles, brasseries et fabriques de boissons, mise en conserves de fruits et légumes, etc.). Une station de dilution de ces eaux par de l'eau de forage a été implantée en 2004 (Figure 25). Son impact est évident sur le comportement à long terme : puisque les débits ont augmenté, la turbidité a stagné et la minéralisation a baissé. Mais c'est sur le plan saisonnier que ce

point est intéressant : en effet, les écoulements liquides comme solides (TSS et TDS) sont clairement réglés par la station « de traitement » par dilution qui envoie de l'eau souterraine dès que la pollution de l'eau du canal dépasse certains seuils.

« *In a context of climate change and dynamic modes of land and water use, water-quality monitoring seems therefore an important element of diagnosis, which may stimulate debate and provide arguments able of guiding decisions regarding water management* » (Lavie et al., 2013).

Savoir valoriser nos résultats, les faire connaître des décideurs, n'était plus un enjeu secondaire. Il nous fallait donc un moyen de simplifier les résultats afin de les rendre accessibles aux gestionnaires. L'étape suivante a été celle de la synthétisation des résultats du suivi hydro-qualitatif.

4.1.3. Pour valoriser les travaux, l'enjeu des indices intégrés

Après une dizaine d'années de suivi hydro-qualitatif, nous avons donc discuté lors de ma mission en 2012 avec les ingénieurs José A. Morabito et Santa E. Salatino, de la meilleure manière de vulgariser nos résultats. En effet, de par leur formation en agronomie, il/elle présentaient toujours les données de manière statistique, avec graphiques et boîtes à moustaches. De mon côté, je donnais la priorité non seulement à des cartographies pour montrer les évolutions d'amont en aval, mais aussi des graphiques visant à insister sur les évolutions temporelles de chaque polluant sur chaque point. Le résultat était simple et caricatural : il/elle pouvaient montrer la complémentarité entre critères pour chaque point, et je pouvais comparer les points entre eux, sur les plans spatial et temporel.

Ma mission de 2012 a été la plus longue d'après-thèse, avec six semaines sur place et sans terrain, uniquement un accueil en laboratoire. J'ai donc repris la base de données et ai cherché à créer un indice composite qui, à défaut de prendre en compte les variations temporelles, permettrait au moins de présenter aux gestionnaires locaux une cartographie qui synthétiserait des résultats. Ce travail a été publié dans la revue mexicaine *Tecnología y Ciencias del Agua*, classée *Web of Sciences for Latin America* ; il était en effet important pour nous de le publier en espagnol (Lavie et al., 2014)³⁴.

Le travail bibliographique a permis de sélectionner plusieurs indices intégrés et de peser leur intérêt pour notre travail. Nous avons ainsi regardé le SEQ-Eau des Agences de l'eau françaises (MEDD et Agences de l'eau, 2003), l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) norme Afnor 1992 (Archaimbault & Dumont, 2010), utilisé pour qualifier la qualité biologique des rivières, l'Indice de Qualité Physique et Chimique (IPQB) (Hébert, 2005), son équivalent québécois, le *Water Quality Index* du

³⁴ Les citations qui suivent issues de cet article ont été traduites de l'espagnol.

Canadian Council of Ministers of Environment (CCME) et le *Water Quality Index* américain du *Washington State Department of Ecology* (Hallock, 2002). Par ailleurs, d'autres publications proposent aussi des discussions sur l'application de ces indices (Pesce & Wunderlin, 2000 ; Chang *et al.*, 2001 ; Kumar & Alappat, 2004 ; Singh *et al.*, 2004 ; Boyacioglu, 2007 ; Boyacioglu *et al.*, 2013 ; Golge *et al.*, 2013).

L'indice qui m'a le plus interpellée est le *Water Quality Index* du *Canadian Council of Ministers of Environment (CCME)*. « Cette indice revêt l'avantage de laisser au chercheur le choix des paramètres qui sont importants pour la zone ou la région et qui, de plus, soient représentatifs de divers usages de l'eau » (Lavie *et al.*, 2014). En effet, chacun des indices existant dans la bibliographie caractérisait l'eau de manière générale sans lier cette qualification à l'usage qui en est fait. « Construire un indice synthétique qui résume la qualité globale/intégrée de l'eau n'est pas une tâche facile puisque les paramètres qui le constituent ne sont pas les mêmes d'une région à l'autre (comme la minéralisation). Pour cela, définir un indice qui aurait seulement un groupe déterminé de paramètres n'en ferait pas un critère rationnel. Au contraire, il peut être intéressant de le faire en incluant des paramètres en fonction de l'usage déterminé de l'eau. Étant donné que tous les êtres humains ont (par rapport à l'eau) la même vulnérabilité, on pourrait par exemple proposer un indice global de qualité de l'eau en fonction de l'usage/consommation de l'eau. Un indice destiné à qualifier la qualité de l'eau d'irrigation est plus difficile puisque les cultures réagissent de manière différente face à un impact négatif de plusieurs paramètres (par exemple salinité ou ions toxiques) » (*Ibid.*). Dans le cas de la prise en compte de paramètres en fonction des usages, le nombre de bactéries par volume importe peu pour l'eau d'irrigation alors qu'il sera indispensable pour l'eau potable. Autre exemple : la minéralisation, voire la salinité, finalement moins importante en domaines climatiques humides où l'agriculture peut se satisfaire des entrées pluviales, est à l'inverse un enjeu de taille pour les oasis irriguées du Cuyo.

Le *Water Quality Index (WQI)* a été créé par le *Canadian Council of Ministers of Environment (CCME, 1999)* et rediscuté dans d'autres publications par ses concepteur/riche.s (Alberta Environnement, 1995 ; Hébert, 2005 ; Khan *et al.*, 2005 ; Lumb *et al.*, 2006 ; Guzmán-Colis *et al.*, 2011). Il nous a surtout intéressé.e.s car c'était un des rares qui ne présentait pas que des indices fixes faits à partir de paramètres biologiques mais plutôt physico-chimiques, mais aussi parce qu'il nous laissait le choix des paramètres. Il reste important de rappeler que le WQI ne peut pas être reproductible ou être comparé à d'autres régions similaires, puisqu'il est calculé à partir des paramètres que l'on a choisis en fonction des enjeux de notre secteur d'étude. Il permet tout de même de proposer des sous-indices synthétiques en fonction des objectifs choisis (Hébert, 2005 ; Khan *et al.*, 2005).

Les créateur/riche.s proposent six étapes décrites précisément dans notre publication (Lavie *et al.*, 2014). Nous avons donc cherché à caractériser la qualité de chaque point pour déterminer son aptitude à l'irrigation. Toutes les données sont issues de la base

disponible de l'INA (cf. *supra*). Afin de discuter de cet indice, nous avons créé plusieurs sous-indices, utilisant les normes ou recommandations de plusieurs sources. Nous avons ainsi créé quatre indices intégrés de qualité des eaux d'irrigation :

- Le WQI-DGI, défini à partir des valeurs critiques (limites maximales permises pour chaque paramètre) du Département Général d'Irrigation (DGI) de la province de Mendoza (*Resolución 778/96*) ;
- Le WQI-FAO, qui utilise les recommandations de la FAO en matière d'irrigation ;
- Le WQI-AE, fait à partir des Agences de l'eau françaises puisque le SEQ établit un guide d'aptitude aux usages irrigation (MEDD & Agences de l'Eau, 2003). Avec du recul, je me demande l'intérêt de ce choix ;
- Le WQI-MA afin de comparer nos résultats avec ceux d'un pays qui connaît des environnements comparables : le Maroc (Ministère de l'énergie, eau et environnement, SEEE, 2007, disponible en ligne).

Malgré les écueils sur le choix des paramètres sur lesquels nous reviendrons, nous sommes parvenu.e.s à dresser une cartographie, conformément à l'objectif que l'on s'était fixé (Figure 26).

Le WQI-DGI correspond à mes résultats de thèse : quatre (RI, LT, A et Y) des cinq points situés en amont des activités anthropiques présentent des eaux de bonne qualité, tandis que le río Tunuyán (VU), pourtant peu impacté, montre une qualité acceptable. Ces quatre points présentent un ou deux paramètres problématiques. Les points en qualité acceptable (CI, CII, CA et TB) correspondant à des sites de pollution modérée mais présente, avec généralement cinq paramètres préoccupants (phosphates, coliformes fécaux, sulfates, RAS et conductivité). Enfin les points CV et RIII présentent une mauvaise qualité pour cinq ou sept paramètres avec de fortes amplitudes. Cet indice permet de distinguer les points qui ont peu ou beaucoup de paramètres problématiques, ce qui laisse à penser à une surreprésentation du Facteur 1. Mais à part VU, tous les points présentent des résultats conformes à ceux de ma thèse et d'autres publications (Morábito *et al.*, 2005 ; Morábito *et al.*, 2007 ; Lavie, 2009 ; Lavie *et al.*, 2010) : soit une augmentation de la pression anthropique d'amont en aval et un grave problème de pollution en CV suite aux rejets du complexe industriel (cf *supra*). Un biais dans cet indice a pourtant été relevé : il prend en compte les sulfates, un élément entrant dans la composition d'engrais, donc susceptible de polluer. Or les eaux des rivières Mendoza et Tunuyán sont calco-sulfatées, puisqu'elles traversent des terrains gypseux. Elles sont donc naturellement chargées. Certes c'est un obstacle lorsque l'on cherche à irriguer avec des eaux peu salines, mais cela reste un paramètre naturel.

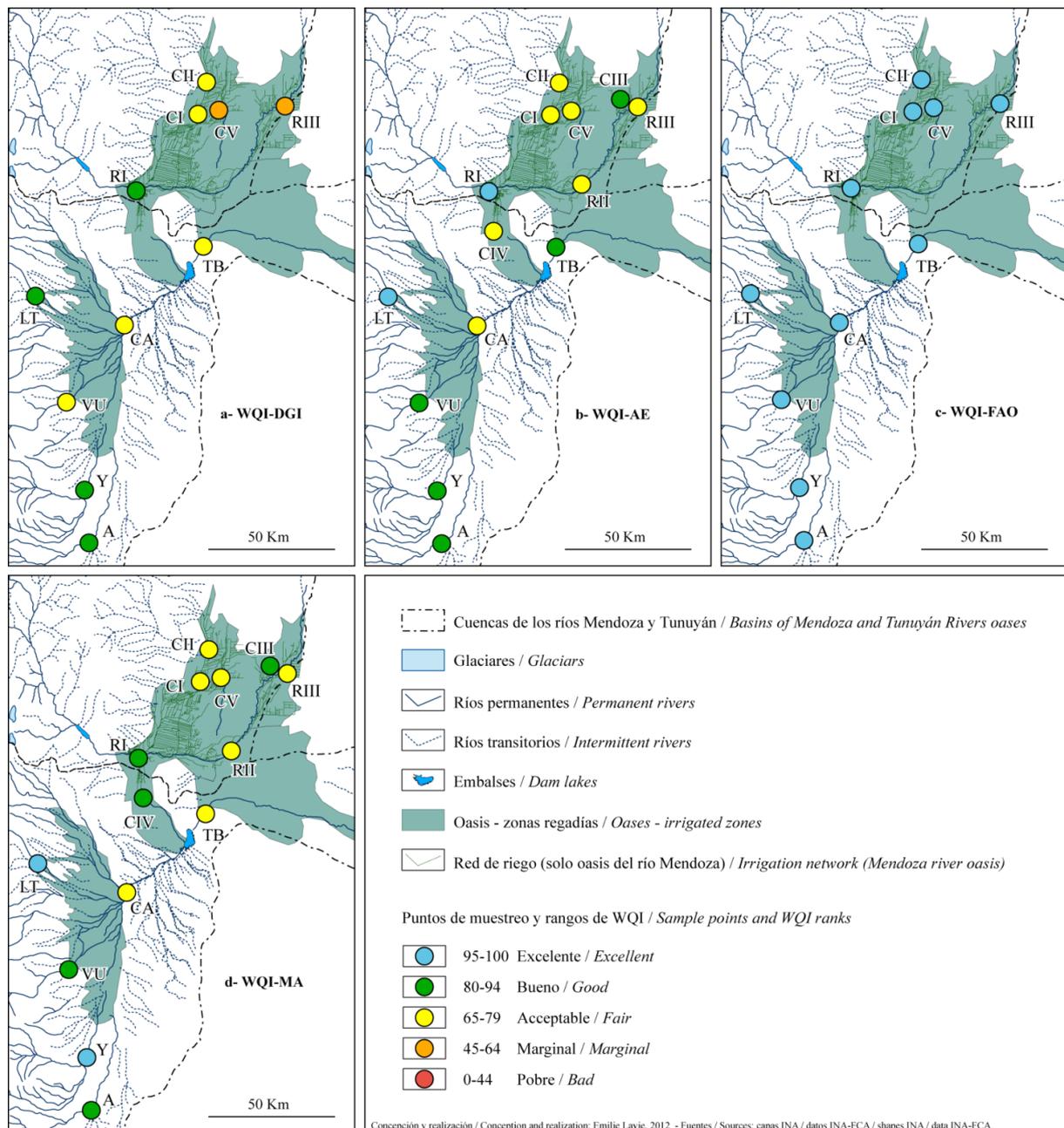


Figure 26 : Indice de qualité WQI pour chacun des points de mesure et en fonction du sous-indice³⁵

Source : Lavie *et al.*, 2014

Les résultats du WQI-AE sont moins contrastés, avec deux points d'excellente qualité (RI et LT), avec des notes de 98 et 99/100 ; cinq points sont de bonne qualité, avec des problèmes dus à la présence modérée de bactéries, ce qui n'est pas si problématique dans le cas d'eau d'irrigation (VU, A, Y, TB et CIII). Le pastoralisme en amont de

³⁵ Pour les WQI-DGI et WQI-FAO, nous n'avons pas intégré les points RII, CIII et CIV puisque nous ne disposons pas des données en nitrates et phosphates, pourtant paramètres importants. Plutôt que de sacrifier des paramètres, nous avons sacrifié des points.

l'oasis semble jouer un rôle dans cette légère pollution biologique. D'autres points présentent des concentrations en bactéries plus importantes, puisque situés en aval de rejets domestiques et industriels (CI, CII, CV, CA, RII et RIII). Outre son inintérêt à comparer des normes d'irrigation valables à l'échelle de la France et à l'échelle du désert du Cuyo, cet indice s'est révélé inadéquat. En effet, puisque nous ne pouvons pas coefficienter chaque paramètre et que nous avons utilisé à la fois les coliformes fécaux et totaux, l'un étant inclus dans l'autre, le point des coliformes fécaux est dupliqué dans le facteur 1. Alors que les facteurs 2 et 3, qui prennent en compte les écarts à la limite fixée et non le nombre de paramètres problématiques, discriminent réellement les points entre eux, le Facteur 1 a un poids qui nous semble trop fort.

Le WQI-FAO a été construit à partir des recommandations de cette institution onusienne. Il y a deux classes : 1) Les paramètres avec usage sans restriction : dans ce cas tous nos points auraient été classés en mauvaise qualité ; 2) les paramètres avec restriction légère à modérées. C'est ceux-là que nous avons choisis. Les résultats ne sont pas non plus satisfaisants puisque tous les points sont considérés comme de qualité excellente. De fait, empiriquement les agriculteurs savent que cette eau est apte à l'irrigation, même s'il y a des restrictions dans certains secteurs en fin d'été. Cet indice WQI-FAO est un de ceux qui font le plus ressortir l'importance de la sélection des limites maximales qui entrent dans le calcul.

Enfin, le WQI-MA, construit à partir des normes marocaines, est particulièrement intéressant puisqu'il met clairement en valeur les sites avec et sans pression anthropique. Deux points (LT et Y) sont de qualité excellente ; les points situés en amont des oasis (VU, A, RI) ou protégés des pollutions (CIII et CIV) ont un ou deux paramètres qui les font passer à une bonne qualité. Cela s'explique soit par la présence naturelle de sulfates (comme WQI-DGI), de bactéries (comme le WQ-AE) ou de sodium, naturellement présent en période d'étiage notamment. Tous les autres points, situés en aval des activités polluantes, voient leur classement en qualité acceptable. Les paramètres choisis sont logiques d'après les ingénieurs agronomes co-auteurs de cet article avec moi (J. A. Morabito et S. E. Salatino) : métaux lourds, minéralisation et bactériologie (même s'il manque les solides). Mais tout comme pour le WQI-DGI, il pose le problème de la surreprésentation du Facteur 1, problème déjà démontré par un de ses concepteurs (Hébert, 2005). « *Dans le cas des bassins versants de Mendoza, l'indice WQI-MA reflète mieux les différences entre les points de la partie haute (presque sans activité anthropique) des parties basses (où l'impact majeur est dû aux différents usages). Pour autant, il y a deux exceptions : les points CIII et CIV, pourtant situés dans l'oasis, ne reçoivent pas de rejets industriels et urbains, seulement des eaux de drainage agricole. Ils sont considérés comme de bonne qualité. On peut donc affirmer que l'indice élaboré à partir des normes marocaines maximise la pollution urbaine et industrielle* » (Lavie et al., 2014).

En conclusion, cette méthodologie présente des résultats assez proches de ceux déjà valorisés lors de nos travaux collectifs précédents, avec une augmentation de la pollution d'amont en aval au fur et à mesure de l'accroissement de la pression anthropique et dans le temps. Il est intéressant de laisser au/à la chercheur.e le choix des paramètres à prendre en compte puisque ce choix permet de mieux s'approcher des spécificités locales. Pour autant, la prépondérance du Facteur 1 affecte le résultat final, comme le démontrait déjà un de ses créateurs (Hébert, 2005). En effet, il permet une duplication de certains indices comme les coliformes fécaux et totaux ou l'impact du sodium, cation analysé seul et inclus dans le RAS. Reste que si on enlève le Facteur 1, cela va se traduire par une qualité artificiellement plus haute (Hébert, 2005 ; Lavie *et al.*, 2014).

4.1.4. Que retenir de mes travaux sur la qualité de l'eau d'irrigation des oasis de Mendoza, dans le cadre de la prise en compte de la qualité de l'eau dans le risque de pénurie en eau agricole ?

La construction, le traitement, l'actualisation et la valorisation de ces travaux ont été, sur le plan comptable (nombre de publications) et temporel (10 ans de travaux, 44 semaines sur place), la part la plus importante de mes activités de recherche. Synthétiser une décennie (2005-2014) de résultats issus du suivi hydro-qualitatif des oasis de Mendoza et de Valle de Uco est utile pour comprendre pourquoi, alors que les gestionnaires – notamment le DGI – s'intéressent plus aux problématiques de distribution quantitative, la qualité de l'eau distribuée est un critère important de la durabilité de cet espace agricole.

Comme attendu, il y a une dynamique amont-aval, en particulier pour le río Mendoza, avec un accroissement spatial de la pollution physique (Lavie, 2009 ; Lavie *et al.*, 2013, 2014), chimique (Lavie *et al.*, 2010, 2014) et biologique (Lavie *et al.*, 2014). Mais ce déclin qualitatif prend sens dans un contexte de changements dans les quantités disponibles. D'une part, les précipitations neigeuses connaissent des baisses en quantité et la couverture neigeuse s'amincit (Delbart *et al.*, 2015b, 2014 ; Masiokas *et al.*, 2006 ; Corripio *et al.*, 2008 ; Cossart *et al.*, 2009). D'autre part, la fonte des neiges annuelles et la fusion des glaciers andins surviennent plus tôt dans l'année. Les rivières passent donc progressivement d'un régime glacio-nival à un régime nivo-glaciaire, voire nival ou pluvio-nival (Lavie, 2009 pour le río Mendoza et Robillard, 2009 pour le río Tunuyán³⁶). De fait, cette saisonnalité des écoulements n'est plus exactement en phase avec le cycle cultural dont les besoins sont plus tardifs.

³⁶ Observations issues de la base de données du DGI sur les écoulements.

Les eaux claires issues de la décantation dans les lacs de barrage créent des pertes par infiltration dans le réseau d'irrigation de l'oasis Nord. En aval, les agriculteurs reçoivent donc moins d'eau (Barbier, 2011)³⁷ et polluée.

La conjonction d'une action limitée contre la pollution dans les oasis, la baisse de l'offre en eau et la multiplication des besoins et des usages, a entraîné sur 10 ans l'augmentation nette de la pollution des eaux d'irrigation. Les solides en suspension baissent, entraînant une perte par infiltration donc une pollution des aquifères ; les solides dissous et autres éléments chimiques augmentent, conduisant à une possible baisse des rendements ; les matières organiques augmentent, pouvant laisser présager des problèmes de santé du milieu et des populations en aval du réseau, etc.

Nos travaux sur les solides ont permis de mettre en valeur le rôle des eaux claires sur le système, ainsi que l'impact de l'oasis de Valle de Uco sur l'oasis Nord. Les cartes issues des indices composites permettent de vulgariser nos résultats auprès d'acteurs qui ne maîtrisent pas le vocabulaire de la pollution, ni les effets de chaque polluant sur le milieu ou les activités.

Bien que ces travaux visent avant tout à évaluer la qualité de l'eau à usage agricole, les regarder sous l'angle du risque de pénurie accentue la nécessité de ce type de résultats. En effet, **si l'offre en eau diminue et n'est plus en phase avec les usages sur le plan saisonnier, l'abaissement de sa qualité joue de fait sur les volumes utiles disponibles.** De même, **la clarification des eaux par les ouvrages hydrauliques a participé à une modification des écoulements dans l'oasis par l'affaiblissement du caractère imperméabilisant des eaux.** Cet ensemble de conclusions va dans le même sens : les espaces de l'aval disposent de moins d'eau pour l'irrigation, situation accentuée par les modifications de la qualité de l'eau (Lavie *et al.*, 2010).

4.2. La qualité de l'eau potable dans les villes-oasis : mesures et redéfinitions du *drinking-waterscape*

L'idée de connecter la qualité de l'eau du robinet et la santé des populations est née à Mendoza pendant la thèse, mais sans être approfondie. Par la suite j'ai amélioré la méthodologie à Khartoum en post-doctorat et été recrutée sur un poste environnement-santé à Paris-Diderot.

³⁷ Morgane Barbier est une étudiante de M1 GST de Paris-Diderot qui a fait un stage à l'INA sous ma direction, sur le rôle des eaux claires/décantées sur la quantité d'eau reçue par les agriculteur/rice.s les plus en aval.

4.2.1. La qualité de l'eau du robinet, métrologie à Khartoum

Mes travaux sur Khartoum se résument au post-doctorat qui s'est déroulé de janvier à août 2010 (j'ai été recrutée pour septembre 2010 à Paris-Diderot), avec deux terrains : janvier-mars et juillet-août. Contrat et missions ont été financés par l'ANR WaMaKhaIR. J'étais rattachée à l'EA Gecko à Paris-Ouest-Nanterre.

- **Le contexte**

Khartoum, agglomération créée par les trois villes de Khartoum-City, Omdurman et Bahri autour de la confluence des Nils, accueillait lors de mes missions de terrain en 2010, plus de 5 millions d'habitant.e.s. Les crises successives, famines et/ou guerres civiles, en Éthiopie et Érythrée voisin.e et dans les zones de frontière soudanaises comme au Soudan du Sud ou au Darfour, ont poussé vers la capitale des migrant.e.s fuyant les famines et les zones de guerre. N'ayant pas pu anticiper ce flux de population immigrante, la planification urbaine se fait donc *a posteriori*, ce qui est assez visible lorsque l'on regarde les services urbains comme l'accès à l'eau domestique.

Le service d'alimentation en eau potable (AEP) est assuré par l'État de Khartoum, le Soudan étant un État fédéral. C'est la *Khartoum State Water Corporation* (KSWC) qui pompe, traite et distribue l'eau. Les trois centre-villes étant implantés sur les rives des Nils, ils sont correctement desservis malgré quelques coupures et baisses de pression. À distance des stations de pompages nilotiques, des forages dans la nappe alluviale confortent l'adduction, assurant plus de volumes à distribuer. Les périphéries plus éloignées, généralement construites au fur et à mesure des arrivées de migrant.e.s, disposent depuis les années 2000 de micro-réseaux généralement connectés à un seul forage qui fonctionne quelques heures dans la journée. Enfin, dans les plus lointaines périphéries ou des espaces ruraux rejoints par l'agglomération, le système de distribution en porte-à-porte (charrettes tirées par des ânes, les *caro*) prennent le relais (Figure 27).

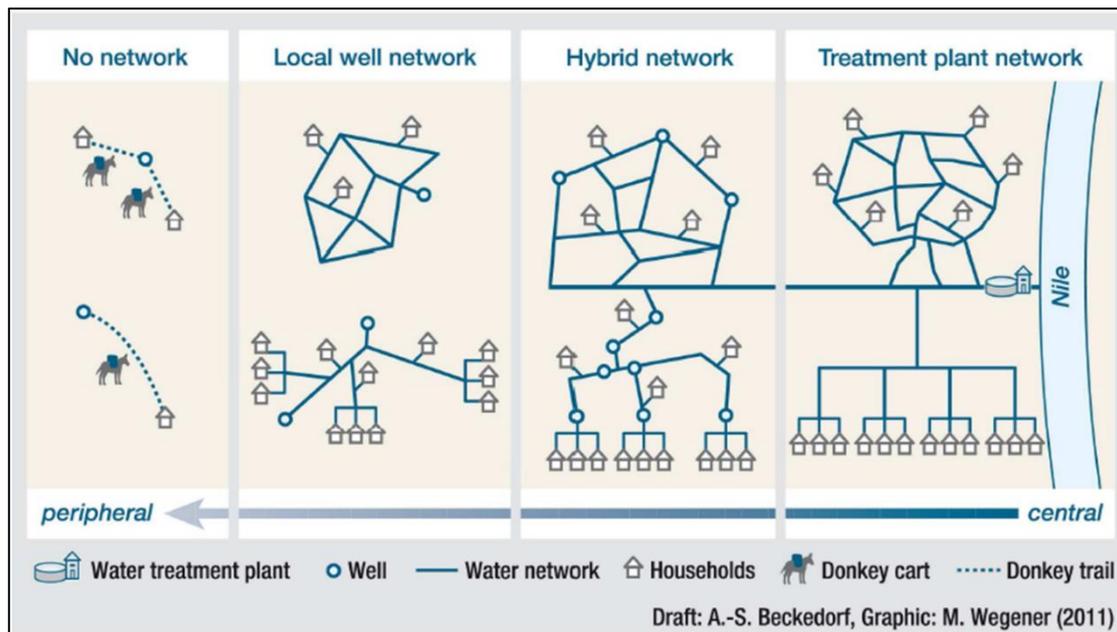


Figure 27 : Gradient infrastructurel de l'AEP des centres vers les périphéries à Khartoum

Source : Beckedorf, 2012

Or le gradient n'est pas qu'infrastructurel, il est aussi structurel (Lavie & Hassan El-Tayib, 2014). Si la KSWC est responsable de ce service public, les carences de son système de distribution dès que l'on s'éloigne du réseau central interconnecté, font que de nombreuses initiatives locales prennent le relais. Dès lors, des associations de quartier, des ONG ou des élites locales créent des micro-réseaux par quartier (Crombé, 2009, 2017). Enfin, le système en porte-à-porte est à la fois né d'initiatives collectives et individuelles ; s'ajoutent aussi des dons d'eau entre voisins.

La problématique délimitée dans le cadre du post-doctorat a évolué en fonction d'un triple contexte : sur le plan de la sécurité, celui de la suppression de mon passeport pendant deux semaines, de la crainte de l'animateur local de l'ANR WaMaKhaIR Samawal El Maki (cf. *supra*, Chapitre 2) ; sur le plan théorique la faiblesse des études sur les relations santé-eau potable en Afrique ; sur le plan local le recours systématique des populations au stockage de l'eau.

Sur le plan théorique donc, la question de l'eau en Afrique a été assez étudiée, d'une part, dans les rapports comme le *Africa Water Atlas* (2006) du PNUD, d'autre part, par des recherches en SHS (cf. *supra*, Chapitre 1 : Jaglin, Blanchon, Loftus, etc.). À Khartoum aussi j'ai recensé quelques études comme celle de messieurs Wash et Musa (Wash & Musa, 1991) sur l'organisation de l'approvisionnement en eau potable de la ville, ou encore celles de Mickaël Nègre et Laure Crombé sur les actions menées par l'ONG *Action Contre la Faim* à Omdurman (Nègre, 2004 ; Crombé, 2009, 2017). Je faisais pourtant un constat : « *Malgré une bibliographie pourtant fournie sur la gestion, les*

pratiques et l'accès à l'eau dans les villes africaines, et au sein même de l'agglomération de Khartoum, il reste rare de pouvoir disposer de références sur la qualité physique, chimique ou biologique de cette eau consommée. Et lorsqu'elles existent, ces données s'appuient généralement sur un suivi hydro-chimique ne tenant pas compte des pratiques sociales ou de gestion » (Lavie & Hassan El-Tayib, 2014), à l'exception de celle de Nguimalet et al., (2005) sur Bangui en République Centre-africaine.

Le contexte local était tout aussi intéressant : les anthropologues qui travaillent sur la sphère domestique à Khartoum dans le cadre de l'ANR (Barbara Casciarri, Noha Hassan El-Tayib et Luisa Arango) avaient démontré que les modes d'usage de l'eau dans les foyers étaient assez variés, mais que l'eau était rarement bue au robinet, elle était généralement stockée afin de la rafraichir et de la laisser décanter (Hassan El-Tayib, 2008 ; Arango, 2009). La Figure 28 résume bien les principales stratégies. Par manque d'eau, en anticipation des coupures et des baisses de pression, en fonction des saisons (les eaux nilotiques et les eaux distribuées sont bien plus turbides en saison des crues), parce que l'eau n'arrive que quelques heures de la journée ou enfin parce qu'elle est distribuée en porte-à-porte, l'absence d'un service collectif, continu et optimal oblige les populations à avoir recours au stockage (Figure 29).

En même temps que l'anthropologue Noha Hassan El-Tayib réalisait sa thèse sur les relations entre accès à l'eau potable et santé des populations, la finalité de mon « travail était d'identifier les problèmes de qualité de l'eau potable du Grand Khartoum : d'une part, en suivant l'objectif initial, en fonction des types de distribution (eau traitée du Nil, eau souterraine distribuée par le réseau ou par le porte-à-porte) ; d'autre part en fonction des usages à l'intérieur de la sphère domestique, pour mieux évaluer les actions à mener en termes de politique sanitaire » (Lavie & Hassan El-Tayib, 2014).

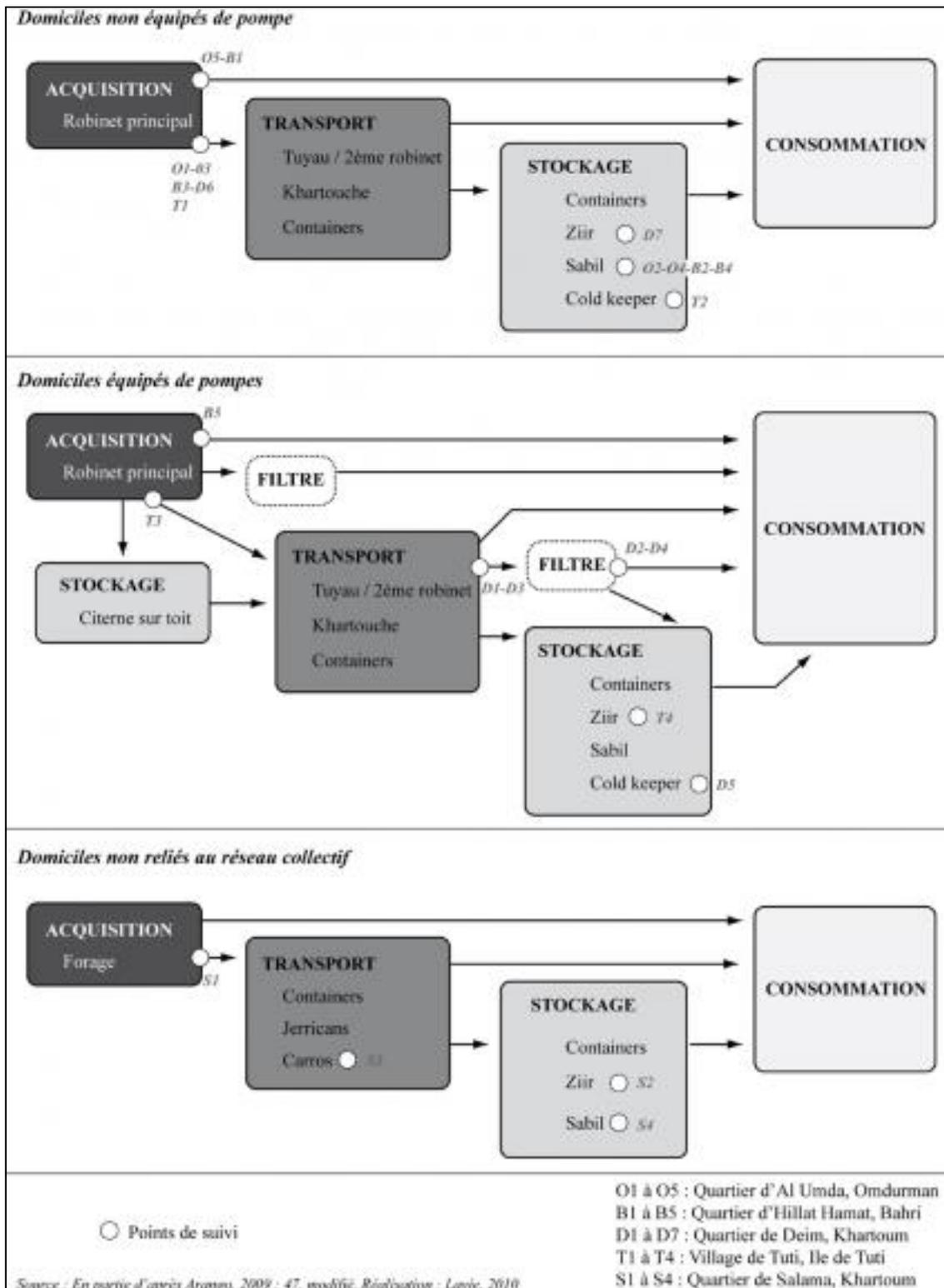


Figure 28 : Schéma des usages de l'eau dans la sphère privée domestique de Khartoum

Source : Lavie & Hassan El-Tayib, 2014

Les récipients de stockage

Les *ziirs*, utilisés dans le cadre du foyer, et les *sabils*, déposés dans la rue pour le passant, sont des systèmes de stockage traditionnels, en terre cuite ou crue. Ils sont peu à peu remplacés par des éléments plus modernes comme les *cold-keepers* et *water-coolers*. La finalité est la même pour tous (décantation et stockage), mais les facilités d'entretiens sont loin d'être uniformes.

Les *sabils* sont souvent déposés en mémoire d'un défunt. A chaque fois qu'un passant boit dans le sabil, il offre un *hasanat*, une « bonne oeuvre » au défunt. Ces *hasanat* l'aident à atteindre le Paradis lors du Jugement dernier.



Photo 1 : Ziirs familiaux traditionnels. Ile de Tuti.

Photo 2 : Sabils traditionnels. Al Umda, Omdurman.



Photo 4 : Ziir moderne appelé Cold-keeper.

Deim, Khartoum.

Les *cold-keepers* sont des glacières cylindriques avec un bouton poussoir dans laquelle l'eau est maintenue fraîche grâce à des pains de glaces.

Photo 3 : Sabil moderne appelé Water-cooler, Khartoum.

Les *water-coolers* sont des installations qui refroidissent l'eau du robinet. En somme un grand réfrigérateur relié au réseau collectif d'eau potable avec plusieurs robinets. On les trouve généralement dans les lieux publics, ici à l'Université de Khartoum.



Photo 5 : Filtre privé.

Deim, Khartoum. Ce filtre en céramique permet une légère décantation et une filtration de la turbidité. C'est aussi un *ziir* puisqu'il est utilisé dans le cadre familial.



Source : Lavie, janvier à mars 2010

Figure 29 : photographies des types d'éléments de stockage et de filtration à Khartoum

Source : Lavie & Hassan El-Tayib, 2014

- La méthodologie

La question posée n'était pas simplement celle d'un diagnostic hydro-qualitatif comme ça avait en grande partie été le cas pendant la thèse à Mendoza. L'objectif ici était de travailler en étroite collaboration avec Osman Ismaël, en master de chimie, et Noha Hassan El-Tayib, en doctorat d'anthropologie. Osman prélevait de l'eau dans les canalisations depuis les stations de traitement vers les foyers plus ou moins éloignés. Il n'a remis qu'un rapport partiel et non exploitable. Noha enquêtait les populations hospitalisées pour maladies hydriques afin de connaître leurs pratiques domestiques, sa thèse serait en cours de finalisation en 2019³⁸.

La méthodologie utilisée s'est faite en plusieurs étapes (Lavie & Hassan El-Tayib, 2013, 2014), (Figure 30) :

- adapter les paramètres à évaluer aux conditions du terrain ;
- Adapter l'échelle temporelle de travail aux deux saisons hydrologiques : « l'hiver » qui correspond à la saison sèche (débits d'étiages, usages de l'eau restreints) et « l'été », qui correspond donc à la saison des crues et des pluies (Nils en crue, usages plus conséquents, nappes phréatiques affleurantes qui atteignent les fosses septiques). Nous avons donc opéré à deux campagnes de suivi : une en « hiver », soit de mi-février (quand mon passeport m'a été rendu) à fin mars (4 prélèvements d'une fréquence de 12 à 14 jours) ; une en « été » (juillet-août, 2 prélèvements espacés de 11 jours) ;
- Échantillonner à l'échelle de l'agglomération : la thématique de la qualité de l'eau depuis les stations vers les foyers a été confiée à Osman Ismaël, je me suis donc intéressée à quelques foyers-test dans cinq quartiers choisis par Noha dans le cadre de sa thèse : Al Umda quartier populaire peuplé de coptes à Omdurman ; Hillat Hamat quartier aisé de Bahri ; Deim quartier de classe moyenne de Khartoum, Tuti sur l'île éponyme au cœur de la confluence ; et Salama quartier pauvre du sud de l'agglomération, alimenté en porte à porte lors du premier terrain puis en micro-réseau lors du second terrain ;
- Échantillonner en fonction des pratiques : le stockage est un élément primordial à prendre en compte. Or il se pratique de différentes manières : dans un *zīr* (Figure 29), une amphore faite de terre du Nil, dans des bouteilles au réfrigérateur, dans une glacière à bouton-poussoir, etc. De même, il existe une pratique au Soudan qui est de déposer devant sa maison un *sabīl* (Encadré 3 : le *sabīl*), un récipient pour que le/la passant.e puisse boire (Figure 29). Nous avons donc choisi de tester les *sabīl* dans les rues d'Al Umda et d'Hillat Hamat et les *zīrs* dans les foyers de Deim et de Tuti. À Salama nous avons prélevé à un forage, dans un

³⁸ Il n'est pas facile d'être jeune chercheuse maître-assistante (donc beaucoup de TP et de corrections), sans compter sa place de femme et de mère de famille nombreuse, une situation assez difficile mais commune au Soudan.

caro, dans un *sabīl* et dans un *zīr*. Nos choix sont donc représentatifs de certains pratiques mais pas représentatifs des usages à l'échelle de l'agglomération ;

- Ainsi, à partir de ces éléments, j'ai déterminé une stratégie d'échantillonnage qui permettait de réaliser un diagnostic hydro-qualitatif relativement représentatif des types d'usage, à défaut d'être exhaustif.

Encadré 3 : le *sabīl*, extraits de Lavie, 2016 :

Le terme *sabīl*, qui signifie en arabe « chemin/sentier », « passant », fait partie des éléments déposés dans l'espace public pour faciliter le passage dans la ville, tout comme un banc pour se reposer ou un arbre qui donne de l'ombre. Pour l'anthropologue soudanaise Mai Azam (in Arango, 2015), le mot serait associé aux voyageurs dans le besoin connus sous le nom d'*abna as sabīl* (les fils du chemin), auxquels les populations sédentaires procuraient de l'eau, de la nourriture et un abri. Le plus souvent, il s'agit d'une amphore de terre [voir photos figure 29 p. 128] une jarre, appelée *zīr*, qu'elle soit utilisée dans le cadre familial (dans la sphère domestique) ou comme *sabīl* (dans l'espace public). Mais ce terme de *sabīl* est aussi usité pour désigner un tuyau, une fontaine, une glacière portative à bouton-poussoir, ou tout autre type de récipient qui offre un point d'eau public et gratuit.

Le *zīr* utilisé comme *sabīl* revêt plusieurs intérêts, dont celui d'offrir de l'eau fraîche au/à la passant.e et de laisser décanter les eaux turbides.

Mais contrairement à d'autres types de dons (cf. Zug, 2014 et Arango, 2015b), le *sabīl* n'est pas qu'une manifestation désintéressée, il est aussi récepteur de « bonnes actions », les *ḥasanāt*. Échange plus que don, il s'inscrit dans une logique religieuse la plupart du temps. En effet, le musulman qui décède se verra compter ses bonnes et mauvaises actions, et pourra ainsi intégrer ou pas le paradis ; afin de faciliter cette accession, la famille et les amis peuvent installer un *sabīl* devant sa maison, dans la mosquée où il allait prier, dans l'école de ses enfants... À chaque fois qu'un.e passant.e s'y abreuve, il/elle offre un *ḥasanāt* au défunt, qui lui servira dans l'au-delà. Le *sabīl*, utilisé par tout un chacun et inscrit dans l'espace public, n'est donc pas un objet public : il appartient au mort. On peut trouver des *sabīl* dans des lieux assez fréquentés comme les sorties d'école, les mosquées, les commerces, sans qu'ils ne soient dédiés à un ancêtre, mais dans la plupart des cas ils sont déposés devant sa maison par un fils au nom de son père. Associer le *sabīl* à une habitation en le plaçant devant une porte est aussi un moyen de marquer la place du défunt : en l'installant au seuil de la maison qu'il a construite, on l'ancre à la fois dans son ancien lieu de vie et dans la rue.

- **Les résultats**

Les résultats ont été présentés à l'EGU sous forme de poster (Lavie & Hassan El-Tayib, 2013 : Figure 30) et publiés dans la revue *Cybergéo* (Lavie & Hassan El-Tayib, 2014), qui est la principale valorisation et vers laquelle je renvoie le lecteur. Nous avons aussi présenté ces travaux en séminaire de fin d'ANR (Blanchon & Lavie, 2012) et j'ai enfin simplifié une partie des résultats pour le site *Geoconfluences*, en axant la problématique sur la place de l'Islam ((Lavie, 2016 et Encadré 3).

From the tap to the mouth, drinking water quality in the domestic context in Khartoum, Sudan
Survey made within WAMAKHAIR Program

LAVIE Emilie* and HASSAN EL TAYIB Noha**
* University Paris-Diderot (France), PRES Sorbonne-Paris-Cité, UMR 8586 CNRS (PRODIG), emilie.lavie@univ-paris-diderot.fr
** University of Khartoum (Sudan), Cedej (Antenne de Khartoum), nohaomahsin@yahoo.com

I- Introduction and objectives

The Greater Khartoum is compounded of 3 cities (Khartoum City, Omdurman and Bahri), installed at the confluence of Blue and White Niles (Fig. 1). In that agglomeration of nearly 6 million inhabitants, domestic water is supplied thanks to 6 waterworks (7 starting from the end of 2010, but the study was carried out before) or mixed water (from Niles and boreholes) in the historic center, and to door-to-door donkey-cart ground-water vendors in the periphery (the *caros*). Hence, firstly, in the city center low pressure, many cuts, warm and turbid water oblige Khartoumians to store water in traditional amphora (the *ziirs*). In the peripheral areas, people don't have tap water supply, and storage is also the rule. By the way, storage allows decantation and gives more limpidity to water and the traditional amphora cool down the temperature. Then nearly nobody drinks water directly to the tap but consumes it in storage recipients. Our study (which took place in 2010) aims at measuring the changes of water quality in these storage recipients, so as to evaluate the possible risk on people health.

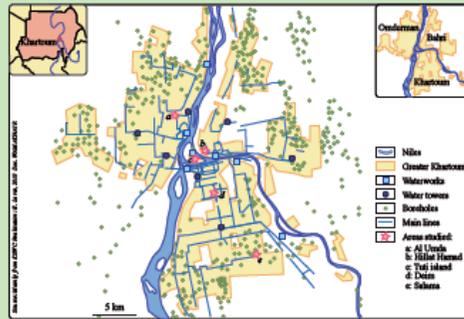


Fig. 1: Water supply in Greater Khartoum

II- Methodology

This survey took place in winter and summer 2010 in 5 areas of Greater Khartoum. For each place, we sampled at tap or at the collective borehole and at the consumption place (Fig. 2). Al Umda (Omdurman - sites O1->O5) and Hillat Hamad (Bahri - B1->B5) areas receive collective water at tap (Fig. 1). We took water from tap and from collective *sabils* (the amphora is in the street and used by passer-by people). Deim (Khartoum D1->D7) and Tuti Island (T1->T4 - at the confluence) also receive tap water, and we sampled at tap and in familiar *ziirs*. Salama (S1->S4 - Khartoum) is a peripheral area where we sampled at the collective borehole and in familiar *ziirs* supplied by water-vendors. We took 4 samples (with a 1 to 2 weeks frequency) during winter when pressure is high, and 2 samples in summer when needs are important. We measured in situ: temperature, pH, Total Dissolved Solids (TDS) and electric conductivity. The UNESCO Chair for Water Resources Laboratory in Khartoum analyzed: nitrates, phosphates, dissolved oxygen and turbidity.

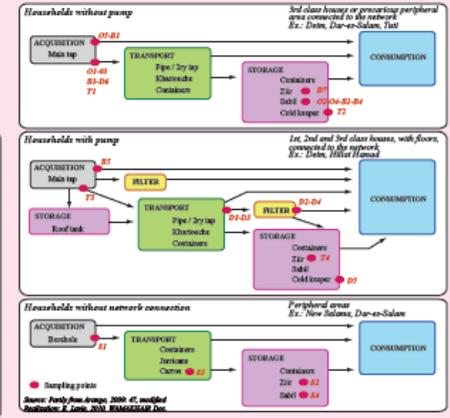
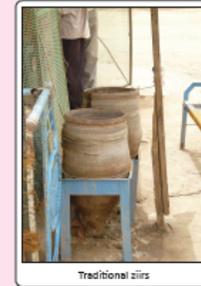


Fig. 2: Water transformations in the domestic sphere

A- Supplied water quality (Fig. 3):

Fig. 3: Water quality at tap water in sampling sites
In red: values above (or below for dissolved oxygen) the qualitative proposed limit values

Sampling site	pH	TDS	Electric conductivity	Turbidity	Dissolved oxygen	Nitrates	Phosphates
Measure unit			µS/cm (25°C)	NTU	Mg/l	Mg/l	Mg/l
Proposed limit value	6.5 < x < 8.5	1000	5	Clear to 6.5	50		
O1	7.6	549	203	3.2	5.9	0.7	0.12
O2	7.9	149	289	7	8.7	0.8	0.13
O3	8	152	286	5.2	3.8	0.6	0.09
B1	8	135	285	49	5.8	0.5	0.1
B2	8.1	151	284	17.4	5.7	0.6	0.1
B3	7.9	151	288	22.7	4	2.3	0.09
D1	8.1	152	289	6.3	8.1	0.3	0.2
D2	8	144	271	26.2	8.1	1.3	0.09
D3	8.1	148	275	49.3	5.7	1.3	0.09
T1	8.3	132	284	269.7	6.9	0.7	0.09
T2	8.1	136	237	25.2	6.4	0.2	0.1
S1	8	127	433	0.7	8.7	0.4	0.09

III- Main results

Turbidity: it proves to be higher in the sectors supplied with Nile water than in those receiving groundwater. Tuti knows very strong values, contrary to Salama for example. The season also counts since the summer Niles' flows bring their part of sediments. It seems that the waterworks are not efficient, in particular in Tuti.

Dissolved oxygen is a worrying parameter. It is low everywhere, in every season (even if it worsens in summer). In the areas supplied with Niles water, the more a place is far from the waterworks, the more chances there is to loose dissolved oxygen. On the one hand the precariousness of the network is responsible for oxygen losses, absorbed by the soils in the case of broken pipes. In addition, chlorine evaporating with the distance, the bacteria can develop and consume this oxygen.

B- Impact of storage on water quality (Fig. 4):

Fig. 4: Variation of water quality between tap and storage recipients
Wint: winter average value (4 sampling days), sum: summer average value (2 sampling days), total: average value for the 6 sampling days. In red: values above (or below for dissolved oxygen) the qualitative proposed limit values (see Fig. 3) in purple: rate of change (%)

Site	pH	pH	pH	TDS	TDS	TDS	EC	EC	EC	TUR	TUR	TUR	DO	DO	DO	NIT	NIT	NIT	PRO	PRO	PRO
	tap	stg	stg	stg	stg	stg	stg	stg	stg	stg	stg	stg	stg								
O1 Tap	7.6	7.9	7.7	549	549	549	203	203	203	3.2	3.2	3.2	5.9	5.9	5.9	0.7	0.7	0.7	0.12	0.12	0.12
O1 Stg	7.6	7.9	7.7	549	549	549	203	203	203	3.2	3.2	3.2	5.9	5.9	5.9	0.7	0.7	0.7	0.12	0.12	0.12
O2 Tap	7.9	7.9	7.9	149	149	149	289	289	289	7	7	7	8.7	8.7	8.7	0.8	0.8	0.8	0.13	0.13	0.13
O2 Stg	7.9	7.9	7.9	149	149	149	289	289	289	7	7	7	8.7	8.7	8.7	0.8	0.8	0.8	0.13	0.13	0.13
O3 Tap	8	8	8	152	152	152	286	286	286	5.2	5.2	5.2	3.8	3.8	3.8	0.6	0.6	0.6	0.09	0.09	0.09
O3 Stg	8	8	8	152	152	152	286	286	286	5.2	5.2	5.2	3.8	3.8	3.8	0.6	0.6	0.6	0.09	0.09	0.09
B1 Tap	8	8	8	135	135	135	285	285	285	49	49	49	5.8	5.8	5.8	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1
B1 Stg	8	8	8	135	135	135	285	285	285	49	49	49	5.8	5.8	5.8	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1
B2 Tap	8.1	8.1	8.1	151	151	151	288	288	288	17.4	17.4	17.4	5.7	5.7	5.7	0.6	0.6	0.6	0.1	0.1	0.1
B2 Stg	8.1	8.1	8.1	151	151	151	288	288	288	17.4	17.4	17.4	5.7	5.7	5.7	0.6	0.6	0.6	0.1	0.1	0.1
B3 Tap	7.9	7.9	7.9	151	151	151	288	288	288	22.7	22.7	22.7	4	4	4	2.3	2.3	2.3	0.09	0.09	0.09
B3 Stg	7.9	7.9	7.9	151	151	151	288	288	288	22.7	22.7	22.7	4	4	4	2.3	2.3	2.3	0.09	0.09	0.09
D1 Tap	8.1	8.1	8.1	152	152	152	289	289	289	6.3	6.3	6.3	8.1	8.1	8.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
D1 Stg	8.1	8.1	8.1	152	152	152	289	289	289	6.3	6.3	6.3	8.1	8.1	8.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
D2 Tap	8	8	8	144	144	144	271	271	271	26.2	26.2	26.2	8.1	8.1	8.1	1.3	1.3	1.3	0.09	0.09	0.09
D2 Stg	8	8	8	144	144	144	271	271	271	26.2	26.2	26.2	8.1	8.1	8.1	1.3	1.3	1.3	0.09	0.09	0.09
D3 Tap	8.1	8.1	8.1	148	148	148	275	275	275	49.3	49.3	49.3	5.7	5.7	5.7	1.3	1.3	1.3	0.09	0.09	0.09
D3 Stg	8.1	8.1	8.1	148	148	148	275	275	275	49.3	49.3	49.3	5.7	5.7	5.7	1.3	1.3	1.3	0.09	0.09	0.09
T1 Tap	8.3	8.3	8.3	132	132	132	284	284	284	269.7	269.7	269.7	6.9	6.9	6.9	0.7	0.7	0.7	0.09	0.09	0.09
T1 Stg	8.1	8.1	8.1	136	136	136	237	237	237	25.2	25.2	25.2	6.4	6.4	6.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
S1 Tap	8	8	8	127	127	127	433	433	433	0.7	0.7	0.7	8.7	8.7	8.7	0.4	0.4	0.4	0.09	0.09	0.09
S1 Stg	8	8	8	127	127	127	433	433	433	0.7	0.7	0.7	8.7	8.7	8.7	0.4	0.4	0.4	0.09	0.09	0.09

Electric conductivity and the TDS are strictly linked and remain low. Groundwater is slightly higher than surface water, which explains why the population finds it salty.

pH is stable, a little more alkaline in groundwater.

The nitrates and phosphates are low, often even lower in summer. We couldn't reveal the responsibility of the precarious sewage system in phosphates' pollution.

pH increases slightly in the elements of storage.

Mineralization increases in the elements of storage, certainly by evaporation, but water is still drinkable. Lastly, it drops in summer.

Storage is efficient on turbidity only when it's high. When water is already limpid, storage worsens quality.

Temperature is certainly colder in the elements of storage, but it influences only the mineralization, which increases when the temperature drops. On the contrary, the freshness of the *ziirs* do not limit at all the bacteriological development. The dissolved oxygen is high in the storage recipients, which can be due to bacteria's consumption.

Nitrates and phosphates can increase in *ziirs* but no rule can be seen and water stands drinkable for these parameters.

IV- Conclusion

Storage is a worsening factor of bacteriological pollution. Then, contrary to what numerous researchers observed on other fieldworks, here the temperature does not limit the bacteriological development and bacteriology does not seem to be in connection with turbidity.

Then water storage is an important problem for people's health, responsible for many diarrheas (bacteria) and kidney diseases (salinization).

Nevertheless, conscientious of the quantitative deficiency of the Khartoum State Water Cooperation (in charge of water supply) tries to produce more water so as to avoid cuts.

On the contrary, we think that the solution is in the maintenance of the infrastructure. Best network (30% of losses occur in the network) and better waterworks could provide better water without cuts, limiting the storage needs.

V- Bibliography

- Arango, L., 2009. *L'eau derrière le tuyau: de l'homogénéité apparente, la diversification effective et le partage dans le changement. Etude socio-anthropologique de la gestion de l'eau dans le quartier de Deim, Khartoum-Soudan*. Master in anthropology, Paris, Univ. Saint-Denis - Paris VIII 128 p.
- Beckendorf, A.-S., 2012. *Political Water. Governmental Water Management in Khartoum in the context of neoliberal reforms*. Doctorate in Geography, Univ. Bayreuth.
- Crombé, L., 2009. *L'eau dehors, l'eau dedans : évolutions des modes d'accès à l'eau dans un quartier périphérique du Grand Khartoum Dar es Salam, Omdurman, Soudan*. Master in Geography, Paris, Univ. Nanterre - Paris X 149 p.
- Hamza, N., 2008. *Socio-Economic Factors Associated with Water Quality and Kidney Diseases in the City of Khartoum Sudan*. Report-Codé de Khartoum and Univ. of Khartoum, 34 p.
- Lavie, E., 2010. *From the tap to the mouth: chemical geographical diagnosis of drinking water in Greater Khartoum (Sudan)*. Post-Doctorate in Geography, Paris, Univ. Paris-Ouest-Nanterre, 80 p.

The complete results can be read in: Lavie, E. and Hassan El Tayib, N., to be published. From the tap to the mouth, drinking water quality in the domestic context in Khartoum, Sudan, in *Cybergeo, the European Review of Geography*.



Figure 30 : Poster synthétisant les résultats de l'étude sur Khartoum, présenté à l'EGU

Source : Lavie & Hassan El-Tayib, 2013

Parmi les principaux résultats obtenus :

- D'une part, le réseau collectif est loin d'être optimal : si la minéralisation est acceptable (mais les eaux du Nil sont peu minéralisées (Wash & Musa, 1991)), la turbidité estivale illustre la vétusté des stations de traitement ; et les taux d'oxygène dissous qui baissent au fur et à mesure que l'on s'éloigne des stations démontrent des fuites dans le réseau et/ou un développement de bactéries dans les canalisations ;
- D'autre part, le stockage a des effets inquiétants pour la santé des populations : il augmente la salinité par évaporation de l'eau, pouvant poser des problèmes de calculs rénaux ; les bactéries se développent dans les récipients de stockage suite à l'évaporation du chlore. En effet, l'oxygène dissous chute, ce qui implique souvent des symptômes diarrhéiques pour celles et ceux qui la consomment ; enfin le stockage améliore la turbidité si elle était forte au robinet, mais l'augmente si elle est faible à la source. Ce paramètre révèle surtout une moindre efficacité des stations de traitement, alors que les eaux souterraines sont logiquement plus limpides.

Les résultats du diagnostic sont intéressants car ils marquent une opposition avec les croyances populaires qui prévalent à propos du stockage. Or même si c'est une habitude culturelle, le réseau n'est pas à même de pallier ce problème : malgré la production quotidienne de 1,15 millions de m³ (stations nilotiques et forages en nappe alluviale, KSWC) pour 5,5 millions d'habitant.e.s soit 209 l./hab./jour, les coupures et les baisses de pression sont très nombreuses. Sur le plan topographique cela s'explique en partie par la platitude pour ce réseau gravitaire. Mais surtout, 40 % de l'eau produite sont perdus dans des canalisations vétustes (Osman Ismaël, communication personnelle). Les gestionnaires de la KSWC ont alors deux alternatives : soit ils produisent plus, quitte à accélérer le processus de traitement, soit ils ont recours à des coupures pour faire des économies.

« La population dispose donc d'une eau turbide et intermittente, et pallie ces problèmes par le stockage et la décantation. Or, c'est bien ce stockage que nous avons désigné comme facteur aggravant de la baisse de qualité » (Lavie & Hassan El-Tayib, 2014). Le diagnostic de la qualité de l'eau domestique de l'agglomération de Khartoum réalisé dans le cadre d'un post-doctorat en 2010, est un exemple supplémentaire de la nécessité de prendre en compte la qualité de l'eau dans l'évaluation du risque de pénurie. Les comportements des habitant.e.s pour pallier coupures et eau turbide participent à complexifier le circuit d'une goutte d'eau dans le réseau, donc la mesure des volumes disponibles pour réduire le risque de pénurie pour les usager/ère.s.

4.2.2. Prendre en compte la qualité de l'eau dans le *waterscape*

À partir des années 1990, beaucoup d'études ont été menées sur l'accès à l'eau potable en ville, notamment dans les pays du Sud (voir à ce propos dans le Chapitre

1 la partie concernant les approches socio-techniques). Plusieurs pistes ont été explorées :

- Comment l'alimentation en eau potable participe à la fois au métabolisme urbain et à la fragmentation urbaine (Bakker, 2003 ; Jaglin, 2004a, 2005, 2008b ; Kooy & Bakker, 2008 ; Zérah, 2008) ?
- Une *political ecology* où l'eau n'est qu'une entrée pour observer le fonctionnement de la ville et notamment les jeux d'acteurs, les flux de capitaux et de pouvoirs (Swyngedouw, 2004 ; Linton, 2010) ;
- Enfin plus tardivement l'approche à l'échelle fine, inspirée des travaux d'anthropologues (Baviskar, 2003 ; Arango, 2015).

Regarder une ville à l'échelle des quartiers permet en particulier d'observer les différenciations multiformes des services urbains (Crombé & Blanchon, 2010 ; Verdeil, 2010 ; Jaglin & Zérah, 2010 ; Jaglin, 2012). D'autres auteur.e.s se sont intéressé.e.s aux habitudes culturelles (Baviskar, 2003) ou encore aux questions de genre (Loftus, 2007 ; Truelove, 2011) ou de dons de l'eau (Zug, 2013 ; Zug & Graefe, 2014 ; Arango, 2015). Or le constat général que j'ai pu dresser à la lecture de cette bibliographie, est que l'accès à l'eau était toujours considéré sur le plan de la continuité (spatiale et temporelle) du service et sur l'accès quantitatif à l'eau. Aucun article de référence ne faisait mention de la qualité de l'eau : par exemple, Karen Bakker (2003) mentionne la qualité parmi d'autres critères mais ne se concentre pas dessus. Une exception est celle des travaux de Zachary Burt et Isha Ray (2014) à Hublie-Dharwa en Inde, qui s'intéressent aux non-paiements et au stockage dans les pratiques quotidiennes de l'informalité, révélant ainsi les effets de confiance et méfiance des consommateur.rice.s vis-à-vis de la qualité de l'eau et des organismes de distribution. Une autre étude intéressante et récente est celle de Maria Rusca et son équipe à Lilongwe au Malawi, avec l'inclusion de la qualité de l'eau potable dans leur approche théorique des inégalités dans le *waterscape* urbain. « *(T)here is a material need for UPE to engage with questions of quality in relation to water access (...); an interdisciplinary approach, highlighting the interdependencies between politics, power and microbiological contamination of drinking water, can further conceptualisations of socio-ecological inequalities in the urban waterscape* » (Rusca et al., 2017).

Observer les villes-oasis et leurs adductions protéiformes en eau potable, permet donc de redéfinir le *waterscape*, en particulier le *drinking-waterscape*, ou paysage de l'eau potable. Cette sous-partie s'appuie sur les recherches effectuées dans les agglomérations de Khartoum et Mendoza et déjà présentées ci-avant ou dans le Chapitre 3 (Lavie & Hassan El-Tayib, 2013, 2014 ; Lavie et al., 2015a ; Lavie & Marshall, 2019) ou soumis (Lavie et al., soumis).

- **Qualité et foi religieuse**

Travailler à l'échelle des familles ou des foyers comme le font les anthropologues permet de mettre en avant des pratiques culturelles particulières qui sont autant de critères qui justifient l'utilisation de telle ou telle source d'eau (Lavie *et al.*, soumis).

Un des critères est celui de la confiance en l'eau, et notamment son lien avec des croyances religieuses. À Khartoum, l'Islam fait partie du quotidien et est extrêmement lié aux pratiques de consommation de l'eau potable : le *sabīl* par exemple (Encadré 3), mais aussi le *zīr*. Il s'agit d'une amphore utilisée dans la sphère domestique, qui n'a pas été totalement remplacée par des glacières modernes qui me semblent plus hygiéniques. En effet, faites de boue du Nil, le fleuve divin, les amphores sont vues comme sacrées : « *The figure of the Prophet Khidir is particularly important in Sudanese culture: many Khartoumese believe that Khidir passes around the streets in the early morning to bless the water in the zīrs, making it drinkable (Hassan el-Tayib, 2013). The purification of the water by the Prophet explains why the population appreciates storing the water in a zīr, in particular those that are used as a sabīl* » (Lavie *et al.*, soumis). En choisissant donc de consommer de l'eau dans ces amphores au lieu de la boire au robinet, le/la croyant.e exprime sa religion dans sa consommation d'eau. C'est le cas des types de consommation 1 et 2 que nous avons définis dans la Figure 31.

- **Qualité et bricolages quotidiens**

D'autres pratiques quotidiennes se révèlent hors de toute religion, mais démontrent aussi d'une certaine confiance et défiance vis-à-vis de la qualité de l'eau à consommer. Ainsi, certaines personnes à Khartoum nous ont dit refuser de boire l'eau puisée en aquifère ou stockée trop longtemps, car trop salée à leur goût, préférant des sodas, thés ou café. Certain.e.s consommateur/rice.s ont recours à des filtres individuels, comme le cas du Type 4 de la Figure 31. Un autre exemple est celui d'une famille rencontrée dans le quartier de Salama : lors du terrain de février-mars 2010, le foyer ne recevait que de l'eau en porte-à-porte (système des *caro*) ; en juillet le gouvernement de Khartoum avait connecté ce quartier à un micro-réseau. Or la qualité de l'eau ne convenait pas à la famille qui m'a dit souffrir de maux de ventre. L'eau du réseau était donc destinée aux usages d'hygiène tandis que l'eau consommée était achetée à un *caro*. Laure Crombé précise aussi que dans le quartier de Zurgan au sud d'Omdurman, les habitant.e.s préféraient boire l'eau d'une fontaine connectée au réseau collectif nilotique plutôt qu'à l'ancien forage dont les eaux sont aujourd'hui laissées aux animaux (Crombé, 2017).

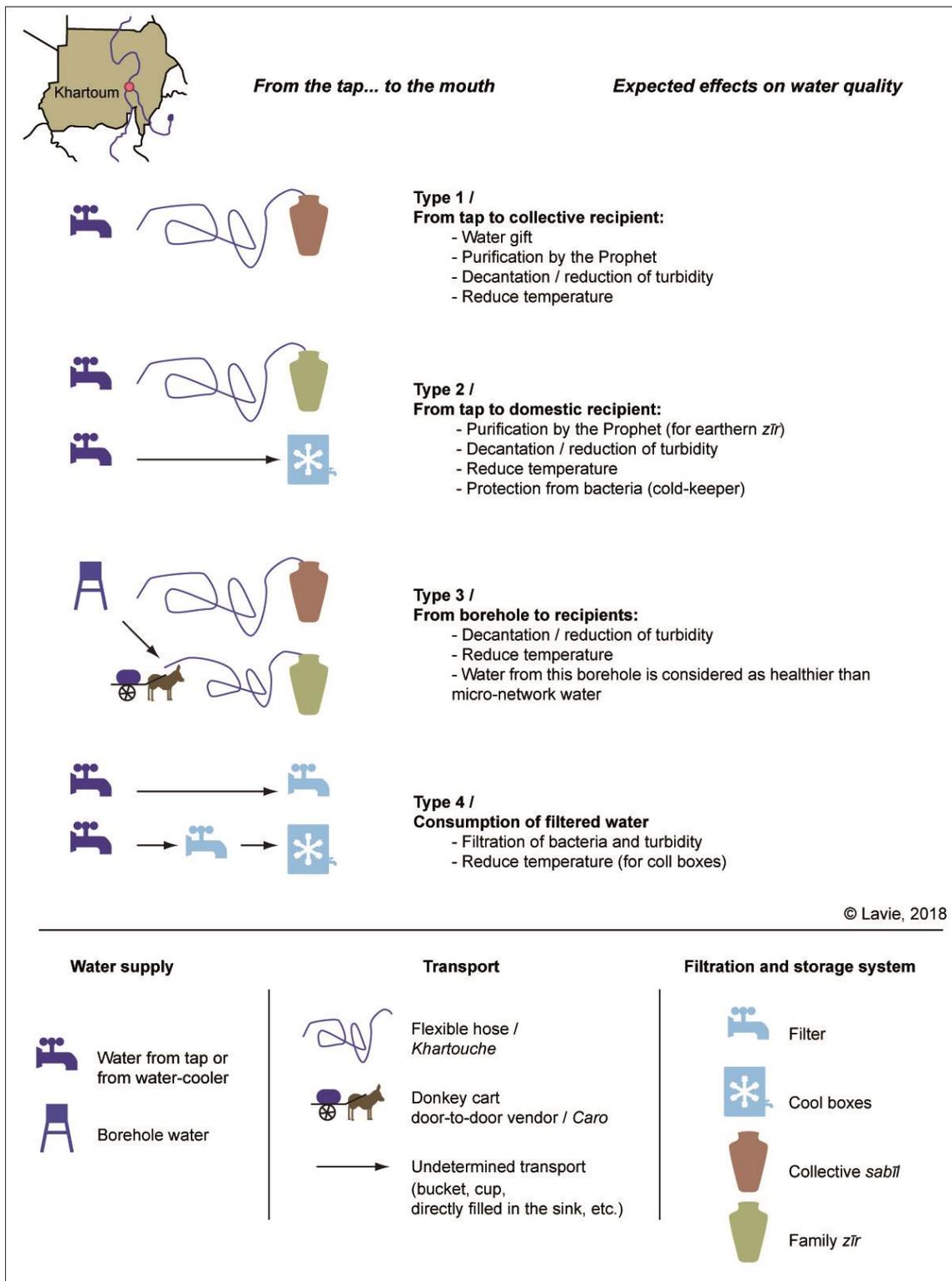


Figure 31 : Bricolages quotidiens dans le *drinking-waterscape* du Grand Khartoum
 Source : Lavie et al., soumis

Si on change de terrain, à Las Heras, Guaymallén ou Maipú en périphérie du Grand Mendoza, les quartiers centraux sont connectés au réseau collectif qui fonctionne correctement malgré quelques coupures et baisses de pression (Types 1 et 2 de la

Figure 22 *in* Chapitre 3). Certaines personnes se sont plaintes de la couleur et de l'odeur de l'eau, mais la seule alternative est celle de l'achat d'eau en bouteilles. Plus intéressant est l'exemple de Los Corralitos à Guaymallén où trois coopératives se partagent des micro-réseaux formant un archipel, tandis que des maisons construites sur d'anciens terrains agricoles disposent d'un puits profond et donc un accès individuel (types 3cde *in* Figure 22).

Enfin citons les exemples de Colonia Molina (Guaymallén), Challao (Las Heras) ou Rodeo del Medio (Maipú), quartiers ruraux : ne disposant pas d'un accès à l'eau collectif, les habitant.e.s ont recours à différentes techniques comme l'achat de bidons ou d'eau par camion-citerne, l'utilisation d'eaux phréatiques polluées, le recours à des puits profonds et les dons d'eau entre parents. Ces situations variées sont présentées par les types 4, 6, 7, 8 et 9 *in* Figure 22).

- **Qualité et pouvoirs**

Enfin, même le lien entre les jeux de pouvoir, de géographie politique, inhérents au *waterscape* (Swyngedouw, 2004), peuvent être regardés par le prisme de la qualité de l'eau. Colonia Molina (Guaymallén) illustre relativement bien ces questions de jeux d'acteurs et de jeux de pouvoir entre acteurs.

Il y a une demi-douzaine d'années, les habitant.e.s de ce quartier, pour la plupart agriculteurs, ont commencé à manifester leur double mécontentement : d'une part, le fait qu'ils appartiennent au district³⁹ de Colonia Segovia dont les élu.e.s leur faisaient peu de cas selon eux ; d'autre part, l'absence ou la faiblesse de la qualité des services urbains. En effet dans le secteur : pas d'accès à l'eau potable et pas d'assainissement collectifs, peu de transports collectifs, de ramassage des ordures ménagères, d'irrigation viaire⁴⁰, et sentiment d'augmentation de la délinquance par abandon des forces de l'ordre. Les agriculteurs et les habitant.e.s des lotissements fermés (*gatted communities*), d'abord en conflit, se sont associés pour lutter ensemble et améliorer la qualité de vie du quartier. Dès lors, la première étape fut celle de la reconnaissance de Colonia Molina comme district à part entière, séparément de Colonia Segovia, ce qui a été voté en 2014. La seconde étape fut celle d'un accès collectif à l'eau potable. Montage du financement avec l'Université Nationale du Cuyo, obtention d'une bourse de la nation Argentine, collecte des paiements des connections individuelles au réseau de canalisations, discussions avec les directions des coopératives présentes dans la zone (celles de Los Corralitos, cf. *supra*, Chapitre 3), tout a été géré par les responsables locaux, *i.e.* une association de maraîchers et un propriétaire de lotissement fermé (Lavie & Marshall, 2019 ; Lavie *et al.*, soumis). Le projet est de

³⁹ Échelle administrative : État (Argentine) > province (Mendoza) > département ou municipalité (Guaymallén) > district ou quartier (Colonia Molina).

⁴⁰ Dans ce milieu sec, il est nécessaire d'arroser régulièrement les pistes de terre pour éviter la poussière qui réduit la visibilité et encombre les bronches. C'est considéré à Mendoza comme un service (péri)urbain.

compléter un puits d'irrigation non utilisé (Type 3f in Figure 22) avec une station de chloration et une citerne d'eau, puis de connecter l'ensemble à un micro-réseau, à l'image du système présent à moins d'un kilomètre, dans le lotissement de San Vicente (Figure 21).

Le chantier a pris du retard puisque l'ancien gouverneur du département de Guaymallén a été arrêté pour corruption et que la municipalité a changé de bord politique fin 2014, mais le processus est en cours. Surtout, les négociations avec le régulateur (police de l'eau, EPAS), avec la municipalité et avec les coopératives souhaitant obtenir la délégation du service public, se font en totale relation avec les habitant.e.s. Ceux/celles-ci ont pris un tel pouvoir que des actions qui seraient dans un quartier voisin décidées par le haut (*top down*), passent systématiquement ici par la sphère locale. Alors que le modèle privilégié est celui du micro-réseau interconnecté, soit plusieurs puits (Lavie & Marshall, 2019), les habitant.e.s de Colonia Molina ont réussi à garder un micro-réseau indépendant. Leur action, très visible sur les réseaux sociaux (entretien de terrain, 2014, 2016), semble avoir été payante.

Des habitant.e.s qui luttent, ou du moins demandent un accès collectif à l'eau potable n'est pas une originalité en soi. Ce qui est très intéressant ici, c'est que ce n'est pas l'accès qui est la base de leur action : c'est la mauvaise qualité de l'eau phréatique dans laquelle puise la majorité des habitant.e.s ne disposant pas d'un puits profond. Or les forages en aquifère profond et protégé sont interdits depuis la Grande sécheresse des années 1970. Une injustice est donc visible puisque les anciens agriculteurs peuvent disposer d'une eau de bonne qualité (qu'ils distribuent d'ailleurs). Ce qui ressort de nos enquêtes auprès des gestionnaires et des habitant.e.s, c'est que c'est bien la qualité de l'eau qui est la justification de la lutte.

- **En conclusion : la qualité du *waterscape* pour compléter l'analyse de la gestion du risque de pénurie**

Les études que j'ai pu réaliser sur l'accès qualitatif à l'eau potable dans ces deux villes-oasis de Khartoum et Mendoza montrent bien le rôle que peut jouer la confiance en l'eau consommée dans la fabrique du paysage urbain. On peut aussi y ajouter les travaux de recherches doctorales de Mathilde Resch, que je co-encadre, sur les périmètres de protection des captages de la ville de Paris (Encadré 4).

« [I]f fieldwork and theory appear far apart, they are not. The downscaled approach of urban studies comes from work focusing on fine scale fieldwork on a 'scale inside the city' (Crombè, 2017, p. 120) and from high porosity between social science approaches. This has made it possible to show strong links between cultures, religion, the role of nature, health (etc.) versus the more structuralist approaches that have led political ecology from its beginning. » (Lavie et al., soumis). Terrains et théories se mêlent donc ici très bien : l'action des habitant.e.s de Colonia Molina témoigne des relations de pouvoirs à l'échelle d'une ville, le choix de privilégier une source plutôt qu'une autre dans ces deux

agglomérations, ou encore le rôle de l’Islam dans les pratiques quotidiennes à Khartoum, sont autant d’exemples appuyant l’hypothèse d’une nécessaire prise en compte de la qualité de l’eau, ou du moins la relation de confiance entre le/la consommateur/rice et sa ressource, dans la définition du *waterscape*.

Encadré 4 : La qualité de l’eau potable à Paris, Thèse Mathilde Resch

Cette thèse (2016-) est co-encadrée par G. Arnaud-Fassetta et moi-même. Mathilde Resch est financée par une allocation ministérielle avec charge d’enseignement. Sa recherche porte sur les enjeux liés à la protection des périmètres de captage des sources d’eau potable d’Eau de Paris©.

Au XIX^{ème} siècle, des sources à distance de la capitale ont été captées et détournées pour alimenter les Parisiens en eau potable. Aujourd’hui, la moitié des volumes consommés est d’origine souterraine, le reste étant issu de pompages (et traitement) des eaux de la Seine et de la Marne. Les aires d’alimentation de ces captages sont situées en zones agricoles et les sources sont soumises de fait à un risque de pollution par les intrants agricoles (engrais et phytosanitaires) ou domestiques (effluents). Des solutions préventives sont mises en place par la régie municipale Eau de Paris©, visant à sensibiliser les acteurs locaux. Cette recherche doctorale s’intéresse aux actions des acteurs gestionnaires de la ressource et usager/ère.s des territoires, à travers une série d’entretiens. Elle cherche à évaluer les représentations – et notamment l’acceptabilité des populations – et les jeux de pouvoir entre les territoires producteur d’eau à distance de Paris, et le territoire consommateur, à la fois en ce qui concerne la quantité et la qualité de l’eau.

Conclusion du Chapitre 4 :

La plus grande partie de mes travaux de terrain et de mes publications concerne donc la variable de l'accès qualitatif à l'eau d'irrigation (à Mendoza) et potable (à Khartoum et à Mendoza). Les obligations relatives à la charge de Maîtresse de conférences (enseignement, charges collectives ; etc.) ont limité la possibilité de réaliser des suivis hydro-qualitatifs sur un terrain. La difficulté à importer du matériel dans ces pays freine aussi la possibilité d'équiper un terrain en matériel automatique, sans compter le risque de dégradation. Il a donc fallu opérer un déplacement dans les méthodologies utilisées. Les mesures ponctuelles ont remplacé les campagnes suivies de mesure ; mais surtout, les enquêtes auprès des gestionnaires et des usager/ère.s ont permis de mieux saisir les choix faits par les acteurs, les alternatives aux modèles privilégiés par les gestionnaires, les bricolages quotidiens des consommateur/rice.s...

Enfin, observer l'accès qualitatif à l'eau d'irrigation à Mendoza met en valeur de fortes disparités à l'échelle des oasis entre les agriculteurs, ce qui se ressent sur le plan de la rentabilité. Les jeux de pouvoir et de lobbying sur les gestionnaires se manifestent également puisque les tentatives de distribution qualitative équitable n'ont pas véritablement fonctionné. Surtout, ces choix de gestion de la distribution, tant qualitative que quantitative, participent à la structuration des espaces oasiens. Expansion des périmètres irrigués, croissance des villes vers les oasis, mutations de modèles productifs et de paysages, changements de modèles d'alimentation en eau potable, à la fois participent et sont les conséquences de changements de structures socio-spatiales. Même si disposer d'eau dans un espace aride ne signifie pas qu'une oasis va se développer, **l'eau reste un des éléments majeurs de la structuration de l'espace oasien et la qualité de cette eau est aussi importante que les volumes gérés.**

Partie 3 : Perspectives

La gestion de la rareté de l'eau sous les angles de l'accès à la ressource et de sa qualité, révèle le rôle de l'eau dans la construction des systèmes urbains et agricoles oasiens. Dans le cadre de la rédaction de cette HDR, je me suis tournée vers des espaces non-oasiens, la rive nord de la Méditerranée. Il s'agissait pour moi de voir si les modèles de distribution et de gestion de l'eau, et notamment les transitions expérimentées, se retrouvaient aussi sur des espaces où l'eau est rare mais où le climat n'est pas aride : le domaine méditerranéen est particulièrement intéressant, puisque de transition entre des domaines semi-arides au Sud, et des domaines tempérés en rive Nord. C'est aussi un espace où les changements climatiques attendus sont assez nombreux : Josyane Ronchail, Marianne Cohen et leur équipe, dans le cadre de recherches sur l'adaptation de l'olivier en Espagne, ont réalisé une revue bibliographique des scénarios climatiques envisagés pour la région : il semblerait qu'elle subisse une augmentation « *in temperatures and in extreme episodes of precipitation, along with an overall decrease in rainfall (...) resulting in potential negative consequences for agricultural yields (...), natural resources, and landscapes* » (Ronchail *et al.*, 2014). D'après ces auteur.e.s, avoir vécu un épisode de sécheresse peut aussi consolider la perception que peut avoir la population d'une évidence d'un changement climatique à venir ; pour autant, leur synthèse bibliographique révèle aussi que l'adaptabilité aux changements climatiques dépend de décisions et de gouvernance locales, de modèles d'agriculture soutenus par les politiques publiques et des marchés internationaux (Cohen *et al.*, 2014). Le climat est donc une variable non exclusive dans la gestion de la rareté de l'eau en Méditerranée.

Une des thèses que je souhaite discuter ici est **le transfert de modèles oasiens**. En effet, je pars du postulat qu'il y a eu avec la colonisation, un transfert du modèle oasien depuis les espaces arabo-musulmans vers les territoires du Nouveau Monde. Déjà, la rive Nord de la Méditerranée avait appliqué des techniques d'irrigation connues sur la rive Sud, mais l'application *ex nihilo* de modèles oasiens dans les espaces arides nord- et sud-américains, ou encore sud-africain était particulièrement calquée sur les systèmes oasiens du Maghreb, du Machrek ou de la Péninsule arabique. Il faut dire que les colons étaient Européens.

Ce qui m'intéresse aujourd'hui, c'est **le retour du modèle** depuis le Nouveau Monde vers les Anciens Continents. Il semblerait en effet qu'à Gabès et Ouaouizerth, on cherche à adapter des oasis anciennes en y appliquant le modèle des oasis mondialisées du Nouveau Monde (Chapitre 3). Mais est-ce aussi le cas en Europe ? Comment a-t-on géré la rareté en eau par le passé ? Comment la gère-t-on aujourd'hui dans le sud de l'Europe ? Les nouvelles structures d'adduction en eau potable et d'irrigation justifient-elles que je compare la Méditerranée européenne aux oasis ? Est-ce que ces espaces connaissent une « oasisation » (Chapitre 5) ? Et surtout dans le contexte de mesures de protection de l'environnement, assez avant-gardistes en Union européenne, le modèle est-il simplement reproduit ou adapté ?

C'est ce que je souhaite démontrer ici et dans les années à venir. Ainsi, après avoir discuté de la mise en oasis de territoires en Méditerranée européenne (Chapitre 5), je discuterai d'un exemple d'« oasisation » en France, dans le bas Minervois (Chapitre 6).

Chapitre 5. La Méditerranée européenne s'oasise-t-elle ?

La quinzaine d'années de recherches sur l'eau dans les oasis a porté sur les gestions quantitatives et qualitatives, techniques et politiques, à l'échelle des espaces irrigués, des agglomérations, des périphéries, des quartiers, des familles. Les causes et les conséquences de ces types de gestion concernent à la fois la qualité des milieux, les relations sociales, l'économie (dont l'insertion dans des dynamiques de marché), le politique et la santé. La gestion de la durabilité des ressources est évidemment sous-jacente : en effet, les synergies intersectorielles entre sciences de l'environnement (en particulier l'agronomie et l'hydro-climatologie) et les sciences humaines et sociales (économie, anthropologie et sciences politiques notamment) sont très prégnantes dans ma géographie.

Pour autant, j'ai souhaité observer la dynamique de l'irrigation dans des espaces moins arides mais où la pression sur les ressources est tout aussi forte. Surtout, j'ai trouvé intéressant de travailler sur des territoires concernés par des politiques de gestion des milieux, ce qui est peu le cas à Mendoza, Khartoum ou Gabès. Cette entrée par les politiques de gestion des milieux confirme les liens entre sciences de la nature et sciences des sociétés dans mes recherches.

À la lecture des travaux sur l'Europe du Sud (Riaux 2006 ; Ruf & Riaux 2008 ; Ruf 2012a, 2012b, 2015b ; Buchs 2016 ; Sanchis-Ibor *et al.* 2017), j'ai noté de forts liens entre les systèmes d'irrigation et les structures de gestion, entre les oasis et les espaces irrigués de la Méditerranée. L'Europe, par ses Directives, notamment la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000), pose un cadre législatif contraignant pour les gestionnaires (Bouleau, 2007 ; Bouleau & Richard, 2009 ; Barbier *et al.*, 2010).

Ainsi, malgré des contextes climatiques et politiques différents, les mutations connues par la Méditerranée européenne dans la gestion des eaux agricoles et domestiques peuvent-elles être considérées comme une mise en oasis ? **Y a-t-il un nouveau « modèle oasisien »**, bien loin du modèle figé décrit dans le Chapitre 2, **qui permettrait de parler d'une « oasisation » de la Méditerranée européenne ?** C'est ce que ce chapitre cherche à discuter.

Ce Chapitre 5 s'appuie majoritairement sur des exemples franco-espagnols. La France, par ses transferts de compétences des réseaux d'irrigation aux régions en 2008 et sa nouvelle carte des régions en 2015, offre une dynamique de changements à observer. La gestion de l'hydraulique en Espagne a également été un thème relativement traité, et ma maîtrise de l'espagnol m'a aussi permis de mieux synthétiser la bibliographie, ce qui a été plus difficile pour la Grèce, l'Italie ou la Croatie par exemple, puisque je n'ai pu accéder qu'aux sources rédigées en anglais. **Ce Chapitre 5 est principalement une synthèse bibliographique. Il n'y a de données de première main que quelques résultats de travaux de master** que j'ai encadrés (Kypreos, 2018, 2019 ; Aschero, 2019).

Ainsi, après m’être arrêtée sur le passage de la gestion des pénuries à la gestion de l’abondance en Méditerranée française (5.1), je présente ce que je nomme « oasisation » et comment se développe un modèle oasien en Méditerranée européenne (5.2) ; ensuite je présente la première étape de cette mise en oasis avec la multiplication en Espagne et en France d’infrastructures d’irrigation d’échelle régionale au XX^{ème} siècle (5.3) ; enfin je m’arrête sur la deuxième étape de l’« oasisation », au XXI^{ème} siècle, par des hyperspécialisations (5.4).

5.1. De la gestion des pénuries à la gestion de l’abondance en Méditerranée : l’exemple de la France

L’irrigation s’est développée en Méditerranée afin de pallier la rareté de l’eau en période estivale, particulièrement extrême certaines années. En France, ce furent « d’abord les usages domestiques (fontaines, captages de sources, lavoirs...) et surtout l’énergie hydraulique qui conduiront à la dérivation et à la canalisation de nombreux cours d’eau pour faire fonctionner les moulins » (Aspe, 2012 : 8).

5.1.1. Des grandes structures hydrauliques à vocations domestiques dès la fin du XIX^{ème} siècle

L’hydraulique de la Provence, du Languedoc et du Roussillon a d’abord marqué les paysages de la Méditerranée française par l’usage domestique de l’eau. L’aqueduc des Arceaux par exemple, a été construit au milieu du XVIII^{ème} siècle pour alimenter Montpellier en eau domestique (Ruf, 2015b). S’inspirant du célèbre aqueduc romain du début du premier millénaire connu pour son pont sur le Gard, l’aqueduc des Arceaux conduisait les eaux de la source Saint Clément sur 10 km vers le centre-ville et a fonctionné jusque dans les années 1970 (Desbordes 2010 ; L’Hôte 2015). À la même époque, un autre projet a émergé, même s’il n’a pas abouti : celui de l’alimentation de Nîmes en eau du Gardon, avec une prise un peu en aval du Pont du Gard (Ruf, 2015b).

Mais l’exemple le plus marquant d’une grande hydraulique à vocation domestique est l’édification du canal de Marseille en 1849. Détournant les eaux de la Durance, sa vocation est avant tout de sécuriser l’adduction en eau potable de la ville de Marseille. « En revanche, son usage agricole ne paraît jamais avoir été vraiment prioritaire. Comme si, malgré leur immense terroir, les Marseillais avaient jugé inutile de l’irriguer et de l’exploiter pour assurer l’autonomie alimentaire de la ville » (Vidal-Naquet, 1993 : 45), ce que nuance Jean-Noël Consales puisque le parcours du canal de Marseille a offert une possibilité d’irriguer les jardins ouvriers de certains secteurs (Consales, 2000). Le canal de Marseille a donc été construit pour l’alimentation en eau de la ville suite à une série de problèmes sanitaires au début du XIX^{ème} siècle : disettes, choléra en 1834, des inondations la même année. « Mais le Canal de Marseille ne résout pas seulement la

question de l'alimentation en eau des Marseillais, il provoque, contre toute attente, si l'on en croît les observateurs de l'époque, une véritable révolution aussi bien économique que sociale, qu'urbaine, paysagère et culturelle. Depuis des siècles, l'eau, il fallait la chercher, l'économiser et la partager » (Vidal-Naquet, 1993 : 75). Alors que l'accès à eau dictait jusque-là les facilités de développement ou au contraire ses limites, créant une injustice économique, sociale et sanitaire, le canal de Marseille bouleverse les équilibres. D'après Paul Vidal-Naquet (*Ibid.*), de grands ouvrages ont alimenté Lyon, Giers ou des projets ont été initiés sans aboutir à Nîmes, mais il n'y avait pas à Marseille de grande question collective des eaux dans les préoccupations locales. La gestion publique des eaux domestiques est donc née au XIX^{ème} siècle et s'est matérialisée par le canal de Marseille sur le plan infrastructurel dans un contexte socio-économique de Révolution industrielle.

Ce canal assure aujourd'hui encore les deux-tiers de l'adduction en eau potable de la ville et est géré par Véolia. Le tiers restant vient du Verdon via le canal de la Durance plus connu sous le nom de canal SCP dont je reparlerai plus après.

Ces infrastructures domestiques dont les modèles ont été empruntés aux Romains se sont développées aux XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles et sont les prémices de l'hydraulique régionale que connaît le sud de la France aujourd'hui, qu'elle soit à vocation agricole, énergétique, industrielle ou domestique.

5.1.2. Pas de grande tradition de l'irrigation dans le sud de la France

Les canaux à moulins médiévaux construits pour un **usage d'énergie hydraulique** ont aussi permis la mise en place des **premiers agrosystèmes irrigués** dans le Roussillon (Ruf, 2012) et en Provence (Vidal-Naquet, 1993 ; Amiel & Amiel-Drouard, 1998). Plus tardivement, la plaine de la Crau s'est transformée en vaste périmètre irrigué dès le XVI^{ème} siècle (Beltrando, 2015) mais les infrastructures hydrauliques se sont relativement peu développées puisque l'irrigation ne se pratiquait que sur les terres basses de la Camargue, dans les Pyrénées et sur certaines terrasses cévenoles (Ruf, 2012 ; Kypreos, 2019).

« *La rupture d'une irrigation à plus grande échelle se fit lorsque les transformations économiques l'imposèrent* » (Aspe, 2012), c'est-à-dire au XIX^{ème} siècle, qui a marqué le paysage de son empreinte, beaucoup de systèmes gravitaires actuels étant un héritage issu de la Révolution industrielle. « *Les premières décennies de l'hydraulique agricole de la Provence et du Languedoc-Roussillon sont marquées par les tours d'eau* » (Lavie et al., 2018). Les œuvres de Marcel Pagnol, Jean Giono ou Pierre Magnan ont aussi participé à inscrire cette rareté de l'eau du ciel méditerranéen dans les mémoires collectives, en faisant allusion aux vols d'eau (Aspe, 2012). L'idée d'un développement hydraulique est ainsi lancée en Espagne, en Italie et en France. Sous la III^{ème} République, des canaux d'État sont construits en France : le canal de Manosque ou celui de Carpentras. C'est le service des eaux et forêts qui en avaient alors la gestion (Ruf & Riaux, 2008).

5.1.3. De la pénurie à l'abondance

Les Trente Glorieuses et leurs sociétés ingénieuristes marquent les paysages de l'eau par une hydraulique de grande taille à l'échelle de l'ensemble de l'Europe (Laganier *et al.*, 2009). En Méditerranée française, ces infrastructures signent une nouvelle rupture avec le développement des barrages écrêteurs des extrêmes hydro-climatiques, jouant à la fois le rôle de protecteur contre les crues, en particulier lors des épisodes cévenols, et de régulateur des débits permettant de soutenir les étiages estivaux. Détournant les eaux du Rhône, du Verdon ou de la Durance notamment, d'immenses systèmes d'irrigation transforment peu à peu le territoire du Languedoc et de la Provence. L'ingénierie hydraulique s'accompagne aussi de changements dans les modes de gestion de l'eau, qui commence à se faire à l'échelle locale puisque se créent des associations de propriétaires irrigants pour gérer les tours d'eau, mais aussi à l'échelle des grands bassins, bien avant la Loi sur l'Eau de 1964. Ainsi naissent la *Commission d'aménagement dite du Bas-Rhône pour l'aménagement de l'irrigation de la Camargue* en 1947, devenue BRL, ainsi que la *Société du canal de Provence* (SCP) en 1957.

La multiplication des barrages « a joué un rôle indéniable dans l'amnésie des savoir-faire et des connaissances populaires sur le système hydrologique des cours d'eau et affranchit les pratiques de gestion de la pénurie (...) [effaçant] ces siècles d'histoire avec une surprenante rapidité » (Aspe, 2012 : 12). Qu'il s'agisse des inondations ou des pénuries en eau, les conséquences des extrêmes hydro-climatiques deviennent dès lors inacceptables pour les habitant.e.s, agriculteur/rice.s, voire même élu.e.s locaux/les. « Cette représentation s'est rapidement inscrite dans les esprits, au point de faire imaginer aux générations nées dans les années 1960 qu'il en a toujours été ainsi. Difficile dans ce cadre de faire admettre qu'aujourd'hui, d'autres exigences naissent » (Aspe, 2012 : 13). D'ailleurs, l'impatience des usager/ère.s dans la réalisation de certains ouvrages hydrauliques est assez révélatrice de cette gestion de la pénurie : le temps court de la gestion des crises de sécheresse se heurte aussi au temps plus long de la planification puis de la construction des réservoirs (Gaudin & Fernandez, 2018).

Sur le plan plus théorique, la rareté de l'eau avant le milieu du XX^{ème} siècle était avant tout liée à l'offre, aux sécheresses climatiques prolongées [*supply-induced scarcity* (Percival & Homer-Dixon, 1998) ou *first-order scarcity* (Turton & Ohlson, 1999)]. Depuis, on observe plutôt, non plus une rareté, mais une abondance induite structurellement par l'hydraulique (Kauffer, 2006). Il est d'ailleurs assez intéressant d'observer que si les travaux de recherche sur le passage de la pénurie à l'abondance datent généralement de la toute fin du XX^{ème} siècle, Pierre Vidal-Naquet l'avait déjà observé dans la ville de Marseille avec l'arrivée du canal dérivé de la Durance au XIX^{ème} siècle : « c'est, en fait, l'ancien rapport que les Marseillais avaient établi au fil des siècles avec l'eau que le Canal de la Durance vient brutalement modifier. Le manque

chronique d'eau avait fait naître une culture de la rareté. Avec le Canal, c'est une culture d'abondance qui émerge et qui bouleverse l'ancien équilibre » (Vidal-Naquet, 1993 : 76).

L'eau n'étant plus « rare » grâce à la grande hydraulique en Méditerranée française, la gestion est passée de celle de la pénurie à celle de l'abondance, toute relative soit-elle. Le changement du rapport des usager/ère.s à l'eau à la fin du XX^{ème} siècle contribue ainsi à expliquer l'ensemble des projets de grande hydraulique.

5.2. Un « modèle d'oasis mondialisée » qui se développe hors du domaine aride

5.2.1. L'oasisation⁴¹

Une oasis est donc un espace où l'eau du ciel est rare et où la ressource en eau allogène est un moteur de l'organisation socio-spatiale. En effet, les activités économiques et les relations sociales, la construction des espaces urbains intra-oasiens, se développent en fonction des structures de distribution de l'eau et de la qualité de celle-ci. C'est ce que les Chapitre 2, 3 et 4 ont démontré. Les oasis mondialisées ou cherchant à intégrer la mondialisation sont des territoires en perpétuel mouvement. Les Chapitre 2 à 4 ont aussi mis en exergue l'idée que le développement économique sur les marchés mondiaux s'appuie sur des hyperspécialisations agricoles soutenues par l'irrigation. Le Chapitre 3 a également mis en avant l'idée d'une concurrence entre les secteurs domestiques et agricoles notamment dans l'accès à l'eau. Ainsi, le **modèle d'oasis mondialisée**, tel que je l'ai défini dans les trois précédents chapitres, est un espace hydraulique avec de **grandes infrastructures de distribution d'eau d'irrigation, dont l'objectif est d'approvisionner collectivement ou individuellement en ressources des secteurs qui se veulent compétitifs dans le marché mondial**. Cela ne signifie pas que cet objectif soit réalisé mais, en tous les cas, la finalité est plutôt claire. Les grandes oasis mondialisées ont généralement **un espace urbain de consommation mais qui est aussi un espace de services** pour faciliter le développement du territoire à l'international. Cet espace urbain a parfois des **périphéries industrielles de transformation des produits agricoles** comme à Mendoza. Reste que **la concurrence entre les espaces agricoles entre eux, et entre différents secteurs, structure en pratique le territoire oasien ou urbain-oasien**.

Dès lors, le « modèle d'oasis mondialisée » ne peut-il se développer que dans des domaines arides ou semi-arides ? Ou des domaines plus arrosés, mais où la ressource se fait rare, peuvent aussi illustrer ce modèle ?

⁴¹ : Le néologisme est ici expliqué et assumé ; à partir de ce point, j'enlève donc les guillemets.

5.2.2. Transferts de modèles ?

Les colonisations de l’Afrique australe, de l’Amérique Latine et du Nord – et j’imagine de l’Australie – a permis le développement dans le Nouveau Monde, de modèles de cultures expérimentés en Europe du Sud et au Maghreb :

- Les habitudes culturelles et culturales des colons européen.ne.s au Pérou, au Chili et en Argentine, ont facilité la production de la vigne pour le vin de messe par exemple (Lacoste, 2004a, 2004b ; Faliès *et al.*, 2018). Les migrant.e.s européen.ne.s installé.e.s en Amérique latine à partir de la fin du XIX^{ème} siècle ont perpétué l’intégration de plantes méditerranéennes comme l’olivier et les vergers, tout en poursuivant la culture de la vigne pour le marché national ou continental. D’autres cultures destinées au marché local étaient produites comme les céréales et les légumes mais ce qui a lancé le développement des cultures de commercialisation, ce fut l’introduction d’espèces méditerranéennes : vergers, vignes et oliviers (*Ibid.*).
- En Afrique du Sud, le long du fleuve Orange « *the Whites, predominantly Afrikaners farmers who colonised this area, dispossessing the Coloured farmers and then, using their workforce, levelled the alluvial sandy dunes, built canals and planted crops in less than 60 years, from the 1880s to the 1950s* » (Blanchon, 2017 : 90). Le Rapport Gamble de 1877 précise que la Colonie dite du Cap qui s’est installée le long du fleuve Orange en amont des chutes d’Augrabies, n’avait aucune expérience concernant les infrastructures de dérivation des eaux pour l’irrigation. « *The Gamble Report cited and said that the Colony could learn much from Spain and other countries – most notably, India, Italy, England, Germany, Scotland, and Ireland – concerning the establishment of irrigation associations. He said that Spain had a similar climate to that of the Cape Colony, and that the practice of irrigation associations and irrigation works themselves were well established in that country* » (Turton *et al.*, 2004)⁴². Le transfert de modèle d’irrigation du sud de l’Europe par les fermiers blancs Afrikaners semble ici évident.
- Dans le Far Ouest américain, des migrant.e.s venu.e.s d’Europe ont expulsé les communautés indiennes de la vallée de l’Owens River pour développer une oasis irriguée de 60 000 acres (~243 km²) le long de ses rives (voir la première partie, *Mulholland’s Dream*, du film documentaire *Cadillac Desert* de Jon Else et Linda Harrar de 1997, inspiré du livre éponyme de Reisner (1986)).

Que ce soit donc sur la diagonale aride sud-américaine, dans le Far Ouest américain ou dans le désert de l’ouest de ce qui est aujourd’hui l’Afrique du Sud, les colons européens ont exporté un modèle de culture irriguée. Les techniques d’irrigation par détournement des rivières sont clairement héritées des techniques mauresques et les cultures sont celles du pourtour de la méditerranée : céréales, fourrages pour les

⁴² : Les auteurs citent ici le rapport de 1877 auquel je n’ai pas eu accès.

animaux, parfois vergers et oliviers et surtout vignes pour le vin de messe. Dans le bassin du fleuve Orange, les missionnaires ont aussi participé à la mise en place de l'agriculture irriguée (Turton *et al.*, 2004).

Le développement des cultures irriguées dans le Nouveau Monde s'est poursuivi jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, mais un des prémices de changement d'orientation agricole s'est opéré dans l'Ouest américain dès 1905. L'Owens River qui était la base d'un système oasien créé par les Indiens et développé par les migrants européens, a été captée pour alimenter en eau domestique Los Angeles par Fred Eaton, le maire de Los Angeles, et William Mulholland, le responsable du département des eaux. L'aqueduc passant dans la vallée de San Lorenzo, plus proche de la ville, des initiés proches du pouvoir, ont acheté des terres dans ce désert avant la construction du réseau et surtout, avant sa médiatisation. L'objectif de l'opération foncière avait été de pouvoir capter les eaux de l'Owens River quand elle arriverait, sur son chemin vers LA, afin d'irriguer cette vallée aride, car ils savaient que la ville n'aurait pas besoin de tant d'eau pendant un moment. San Lorenzo, aujourd'hui banlieue urbaine de Los Angeles, a été au milieu du XX^{ème} siècle un territoire clé de mise en place d'un système capitalistique : captation des eaux, développement d'un territoire irrigué augmentant le prix de la terre, qui est passée de désert à terre agricole. Puis quand la ville a grandi, ces terres agricoles se sont transformées en terres urbaines, augmentant de nouveau le prix du foncier (Reisner, 1986).

Pour autant, à l'échelle mondiale, **la première bifurcation a eu lieu avec le tournant de la mondialisation des échanges à la fin du XX^{ème} siècle** : les vallées oasiennes péruviennes ont donné la priorité aux cultures d'exportation à contre-saison (Marshall, 2009, 2014 ; Mesclier *et al.*, 2017), les Chili et l'Argentine se sont tournés vers les vignobles d'exportation (Hansis, 1977 ; Richard-Jorba, 2004 ; Schirmer, 2005 ; Richard-Jorba, 2006 ; Schirmer, 2007 ; Lavie *et al.*, 2017 ; Faliès *et al.*, 2018), tout comme la vallée du fleuve Orange (Blanchon, 2017). Les techniques pressurisées se sont développées parallèlement à l'irrigation gravitaire, les forages privés se substituent à l'alimentation collective, on met en irrigation des terres autrefois utilisées pour le bétail et généralement désertiques. Sur le plan des espèces, on cultive des produits destinés à être exportés comme l'asperge ou le vin, et les surfaces des exploitations sont bien plus grandes, avec des parcelles en monocultures (Marshall, 2009, 2014 ; Lavie *et al.*, 2017 ; Mesclier *et al.*, 2017). On observe donc une **adaptation du modèle oasien à la mondialisation des échanges**, comme je l'ai déjà expliqué au Chapitre 2.

L'hypothèse que je veux développer ici est celle du retour du modèle « oasis mondialisée » en Europe. En effet, il me semble que la Méditerranée européenne au XXI^{ème} siècle emprunte beaucoup au modèle de l'oasis mondialisée.

Ce transfert de modèle s'est selon moi effectué en deux temps :

- D'abord au XX^{ème} siècle, à savoir avant la mondialisation des échanges commerciaux, avec la création en Europe d'infrastructures d'irrigation d'échelle régionale. Mais **créer un très grand système d'irrigation en domaine méditerranéen justifie-t-il que l'on appelle ces systèmes des oasis ?** À mes yeux non car une oasis c'est bien plus qu'un système d'irrigation. Ce point est développé ci-après en 5.3 ;
- Ensuite au XXI^{ème} siècle avec une **mutation dans les systèmes cultureux** : homogénéisation des plants, hyperspécialisation dans des produits à haute valeur ajoutée pour compenser le prix de l'irrigation ;
- Enfin, ces nouveaux territoires hydrauliques hyperspécialisés se heurtent, comme les oasis mondialisées, à des difficultés de gestion de l'eau avec les variations climatiques, mais aussi et surtout à une **augmentation de la demande en eau domestique**, en particulier dans les secteurs touristiques. Ces deux derniers points sont développés en 5.4.

Je rappelle ici que ce Chapitre 5 s'appuie sur une synthèse bibliographique réalisée (pendant un CRCT) dans le cadre de la rédaction de cette HDR, et rarement sur des données de première main, même si des travaux de deux étudiants de masters que j'ai encadrés seront utilisés.

5.3. Des infrastructures hydrauliques régionales en Europe méditerranéenne

La première hypothèse présentée ci avant pour discuter de l'oasisation de l'Europe méditerranéenne est la **création de systèmes d'irrigation d'échelle régionale au XX^{ème} siècle**.

Le XX^{ème} siècle espagnol et français a été marqué par de grandes politiques hydrauliques visant à développer l'agriculture grâce à l'irrigation, et le tourisme via une augmentation de la production d'eau potable. L'adoption d'une irrigation de plus en plus technique, pressurisée, localisée, collective ou individuelle, s'est faite en Espagne, Italie ou France dans un contexte de politique agricole communautaire (PAC) « *qui favorise l'extension de l'agriculture irriguée par le jeu des subventions directes aux équipements et aux cultures (...). En Italie et en Espagne, la tendance est à la recherche de subventions nationales et européennes pour convertir les réseaux anciens gravitaires en réseaux collectifs sous pression (...). En France, les choses diffèrent un peu car les chambres d'Agriculture et de nombreuses associations syndicales d'irrigants des régions Provence, Alpes, Cote d'Azur et Languedoc Roussillon veulent faire reconnaître l'intérêt des canaux gravitaires comme des composantes historiques, patrimoniales, culturelles et environnementales. En cela, ils se démarquent des autres régions françaises où l'irrigation gravitaire est minoritaire. Mais en tout état de cause, la question de l'eau agricole ne s'inscrit plus uniquement dans celui du développement rural et du développement économique* » (Ruf & Riaux, 2008).

Si les idées ont germé à la fin du XIX^{ème} siècle, c'est dans l'Après-guerre que se sont multipliés des projets à l'échelle régionale, notamment pendant les Trente Glorieuses. Je développe ici le cas de la politique espagnole de transferts interbassins et des grandes structures hydrauliques régionales françaises.

5.3.1. Les transferts espagnols

L'Espagne, avec son climat méditerranéen sur sa façade orientale et une poche semi-aride au sud-est, est marquée par une certaine rareté des précipitations et des régimes hydrologiques assez contrastés. Pourtant, elle est l'un des grands fournisseurs européens de fruits et légumes cultivés. Cette gestion de la rareté de l'eau s'appuie sur des politiques de développement longtermes axées sur une gestion par l'offre en eau, c'est-à-dire par la recherche de nouveaux volumes à exploiter.

- « Régénérer » le pays par une politique hydraulique au XIX^{ème} siècle

Au XIX^{ème} siècle, un mouvement intellectuel mené par Lucas Mallada puis Joaquín Costa considère que l'Espagne pâtit de fléaux naturels comme la sécheresse et la pauvreté des sols (Clarimont, 2006). « *L'eau en Espagne est considérée comme un facteur de développement et sa rareté est un handicap qu'il faut corriger* » (François, 2006). La ressource en eau sera un des critères déterminants des mutations économiques, sociales et territoriale, voire culturelles. La Nation prévoit donc d'augmenter l'offre disponible en eau à travers une politique hydraulique nouvelle : ce mouvement visant à « régénérer » le pays a été nommé *regeneracionismo*⁴³.

Le mouvement politique a été utilisé par Erik Swyngedouw comme exemple pour asseoir son concept de *waterscape* (Chapitre 1), qu'il définit ici pour la première fois : « *the hybrid character of the water landscape, or « waterscape », comes to the fore in Spain in a clear and unambiguous manner. Hardly any river basin, hydrological cycle, or water flow has not been subjected to some form of human intervention or use; not a single form of social change can be understood without simultaneously addressing and understanding the transformation of and in the hydrological process. The socionatural production of Spanish society, I maintain, can be illustrated by excavating the central role of water politics and engineering in Spain's modernization process* » (Swyngedouw, 1999 : 444). Son argumentation sur la production de nature s'appuie sur le fait que l'Espagne a une riche histoire de production de *waterscape*, notamment par l'hydraulique andalouse des Maures⁴⁴ jusqu'au XV^{ème} siècle. Il insiste tout de même sur le fait que le *regeneracionismo* de la fin du XIX^{ème} siècle a clairement accéléré les processus de production de nature, ici de nature hydrique.

⁴³ Régénérationnisme.

⁴⁴ E. Swyngedouw parle lui d'*Islamic rulers*. Je préfère le terme de Maure qui englobe un ensemble de cultures berbères et arabes, au-delà de l'appartenance religieuse à l'Islam.

La perte en 1898 de grandes colonies comme Cuba, Porto Rico et les Philippines a plongé l'Espagne dans une crise à la fois économique et sociale, particulièrement dans le sud du pays où l'ordre social était féodal (*Ibid.*). L'élite espagnole a donc cherché à « régénérer » les fondations sociales et économiques de la nation (Ortega Cantero, 1995). La politique hydraulique devient, au tournant du siècle, une priorité pour les autorités, politique activement défendue par le géographe Joaquín Costa qui propose de « rééquilibrer » la géographie du pays grâce à l'eau afin de résoudre au plus vite des questions politiques et sociales (Gómez Mendoza & Ortega Cantero, 1987 ; Ortega Cantero, 1995 ; Swyngedouw, 1999 ; Buchs, 2006 ; Clarimont, 2006). Si Joaquín Costa avait pensé une politique hydraulique de transferts d'eau à l'échelle régionale (Clarimont, 2006), les élites espagnoles ont imaginé une transformation radicale de la géographie de l'eau dans le pays (Gómez Mendoza & Ortega Cantero, 1987 ; Swyngedouw, 1999). Cette approche à l'échelle nationale a d'ailleurs été critiquée par Jean Brunhes qui s'inquiétait de l'absence de la prise en compte de spécificités régionales à la fois physiques et de gestion des ressources (Ortega Cantero, 1995). Joaquín Costa aurait dit ou écrit en 1880 que si dans d'autres pays les hommes peuvent simplement aider la Nature, en Espagne ils doivent faire plus, il est nécessaire de la créer⁴⁵. Pour lui, « irriguer, c'est gouverner » (Pérez-Picazo & Lemeunier, 2000 cités par Buchs, 2006).

Dès lors, les barrages se sont multipliés entre 1880 et 1930 (Swyngedouw, 1999 ; Clarimont, 2006). Cette politique hydraulique a été doublée d'une politique agricole où le modèle latifundiste protectionniste lié au commerce colonial a été contraint, par une élite moderniste basée sur une agriculture mécanisée et une industrie renouvelée. Parallèlement, un plus grand focus a été fait dans la formation des petit.e.s Espagnol.e.s depuis l'école, sur la connaissance de l'environnement, afin de restaurer les sols devenus infertiles pour des raisons climatiques et de surexploitation. La modernisation de l'Espagne théorisée sous le terme de *regeneracionismo* est donc fondée sur l'objectif d'améliorer la fertilité des sols par une hydraulique à l'échelle nationale de barrages et canaux d'irrigation. « *This specific form of regeneration served the productionist logic of the new liberal bourgeoisie that aspired to transform society and space according to the principles of capitalist profitability* » (Swyngedouw, 1999).

- Les plans successifs de rééquilibrage entre les façades océanique et méditerranéenne.

Le premier plan, le *Plan général de canaux d'irrigation et de barrages* de 1902 est moins un plan qu'un catalogue des ouvrages à réaliser (Clarimont, 2006). Il a été proposé en

⁴⁵ D'après Costa 1880, cité par Driever, 1998, lui-même cité par Swyngedouw, 1999. Je n'ai réussi à avoir accès qu'à cette dernière source.

plein *regeneracionismo* et n'a pas abouti à une véritable extension des aires irriguées (Ortega Cantero, 1995).

La planification hydraulique et des usages de la ressource en eau commence véritablement pendant la Seconde République avec le *Plan national d'ouvrages hydrauliques* (PNOH) de 1933. Très inspiré du *regeneracionismo*, il anticipe sur plusieurs années les travaux à réaliser, avec des « *objectifs précis et des moyens techniques et financiers censés permettre leur réalisation. À partir d'un bilan chiffré et détaillé de l'état des disponibilités en eau et de la demande, il identifie des problèmes et propose pour chacun des solutions techniques* » (Clarimont, 2006). L'objectif principal est de placer l'Espagne au premier rang des nations européennes, comme c'était le cas avant les Indépendances Sud-américaines.

Deux déséquilibres devaient être corrigés : un déséquilibre climato-hydrologique entre façades océanique et méditerranéenne et un déséquilibre économique entre le Nord-Ouest et le Sud-Est du pays. Ainsi, des bassins considérés comme excédentaires, l'eau devait être dérivée vers les bassins méditerranéens dits déficitaires, mais où le terroir était plus adapté aux cultures irriguées (Clarimont, 2006 ; François, 2006).

Si la guerre civile espagnole (1936-1939) a ralenti le processus de transvasement, le régime Franquiste s'en est grandement inspiré pour son *Plan général d'ouvrages hydrauliques* de 1939, qui a notamment organisé les travaux de dérivations du fleuve Tage vers le Segura (Figure 32, cf. *infra*).

En 2001, le *Plan hydrologique national* du PPE sous le gouvernement de José María Aznar s'appuie sur le plan de 1933 qui « *constituera donc durablement une référence en matière de planification hydraulique* » (Clarimont, 2006). L'objectif est toujours d'augmenter l'offre en eau afin de poursuivre le développement agricole, mais aussi dans le souci de répondre à la demande en eau potable des nombreux complexes touristiques de la côte méditerranéenne. Le point d'orgue du PNOH de 1933 était le transvasement du Tage vers le Segura ; celui du PHN de 2001 a été la dérivation des eaux de l'Èbre – terminant pourtant sa course en Méditerranée – vers Barcelone et vers le sud. Or s'il illustre une continuité dans la politique de l'augmentation de l'offre depuis un siècle, ce plan de 2001 en marque surtout la fin.

En effet, d'une part, comme en France, à partir des années 1960, les grands épisodes de sécheresse ont modifié la perception de l'aléa sécheresse et du risque de pénurie. Clairement, augmenter l'offre en eau n'était pas suffisant. D'autre part, s'est développé dans les années 1990 un nouveau mouvement politique, la *Nueva cultura del agua* (Nouvelle culture de l'eau), dont l'objectif est d'agir sur la demande plutôt que sur l'offre en eau. Si les politiques issues du *regeneracionismo* considèrent l'eau comme moteur de l'économie, la *Nueva cultura del agua* voit aussi dans cette ressource un critère social et environnemental (François, 2006). L'arrivée d'une coalition du PSOE, d'écologistes et d'indépendantistes au pouvoir en 2004 dont le chef de

gouvernement était José Luis Zapatero, ajourne à la fois le PHN d’Aznar et le transvasement de l’Èbre (Clarimont, 2005, 2006, 2010).

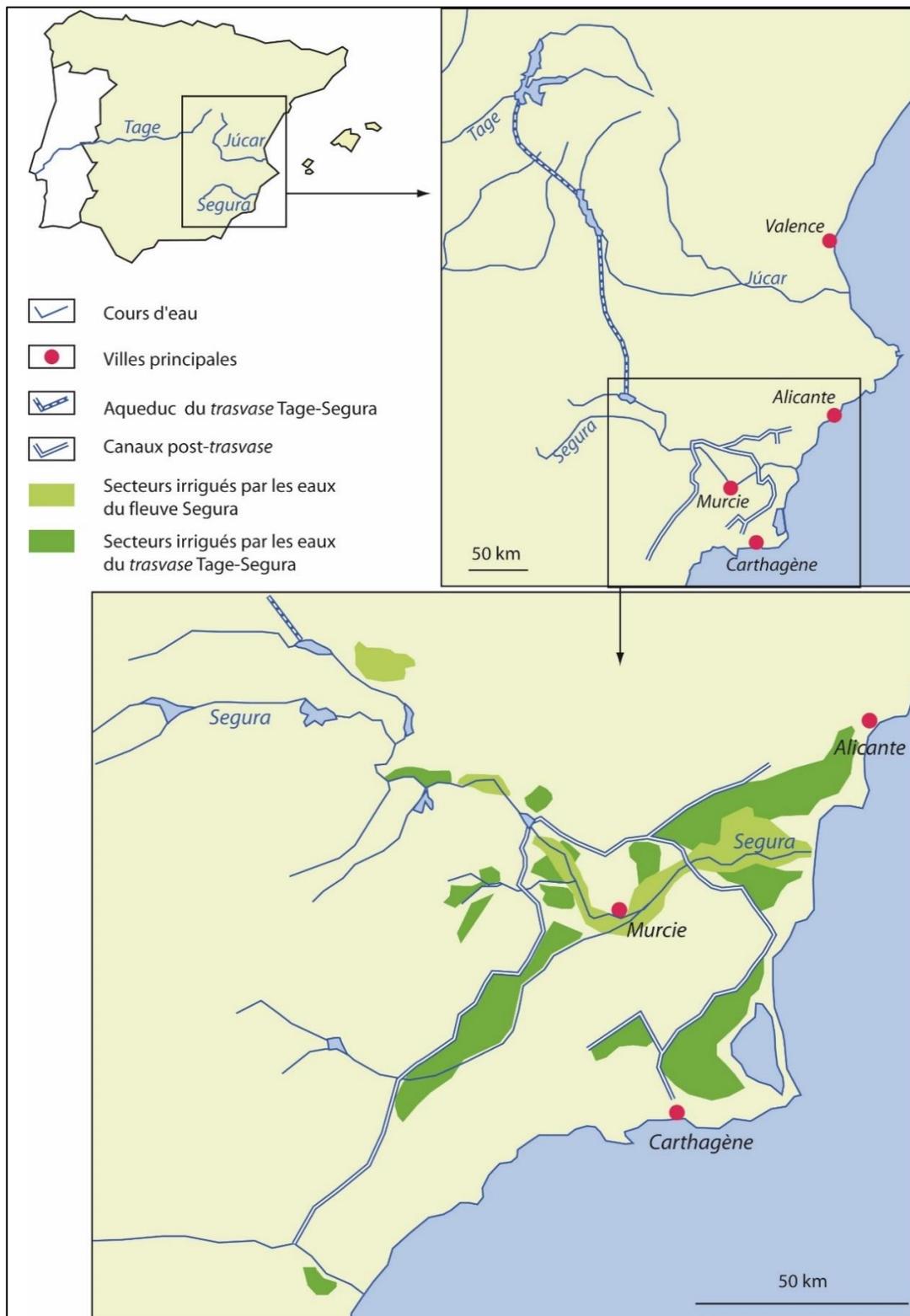


Figure 32 : Transvasement Tage Segura

Sources : différents documents de la Confédération Hydrographique du Tage et du Segura

Le programme AGUA de José Luis Zapatero illustre alors une nouvelle politique hydraulique au début du XXI^{ème} siècle. Ce n'est pas un plan pluriannuel d'infrastructures, mais une politique inspirée du développement durable et de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE). Il met l'accent sur l'amélioration de la disponibilité et la qualité de l'eau par une optimisation de sa gestion, et souhaite généraliser des technologies plus efficaces comme le dessalement pour l'eau domestique par exemple. Surtout, il donne aux régions autonomes un certain pouvoir dans la gestion de l'eau.

- **Irriguer la *huerta de Europa* avec l'eau du Tage**

La politique hydraulique espagnole a donc été marquée pendant un siècle par une recherche permanente de volumes d'eau pour développer économiquement les régions dites sèches comme la Murcie. Considérée comme le « vergers » ou les « serres » de l'Europe avec l'Andalousie, elle illustre bien la gestion de la rareté de l'eau du ciel et le développement d'un espace hydraulique et irrigué régional en Méditerranée.

La forte radiation solaire et la luminosité, conjuguées avec de bonnes conditions agronomiques (sols de qualité, plaines fertiles), ont fait de cette zone un secteur très productif avec de hauts rendements économiques (Martínez-Fernández *et al.*, 2000 ; Grindlay *et al.*, 2011). En parallèle, les ressources en eau pluviales ou hydrologiques étaient rares et les précipitations très irrégulières.

Dans le cadre du « rééquilibrage hydrique » des façades espagnoles, la réalisation principale du PNOH de 1933 fut la dérivation des eaux du Tage, fleuve qui termine sa course dans l'Océan Atlantique à Lisbonne, vers le bassin de la Segura, fleuve méditerranéen. Selon une iconographie parue dans le quotidien national ABC à l'occasion des 37 ans du transvasement (2016) et le site internet du système Tage-Segura, cette dérivation, c'est 292 km de canaux, aqueducs et tunnels, 2,5 millions de personnes alimentées en eau potable et près de 2,4 millions d'euros d'apport au PIB espagnol. La principale *huerta* d'Europe inonde le marché européen de produits agricoles de type maraîchage principalement. Une partie est produite à l'air libre et une autre sous serre, notamment les produits fragiles comme le concombre et les tomates, mais aussi des fleurs. Il y a également de nombreux vergers. Des traitements d'images satellitaires révèlent que les terres irriguées ont augmenté sans cesse, en particulier dans les années 1980 (100 000 ha) jusqu'en 2004 (250 000 ha irrigués) (Grindlay *et al.*, 2011). Parallèlement, les surfaces bâties ont aussi grandi, notamment dans les années 1960 puis à la fin des années 1990 (*Ibid.*), soit juste avant la crise économique. Les métropoles de Murcie, Carthagène et Lorca se sont étendues, mais c'est surtout à l'intensification des constructions en zone côtière qu'il faut attribuer cette urbanisation.

Les besoins en eau potable pour la zone touristique balnéaire et les demandes en eau agricole des irrigant.e.s n'ont cessé de faire croître la pression sur ce système hydraulique régional. D'après les sites internet officiels des gestionnaires (Confédération hydrographique du Tage et Confédération hydrographique du Segura), les prélèvements à destination de l'irrigation seraient de 400 hm³/an, dont 53 % seraient destinés à des zone non irriguées avant 1978, tandis que le volume restant serait voué à soutenir les agriculteur/rice.s qui irriguaient déjà avec l'eau du fleuve Segura. 79 communes des provinces de Murcie, Albacete et Alicante se font fournir en eau potable pour un total de 110 hm³/an.

De nombreux travaux de recherche ont été publiés sur ce système Tage-Segura : ce fut la base des travaux sur le *waterscape* d'Erik Swyngedouw (1999) ; d'autres travaux plus récents se sont intéressés à la construction de la pénurie (François, 2006) ou sur l'application de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) dans ce contexte ultra anthropisé (Grindlay *et al.*, 2011). L'objectif n'est pas ici de rediscuter des conséquences environnementales, sur les jeux de pouvoirs aux échelles nationale, régionale et locale, mais plutôt de **présenter synthétiquement le système technique interrégional**, un des prémices d'autres grands systèmes instaurés par exemple en France depuis, et qui **s'inspire grandement des grands systèmes oasiens régionaux du Nouveau Monde**.

5.3.2. Les Sociétés d'Aménagement Régional (SAR) françaises

Les politiques hydrauliques de transvasements trouvent écho en France grâce à un cadre structurel : les SAR. « *Les Sociétés d'Aménagement Régional (SAR) opérateurs régionaux de la gestion de l'eau avec un mandat d'aménagement du territoire ont un statut original de sociétés commerciales relevant du code du commerce avec des missions de service et un capital social majoritairement détenu par les collectivités publiques locales* » (Rollin *et al.*, 2013). Elles sont nées du contexte de reconstruction économique post-guerre qui s'appuie « *en partie sur la construction de grands barrages à buts multiples, industriels, énergétiques et agricoles. L'État crée en 1955 des sociétés spécialisées, les sociétés d'aménagement régional (SAR) chargées d'exécuter de nouveaux systèmes hydro-agricoles de grande ampleur* » (Ruf & Riaux, 2008).

La France en compte trois, qui ont entre autres la délégation du service public d'irrigation dans tout le sud du pays : la *Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne* (CACG)⁴⁶ créée en 1959 pour le Sud-Ouest français, notamment des côteaux du Gers ; le Groupe BRL pour le bas Languedoc et le Roussillon ; la *Société du Canal de Provence* (SCP).

⁴⁶ La CACG n'alimentant pas le bassin méditerranéen, elle ne sera pas traitée dans ce manuscrit.

Or ces SAR, tout en étendant la surface irriguée du sud de la France, se sont substituées à des ASA⁴⁷ d'irrigations locales, en équipant exploitations et résidences rurales de « *branchements d'eau brute avec robinets et compteurs, rapprochant ainsi leur service d'un service public fonctionnant « à la demande », comme la SCP disait à l'époque* » (Guérin-Schneider, 2011). D'après, l'auteure, cette offre nouvelle aurait été assez mal acceptée par les ASA existantes. En effet, leur fonctionnement de communauté locale a dû s'adapter à un nouveau service public général qui individualisait moins les usager/ère.s de l'eau.

- **Le contexte politique : la délégation de l'hydraulique par l'État français aux régions**

En 2003 et 2004, le gouvernement entreprend de compléter les séries de réformes de 1982-1983, dites Lois Defferre ou Acte I de la Décentralisation. Une série de lois (Acte II de la décentralisation) vise à déléguer aux collectivités locales de nouvelles compétences. C'est dans ce cadre que les Sociétés d'Aménagement Régional (SAR) françaises sont peu à peu passées du domaine national au domaine régional. BRL et SCP qui ont acquis leur compétence nationale en 1955 et 1957 sont devenues des sociétés mixtes (avec des statuts légèrement différents) en 2008 avec le transfert aux régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur en 2008 (information tirée des sites internet de BRL et de la SCP).

- **La Société du Canal de Provence.**

Le premier ouvrage hydraulique d'ampleur en Provence est le canal de Marseille, qui au XIX^{ème} siècle a détourné les eaux de la Durance pour alimenter en eau domestique la ville de Marseille, marquant le début du passage d'une pénurie à l'abondance pour la zone côtière (Vidal-Naquet, 1993). Le contexte international de recours à la grande hydraulique pour aménager le territoire d'après-guerre s'illustre particulièrement dans la région, avec la signature d'un pacte entre collectivités territoriales (*i.e.*, les départements des Bouches du Rhône et du Var et la ville de Marseille) en 1955. L'objectif est d'une part, de créer un grand réseau hydraulique

Figure 33) visant à détourner et stocker les eaux du Verdon, et d'autre part, d'initier la naissance d'un gestionnaire commun : la *Société du Canal de Provence* en 1957 (site de la SCP). Plusieurs étapes se sont succédées : le lancement des travaux du canal de Provence en délégation de service public par l'État français en 1963, l'entrée de la région PACA au capital de la SCP en 1983 suite à l'acte I de décentralisation, puis l'arrivée du département du Vaucluse dans la SCP en 1988.

⁴⁷ Les associations syndicales de propriétaires (ASP) existent sous trois formes en France : les ASA (associations syndicales autorisées), les ASCO (association syndicales constituées d'office) et les ASL (associations syndicales libres ; Ladki & Garin 2011). Les associations d'irrigant.e.s sont généralement des ASA.

À la fin des années 1990, la Société d'Aménagement Régional est désignée par la région et son omniprésent président George Frêche, pour mettre en place le projet de transfert d'eau Rhône-Barcelone, le premier projet *Aqua Domitia*. Or le changement de la politique hydraulique en Espagne suite à l'arrivée d'une coalition écologistes-socialistes en 2004 a changé la donne : en 2009, le transfert des eaux du Rhône vers Barcelone a été refusé par la capitale catalane.

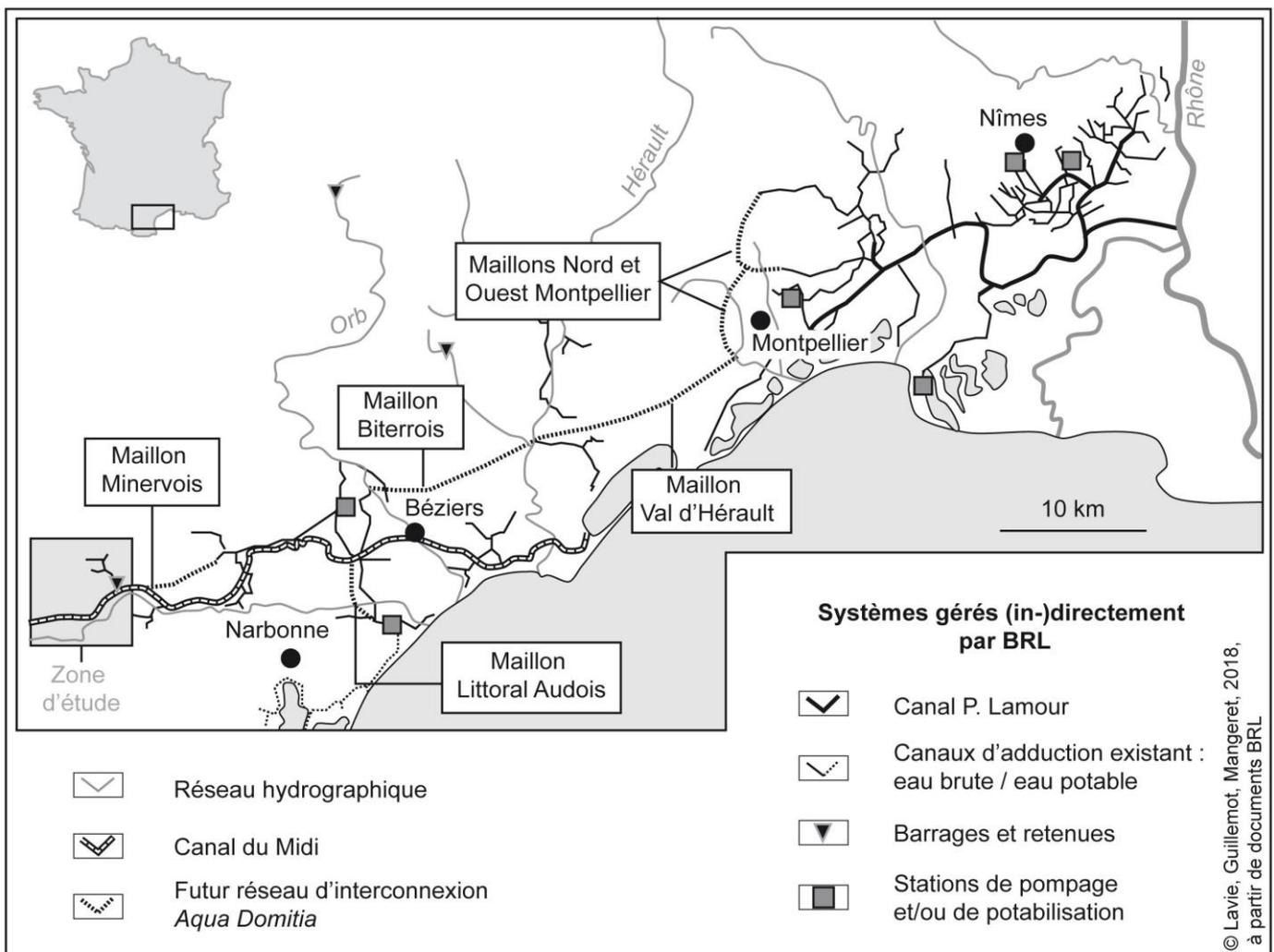


Figure 34 : Le système *Aqua Domitia* prévu par BRL

Source : d'après divers documents BRL, in Lavie *et al.*, 2018

Pour autant, si Barcelone a choisi une autre solution, la région estime qu'*Aqua Domitia* peut quand même être promu localement : les eaux du Rhône seront utilisées pour sécuriser la demande en eau dans un contexte de croissance touristique et de changements climatiques (Ruf, 2012). Le contexte politique national a aussi joué un rôle moteur puisqu'en 2008, suite à la politique française de décentralisation, « l'État s'est désengagé de BRL et a remis à la Région l'entreprise et tout ce qu'elle possède (Ruf, 2015a). Le transfert des compétences nationales à la région Languedoc-

Roussillon lui permet de se considérer comme maîtresse de l'eau. Elle reprend une nouvelle fois le dossier du transfert du Rhône vers le sud : « *Le projet Aqua Domitia de 2011 est une sorte de projet très rétréci du premier* », que ce soit en débit maximal ou en volume disponible « *10 % du projet antérieur, soit quelques 15 m³ (essentiellement mobilisé entre juin et septembre)* » (Ruf, 2015a).

Le contexte politique régional, national et supranational (relations avec la Catalogne) est donc un cadre à prendre en compte pour expliquer l'engouement pour ce projet (Rivière-Honegger, 2010). Pour autant, le risque de pénurie en eau est un paramètre évident puisqu'il s'inscrit dans un contexte de variations climatiques. Des années sèches (2005 par exemple) ont conduit à une situation de crise hydrique pour les agriculteur/rice.s notamment. La priorité a d'abord été donnée à la mutation de la viticulture vers un vignoble irrigué et l'objectif a été soutenu par les agriculteur/rice.s désireux/ses de sécuriser leur production (Ruf, 2012). Mais le projet doit aussi servir à sécuriser l'eau domestique des villes du littoral et délester les rivières et leurs nappes alluviales associées des pompages actuels (BRL, 2015). « *La demande en eau potable sur le littoral touristique est aussi un enjeu régional, comme l'attestent les nombreuses vidéos en ligne réalisées par BRL ou d'autres moyens de communication comme twitter et la presse locale* » (Lavie et al., 2018).

Le projet actuel *Aqua Domitia* (Figure 34) est piloté par la Région Languedoc-Roussillon depuis 2011, puis depuis 2016 par la région Occitanie, qui semble avoir gardé la même philosophie de gestion. BRL a la charge de prolonger le canal Philippe Lamour vers Narbonne, Béziers, le Roussillon et la frontière espagnole. Une artère littorale devrait à terme conjuguer les eaux des fleuves Rhône (canal P. Lamour), Orb (Rivière-Honegger, 2010 ; Ruf, 2012 ; BRL, 2015 ; Ruf, 2015a, 2015b) et Aude (système Jouarres ; cf. Chapitre 6). « *Une combinaison de tuyaux d'eau brute et d'eau potable est peu à peu en train de transformer ce territoire. L'actuel système Orb, qui fournit de l'eau du fleuve éponyme aux communes héraultaises, va ainsi être lié au système Jouarres dans le Minervois et au système Rhône, interconnectant ces trois réseaux BRL* » (Lavie et al., 2018).

Le premier critère proposé pour valider la thèse d'une oasisation de l'Europe du Sud est donc la mise en place d'un système hydraulique d'échelle régionale au XX^{ème} siècle. Le second critère est la spécialisation de l'irrigation agricole et une priorité mise sur l'adduction domestique en eau. C'est l'objet de la sous-partie suivante.

5.4. Des hyperspécialisations

À l'échelle globale, la mondialisation des échanges a abouti à une spécialisation économique des territoires (Lombard et al., 2006b ; Lavie & Marshall, 2017 ; Faliès et al., 2018) qui revêtent des besoins en eau bien différents : les littoraux s'urbanisent et profitent du tourisme, les arrière-pays sont voués à une agriculture irriguée, etc.

Développer les espaces urbains et agricoles dans un contexte de péjoration des précipitations, notamment en saisons chaudes, savoir stocker les eaux hivernales en respectant la capacité de renouvellement annuel des hydrosystèmes, est un vrai défi d'aménagement du territoire. L'Europe du Sud a fait le choix de s'adapter aux variations climatiques par le recours à une grande hydraulique permettant de stabiliser les rendements agricoles et d'alimenter en eau les espaces urbains et touristiques. Ces stratégies sont très proches des modèles oasiens.

5.4.1. Des spécialisations agricoles soutenues par l'irrigation

Le triptyque vigne-vergers-oliviers fait l'image d'Épinal des cultures méditerranéennes. Même si les céréales et le maraîchage ont toujours fait partie des grandes cultures vivrières et d'agro-alimentation industrielle, la culture de ces trois espèces demeure une carte postale du pourtour de la grande mer. Ce sont surtout des productions à grande valeur ajoutée. Du vin de négoce aux AOC, des petites olives de table aux huiles labellisées, des agrumes et fruits à noyaux et pépins aux nectars de fleurs, ces cultures ont participé à la richesse culturelle, culturelle, gastronomique et économique sur les deux rives. Les changements climatiques et notamment les grandes variations interannuelles des précipitations (Cohen *et al.*, 2014 ; Ronchail *et al.*, 2014 ; Vicente-Serrano *et al.*, 2014), tout comme les demandes sur les marchés, ont transformé ces systèmes ancestraux qui sont aujourd'hui très majoritairement irrigués. Mais l'irrigation, de par l'augmentation des rendements et la possibilité d'améliorer la qualité des produits, permet également la production de nouvelles niches économiques comme le palmier d'ornement, la truffe ou la lavande par exemple. Or l'irrigation au XXI^{ème} siècle des traditionnels vignes-vergers-oliviers et des nouvelles plantations à haute valeur ajoutée, a été grandement facilitée par les grands systèmes hydrauliques régionaux nés au XX^{ème} siècle, comme ceux présentés ci-avant.

- **De grands monopoles de cultures**

Les vergers – dont les oliviers – et la vigne, sont des espèces particulièrement adaptées au climat et au terroir méditerranéen avec ses étés secs et chaud et ses orages permettant d'humidifier les sols en été. Ces cultures ont aussi permis de stabiliser les versants comme par exemple après les exodes ruraux et l'abandon des terres de pâturages. Surtout, ces cultures au soleil étaient une grande richesse économique : les marchés européens ont depuis longtemps été approvisionnés en agrumes d'hiver, en huile d'olive et en vin, d'abord de messe, puis de table, enfin de qualité.

Dès le XIX^{ème} siècle, en pleine promotion du *regeneracionismo*, Joaquín Costa tente de contrer les stratégies protectionnistes des latifundistes espagnols en défendant une agriculture intensive à haute valeur ajoutée et concurrentielle sur le plan international. Sa stratégie de détourner les eaux des bassins océaniques vers les

bassins méditerranéens visait donc à accroître les rendements des fruits et légumes et de la vigne (Ortí, 1984 ; Fernández Clemente, 1990 cités par Buchs, 2006). Or cette politique de haute production maraîchère, viticole et fruiticole devait passer par l'irrigation.

L'irrigation à l'échelle locale a souvent été permise sur les piémonts par détournement des eaux superficielles, mais elle s'est surtout automatisée et développée à partir de la multiplication des grands systèmes hydrauliques régionaux comme le système Tage-Segura en Espagne et les systèmes BRL et SCP en France. Or ces possibilités d'**irrigation collective ne doivent pas occulter la multiplication des systèmes privatifs** de captage des eaux de source, de rivière ou d'aquifères plus ou moins profonds.

La culture de l'olivier en Andalousie est un bon exemple des mutations des systèmes agricoles et des paysages suite à la mise en place d'une irrigation régionale collective. Cet arbre résiste bien dans des domaines « où les précipitations annuelles n'excèdent pas 250 mm » et s'adapte bien au climat méditerranéen (Angles, 2003 ; voir aussi Moriana et al., 2003 et Sofo et al., 2008, cités par Cohen et al., 2014). Jusque dans les années 1980, les oliviers profitaient de l'irrigation gravitaire des cultures associées dans les parcelles (agrumes, fruits tropicaux, maraîchage). À partir de la décennie 1980, les premières oliveraies irriguées en goutte-à-goutte font leur apparition à Séville puis à Jaén (Angles, 2016). L'irrigation fait partie des quatre axes de modernisation de l'oléiculture mis en avant par Stéphane Angles dans ses travaux : irrigation, entretien des sols, mécanisation, fertilisation et produits phytosanitaires. D'après lui, l'irrigation apporte une grande augmentation des rendements – parfois un doublement de la production – et elle permet une certaine stabilité interannuelle des récoltes. Les olivettes sont plus denses et la production d'huile croît avec. À titre d'exemple, une expérience menée dans la province espagnole de Jaén « indique qu'un simple appoint hivernal en eau (équivalent à 100 mm) aboutit à une hausse de 52 % du rendement moyen des oliviers » (Angles, 2003 : 152). L'irrigation peut d'ailleurs être peu coûteuse puisque dans le cadre de communautés d'irrigant.e.s, les frais d'achat et d'entretien des réseaux sont optimisés et partagés. Des aides régionales et communautaires (PAC) ont également été généreuses (Angles, 2016). L'intégration du pays dans la CEE en 1986 a été bénéfique pour les oléiculteur/ric.e.s espagnol.e.s : en effet, d'une part, l'Europe correspond à 60 % du marché mondial d'huile d'olive et de près de 40 % de celui d'olives de table ; d'autre part, leurs huiles étant moins chères, pour limiter la concurrence faite aux productions italiennes et grecques, l'Europe a opéré à une augmentation des prix des huiles espagnoles, augmentant de fait la prospérité des producteur.rice.s (Angles, 1992). « Ainsi les paysages oléicoles andalous ont été profondément modifiés avec les alignements à l'infini de tuyaux noirs qui arrosent les oliviers et la multiplication des réservoirs d'eau creusés à flanc de coteaux » (Angles, 2016).

L'autre culture emblématique du bassin méditerranéen est la vigne. « Avec 339 000 hectares de vigne et 18 300 exploitations viticoles recensés en 2010, la France

méditerranéenne demeure le cœur de la viticulture nationale dont elle représente encore 45 % des superficies » (Angles & Garlatti, 2014 : 12). Les vignobles de la France méditerranéenne se sont étendus au XIX^{ème} siècle et dans une moindre mesure au XX^{ème} siècle. La viticulture a ensuite connu une certaine crise dans les années 1970 avec des arrachages fréquents des vieux plans au profit de nouvelles vignes plantées sur d'autres terroirs au fur et à mesure de la croissance des villes. Il semblerait que les changements dans les surfaces vouées à la vigne soient majoritairement liés à l'urbanisation (Ghiotti & Rivière-Honegger, 2009 ; Angles & Garlatti, 2014), ainsi qu'aux politiques d'arrachages implémentées par l'Union européenne entre 1980 et 2011 afin de diminuer le potentiel viticole de masse (Arnal *et al.*, 2013). L'idée générale était alors d'améliorer la qualité des vins pour améliorer le revenu des viticulteurs afin de compenser la baisse de la consommation nationale de vin, d'une part, et l'engouement pour les vins étrangers, d'autre part. L'irrigation prend alors son essor, devenant nécessaire pour la production de vins de qualité et pour stabiliser les rendements entre les années. Parallèlement en 2006, Institut National de l'Origine et de la Qualité (INAO) et l'Office National Interprofessionnel des Vins (ONIVin) se mobilisent pour assouplir la législation concernant l'irrigation des secteurs en AOC, IGP et VDP⁴⁸. Irriguer n'est donc pas en théorie un moyen de produire plus – contrairement à l'oléiculture – mais de produire mieux, des vins adaptés au marché de consommation, offrant de meilleurs revenus, tout en stabilisant les rendements lors des années sèches. Selon l'Association des Irrigants des Régions Méditerranéennes Françaises (Leconte, 2009), 37 000 ha de vigne seraient irrigués en Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon (sur les 340 000 ha plantés en vigne dans le sud de la France) et cela concernerait en très grande majorité des vignes à raisins de cuves – soit des raisins destinés aux coopératives – et non les parcelles de vigneron.ne.s. L'irrigation de la vigne en France reste donc marginale si on compare avec les vins du Nouveau Monde que ces terroirs sont censés concurrencer. Pour autant, la vigne étant la première culture de ces régions, de la monoculture de la vigne à la monoculture de la vigne irriguée, il n'y a qu'un pas qui est l'accès à des réseaux collectifs d'eau brute (Leconte, 2009).

Les crises agricoles, la concurrence entre pays, même à l'intérieur de l'Europe, les accélérations des extrêmes hydro-climatiques (Vicente-Serrano *et al.*, 2014 ; Cramer *et al.*, 2018), ont entraîné une multiplication des recours à l'irrigation, soit pour produire plus et conforter une trésorerie en difficulté, soit pour produire autant des fruits de qualité, mais en stabilisant la production lors des années sèches. Finalement, avec des **systèmes de production irrigués permettant de vendre soit au négoce soit pour un marché international de qualité, la viticulture et l'oléiculture franco-espagnoles ne sont en rien différentes de systèmes comme à Mendoza ou au Pérou. Les paysages**

⁴⁸ Pour plus d'informations sur le calendrier de l'irrigation de la vigne, voir le Code rural et la thèse d'Anne-Laure Lereboullet (2014).

sont assez homogènes avec des monocultures en irrigation pressurisée. En mettant sur le marché soit des produits de qualité comme le vin AOC ou de bonnes huiles d'olives, soit des produits hors saisons comme les légumes de la *huerta* de Murcia, **ces territoires méditerranéens, alors qu'ils ne sont pas en domaines arides, utilisent les mêmes codes que les oasis mondialisées** d'Olmos (Marshall, 2014 ; Chaléard & Marshall, 2015), de Valle de Uco (Lavie *et al.*, 2017 ; Larsimont *et al.*, 2018) ou de la vallée du fleuve Orange (Blanchon, 2017).

Or si ces grandes cultures ont permis le développement d'une irrigation régionale, de nouvelles cultures à très haute valeur ajoutée se sont développées grâce à l'irrigation pressurisée.

- **De nouvelles niches**

Je n'occulte pas le fait que de nombreux/ses irrigant.e.s ont recours à une irrigation privative faite de captage dans les nappes phréatiques, dans les aquifères plus profonds ou par pompages dans les cours d'eau. Pour autant, avec la mise en application de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE, cf. *infra*, Chapitre 6), il me semble que les grands systèmes d'irrigation collective seront à terme une ressource plus durable et moins contraignante. En effet, la DCE impose un retour à un bon état des cours d'eau et, d'ici 2020 par exemple en France, les irrigant.e.s des bassins déficitaires ne pourront plus prélever de l'eau dans le milieu. L'irrigation collective offre donc une plus grande sécurité à long terme, mais elle reste chère : tarif de l'eau, équipement, abonnements auprès d'associations d'irrigant.e.s (ASA en France) ; il faut que le prix de revient du produit sur le marché soit intéressant. C'est ainsi que se sont multipliées des productions que je nommerais « de niche », à très grande valeur ajoutée. Je n'ai pas réussi à trouver de références scientifiques sur certaines de ces nouvelles cultures irriguées. Mais à coup de reportages télévisés, articles de presse grand public, discussions informelles, il semble que l'irrigation en France et en Espagne s'est étendue aux palmiers d'ornement, aux chênes truffiers, aux produits tropicaux et à la lavande.

La végétation ornementale a participé à la transformation des paysages, avec la plantation de végétation non destinée ni à l'alimentation familiale, ni aux marchés de consommation. Il s'agit d'arbres, d'arbustes, de fleurs, destinés à embellir le paysage et les jardins. Daniel Gade estimait à la fin du XIX^{ème} siècle le début d'une « *tropicalisation* » (Gade, 1987) de la végétation ornementale, avec le recours à des arbustes et arbres de domaines subtropicaux qui s'adaptaient bien au soleil méditerranéen. Le manque d'eau en saison chaude pouvait être compensé par l'irrigation. On pense aux vieux oliviers peu rentables déterrés pour être replantés dans des jardins de grandes propriétés (Angles, 2016 : 29), mais aussi aux palmiers d'ornement, dont beaucoup sont produits dans l'est espagnol.

À l'exception peut-être de l'extrême sud-est des États-Unis, l'ensemble des grands marchés de consommations nord-américains et européens ne sont pas situés en zone intertropicale et sont donc à distance des lieux de production de fruits tropicaux alors que ce sont des marchés de consommation majeurs. L'avion a démocratisé la présence de fruits exotiques dits de contre-saison à la Noël sur les marchés français par exemple, mais on trouve aujourd'hui des fruits tropicaux toute l'année ou presque. C'est le cas de la mangue, qui peut être récoltée verte et arriver par bateau, ou cueillie prête à consommer et exportée par avion, à des prix bien plus élevés. On la trouve d'ailleurs sur les étals sous le nom de « mangue-avion ». Le Pérou par exemple s'est spécialisé dans la production de fruits et légumes (asperge, artichaut, mangue, raisin, etc.) de haute valeur ajoutée exportée en Europe et aux États-Unis (Marshall, 2014 ; Chaléard & Marshall, 2015). Le climat méditerranéen très marqué du sud de l'Espagne offre des durées d'ensoleillement et des températures assez propices à la croissance de ces produits tropicaux. Ne manque à cette région que la pluviométrie nécessaire au développement des manguiers ou avocatiers par exemple. C'est ainsi que s'est développée la culture de l'avocat irrigué en Andalousie. L'Espagne n'est que le 15^{ème} pays producteur d'avocats en termes de surfaces et le 17^{ème} en termes de volumes produits, soit loin derrière le Mexique, la république Dominicaine, la Colombie, le Pérou ou le Chili (Rodríguez Pleguezuelo *et al.*, 2018). Mais les principaux consommateurs sont états-unien, néerlandais, français et japonais (*Ibid.*). Le marché européen est donc une finalité majeure pour la production espagnole, l'Espagne étant le seul pays de l'Union à produire ce fruit. Avec un avocat qui est transporté par camions en une journée tandis que les avocats sud-américains, sud-africains et israéliens arrivent par bateaux ou avions, l'Espagne est au plus près de son marché de consommation. Le pays s'est donc spécialisé dans la production d'avocat « prêt à manger », déjà mur. C'est l'équivalent de la « mangue avion » en quelques sortes. Et en 2018, sur les 15 182 ha cultivés en avocatiers dans le pays, 13 652 ha l'étaient en Andalousie (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación *et al.*, 2018). J'ai recherché de la bibliographie sur l'irrigation de l'avocat en Espagne, en anglais et en espagnol. Je ne trouve que des articles de presse, qui pointent tous le paradoxe assez classique entre d'une part, une production qui rapporte de par la proximité du marché français et néerlandais et de la spécificité de la cueillette de fruits murs et prêts à consommer, et d'autre part, une exploitation massive des ressources en eau. Rien que de très classique.

Sur le plateau de Valensole dans les Alpes de Haute-Provence, la mécanisation des années 1960, le recours à des parfums de lavande de synthèse par l'industrie, le remembrement, les politiques de primes de rendements au blé dur, puis la réforme de la PAC en 1992, ont successivement transformé le paysage de cultures de fourrages et céréales sous amandiers avec quelques parcelles de lavande pour les parfumeurs, en de grandes surfaces cultivées en rotation blé dur-lavandin (Welsch, 2017). La *Société du Canal de Provence* (SCP) a installé un réseau d'irrigation mis en

eau en 1990. Il s'agit d'un réseau indépendant du système du canal de la Durance. En tête de système, un pompage est effectué dans le Verdon au niveau du lac de Sainte-Croix, l'eau est montée sous pression sur le plateau, stockée dans un réservoir puis distribuée aux irrigant.e.s sous pression. Ce système assure aussi l'alimentation en eau potable de sept communes (site internet de la SCP). Les cultures étaient irriguées en goutte-à-goutte majoritairement (Figure 35). Mais jusqu'en 2011, c'était marginal puisqu'entre 150 à 450 ha étaient irrigués sur un total de SAU de 20 000 ha. Il s'agissait d'une assurance de trésorerie lors des années sèches. C'était la lavande et les chènes truffiers qui étaient le plus concernés par l'apport allogène d'eau. Par ailleurs 5 000 ha de lavandin et 8 300 ha de blé dur étaient cultivés sur le plateau en 2010 (Welsch, 2017), majoritairement en culture pluviale.

Mais les effets ressentis par les agriculteur/rice.s des changements climatiques ont entraîné leur intérêt accru pour l'irrigation. Des travaux sont donc en cours au sein de la SCP pour étendre la surface irrigable du plateau de 2 200 ha à plus de 3 700 ha selon le scénario (document confidentiel SCP 2016 cité par Welsch, 2017). **Un pré-terrain préparatoire effectué à l'été 2018** me fait penser que ce système en extension, qui servira à irriguer les cultures à haute valeur ajoutée (truffes et lavandin), **pourrait être un site d'étude intéressant pour observer les mutations d'un territoire par l'hydraulique**. Une concurrence entre besoins domestiques pour ce territoire touristique et demandes agricoles, pourrait émerger. **Ce site pourrait être un autre terrain d'étude pour compléter celui commencé dans le bas Minervois** (Chapitre 6).

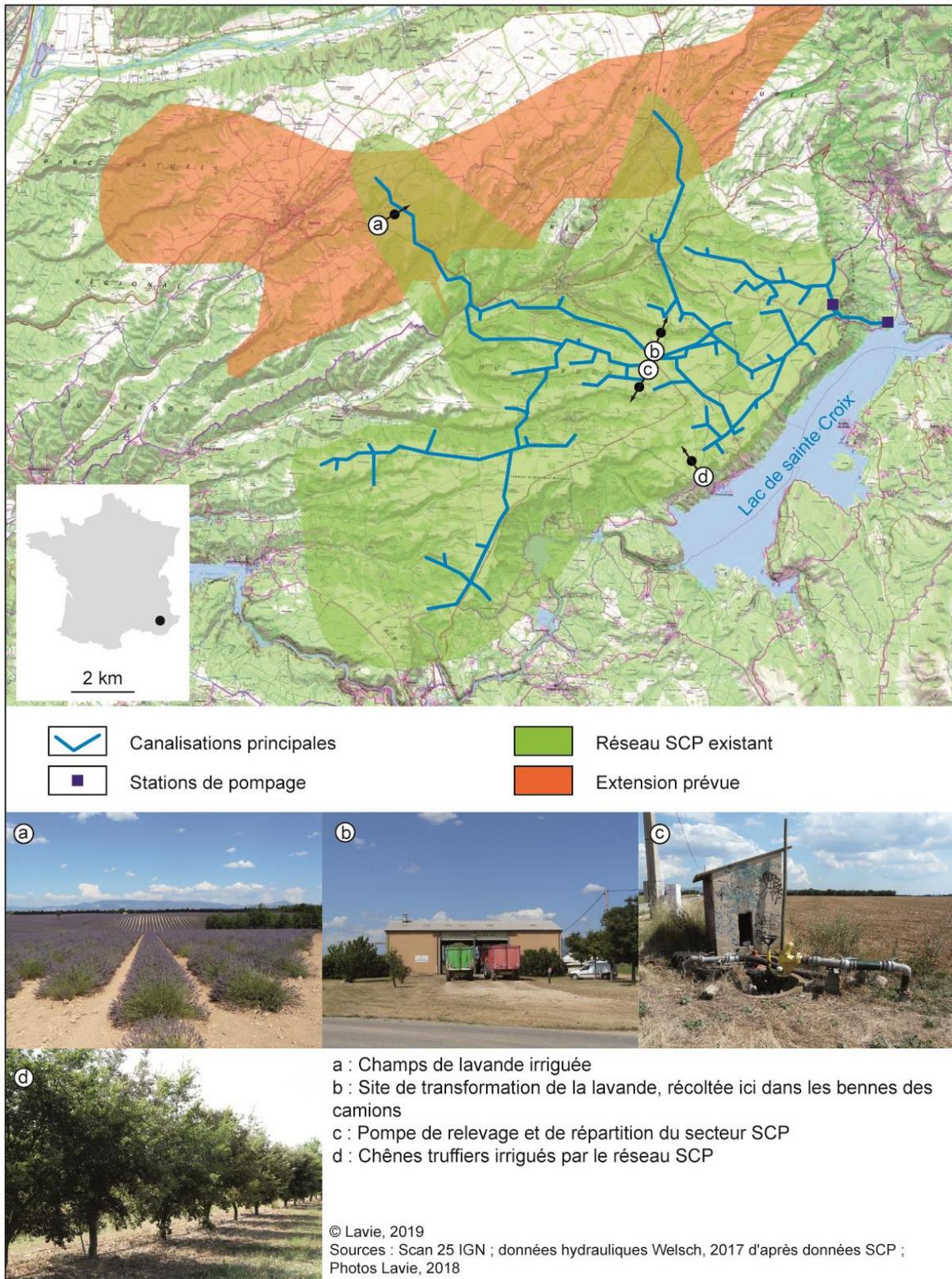


Figure 35 : Le réseau SCP Valensole

5.4.2. La priorisation mise sur l'eau domestique dans les secteurs touristiques

L'oasisation de la Méditerranée européenne passe donc par une mutation de l'irrigation et des paysages suite à la création de grands projets hydrauliques régionaux. Ces grands systèmes collectifs permettent d'augmenter les rendements et de cultiver des espèces anciennes comme l'olivier, les arbres fruitiers ou la vigne, mais aussi de nouvelles productions à haute valeur ajoutée comme la truffe, l'avocat ou le lavandin. **Mais l'oasisation passe aussi à mon avis par une plus grande interrelation entre les réseaux d'adduction en eau d'irrigation et les systèmes d'adduction en eau potable.** L'arsenal juridique européen contraint les stratégies de captages des eaux superficielles et souterraines et oblige à traiter de concert tous les types d'adduction en eau : énergie, industrie, loisirs, domestique, agricole, etc. Cette action conjointe n'est pas nouvelle, elle s'inscrit dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), mais le risque de pénurie d'eau dans lequel se trouvent les territoires met une pression sur les autorités régionales ou locales pour mieux partager la ressource. **Le tourisme ajoute une variable à ce partage : la saisonnalité des besoins**, généralement en saison chaude et sèche, soit au moment où la demande agricole est aussi la plus haute.

- **L'exemple de l'alimentation en eau potable d'Athènes**

George Kallis a travaillé sur la conjonction du développement d'Athènes et de son système d'adduction en eau potable. Dans un paragraphe passionnant sur l'histoire de l'adduction en eau dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle, il explique les attermoissements des politiques publiques, entre la municipalité qui souhaitait garder des prérogatives issues de l'héritage Ottoman et l'État qui a préféré des politiques de libéralisation, les erreurs des ingénieurs hydrologues qui ont mal estimé la capacité de l'aquifère situé sous la ville, ou encore la découverte puis la restauration de l'aqueduc d'Hadrien (Kallis, 2010). Datant du deuxième siècle apr. J.-C., cet aqueduc a participé à l'imaginaire national d'une modernisation liée à l'héritage d'un passé glorieux (Kaika, 2005 ; Kallis, 2010), mais il a aussi permis à la municipalité d'Athènes de reprendre le contrôle du système sur l'échelon national. Pendant un siècle (1834-1926) la grande majorité des actions infrastructurelles d'alimentation en eau potable furent dédiées à la mise à jour puis la reconstruction de l'aqueduc romain (Kaika, 2003). Les fontaines ont aussitôt été à nouveau opérationnelles, et même si seuls 15 % de la population avaient un accès à l'eau du robinet, la capitale grecque renouait avec l'abondance en eau dans un contexte de sécheresses. Pour autant, la ville a subi d'autres pénuries en eau, vues comme un signe de « retard » (Kaika, 2005) et un frein au développement industriel (Kallis, 2010), à tel point qu'à partir de 1875, une politique de grandes infrastructures hydrauliques a été mise en place, dans un contexte non seulement de libéralisation des services publics dans le pays, mais aussi de tensions entre la municipalité et l'État. Mais un siècle plus tard, la ville connaissait une grave crise de pénurie, entre 1989 et 1991 (Kaika, 2003). Alors

que la population n'avait pas vraiment augmenté entre 1980 et 1990, la demande en eau avait poursuivi son ascension, guidée par de nouvelles pratiques gourmandes en eau comme l'électroménager. D'après Maria Kaika, la crise aurait dû être anticipée puisqu'il ne s'agit pas, comme ont pu le répéter les autorités, que d'une crise climatique. Bien au contraire, la crise politique et l'alternance des partis au pouvoir (trois élections nationales en moins de deux ans) a joué un rôle majeur (Kaika, 2003). Pour l'auteure, la crise de pénurie en eau est issue de la conjonction de quatre erreurs de gestion de l'eau : l'expansion du réseau sans anticiper une augmentation conjointe de l'offre en eau dans les réservoirs, des pompes locales privés illégaux dans l'aquifère, l'absence de stratégies de planification, et « *low prices (15dr. [€0.04] per cubic meter in 1985), which led to unwise levels of consumption* ». La baisse continue des volumes contenus dans les trois réservoirs de Mornos, Yliki et Marathon depuis 1984 aurait dû inquiéter les gestionnaires, d'autant que des ONG et des scientifiques avaient alerté sur l'imminence d'une demande en eau supérieure à la capacité des réservoirs. Les Jeux Olympiques ont à nouveau boosté la demande en eau, non seulement par l'augmentation de la population en périphérie, qui a obligé les gestionnaires à agrandir le réseau, mais aussi par de nouvelles activités consommatrices comme l'irrigation des jardins et les piscines.

Les travaux de George Kallis sur la capitale grecque sont particulièrement intéressants puisqu'ils mettent en avant, non pas un lien de cause à effet entre une augmentation de la population urbaine et une augmentation de la demande en eau, mais une coévolution de l'urbanisation et de la demande en eau. « *The abundance of running water at a low cost gave a competitive advantage to Athens over other rural and urban areas, facilitated settlements in the arid city, and made easier the adoption of increasingly intensive water appliance* » (Kallis, 2010). Athènes, c'est aujourd'hui quatre réservoirs d'une capacité de 1,5 milliards de m³, 500 km de canalisations d'eau brute, quatre stations de potabilisation, 7000 km de canalisations d'eau potable, et 1,7 millions de robinets pour une population de 4 millions d'habitants (*Ibid.*). Athènes est aussi l'exemple le plus illustratif de la difficulté qu'a la Grèce pour continuer à alimenter sa population, tout en développant le tourisme dans un contexte environnemental peu généreux en eau. Parce que si sur le continent, de grandes infrastructures régionales d'adduction en eau potable venue de plusieurs centaines de kilomètres ont pu être envisagées, ce n'est pas le cas sur les îles, où les activités touristiques sont essentielles à l'économie. **J'ai encadré en 2017-2018 les travaux de Master 1 GST de Vassili Kypreos.** Son travail de terrain sur l'île de Kalymnos dans le Dodécanèse portait sur la durabilité des activités agricoles et touristiques (Kypreos 2018). Cette île a deux aquifères, de manière caricaturale l'un alimente la vallée Sud où se situent la ville et les stations balnéaires du littoral ; l'autre était destinée à l'irrigation de la vallée agricole au nord-est. L'exode rural et un certain déclin des activités agricoles a rendu les irrigant.e.s plus vulnérables non seulement à la baisse des précipitations et à l'augmentation des extrêmes hydro-climatiques, mais aussi et surtout, face à la demande en eau de l'autre vallée. Ainsi, la surexploitation de

l'aquifère Sud a entraîné à la fois une baisse des stocks mais aussi une salinisation de la nappe par entrée d'eau de mer. L'une des solutions trouvée a été d'aller chercher l'eau dans l'aquifère Nord, dont une partie des volumes autrefois réservés aux agriculteur/rice.s sont dérivés par canalisation jusqu'à la zone urbaine et aux hôtels de la côté sud-ouest. À l'échelle d'un territoire d'une centaine de km², on observe ici **la priorisation mise sur la sécurisation des usages domestiques et touristiques**, voire peut-être à leur développement, au détriment de l'irrigation, usage autrefois prioritaire dans les usages de l'eau bleue.

- **L'exemple de l'alimentation en eau potable du littoral d'Occitanie**

Le projet *Aqua Domitia* de la SAR BRL est un grand projet hydraulique qui complètera le Système Hydraulique Régional actuel (cf. *supra*). Il s'oriente vers deux directions. D'une part, il s'agit de développer des systèmes hydrauliques existants : le système Aude, le système Orb et le système Rhône-Philippe Lamour ; d'autre part il est question, à terme, de les interconnecter. Ces deux objectifs techniques n'ont qu'une seule finalité générale : sécuriser l'accès à l'eau dans le cadre des changements climatiques pour soutenir, voire développer, les activités économiques. Les premières campagnes de communication de BRL au tout début des années 2010 insistaient beaucoup sur la viticulture du Languedoc et du Roussillon. L'eau détournée du Rhône – dont Barcelone ne voulait plus – pourrait soutenir l'irrigation des vignobles dans le cadre d'un tournant qualitatif de la production de vin. Mais la sécurisation de l'adduction en eau potable des stations balnéaires du littoral était également sous-jacente dans la mise en place du second projet *Aqua Domitia* en 2011. Pour autant, dans les campagnes de communication, l'objectif était moins affiché que l'irrigation de la vigne. Les nombreuses vidéos et les documents de promotions de BRL disponibles sur leur site et mis sous les réseaux sociaux, s'orientent aujourd'hui au moins autant sur la **sécurisation en eau potable du littoral touristique** de la Région. Ainsi, si on regarde le projet *Aqua Domitia* (Figure 34), les villes de Béziers, Narbonne et tout le littoral de l'Aude et des Pyrénées-Orientales, sont alimentés en eau par captage dans le fleuve Orb. Dans le cadre d'*Aqua Domitia*, les eaux du Rhône viendront soutenir la demande en eau potable, notamment durant la saison estivale, afin de délester l'Orb de certains prélèvements. Ce point est également intéressant. Si la substitution des prélèvements sur les fleuves Orb, Aude et Hérault était notée dans la plaquette *Décision du maître d'ouvrage* datée de 2012, il me semble que ces termes sont de plus en plus présents dans les documents au fur et à mesure des années, dans les discours des gestionnaires et des élus rencontrés (voir Chapitre 6). Le cadre législatif de la Directive Cadre européenne sur l'Eau conditionne de fait les politiques d'adduction en eau potable.

Le mémoire de M2 de Vassili Kypreos (2019), en stage au laboratoire Art-Dev à Perpignan, et que j'ai co-encadré avec Vincent Viel, porte aussi sur la durabilité des usages de l'eau dans le bassin méditerranéen de la Têt. Son travail met aussi en avant

la place de l'adduction en eau potable du littoral touristique dans les politiques de gestion des eaux, dans le cadre de la mise en place de la DCE.

La priorisation de l'eau domestique dans les politiques de distribution de l'eau brute est assez évidente dans les oasis sur lesquelles j'ai travaillé. **Cette variable fait partie des éléments de l'oasisation** que j'ai mis en exergue au début de ce Chapitre 5. Les premières lectures effectuées sur la Méditerranée européenne et illustrées ici par les exemples de la Grèce et d'*Aqua Domitia*, démontrent que les **grands systèmes hydrauliques régionaux ont aussi pour priorité l'adduction en eau brute des stations de potabilisation**. C'est une piste de travail envisagée pour la suite de cette HDR (cf. Conclusion).

Conclusion du Chapitre 5 :

Les politiques de grande hydraulique de l'après-guerre en Europe méditerranéenne ont permis de gérer la rareté de l'eau, dans un contexte d'augmentation de la demande et de modification des régimes hydrologiques et pluviométriques

On pourrait penser que la rive Nord de la Méditerranée applique des modèles depuis longtemps connus sur la rive Sud, à savoir les oasis maghrébines. Il est aisé d'imaginer qu'avec le réchauffement climatique, le modèle d'oasis maghrébin migre vers le nord. **Or si des relations entre les deux rives de la mer ont bien existé et existent encore, ce n'est pas le modèle maghrébin qui a été appliqué ici, mais celui des grands systèmes oasiens des pays à forte immigration européenne des siècles précédents.** Les espaces irrigués les plus productifs en dehors de l'Europe sont des territoires où des populations européennes ont migré : États-Unis, Amérique latine, Afrique du Sud, Australie, voire Israël. Ces populations ont amené avec elles des compétences d'irrigation aux XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles, complétant des systèmes autochtones existants. Mais aujourd'hui, le modèle de la grande oasis bien intégrée dans la mondialisation n'est pas celui que les colons ont importé dans le Nouveau Monde, ce n'est pas le modèle maghrébin. **Ce modèle a été créé dans le Nouveau Monde à la fin du XX^{ème} siècle** (Marshall & Lavie, 2017).

Ce nouveau modèle s'appuie d'abord sur une gestion collective de l'eau liée aux collectivités nationales ou régionales, alors qu'au Maghreb et au Moyen-Orient, subsistent encore des droits à l'eau liés aux lignages (Charbonnier, 2017 ; M2 Espaces et Milieux, 2018). La politique de gestion est généralement assez hydrohégémonique, parfois aux dépens d'autres territorialités qui auraient besoin de nouvelles ressources. Dans tous les cas, la politique de développement de l'irrigation est assez active. Sur le plan technique, il ne s'agit plus de petits réseaux, mais soit de grands réseaux interconnectés sur le modèle de la distribution de l'eau potable, soit encore d'initiatives individuelles de pompages. À l'échelle des plantes, l'irrigation gravitaire est peu à peu délaissée au profit d'une irrigation pressurisée visant à limiter les gaspillages ou, plus souvent, à s'étendre. Sur le plan agricole enfin, les parcelles s'agrandissent et on observe une tendance à l'homogénéisation des cultures méditerranéennes : vergers, oliviers et vigne pour un marché souvent international, en tous cas bien intégré dans la mondialisation des échanges.

Cette présentation des grands systèmes hydrauliques espagnols et français a visé à illustrer cette thèse que je soutiens, issue de mes réflexions dans le cadre de cette HDR, à savoir le transfert d'un nouveau modèle oasien depuis le Nouveau Monde vers le Vieux Continent : répondre à la demande des marchés internationaux, s'adapter aux changements climatiques, optimiser les rendements, etc. La seule différence serait peut-être le rôle moteur de l'Union européenne sur les questions de gestion de l'environnement, tandis que les grandes oasis du Nouveau Monde se sont construites en dehors d'un tel arsenal juridique, en tous cas en dehors de contraintes de politique environnementale, même si cela semble changer.

Chapitre 6. Un exemple d'oasisation en cours : le futur espace hydraulique du Minervois audois

La vallée de l'Argent Double est le site d'accueil d'une partie des étudiant.e.s du M1 GST depuis 2000, pour un stage de 5 à 10 jours. G. Arnaud-Fassetta et M. Fort – puis moi-même à son départ à la retraite – amenons les étudiant.e.s analyser les risques dans cette vallée. Les risques liés aux excès d'eau (crués et inondations) sont bien connus grâce aux travaux de mes collègues (Arnaud-Fassetta *et al.*, 2002), suite aux événements des 12 et 13 novembre 1999 qui ont fait 26 morts⁴⁹. En revanche, les processus liés aux risques de pénuries en eau sont encore à étudier. C'est donc un contexte pédagogique qui m'a amenée à travailler en recherche sur le bas Minervois.

Je présente dans ce Chapitre 6 les **résultats de travaux en cours sur ce territoire méditerranéen français qui suit bien la logique d'oasisation** présentée dans le Chapitre 5. Entrer dans le détail **par l'illustration, sur un secteur, des hypothèses présentées ci-avant, permet aussi de prendre un peu de recul sur cette thèse générale de l'oasisation**. En effet, si des territoires y participent, d'autres sont des freins à l'homogénéisation. Par ailleurs, les politiques environnementales européennes jouent un rôle non négligeable dans la mise en place de ce nouveau modèle oasien, parfois en le freinant, parfois en l'accompagnant.

6.1. Le contexte du programme de recherche

Financé dans le cadre du grand projet régional *Aqua Domitia* de BRL, le maillon Minervois est un des sous-projets à l'échelle du département de l'Aude. Il vise à étendre un réseau d'irrigation existant en optimisant des prélèvements sur le fleuve Aude (voir à l'ouest de la Figure 34).

Les tracés et les secteurs à irriguer sont en cours de finalisation : une première proposition a été faite en juillet 2017 (BRL, 2017). Les grands travaux ont commencé fin 2017 et devaient se poursuivre à l'échelle des parcelles actuellement. J'ai commencé à observer ces dynamiques locales fin 2015, deux étudiantes de M1 GST ont ensuite réalisé un mémoire sur la gestion de l'eau d'irrigation pour la vigne (Mangeret, 2016) et sur les autres types de cultures : vergers et maraîchage (Guillemot, 2016). J'ai enfin complété leur terrain commun au printemps 2016 avec

⁴⁹ Depuis, les crués et inondations des 14 et 15 octobre 2018 ont tué 15 personnes sur ce même territoire malgré des actions mises en place à l'échelle des affluents de l'Aude et du département éponyme.

deux terrains personnels en février et mai-juin 2017⁵⁰. L'ensemble de nos résultats a fait l'objet d'un article synthétique (Lavie *et al.*, 2018) qui est en partie réutilisé ici.

Les étudiantes ont reçu une aide de l'ADREUC (Association pour le développement des rencontres et des échanges universitaires et culturels) de l'Aude et mes déplacements sur le terrain ont été soutenus par l'UMR PRODIG. L'objectif était de saisir les mutations en cours sur ce territoire, afin d'analyser la gestion du risque de pénurie en eau.

Pour ce faire, nous avons réalisé 48 entretiens semi-directifs, majoritairement *de visu* ; un a été réalisé par téléphone, un second par échanges de mails. Les missions de terrain se sont succédées, me permettant de rencontrer certains acteurs à deux ou trois reprises, au fur et à mesure de l'avancée du projet *Aqua Domitia*. Ainsi, 40 personnes ont été enquêtées. Parmi elles, la moitié sont gestionnaires de l'eau (Chambre d'agriculture, syndicats de bassins, VNF (Voies navigables de France), syndicats d'arrosage) ou élus. Une autre série d'entretiens a été réalisée auprès d'agriculteurs⁵¹, irrigant ou non : viticulteurs et producteurs de fruits et d'olives. L'intérêt de ces rencontres, au domaine ou en coopérative, était de saisir les stratégies collectives et individuelles, la complexité des liens et des tensions entre des agriculteurs aux philosophies de production assez différentes, afin de dégager de possibles trajectoires du territoire dans le cadre du maillon Minervois.

Une question se pose : **en quoi ce territoire répond à l'hypothèse d'une oasisation ?** D'une part, par la mise en place d'un système hydraulique régional – le projet *Aqua Domitia* – d'autre part, par une spécialisation de l'agriculture irriguée et par la priorisation mise sur l'adduction en eau potable.

6.2. Le paysage hydraulique actuel : des archipels de systèmes

Dans son mémoire de M1 GST, Coralie Mangeret décrivait déjà le secteur du bas Minervois audois comme un « *patchwork* » (Mangeret, 2016). La diversité de ce territoire de l'hydraulique découle des sources d'eau mais aussi de l'histoire et des choix politiques. L'objectif du maillon Minervois du projet *Aqua Domitia* (voir Chapitre 5, Figure 34) est d'étendre un des systèmes existants : le système Jouarres. Il est fort probable que tous ces systèmes soient à terme interconnectés, mais en cette fin de décennie 2010, les systèmes hydrauliques sont différents et indépendants les uns des autres. Nous avons d'ailleurs comparé ce paysage de réseaux hydrauliques

⁵⁰ Je n'ai pas poursuivi pour cause de grossesse en 2018.

⁵¹ Comme pour les oasis, nous n'avons rencontré que des agriculteurs hommes. Je n'utiliserai l'écriture inclusive que pour les maraîche.re.s des *horts* qui étaient des deux genres. Il en va de même pour les élus.

aux archipels de réseaux d'eau potable, étudiés en particulier par Karen Bakker dans les périphéries des villes du Sud (Bakker, 2003 ; Kooy & Bakker, 2008).

Mes travaux de terrain couplés à ceux des deux étudiantes ont mis en valeur quatre systèmes sur cinq secteurs (Figure 36) : à l'est le système Jouarres et son futur périmètre d'expansion, la basse vallée de l'Argent Double ; plus à l'ouest des ASA⁵² irrigant depuis le canal du Midi ; enfin à l'ouest le système gravitaire de l'ancien étang asséché de Marseillette.

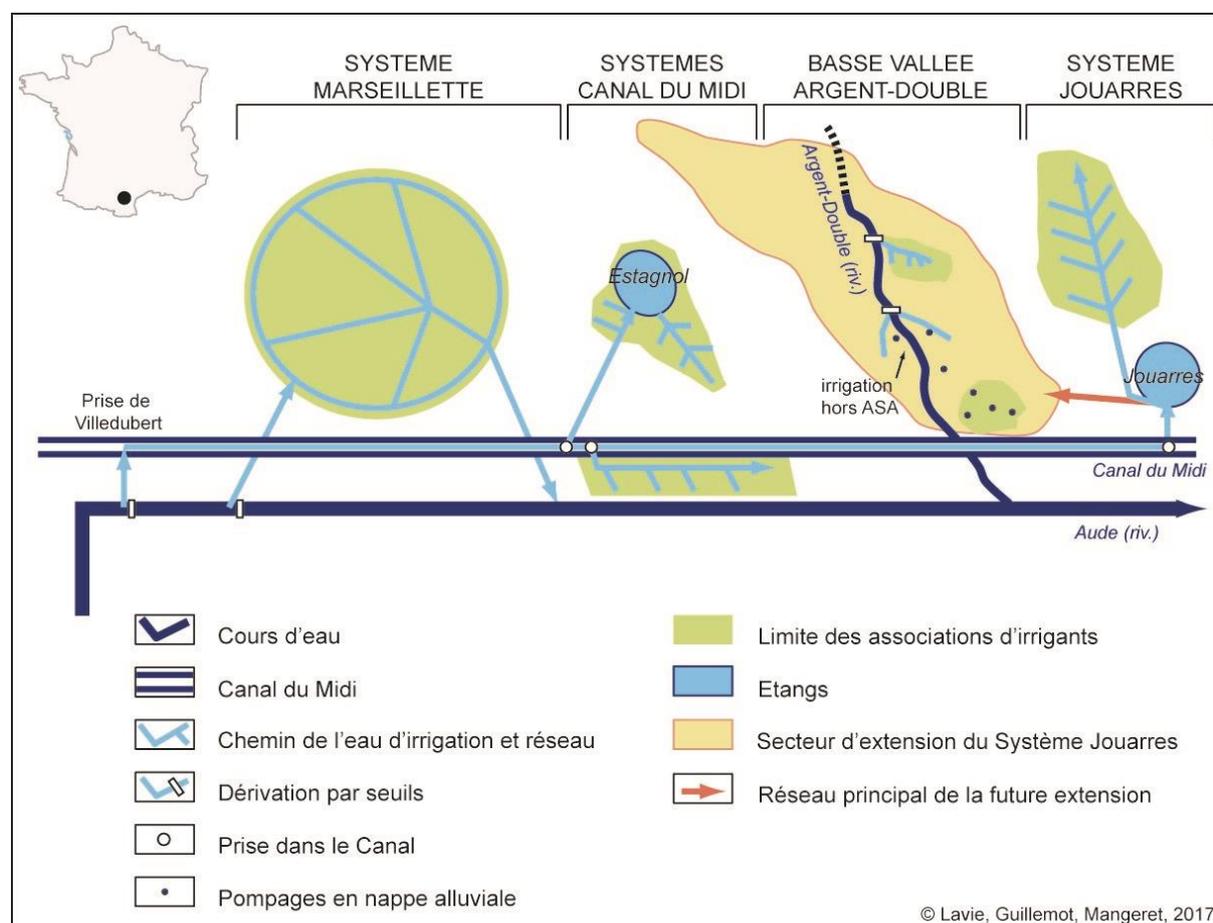


Figure 36 : Schéma des systèmes irrigués dans la zone étudiée du Minervois audois

Source : colorisé depuis Lavie *et al.*, 2018

6.2.1. Le système Jouarres de BRL

Le système Jouarres est un des réseaux actuels de BRL. La vigne y est majoritaire et irriguée depuis les années 1990 par un réseau de canaux enterrés alimentant des systèmes d'irrigation pressurisés : micro-aspersion et goutte à goutte. Le système est alimenté par le fleuve Aude au niveau de la prise de Villedubert (proche de Carcassonne) ; elle transite dans le canal du Midi (sous gestion de VNF) pour

⁵² Association syndicale autorisée (ASA), en somme un syndicat d'arrosage.

atteindre la réserve de Jouarres (Figure 37). Cet étang est une dépression fermée naturellement endoréique (David & Carozza, 2013), ennoyée les mois humides et froids et dont l'eau est utilisée dès le printemps pour alimenter le réseau sous pression. L'eau part donc du point le plus bas pour alimenter le secteur Jouarres de BRL. En bout de réseau, plus haut, trois ASA (La Livinière, Siran et Pépieux) utilisent aussi l'eau de l'étang de Jouarres.

6.2.2. La basse vallée de l'Argent Double

Contrairement aux autres secteurs étudiés, cet hydrosystème n'est pas alimenté par les eaux de l'Aude en aval du bassin versant mais par celles de la Montagne Noire en amont. Soumis aux pluies cévenoles, l'Argent Double, un affluent de rive gauche de l'Aude, connaît un régime d'oued avec des assècs et des écoulements intermittents dès le printemps, à la fois dus aux variabilités climatiques et à la structure morphologique karstique avec ses résurgences et ses pertes. À l'inverse il se charge très vite lors des phénomènes de pluies orageuses avec un risque de crues puis d'inondations très important (Arnaud-Fassetta *et al.*, 2002).

La basse vallée de l'Argent Double n'est pas un système hydraulique. Ici cohabitent plusieurs situations individuelles et collectives (Figure 37) :

- Dans la plaine d'inondation, souvent sur les rives convexes de la rivière, des riverain.e.s pratiquent du maraîchage dans ce que l'on nomme localement des *horts*. Il s'agit de jardins familiaux pour une consommation personnelle dont l'adduction en eau brute est gérée par une ASA. Les près de 190 adhérent.e.s paient une adhésion avec droit d'arrosage d'environ 8 €/are (Guillemot, 2016). Deux seuils détournent les eaux de la rivière en amont de la commune pour l'ASA et en aval pour d'autres jardins communaux (Figure 37). Des pompes dans la nappe alluviale assurent le relais lorsque la rivière ne fournit pas de débit suffisant ;
- De rares grands domaines viticoles dérivent à titre individuel les eaux de l'Argent Double. L'un d'entre eux dispose même d'un « droit d'eau » sur la rivière et un affluent, acquis depuis le XIX^{ème} siècle. Le propriétaire a d'ailleurs consacré une partie de sa vie à enterrer des tuyaux. Son réseau secondaire d'irrigation ressemble maintenant à une sorte d'ASA sans le statut puisqu'il ne s'agit pas d'association de propriétaires (Mangeret, 2016 ; Lavie *et al.*, 2018) ;
- Si certains détournent donc les eaux de l'Argent Double, étant donné ses écoulements intermittents et la circulation souterraine dans la nappe d'accompagnement, la plupart des agriculteurs du secteur irriguent vignes et oliviers par pompage dans la nappe. Malgré parfois des absences d'autorisation ou des restrictions préfectorales d'usage, ils nous ont expliqué que cela leur assurait un complément lors des étés trop secs ou trop chauds.

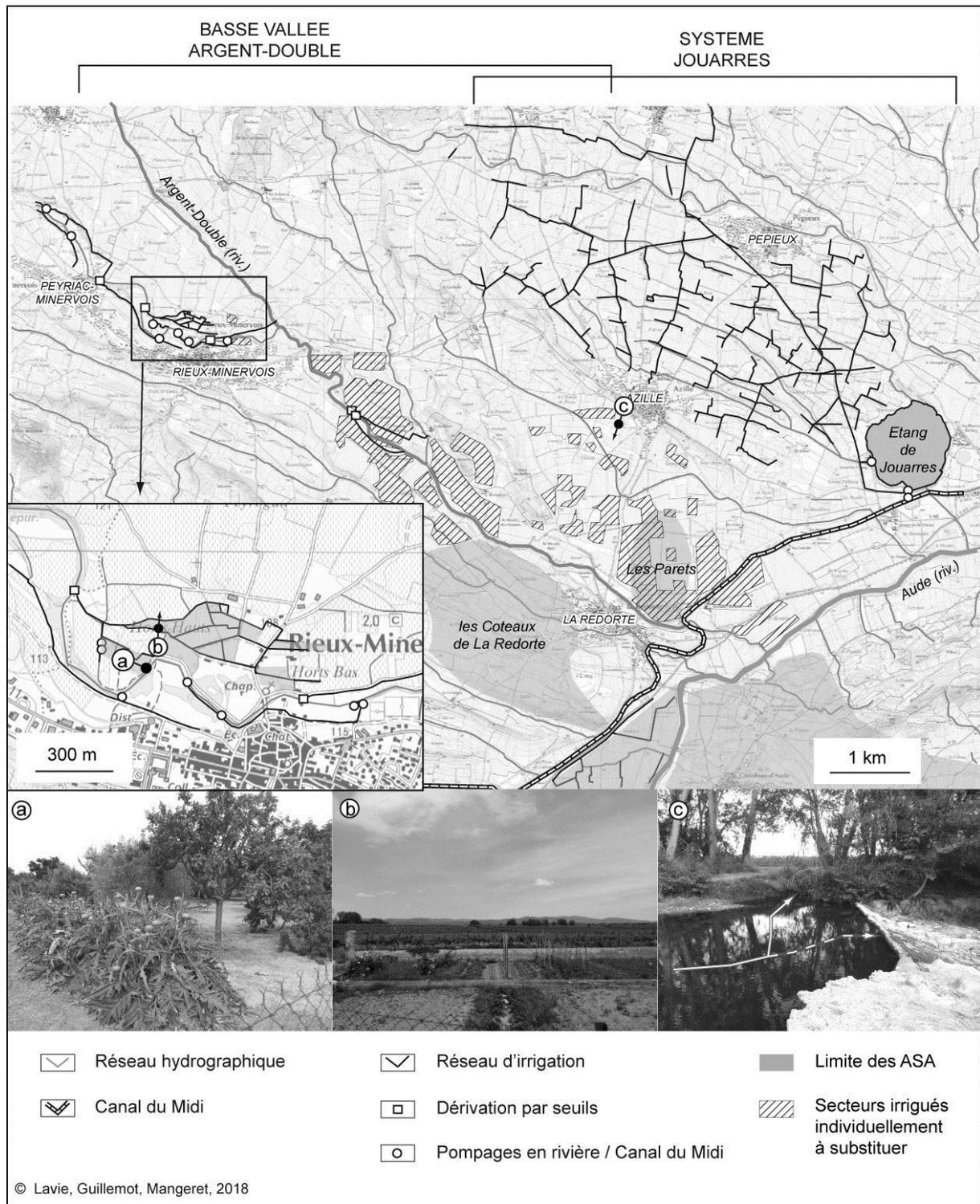


Figure 37 : L'irrigation dans le système Jouarres et dans la basse vallée de l'Argent Double

Source : Lavie *et al.*, 2018

En haut : Un hort cultivé en artichauts, arbres fruitiers, oliviers et vignes ; au centre : Hort de maraîchage avec de la vigne non-irriguée au second plan ; en bas : Seuil sur l'Argent Double qui dérive l'eau vers des vignes, prélèvement *in situ* à substituer via *Aqua Domitia*. (Ajout HDR : la photo est mal placée sur la carte).

Sources : Fond de carte et hydrographie : fonds IGN ; réseau d'irrigation : fonds IGN, BRL (système Jouarres), relevés terrain 2016 (Guillemot, 2016) et 2017 (vallée de l'Argent Double). Photographies : ©E. Lavie, 02 et 05-2017

Tous ces irrigants ont recours au goutte-à-goutte, plus rarement à des canons ou à l'enneigement des terres. « *Le caractère assez anarchique de ces pompages crée quelques conflits de voisinage entre ceux qui sont situés en amont, et bénéficient d'une plus grande quantité d'eau, et ceux situés en aval qui se plaignent de ne pas avoir assez d'eau, voire de ne pas avoir d'eau du tout* », à tel point qu'un acteur local a qualifié de « *Far West* » le bassin de l'Argent Double (Mangeret, 2016).

De fait, l'histoire des autorisations et des laisser-faire en matière de pompage et de détournement des eaux superficielles a laissé des structures plus vraiment adaptées à la réalité de l'offre en eau dans un contexte d'épisodes de sécheresses pluviométriques récurrents. « *L'hétérogénéité des situations individuelles et collectives, amène de fait des inégalités d'accès à la ressource. Conjugué à des étés 2015 et 2016 exceptionnellement secs, le contexte explique logiquement le succès du projet Aqua Domitia auprès des acteurs rencontrés (agriculteurs, gestionnaires, élus)* » puisque le projet maillon Minervois d'Aqua Domitia devrait étendre le système Jouarres vers l'ouest dans cette basse vallée (Lavie et al., 2018).

6.2.3. Les irrigants ayant un droit d'eau sur le canal du Midi

L'eau prélevée sur l'Aude et qui transite par le canal du Midi jusqu'au Minervois est en partie distribuée à certaines associations d'irrigants. Ça peut être des ASA pour les plus grandes ou des ASL (Association Syndicale Libre) pour celles revendiquant peu d'adhérents : « *On y a droit car nos anciens ont participé à la construction de la prise* » d'eau de Villedubert (entretien auprès d'un agriculteur, 2017). Sur le secteur étudié, il y a par exemple l'ex-ASA des Plos qui vient de fusionner avec d'autres dans l'ASA de Castelnaud-La Redorte en 2016.

Parmi ces associations d'irrigants, je me suis intéressée à l'ASL du chemin de Birou : sur l'amont du petit bassin versant de la Valsèque, se trouve l'étang de l'Estagnol, une dépression fermée comme à Jouarres (Figure 38). « *Il appartient à la Fédération des chasseurs et de la nature de l'Aude qui voit tout l'intérêt de le laisser en permanence en eau, afin d'une part de limiter la fermeture de ce paysage, et d'autre part d'éloigner quelques espèces (comme le sanglier) et laisser nicher plus tranquillement certaines espèces d'oiseaux. Il est d'ailleurs classé en ZNIEFF 1. Si l'hiver il se remplit seul avec les pluies, il lui fallait un soutien en été puisqu'il est artificiellement exoréique suite au creusement d'un drain. Les agriculteurs du bassin versant se sont vus proposer il y a une dizaine d'années un système ingénieux : ils participaient conjointement avec la Fédération des chasseurs à la construction d'une station de pompage dans le canal du Midi et au réseau d'irrigation (7 km de réseau, 16 bornes). Ce réseau quitte le canal et aboutit en amont du bassin versant : il alimente d'abord quelques hectares irrigués, puis l'étang puis d'autres agriculteurs en aval. 85 ha sont irrigués sur l'ensemble des 135 ha de cette ASL* » (Lavie et al., 2018).

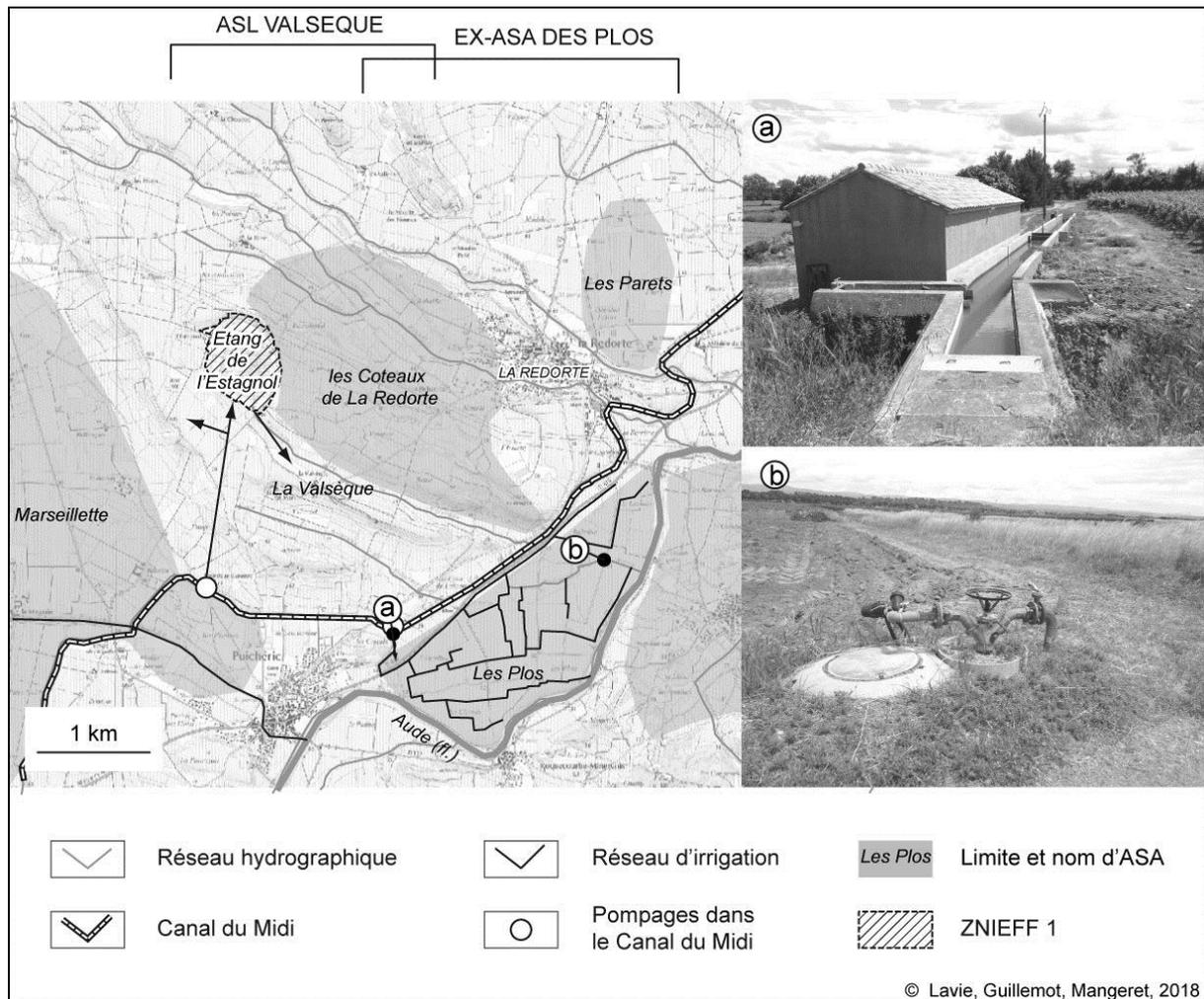


Figure 38 : Exemples de systèmes d'irrigation avec droit d'eau sur le canal du Midi

Source : Lavie *et al.*, 2018

En haut : Prise d'eau dans le canal du Midi pour l'ex-ASA des Plos (canal de Puichéric-La Redorte) ; en bas : Système d'irrigation pressurisé et collectif dans l'ex-ASA des Plos. NB : Nous ne disposons pas du système d'irrigation précis de l'ASL Chemin du Birou (dit Valsèque), ce qui explique que le système soit schématisé.

Sources : Fond de carte et hydrographie : fonds IGN ; limites ZNIEFF : Inventaire national du patrimoine naturel ; réseau d'irrigation : relevés terrain 2017 et fonds IGN ; limite des ASA : BRL ; photographies : ©E. Lavie, 02 et 06-2017

6.2.4. L'irrigation gravitaire dans l'étang asséché de Marseillette

Troisième dépression fermée endoréique de ce secteur (David & Carozza, 2013), l'étang asséché de Marseillette a aussi connu une anthropisation très marquée qui le rend assez comparable à l'étang asséché de Montady, près de Bézier (David & Carozza, 2013 ; Ruf, 2014). Vecteur de paludisme au Moyen-Âge car il se remplissait lors des saisons humides, il a subi plusieurs tentatives d'assèchement. La première connue daterait de 1626 : un drain a été creusé à contre-pente pour permettre aux eaux de s'évacuer dans l'Aude au niveau de la commune de Puichéric. Cette « rigole de l'étang » existe toujours (Figure 36 et Figure 39). Malgré quelques ratés dans l'histoire, l'étang est ensuite définitivement asséché au début du XIX^{ème} siècle

(Association Histoire d’Aigues-Vives [en ligne]). Trois autres collecteurs complètent la rigole de l’étang afin de faciliter le drainage des eaux pluviales hivernales, permettant aux sols de se décharger peu à peu de leur teneur en sels. Enfin, un canal de dérivation des eaux du fleuve Aude a été creusé en tunnel sur plus de 2 km jusqu’à l’étang asséché afin d’apporter de l’eau douce aux terres à irriguer (*Ibid.*).

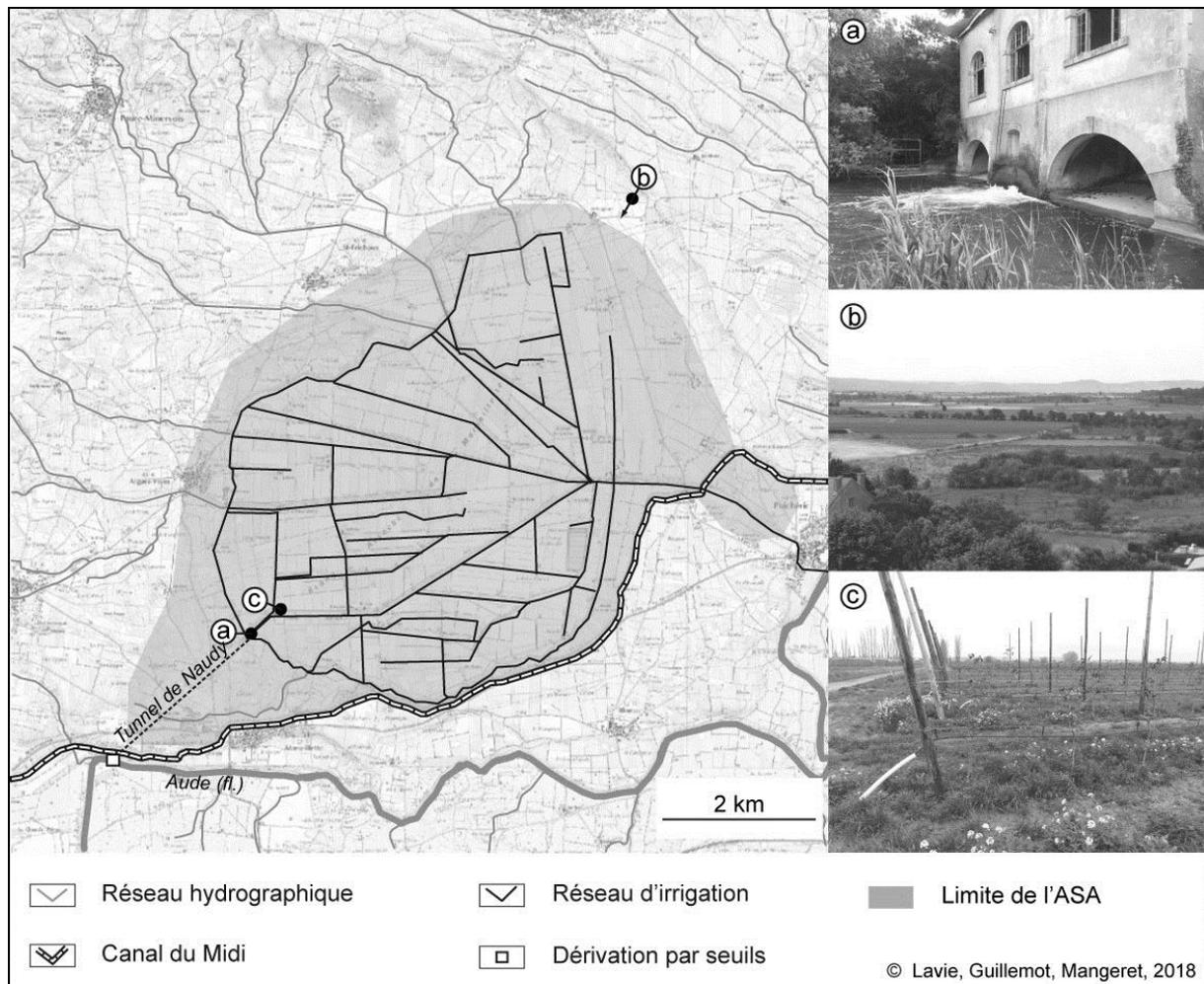


Figure 39 : L’irrigation dans l’étang asséché de Marseillette

Source : Lavie *et al.*, 2018

À gauche : Arrivée d’eau douce de l’Aude en sortir du tunnel de Naudy ; au centre : Vue sur l’étang asséché de Marseillette et sa pluralité de cultures ; à droite : Jeunes vergers équipés d’un système d’irrigation en goutte-à-goutte

Sources : Fond de carte et hydrographie : fonds IGN ; réseau d’irrigation : fonds IGN et relevés de terrain 2017 ; limite de l’ASA : BRL ; photographies : ©E. Lavie, 02 et 05-2017.

Un canal fait le tour des anciennes rives de l’étang – points les plus hauts – et alimente en eau douce l’essentiel des terres. Les rigoles creusées aux XVII^{ème} et XIX^{ème} siècles assurent le drainage. La gestion des droits d’eau et l’entretien du système est à la charge d’une ASA (Lavie *et al.*, 2018).

Contrairement aux autres secteurs où la vigne domine malgré la présence d'oliviers, dans l'étang asséché de Marseillette on cultive aussi des vergers irrigués par des systèmes pressurisés, quelques fourrages et maraîchages et des parcelles de riz. L'essentiel de l'irrigation est gravitaire, par ennoisement des parcelles, ce qui explique une certaine hétérogénéité des cultures mais qui implique aussi un très bon drainage des sols.

En résumé, le paysage du bas Minervois en archipels de réseaux indépendants, individuels ou collectifs, devrait à terme muter vers un système interconnecté régional comme le souhaite la région Languedoc-Roussillon depuis 2011, aujourd'hui Occitanie. La communication de la Société d'Aménagement Régional BRL et les élus locaux nomment cette politique « modernisation ». En étudiant la première phase du maillon Minervois, c'est-à-dire qu'extension du système Jouarres/Aude de BRL sur la basse vallée de l'Argent Double, j'ai souhaité discuter de l'opportunité pour le Minervois, de participer au projet *Aqua Domitia*, un projet hydraulique régional.

6.3. Quels objectifs pour les acteurs locaux ?

Le maillon Minervois actuellement en cours de discussion consiste donc en l'extension du système Jouarres de BRL en direction de la basse vallée de l'Argent Double, puis probablement plus en amont de la même vallée voire à l'ouest, sur le piémont de la Montagne Noire.

Ce qui m'a semblé intéressant dans le cadre des enquêtes de terrain, c'est la quasi-unanimité autour du maillon Minervois. Pourquoi un tel consensus sur un projet qui finalement vise à totalement transformer l'hydrosystème ? Parce qu'élu.e.s locaux/ales, habitant.e.s et irrigants y trouvent tou.te.s leur compte.

6.3.1. Quelques tensions autour du calendrier

L'étang de Jouarres serait sous-exploité puisque sur les 3,8 millions de m³ d'eau qu'il peut contenir, moins de 50 % des volumes sont prélevés par BRL et ses ASA clientes. D'après les enquêtés, environ deux millions de m³ d'eau seraient disponibles annuellement pour étendre le réseau d'irrigation. Mais il reste difficile de réellement estimer la surface à connecter tant les besoins des irrigants ont évolué, par exemple entre les recensements de 2013 et 2015. Si beaucoup étaient réticents au départ, des étés secs successifs ont fragilisé leur production, notamment viticole, et il semblerait qu'au moment où j'ai réalisé les derniers entretiens (printemps 2017), il était impossible d'alimenter tous les agriculteurs qui finalement le souhaitaient.

« Les tensions actuelles entre les coopératives viticoles des secteurs semblent ralentir le processus (entretiens, 2017) : pour simplifier, les coopératives représentant les viticulteurs les plus éloignés et les plus hauts sur le plan topographique, sont inquiètes que les travaux ne

s'arrêtent qu'à la phase 1 – par manque de moyens économiques et de ressources disponibles, voire de volonté politique – et que les producteurs ne bénéficient pas d'eau à moyen terme, alors qu'ils ont eux-mêmes beaucoup œuvré à la mise en place du projet. Les coopératives où adhèrent les viticulteurs des zones basses, vraisemblablement connectés en premier, s'inquiètent de la pression mise par les secteurs hauts, leur reprochant de fragiliser le projet en étant trop gourmands trop vite » (Lavie et al., 2018).

La place des élus locaux dans la concrétisation du projet est donc centrale.

6.3.2. Un objectif politique local : substituer les prélèvements *in situ* par une ressource allogène

À l'échelle du département de l'Aude, c'est le SMMAR (Syndicat Mixte des Milieux Aquatiques et des Rivières) qui s'occupe de faire le lien avec la région Languedoc-Roussillon puis Occitanie, l'agglomération de Carcassonne et l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. C'est par exemple le SMMAR qui a signé, via le département, le premier Plan de Gestion des Ressources en Eau (PGRE) de la région Occitanie (entretien, 2017), qui prévoit une baisse de 50 % des prélèvements à l'échelle du département.

À l'échelle des sous-bassins de l'Aude, des syndicats de bassin assurent le quotidien de la gestion de l'eau. Pour le bas Minervois, c'est le SMAC (Syndicat Mixte Aude Centre) qui gère les extrêmes hydro-climatiques des affluents, dont l'Argent Double. Substituer les prélèvements des agriculteurs dans l'Argent Double et sa nappe d'accompagnement est un enjeu majeur. En effet, la rivière a déjà un régime d'oued avec des écoulements intermittents, mais de surcroît, les pompages dans la nappe et les seuils de dérivation dans le cours d'eau accentuent la baisse des écoulements. Un des objectifs du SMAC est de retrouver une certaine continuité écologique de la rivière afin de répondre à l'arsenal juridique national et européen⁵³ : Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) de 2000, Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 et Loi sur la Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI) de 2014.

Les écoulements naturels temporaires de la rivière et les prélèvements la classent en très mauvais état. La basse vallée est même classée en ZRE (Zone de Répartition des Eaux) par la préfecture, ce qui implique une interdiction de l'augmentation des prélèvements, même pour la fourniture d'eau potable. Il est donc impossible pour les communes de signer des permis de construire alors que la pression foncière est forte dans cette périphérie carcassonnaise.

Sous couvert de sécuriser la production des viticulteurs, le maillon Minervois vise donc aussi à favoriser d'autres usages, tout en améliorant l'état écologique de la rivière. En effet, dans le cadre de la DCE, des lois LEMA, GEMAPI et du PGRE, il

⁵³ Voir aussi Loubier & Gleyses 2011.

sera interdit de prélever ni dans l'Argent Double ni dans sa nappe en 2020, pour des besoins d'irrigation. Seuls les prélèvements pour l'adduction en eau potable collective seront autorisés, mais sans augmenter les volumes prélevés. Les communes de Peyriac-Minervois, Rieux-Minervois et La Redorte puisent d'ailleurs dans cette nappe d'accompagnement de l'Argent Double et ont connu en 2016 de vrais problèmes de déficit pour assurer la continuité du service en été. Une moindre pression de la viticulture sur la nappe sécuriserait donc aussi la couverture en eau potable. En effet, *« la dépression causée par les prélèvements actuels accélère les écoulements souterrains. Leur arrêt pourrait alors ralentir l'inféoflux, faisant théoriquement remonter peu à peu les niveaux piézométriques d'aval en amont, permettant des résurgences légères dans le cours d'eau »* (Lavie et al., 2018).

Ainsi, le soutien politique des élus locaux est fort pour ce projet. Certains de nos enquêtés non-élus ont même trouvé les promesses trop grandes, le projet bien médiatisé voire surdimensionné, pour être réalisable. Mais il faut comprendre que les intérêts des élus sont aussi très liés : *« par exemple, le président du SMMAR et le président du SMAC sont respectivement maire et 1^{er} adjoint de la commune de La Redorte ; le conseiller départemental du secteur concerné par l'extension du réseau est aussi l'administrateur de BRL, au CA duquel siège aussi le premier cité ; ils sont tous deux vice-présidents de Carcassonne-Agglomération, la communauté d'agglomération de Carcassonne, gestionnaire de l'eau domestique des communes de la vallée de l'Argent Double (à l'exception de Rieux-minervois) »* (Ibid.)

Substituer la ressource allogène en eau aux prélèvements *in situ* dans l'hydrosystème promet ainsi de résoudre – sur le papier – bon nombre de problématiques locales liées à la sécheresse climatique et à la raréfaction de la ressource en eau des rivières et des nappes d'accompagnement : sortie de la ZRE et croissance du bâti, sécurisation de l'AEP, soutien aux agriculteurs locaux, tout en aidant la société régionale BRL.

6.3.3. Pour les irrigants, des objectifs différents

Si les élus comptent sur le projet *Aqua Domitia* et son maillon Minervois pour sécuriser la ressource en eau potable et répondre à l'arsenal juridique autour de la ressource en eau, la réussite du programme devra passer par le succès d'une alimentation en eau d'irrigation.

Le premier usager visé est le viticulteur.

Tous les viticulteurs du bas Minervois n'irriguent pas : pour des raisons financières, par éloignement à la rivière et sa nappe ou par choix de moins produire afin de respecter le cahier des charges de l'AOC Minervois. Ils se sont pour la plupart adaptés en s'orientant vers des cépages supportant mieux la sécheresse. Ces producteurs-là sont généralement jeunes (moins de 50 ans), sont soit viticulteurs soit également vigneron, produisent pour beaucoup en IGP Pays d'Oc et souhaitent pour la plupart pouvoir être connectés au futur réseau d'irrigation de BRL dans le

but de sécuriser la production les années sans orage comme en 2016 ou avec un seul épisode pluvieux comme en 2017. Il semblerait en effet que les orages dits « *du 14 juillet et du 15 août* » leur suffisent pour assurer la croissance et la maturation de leurs raisins. Dans les basses plaines de l'Argent Double et de l'Aude à l'inverse, la plupart des viticulteurs rencontrés suivent une autre philosophie de production. Ce sont des producteurs plus séniors qui irriguent dans le but de produire plus de vin de table vendu au négoce pour concurrencer les vins espagnols. Je ne retrouve pas sur ce secteur d'éléments, pourtant mis en avant dans les médias et la bibliographie (Lereboullet, 2014), qui prouvent que l'irrigation depuis les années 1980 a surtout servi à produire mieux plutôt que plus, afin d'améliorer la qualité et la stabilité des raisins. Je trouve qu'on est plutôt ici dans une maximisation des rendements, même si cela s'explique bien : la pérennisation des emplois locaux, le fait que les consommateurs privilégient des cépages plus gourmands en eau comme la syrah, etc.

Mais le renouvellement des générations, même dans ces secteurs, pourrait faciliter la mutation des productions des grands irrigants vers le qualitatif. De même, les non-irrigants pourront poursuivre leur production de qualité et la sécuriser grâce à l'irrigation. Ces deux états un peu caricaturaux présentés ci-avant pourraient bien s'homogénéiser dans les années à venir. Si les tensions entre les deux types de production sont bien visibles sur le terrain, il m'a semblé que les plus jeunes étaient bien plus ouverts à une discussion sur les modes d'irriguer, de fertiliser, de vendre, afin de rendre leurs terres et leur production durables.

Parmi les agriculteurs, il y a aussi ceux qui produisent quelques oliviers et qui les connecteraient bien au réseau BRL pour que les olives grossissent mieux et qu'ils puissent les vendre comme olives de bouche et non à des huileries.

Il y a aussi les maraîcher.e.s des plaines alluviales de Peyriac-Minervois et Rieux-Minervois qui devraient eux/elles-aussi bénéficier de la remontée de la nappe alluviale de l'Argent Double et d'un écoulement plus durable de la rivière. Leur impact sur les prélèvements totaux est faible puisque la plus grande part des eaux d'irrigation gravitaire est collectée par des drains et retourne à la rivière, mais ils/elles savent qu'à terme ils/elles devront s'adapter en favorisant le goutte-à-goutte par exemple. Le SMAC a commencé une étude les concernant pour voir comment optimiser leur irrigation (entretiens, 2017).

La viticulture, bien que marqueur territorial du Minervois, n'a pas un usage de l'eau déconnecté des autres, mais constitue un maillon de la gestion de l'hydrosystème. Pour le moment beaucoup prélèvent dans la rivière ou sa nappe, payant parfois les amendes lorsque la Police de l'eau passe suite aux restrictions ; ils se sentent en quelques sortes hydro-hégémoniques puisque leur poids sur l'emploi local est conséquent. Mais un double contexte devrait changer la donne en termes de jeux de

pouvoir : d'abord, le fait que l'Europe impose des contraintes aux autorités locales qui doivent aujourd'hui appliquer les restrictions afin de faire sortir des communes de la ZRE ; ensuite, un glissement des objectifs régionaux d'*Aqua Domitia* vers les usages domestiques. Ce glissement des objectifs politiques est assez visible quand on visionne les vidéos et des documents des élus régionaux et de BRL. La sécurisation de la demande en eau potable devient de plus en plus prioritaire dans les politiques de gestion des hydrosystèmes. « Cette trajectoire a été notamment permise par la mise en application de la loi NOTRe (Nouvelle Organisation Territoriale de la République) de 2015, spécialement le transfert des compétences d'adduction en eau potable des communes vers Carcassonne-Agglomération, moins intimement liée au milieu viticole » (Lavie et al., 2018). **Ces jeux de pouvoirs au sein de l'agglomération entre son centre et ses périphéries plus agricoles, font partie des éléments que je compte approfondir à la suite de cette HDR.**

6.4. Des nouvelles logiques territoriales

La gestion de la rareté en eau dans le bas Minervois passe donc par le recours à une eau allogène, de manière à limiter l'impact des usages *in situ*. Des réseaux hydrauliques de rang régional se construisent peu à peu en Occitanie, dans le but d'alimenter en eau potable et d'irrigation des territoires. Finalement, **le futur réseau Aqua Domitia ressemble fortement à un réseau hydraulique oasien puisque les eaux du ciel ne seront plus utilisées et que la ressource est allogène.** Certes, il ne s'agit pas d'une fondation humaine *ex nihilo* dans un milieu aride, mais plusieurs éléments concourent à ce que je qualifie ce projet d'oasisation.

En effet, d'une part, de nouvelles modalités de gestion de l'irrigation s'observent, d'autre part, ces logiques politiques semblent se tourner vers une homogénéisation du territoire.

6.4.1. Un retour à l'irrigation collective

Comme précisé en début de Chapitre 5, le développement historique des systèmes irrigués méditerranéens s'est réalisé via des actions collectives. Le détournement de l'eau superficielle et sa distribution via un réseau d'irrigation sous-entend de fait une collectivisation de l'alimentation en eau (Ruf & Riaux, 2008 ; Ghiotti & Rivière-Honegger, 2009 ; Aspe, 2012). La distribution par les tours d'eau « est le point fort des associations syndicales autorisées (ASA) françaises qui disposent de la reconnaissance de leurs droits anciens établis parfois au Moyen Âge, reconnus par le Code civil après la révolution française comme des droits fondés en titre, et confirmés par la loi de 1865 instituant les associations syndicales, puis la récente loi de modernisation des ASA » (Ruf & Riaux, 2008).

Or, la recherche a aussi révélé que les systèmes d'irrigation ont muté dans les années 1990-2000. Sur le plan de leur gestion, c'est l'individualisme qui est devenu un modèle fort, grâce à la fois aux flous juridiques ou aux incitations politiques aux forages dans les nappes. Sur le plan technique, les irrigants ont eu de plus en plus recours à une irrigation pressurisée (goutte-à-goutte, aspersion). De fait, les observations faites en Méditerranée correspondent non seulement à ce que j'ai déjà étudié à Mendoza, Gabès et Ouaouizerth, mais aussi à ce qu'Anais Marshall a observé dans les oasis péruviennes (Marshall, 2009, 2014). La Méditerranée européenne ne fait donc pas exception (Ruf & Riaux, 2008), la gestion de la rareté de l'eau du ciel est donc souvent passée par le recours à des alternatives individuelles initiées en toute fin du XX^{ème} siècle.

La basse vallée de l'Argent Double se démarque tout de même puisque des droits d'eau ont été accordés à certains domaines dès le XIX^{ème} siècle. Plus récemment, quand les orages estivaux se sont raréfiés et que les productions les plus intéressantes sur le plan financier (syrah, olive de bouche) ont manqué d'eau, les producteurs qui n'irriguaient pas ont commencé à demander des autorisations de prélèvements, entraînant la multiplication des prises individuelles d'eau (Figure 37).

À l'inverse, aujourd'hui, l'arrivée des tuyaux de BRL venus de l'étang de Jouarres pour se substituer à ces prises individuelles, va de fait s'accompagner d'un retour à la collectivisation de l'irrigation. Les irrigants ont d'abord été très réticents (entretiens auprès d'élus et viticulteurs, 2017), mais à la région, George Frêche qui venait d'obtenir la concession de BRL par l'État en 2008, n'a soutenu les projets locaux d'irrigation qu'à l'unique condition que les irrigants s'associent en ASA et ne cherchent pas à signer des contrats directement avec la SAR (entretien, 2017). Son décès en 2010 n'a pas véritablement changé les politiques décidées à la région Languedoc-Roussillon puis Occitanie aujourd'hui. Une décennie plus tard, au moins un producteur nous a dit regretter cette clause, car même si un contrat direct avec BRL serait plus coûteux, il craint le manque de réactivité des ASA. Il faut dire que lorsqu'on est libre de ses prélèvements depuis de longues décennies, il n'est pas aisé de devoir partager la ressource. Ce cas rappelle les situations vécues par les anciennes ASA provençales à la création de la SCP (Guérin-Schneider, 2011).

Les ASA françaises ont été confrontées dans les années 2000 à certaines difficultés : concomitance des crises agricoles et de l'augmentation de la pression foncière des villes (Ghiotti & Rivière-Honegger 2009), contraintes réglementaires pour un impact minoré sur l'environnement et, surtout, baisse des subventions publiques à l'hydraulique agricole (Ladki & Garin, 2011 ; Loubier & Gleyses, 2011). La pérennisation des systèmes gravitaires notamment et des ASA passe donc par une mutualisation, donc un changement dans les jeux de pouvoirs dans la gestion de l'eau.

La collectivisation a déjà été amorcée sur le territoire, avec des regroupements des ASA de Castelnau et de La Redorte et le développement de l'Union des ASA Aude Centre. Il est prévu que pour adhérer à BRL, les propriétaires individuels de la basse vallée de l'Argent Double de la commune de Rieux-Minervois, devraient se regrouper en ASA sous l'égide d'Alliance Minervois, une cave coopérative majeure du secteur. Je trouve assez intéressant de voir comment des irrigants ayant des difficultés à accepter au départ la collectivisation, ont su comprendre les jeux de pouvoir et de fait s'associer afin d'être un interlocuteur plus fort.

En résumé, le maillon Minervois promet un retour à la collectivisation, mais avec une technique hydraulique différente des canaux médiévaux et du XIX^{ème} siècle, puisqu'il s'agira d'irrigation pressurisée.

6.4.2. Homogénéiser le territoire : avant-postes et freins

Comme dans les oasis, le bas Minervois va connaître des modifications de structure avec la collectivisation de l'irrigation. Ces logiques visent à répondre aux demandes du marché dans un contexte de variations climatiques, dont des épisodes de sécheresses climatiques et pédologiques. La sécurisation de l'accès à la ressource en eau passera par un passage d'une agriculture pluviale à une agriculture irriguée, afin d'aussi sécuriser la trésorerie des irrigants. Pour l'ensemble du territoire, c'est aussi une sécurisation de l'accès à l'eau potable sur le temps long. Dans son mémoire de Master, Coralie Mangeret notait une certaine homogénéisation du territoire (Mangeret, 2016), que les personnes interrogées soutenaient ou déploraient. Elle n'avait pas tort : irrigation pressurisée et collective et homogénéisation de la production, démontrent un certain lissage du paysage et de l'hydrosystème. **En quelques sortes une oasisation est en cours.**

Pour autant, ce processus connaît aussi un certain nombre de freins, comme les ASA de maraîcher.e.s ou de l'étang asséché de Marseillette puisque l'irrigation, certes collective, y est gravitaire et la production plus diverse. Plus intéressant : *« avec la baisse des prélèvements dans l'Argent Double et sa nappe d'accompagnement, la rivière pourrait retrouver une dynamique plus naturelle et se singulariser dans le paysage. La mosaïque paysagère sera probablement plus complexe qu'une homogénéisation totale du territoire »* (Lavie et al., 2018).

Conclusion du Chapitre 6 :

Le cas d'étude sur le bas Minervois a été utilisé ici pour illustrer l'hypothèse d'une mise en oasis de la Méditerranée européenne développée dans le Chapitre 5.

L'étude de la gestion de la rareté de l'eau met en avant deux logiques principales : 1) le retour à une gestion collective de l'irrigation ; 2) la substitution des prélèvements afin de répondre à des politiques européennes de gestion des ressources. L'irrigation progresse et participe à une certaine homogénéisation de sa structure, de sa technique, mais aussi probablement des paysages. Elle va de pair avec une homogénéisation de la viticulture.

Parallèlement, alors que les projections climatiques vont vers une augmentation des extrêmes hydro-climatiques, les rivières pourraient retrouver des dynamiques plus naturelles par une baisse des prélèvements superficiels et dans leurs nappes alluviales. La question climatique est évidente ici : il est bien sûr évident que les logiques de marchés orientent les choix des agriculteurs et que le tourisme est une activité rentable qui implique aussi des besoins en eau. Mais **les choix politiques de mise en place de réseau hydrauliques collectifs régionaux et une spécialisation des activités agricoles et domestiques sont aussi guidés par la rareté de l'eau du ciel**. L'oasisation est possible en Méditerranée car l'eau est rare et que les sécheresses des saisons chaudes sont en phase avec l'augmentation des besoins agricoles et touristiques.

Si la basse vallée de l'Argent Double est un laboratoire intéressant de ce que je pressens participer à une oasisation, les travaux de terrain ont pour autant mis en lumière une situation actuelle très hétérogène, archipélisée : une pluralité des acteurs dans sa gestion, des sources d'eau variées (rivière, canal du Midi, pompages) avec leurs inégalités d'accès, des techniques d'arrosage multiforme (gravitaires, goutte-à-goutte, canon) et une production qui reste diversifiée (vignes, vergers, oliviers, fourrages, riz). Le programme de recherche commencé en 2016 n'en est qu'à ses prémices. L'objectif est de suivre la mise en place du maillon Minervois sur ce territoire afin de dégager les nouvelles hydro-hégémonies qui semblent se dessiner aujourd'hui.

Reste que la problématique d'une oasisation de la région apparaît sous-jacente : réseaux hydrauliques régionaux interconnectés, un organisme gestionnaire (BRL) en délégation de service public avec des associations d'irrigants en local (ASA), changements dans les jeux de pouvoirs entre usages et usager/ère.s, passage d'une agriculture en eau verte à une agriculture totalement dépendante des eaux bleues par la raréfaction des eaux du ciel. Ressort donc en cette fin de dernier chapitre un élément mis en valeur dès le premier chapitre : l'hydro-géographie que je pratique est éminemment disciplinaire, mais est aussi au cœur de synergies entre sciences de la nature et des sciences des sociétés.

Conclusion générale

Ce manuscrit de HDR vient conclure dix années de recherches depuis la soutenance de ma thèse en juin 2009. Mes travaux ont été guidés par mon intérêt pour la **gestion quantitative et qualitative de l'eau, dans les oasis et les villes-oasis puis en domaine méditerranéen**. À prendre du recul, je me suis rendue compte que le fil directeur de mes recherches portait sur **la gestion, non pas de l'eau** dans son ensemble, **mais de sa rareté** en particulier. Mes collaborations au sein de l'UMR PRODIG, en particulier avec Anaïs Marshall, m'ont aussi fait prendre conscience que cette gestion de la rareté se faisait dans des villes-oasis plus ou moins bien intégrées dans la mondialisation des échanges et que cette mondialisation jouait un rôle majeur dans la gestion de l'eau.

Bilan de mes activités :

Les principaux apports à la recherche fondamentale

Les Chapitre 1 et Chapitre 2 de ce Volume I ont d'abord fait ressortir les principales contributions de mes recherches sur le plan des **réflexions épistémologiques sur la géographie de l'eau** d'une part, et sur les **oasis mondialisées** d'autre part. En effet, je n'ai pas trouvé dans la bibliographie, à l'exception des travaux d'Anaïs Marshall, Jean-Louis Chaléard et Evelyne Mesclier (Marshall, 2009, 2014 ; Chaléard & Marshall, 2015 ; Mesclier *et al.*, 2017), de véritables recherches sur l'insertion dans la mondialisation des oasis. Les travaux menés séparément ou conjointement avec Anaïs Marshall ont démontré que les oasis sont des territoires originaux mais que leurs dynamiques d'insertion dans la mondialisation ne sont pas différentes d'autres territoires du Sud. Certains territoires oasiens souhaitent participer à la mondialisation des échanges comme Ouauizerth, d'autres y participent par les acteurs de terrain sans véritable soutien politique comme à Gabès. C'est ce qu'Armelle Choplin et Olivier Pliez appellent la mondialisation des pauvres, une « *mondialisation par le bas, par les acteurs qui la font* » (Choplin & Pliez, 2018). À l'inverse, le Soudan a tenté une mondialisation par le haut, par des dynamiques politiques. L'investissement des devises issues de la rente pétrolière dans l'électrification et l'adduction en eau potable de l'agglomération de Khartoum sont des actions louables, mais les acteurs de terrain ne sont pas des acteurs de la mondialisation. Mendoza enfin est l'illustration d'un territoire bien inséré, moteur de

la mondialisation des échanges, par le secteur viticole surtout. Reste qu'à l'échelle de la province, les inégalités territoriales entre les terres qui alimentent la mondialisation et celles qui la subissent, sont marquées.

Mes recherches épistémologiques ont aussi permis de redéfinir le concept de *waterscape* en y intégrant la variable de la **qualité de l'eau**, du moins dans le *drinking-waterscape*. Cet **apport conceptuel** permet de mieux encore lier les approches physiques et humaines de l'eau, les sciences de la nature et les SHS. L'autre apport conceptuel de mon travail est la définition de l'**oasisation**, qui est une dynamique qu'expérimentent aujourd'hui des espaces non-arides, que ce soit pour anticiper des sécheresses plus nombreuses à venir, ou pour dynamiser des productions agricoles ou le tourisme.

Enfin, sur le plan *méthodologique*, il me semble que mes travaux ont permis de démontrer l'intérêt de mêler approches métrologiques quantitatives et approches qualitatives dans l'étude des systèmes. Par ailleurs, il me semble que le choix de m'orienter vers l'échelle plus fine des zones agricoles ou des quartiers, facilite les connaissances et les analyses des savoirs locaux, un critère essentiel des prises en compte de l'environnement à l'échelle des populations.

La formation par la recherche

La formation des étudiant.e.s de master et doctorat à la recherche est une manière de les former au métier de géographe par la recherche et la pratique. Les encadrements d'étudiant.es qui ont nourri mes recherches ont été présentés dans ce Volume I ; l'ensemble des encadrements est indexé dans le Volume II. Même pour des étudiant.e.s se destinant à une carrière plus appliquée, dans des bureaux d'études ou des ONG par exemple, le passage par la recherche est extrêmement formateur. J'insiste beaucoup auprès d'eux/elles sur la rigueur de la construction de leurs bases de données, de leur matériel empirique. La capacité de synthèse des lectures et de la présentation de leurs résultats est une compétence utile à acquérir pour la suite, quel que soit leur métier. Le recul qu'ils/elles peuvent prendre sur les méthodologies employées est aussi une manière pour eux/elles d'apprendre à se poser des questions sur les données qu'ils/elles utiliseront pas la suite dans leur carrière.

Les liens entre formation et recherche dans le cadre des cours⁵⁴

Dans mes premières années d'enseignement en tant que vacataire, ATER ou jeune maîtresse de conférences, j'ai d'abord utilisé mes travaux de terrain et ceux de collègues proches pour illustrer les cours et TD : même si le contenu des cours et les attendus pédagogiques étaient bien entendu différents et évolutifs, j'ai souvent parlé

⁵⁴ Tous les cours cités ici sont décrits de manière plus exhaustive avec leurs objectifs pédagogiques dans le Volume II.

de la pollution de l'eau à Mendoza ou de la consommation des eaux potables à Khartoum. À partir du nouveau quinquennal d'enseignement 2014-2018, les choses ont changé puisque j'avais participé à la construction de la maquette, ce qui n'avait pas été le cas auparavant. J'ai donc pu faire avancer ensemble mes recherches et mes enseignements, et non simplement utiliser l'exemple de mes recherches pour réaliser des cours.

Ce fut particulièrement le cas en *hydrogéographie*. Ayant hérité dans la maquette précédente d'un cours d'*hydrologie* en L2, je l'ai fait évoluer en changeant l'intitulé pour y ajouter des approches sociales. Ensuite j'ai insisté auprès des étudiant.e.s sur l'intérêt d'une telle branche de la géographie pour lier les méthodes et les approches des sciences de la nature et des sciences humaines. Les échanges avec les étudiant.e.s m'ont permis en retour de mieux m'interroger sur la construction sociale des pénuries.

Dans le cours d'*épistémologie* en L3, au cours de discussions avec Malika Madelin, il nous a semblé opportun de découper nos séquences en deux : d'abord un panorama général de l'évolution de la discipline, des carrières des géographes et du rôle des outils dans la discipline. Ensuite nous avons choisi de présenter quelques exemples d'évolution de branches de la géographie, en fonction des contextes historiques et sociaux, en faisant émerger les concepts clé au fur et à mesure de l'histoire de ces branches. C'est ainsi que sont nées les séances *De l'hydrologie à l'hydrogéographie* et *De la géographie coloniale à la géographie du développement*. Les étudiant.e.s ayant déjà eu au cours des semestres précédents des cours d'hydrogéographie et de géographie du développement, ils/elles avaient le bagage suffisant pour que nous prenions du recul ensemble sur l'histoire de ce qu'ils/elles connaissaient.

Enfin, un lien entre pratique de la recherche et pratiques pédagogique me semble primordial : le terrain. En L1 ils/elles découvrent l'observation en *Recherche et terrain*, lors d'une demi-journée à Paris (voir Volume II). En M1 GST ans le cadre de l'UE *Techniques de terrain et de laboratoire* nous les accompagnons en vallée de la Méritaine en Île de France pour les former à la métrologie de terrain, et notamment en ce qui me concerne aux prélèvements d'eau et aux mesures *in situ* puis en laboratoire, de la qualité phosphatée des rivières. Dans l'Aude (M1, GST, stage d'une semaine), Gilles Arnaud-Fassetta forme les étudiant.e.s à la cartographie des risques inondation (laisses de crue, facteurs prédisposants et aggravants des inondations, etc.). Pour ma part, je forme un ou deux groupe.s à la cartographie des réseaux d'eau (irrigation ou eau potable) et aux entretiens qualitatifs ou aux questionnaires auprès des usagers de l'eau. Enfin, en M2 DYNARISK, dans l'UE *Techniques de terrain et de laboratoire*, les étudiant.e.s définissent la méthode qui pourra répondre le mieux à leur problématique, en grande autonomie. Dans toutes ces UE, le lien entre mes travaux de terrain et l'apprentissage pédagogique est permanent.

Perspectives : aller au-delà de l’HDR

Faire évoluer les enseignements

Au cours de l’écriture de mon dossier de CRCT puis de cette HDR, s’est accrue l’envie de développer un séminaire de Master sur la gestion de la rareté de l’eau. La durabilité des usages est un enjeu majeur du XXI^{ème} siècle ; la prise en compte de la pénurie d’eau en tant que risque de société est peu discutée dans les formations dans lesquelles j’interviens. De manière générale, j’aimerais montrer aux étudiant.e.s les liens entre les processus physiques (comme la pollution qui, de fait, baisse la quantité de ressources disponibles) et les politiques de gestion. Sur le plan de la formation des étudiant.e.s, il me semble que c’est un acquis précieux pour leurs futurs emplois en bureau d’étude ou dans les collectivités territoriales.

Sur le plan méthodologique, j’aimerais travailler avec les étudiant.e.s de 2^{ème} et 3^{ème} cycles sur le développement d’approches croisées entre la métrologie de la géographie physique et les enquêtes de terrain. Non pas que ces approches hybrides soient novatrices, mais il est nécessaire que les étudiant.e.s aient une vision moins cloisonnée des méthodes.

La montée des questions sur l’eau et ses liens avec d’autres enjeux comme l’alimentation, la santé ou l’énergie, est aujourd’hui prévalente. C’est par exemple visible avec la médiatisation depuis 2011, dans tous les grands congrès internationaux liés à l’environnement ou au développement, de concepts comme le *Water-food-energy security Nexus*, qui remplacera peut-être celui de développement durable dans les décennies à venir. L’obtention de mon HDR devrait pouvoir me permettre d’impliquer des étudiant.e.s de M2 et en doctorat sur ces thèmes porteurs.

Des projets de recherche en perspective

Ce volume I de HDR constitue à la fois une base de réflexion sur mes travaux passés (partie 2 *Trajectoire*) et propose des pistes de recherche et d’encadrement pour le futur (partie 3 *Perspectives*). Dans la poursuite des travaux engagés sur la gestion de la rareté dans des espaces arides à méditerranéens, deux orientations me semblent complémentaires :

- 1) **La poursuite des travaux sur la mise en oasis de la Méditerranée européenne.** Les premiers résultats montrent une régionalisation et une re-collectivisation de la distribution de l’eau d’irrigation, tout comme une certaine homogénéisation des paysages, qui reste cependant à nuancer (Chapitre 6). Le terrain du bas Minervois a été une première étape pour tenter de valider l’hypothèse d’une oasisation. Je souhaite poursuivre ces travaux, d’abord en travaillant sur *un second terrain expérimental* en France : le plateau de Valensole. C’est un système hydraulique de petite taille et

déconnecté physiquement du grand réseau SPC, tout en étant géré par la SPC. Il est donc relativement comparable au futur réseau BRL du bas Argent Double (le maillon minervois d'*Aqua Domitia*). Il me semble intéressant à deux titres : d'abord parce qu'y sont cultivés d'autres plants que les classiques méditerranéens vergers-vignes-oliviers, en l'occurrence du blé, du lavandin ou encore du chêne truffier ; ensuite parce qu'il me permettrait aussi d'illustrer ma deuxième hypothèse quant à l'oasisation de la Méditerranée : **la priorité mise sur le secteur de l'adduction en eau potable aux dépens de l'irrigation agricole**. En effet, cette hypothèse me semble émerger des enquêtes de terrain que j'ai réalisées en 2017 dans le bas Minervois et suite à l'analyse des campagnes de communication de BRL. Des travaux de terrains dans le bas Minervois et sur le plateau de Valensole sont donc envisagés à court terme pour discuter de cette hypothèse.

Une première étape serait donc le choix d'un second terrain français, Valensole ; une deuxième étape viserait à m'intéresser à la thématique de l'adduction en eau potable sur ces deux sites gérés par BRL et la SCP ; une troisième étape serait probablement, à plus long terme, le choix d'un terrain en Espagne pour vérifier hors de France, mais toujours en Europe et donc dans le cadre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), mes hypothèses sur la mise en oasis de la Méditerranéen européenne.

Cette recherche, je l'envisage plutôt dans le cadre de l'encadrement d'étudiant.e.s, en particulier par la recherche d'un financement de contrat doctoral ou post-doctoral.

- 2) **Engager des recherches sur les transferts du modèle « oasis mondialisée » dans le Monde, et en particulier entre les deux rives de la Méditerranée.** Les recherches commencées en France méditerranéenne pourraient aussi servir à répondre à un questionnement né en fin de Chapitre 5 : des transferts de modèles de gestion de la rareté de l'eau entre différents territoires arides à méditerranéens, bien insérés dans la mondialisation. Une première étape sera rendue possible par le lancement début 2019 du projet de recherche Kneiss, financé par le Labex Dynamite dans le cadre des programmes SAR-Dyn. Ce programme de recherche est dirigé par Vincent Viel (univ. Paris-Diderot, UMR PRODIG) et s'intéresse aux mutations de l'hydrosystème Leben-Kneiss en Tunisie, dans le cadre des changements climatiques. Les variations des précipitations, les hausses de températures et la pression sur les usages des eaux superficielles et souterraines, en particulier pour l'irrigation, ont entraîné des changements dans les modes d'écoulement des eaux de ce territoire littoral, affectant l'écosystème des îles Kneiss situées à l'exutoire du bassin versant de l'oued Leben. Avec Pepita Ould Ahmed (IRD) et Philippe Cadène (univ. Paris-Diderot), respectivement économiste et géographe au laboratoire CESSMA, nous nous intéressons d'une part, au rôle des usagers, notamment les irrigants, sur les modifications de l'hydrosystème ; d'autre part, il s'agit de

comprendre la structure des filières économiques de manière à pouvoir orienter les activités afin qu'elles puissent se poursuivre sans remettre en cause la protection du site. En fin de programme SAR-Dyn (2020), je pense **monter un projet de recherche** sur les transferts de modèles en ajoutant à ces terrains du Bas Minervois, de Valensole et du bassin Leben, un terrain au Maroc.

Un point à renforcer : les liens avec la société civile

Il me semble que l'étude des savoirs locaux doit être consolidée. La place de la société civile non seulement comme « objet d'étude » mais aussi comme levier d'action, sera un objet fort de mes recherches à venir. La recherche-action notamment est une approche qui pourrait enrichir les travaux sur la gestion de la rareté de l'eau.

L'applicabilité des résultats des recherches est aussi un pan du métier que je souhaiterais développer dans le cadre des encadrements d'étudiant.e.s. Travaillant majoritairement hors de France avant 2016, et ne connaissant donc pas finement les spécificités des contextes politiques et économiques des pays où les étudiant.e.s partaient en stage, il était difficile de les aider à trouver un emploi pour la suite. Les terrains d'étude dans le sud de la France me permettront de compléter ma connaissance des réseaux nationaux pour aider les jeunes diplômé.e.s à développer leurs réseaux professionnels pour mieux s'insérer sur le marché du travail.

Ma récente entrée au bureau de l'Observatoire Parisien de l'Eau est pour moi une première porte d'entrée vers la société civile.

Bibliographie

Abdedayem S. (2009). *Mutations socio-spatiales et modes de gouvernance de l'eau dans les oasis périurbaines du gouvernorat de Gabès (Sud-est tunisien)*. Thèse de doctorat de géographie, Nanterre, Université Paris-Ouest, 440 p.

Abdedayem S. & Veyrac-Ben Ahmed B. (2013). « Le paradoxe des oasis du sud tunisien : rénovation ou mort d'un concept ? ». Actes du colloque *Oasis dans la mondialisation : ruptures et continuités*, Paris, CRESC et PRODIG. pp. 21–28.

Abid K., Trabelsi R., Zouari K. & Abidi B. (2009). « Caractérisation hydrogéochimique de la nappe du Continental Intercalaire (sud tunisien) ». *Hydrological Sciences Journal* 54 (3), pp. 526-537.

Aguilera-Klink F., Pérez-Moriana E. & Sánchez-García J. (2000). « The social construction of scarcity. The case of water in Tenerife (Canary Islands) ». *Ecological Economics* 34 (2), pp. 233–245.

Akhmouch A. (2009). *Géopolitique des privatisations : enjeux et conflits dans le secteur de l'eau et de l'assainissement en Argentine : le cas des concessions de Santa Fe, Córdoba et Mendoza, 1995-2007*. Thèse de doctorat de géopolitique, Saint-Denis, Université Paris 8, 352 p.

Alberta Environnement (1995). *Alberta River Water Quality Index*. Document en ligne.

Alegre F., Fernandez L. & Ramirez M. (2014). « El ordenamiento territorial. un instrumento de planificación y aporte a las estrategias de intervención territorial ». Actes du colloque *XXXVII Argentinian congress on horticulture*, Mendoza.

Alexandre F. (2013). « Oasis insulaires dans la mondialisation : les ribeiras des îles du Cap Vert, des espaces fragmentés et fragiles en voie de marginalisation ». Actes du colloque *Oasis dans la mondialisation : ruptures et continuités*, Paris, CRESC et PRODIG, pp. 71–81.

Alexandre F. (2017). « Insular oases and globalisation: The Ribeiras of the Cape Verde Archipelago, fragmented and fragile areas on the way to marginalisation ». In Lavie E. & Marshall A. (Dir.) *Oases and globalisation: ruptures and continuities*. Springer eds, pp. 195–211.

Alexandre O. (2005). « Lorsque la pénurie fait ressource. Etude géographique de la notion de ressource. L'exemple de la politique de l'eau au Maroc ». *Géocarrefour* 80 (4), pp. 263–272.

Allan J.-A. (1992). « Substitutes for water are being found in the Middle East and North Africa ». *GeoJournal* 28 (3), pp. 375–385.

Amiel G. & Amiel-Drouard C. (1998). *Histoire d'eau du pays de Manosque*. Aix-en-Provence, Volx, 243 p.

Amoros C. & Petts G.-E. (Dir.) (1993). *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris, Masson, 300 p.

Anand N. (2011). « Pressure: The PoliTechnics of Water Supply in Mumbai ». *Cultural Anthropology* 26 (4), pp. 542–564.

Angles S. (1992). « Déclin et renouveau de l'oléiculture dans la province de Séville (Espagne) ». *Méditerranée* 76 (3), pp. 27–34.

Angles S. (2003). « L'essor des oliveraies irriguées en Andalousie. In Politiques de l'eau en milieu méditerranéen. Le cas de de la Péninsule ibérique ». In Drain M. (Dir.) *Politiques de l'eau en milieu méditerranéen. Le cas de de la Péninsule ibérique*, Madrid, Collection de la Casa de Velázquez 82. pp. 151–166.

Angles S. (2016). *Oléiculture, systèmes oléicoles et territoires méditerranéens : de la filière au paysage*. HDR de géographie, Villetaneuse, Université Paris 13 Nord.

Angles S. & Garlatti F. (2014). « Tableau général ». In Angles S. (Dir.) *Atlas des paysages de la vigne et de l'olivier en France méditerranéenne*. Paris, Quae, pp. 11–29.

Appadurai A. (1990). « Technology and the Reproduction of Values in Rural Western India ». In Marglin S. & Marglin A. (dir.) *Dominating Knowledge: Development, Culture and Resistance*. Oxford, Clarendon Press, pp. 185–216.

Arango L. (2009). *L'eau derrière le tuyau : de l'homogénéité apparente, la diversification effective et le partage dans le changement. Etude socio-anthropologique de la gestion de l'eau dans le quartier de Deim, Khartoum-Soudan*. Mémoire de M2 d'anthropologie, Saint-Denis, Université Paris 8.

Arango L. (2015). *Ethnographies de la gestion de l'eau à Tuti (Khartoum, Soudan) et Cano de Loro (Carthagène, Colombie) : histoire, localité et politique dans une perspective d'anthropologie urbaine comparée*. Thèse de doctorat en anthropologie, Saint-Denis, Université Paris 8, 227 p.

Archaimbault V. & Dumont B. (2010). « L'indice biologique global normalisé (IBGN) : principes et évolution dans le cadre de la directive cadre Européenne sur l'eau ». *Sciences, Eaux et Territoires* 1, pp. 36–39.

Arnal C., Laurens L. & Soulard C. (2013). « Les mutations paysagères engendrées par l'arrachage viticole, un vecteur de mobilisation des acteurs territoriaux dans l'Hérault ». *Méditerranée* 120, pp. 49–58.

Arnaud-Fassetta G., Beltrando G., Fort M., Plet A., André G., Clément D., Dagan M., Mering C., Quisserne D. & Rycx Y. (2002). « La catastrophe hydrologique de novembre 1999 dans le bassin versant de l'Argent Double (Aude, France) : de l'aléa pluviométrique à la gestion des risques pluviaux et fluviaux ». *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 8 (1), pp. 17–33.

- Aschéro C. (2019). *Étude sur la durabilité de la distribution de l'eau potable à Marseille et dans sa région face au réchauffement climatique*. Mémoire de M1 de géographie. Paris, Université Paris-Diderot.
- Aspe C. (2012). « Introduction ». In Aspe, C. (Dir.) *De l'eau agricole à l'eau environnementale. Résistance et adaptation aux nouveaux enjeux de partage de l'eau en Méditerranée*. Paris, Quae, pp. 7–17.
- Association Histoire d'Aigues-Vives ([en ligne]) http://www.aiguesvives11.org/etang_marseillette/carac_etang.htm.
- Aubriot O. (2004). *L'eau, miroir d'une société*. Paris, CNRS Editions, France, 321 p.
- Ayeb H. (2012). « Compétition sur les ressources hydrauliques et marginalisation sociale, à qui profite la disparition des canaux? Le cas des oasis de Gabès en Tunisie ». In Aspe, C. (Dir.) *De l'eau agricole à l'eau environnementale. Résistance et adaptation aux nouveaux enjeux de partage de l'eau en Méditerranée*. Paris, Quae, pp. 143–155.
- Bakker K. (2000). « Privatizing Water, Producing Scarcity: The Yorkshire Drought of 1995 ». *Economic Geography* 76 (1), pp. 4–27.
- Bakker K. (2002). « From State to Market?: Water Mercantilización in Spain ». *Environment and Planning A* 34 (5), pp. 767–790.
- Bakker K. (2003). *An Uncooperative Commodity: Privatizing Water in England and Wales*. Oxford, Oxford University Press, 244 p.
- Bakker K. (2012). « Water: Political, biopolitical, material ». *Social Studies of Science* 42 (4), pp. 616–623.
- Barbier M. (2011). *La qualité de l'eau du système d'irrigation agricole de l'oasis du rio Mendoza, Argentine*. Mémoire de M1 de géographie. Paris, Université Paris-Diderot.
- Barbier R., Riaux J. & Barreteau O. (2010). « Science réglementaire et démocratie technique, Regulatory science and technical democracy. A reflection based on water shortage management in France ». *Nature Sciences Sociétés* 18 (1), pp. 14–23.
- Barnes J. (2009). « Managing the Waters of Bath Country: The Politics of Water Scarcity in Syria ». *Geopolitics* 14 (3), pp. 510–530.
- Battesti V. (2005). *Jardins au désert: évolution des pratiques et savoirs oasiens : Jérid tunisien*. Paris, IRD Editions, 444 p.
- Baviskar A. (2003). « For a Cultural Politics of Natural Resources ». *Economic and Political Weekly* 38 (48), pp. 5051–5055.
- Baviskar A. (2007). *Waterscapes: The cultural politics of a natural resource*. Delhi, Permanent black.

- Beaudoin L. & Serrano A. (2017). *L'accès de l'eau pour les agriculteurs de General Alvear et real del Padre dans le bassin versant de l'Atuel*. Mémoire de M1 de géographie. Paris, Université Paris-Diderot.
- Bechler-Carmaux N., Mietton M. & Lamotte M. (1999). « Le risque de pénurie en eau potable dans la ville de Niamey (Niger) ». *Science et changements planétaires / Sécheresse* 10 (4), pp. 281–288.
- Beckedorf A.-S. (2012). *Political Waters: Governmental Water Management and Neoliberal Reforms in Khartoum/Sudan*. Münster, LIT Verlag, 313 p.
- Bédoucha G. (1987). *L'eau, l'amie du puissant: Une communauté oasienne du Sud tunisien*. Paris, éditions des Archives Contemporaines, 474 p.
- Beltrando G. (2015). « La plaine de la Crau (ouest de la Provence), un territoire aux enjeux socio-économiques et écologiques en mutation ». *Cybergeogeo*.
- Beltrando G. & Chémery A.-L. (1995). *Dictionnaire du climat*. Paris, Larousse.
- Ben Arfa J., Bergès J.-C., Beltrando G., Katlane R. & Zargouni F. (2015). « Vulnérabilité spatio-temporelle des oasis littorales de Gabès : détection par imagerie spatiale ». *12èmes rencontres Théo Quant*, Besançon.
- Ben Arfa J., Katlane R., Zargouni F., Bergès J.-C., Lavie E. & Arnaud-Fassetta G. (2017). « Detection vegetation changes in oases of Gabes using EO1/Hypérior data ». *1st Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (EMCEI)* (Poster), Sousse.
- Ben Arfa, J., Katlane R., Bergès J.-C., Beltrando G., Lavie E., Arnaud-Fassetta G. & Zargouni F. (soumis à l'automne 2018). « Mapping the state of vegetation cover of Gabes oases using hyperspectral indices derived from hyperion scene ». Soumis à *Arabian Journal of Geosciences*. **A ce jour nous n'avons pas de retour de l'évaluation.**
- Bender M.-V. (2008). « 'For More and Better Water, Choose Pipes!' Building Water and the Nation on Kilimanjaro, 1961–1985 ». *Journal of Southern African Studies* 34 (4), pp 841–859.
- Benjaminsen T.-A. & Svarstad H. (2009). « Qu'est-ce que la « political ecology » ? » *Natures Sciences Sociétés* 17 (1), pp. 3–11.
- Béthemont J. (1972). *Le thème de l'eau dans la vallée du Rhône. Essai sur la genèse d'un espace hydraulique*. Thèse de doctorat de géographie, Lyon, Université de Lyon, 1006 p.
- Béthemont J. (1977). *De l'eau et des hommes, essai géographique sur l'utilisation des eaux continentales*. Paris, Bordas, 280 p.
- Beylich A.-A., Schmidt K.-H., Neuvonen S., Forbrich I. & Schildt A. (2006). « Solute fluxes in the Kidisjoki catchment, subarctic Finnish Lapland ». *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 12 (3).

- Beylich A.-A. & Laute K. (2012). « Seasonal and annual variations of surface water chemistry, solute fluxes and chemical denudation in a steep and glacier-fed mountain catchment in western Norway (Erdalen, Nordfjord) ». *Catena* 96, pp. 12–27.
- Blanchon D (2009). *L'espace hydraulique sud-africain : le partage des eaux*. Paris, éditions Kharthala, 302 p.
- Blanchon D. (2011). *Hydrosystèmes et Hydropolitiques du Cap à Khartoum*. HDR de géographie, Nanterre, Université Paris Ouest, 275 p.
- Blanchon D. (2017). « Who Runs the Orange River Oasis? A Case Study of the Midstream Orange River Oasis, Northern Cape Province, South Africa ». In Lavie E. & Marshall A. (Dir.) *Oases and globalisation: ruptures and continuities*. Springer eds. pp. 89–110.
- Blanchon D. & Maupin A. (2009). « Géopolitique de l'eau en Afrique australe ». *Sécurité Globale* 9, pp. 79–96.
- Blanchon D., Moreau S. & Veyret Y. (2009). « Comprendre et construire la justice environnementale ». *Annales de Géographie* 665–666, pp. 35–60.
- Blanchon D. & Graefe O. (2012). « La radical political ecology de l'eau à Khartoum. Une approche théorique au-delà de l'étude de cas ». *L'Espace Géographique* 41 (1), pp. 35–50.
- Blanchon D. & Lavie E. (2012). « From the tap to the mouth: drinking water quality in the domestic context in Khartoum, results of Post-Doctorate ». *WAMAKHAIR project final Conference*, Omdurman.
- Bouleau G. (2007). *La gestion française des rivières et ses indicateurs à l'épreuve de la directive-cadre*. Thèse de doctorat en sciences de l'environnement, Paris, Agro-Paris-Tech, 457 p.
- Bouleau G. & Richard S. (2009). *Évolution récente de la réglementation française de l'eau*. Paris, Quae, 114 p.
- Bousquet A. (2006). *L'accès à l'eau des citoyens pauvres : entre régulations marchandes et régulations communautaires (Kenya, Tanzanie, Zambie)*. Thèse de doctorat de géographie, Paris, Université Panthéon-Sorbonne-Paris 1, 568 p.
- Boyacioglu H. (2007). « Development of a water quality index based on a European classification scheme ». *Water SA* 33 (1), pp. 101–106.
- Boyacıoğlu H., Gündoğdu V. & Boyacıoğlu H. (2013). « Investigation of priorities in water quality management based on correlations and variations ». *Marine Pollution Bulletin* 69 (1-2), pp. 48–54.
- Bravard J.-P. (1996). « Hydrologie continentale ». In Derruaux, M. (Dir.) *Composantes et concepts de la géographie physique*. Paris, A. Colin, pp. 131–142.

- BRL (2017). *Projet d'extension du Réseau Hydraulique Régional sur le Minervois - 1ère Phase. Étude de faisabilité*. Document interne.
- BRL (2015). *Schéma directeur de desserte en eau brute sur le territoire du Minervois et à proximité de la réserve de Jouarres*. Document interne.
- Buchs A. (2006). *Observer, caractériser et comprendre la pénurie en eau. Une approche institutionnaliste de l'évolution du mode d'usage de l'eau en Espagne et au Maroc*. Thèse de doctorat de sciences économiques, Grenoble, Université de Grenoble, 642 p.
- Buchs A. (2016). *La pénurie en eau est-elle inéluctable ? Une approche institutionnaliste de l'évolution du mode d'usage de l'eau en Espagne et au Maroc*. Bruxelles, éditions Peter Lang, collection EcoPolis, 331 p.
- Budds J. (2008). « Whose Scarcity? The Hydrosocial Cycle and the Changing Waterscape of La Ligua River Basin, Chile ». In Goodman M.-K., Boykoff M. & Evered K. (Dir.). *Contentious Geographies: Environmental Knowledge Meaning*, Adershot, Ashgate, pp. 59–78.
- Budds J. (2009). « Contested H2O: Science, policy and politics in water resources management in Chile ». *Geoforum* 40 (3), pp. 418–430.
- Budds J. & Hinojosa L. (2012). « Restructuring and rescaling water governance in mining contexts: The co-production of waterscapes in Peru ». *Water Alternatives* 5 (1), pp. 119–137.
- Budds J., Linton J. & McDonnell R. (2014). « The hydrosocial cycle ». *Geoforum* 57, pp. 167–169.
- Burt Z. & Ray I. (2014). « Storage and Non-Payment: Persistent Informalities within the Formal Water Supply of Hubli-Dharwad, India ». *Water Alternatives* 7, pp. 106–120.
- Caine N. (1995). « Temporal Trends in the Quality of Streamwater in an Alpine Environment: Green Lakes Valley, Colorado Front Range, U.S.A. ». *Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography* 77, pp. 207–220.
- Caine N. & Thurman E.-M. (1990). « Temporal and spatial variations in the solute content of an alpine stream, Colorado Front Range ». *Geomorphology* 4 (1), pp. 55–72.
- Cariou A. (2004). « Le jardin saccagé. Anciennes oasis et nouvelles campagnes d'Ouzbékistan ». *Annales de Géographie* 113 (635), pp. 51–73.
- Cariou A. (2007). « Asie centrale dans la mondialisation : de la marginalisation à l'intégration ». In Cadène P. (Dir.) *La mondialisation. L'intégration des pays en développement*. Paris, Sedes, pp. 163–174.
- Cariou A. (2013). « Liwa : la mutation d'une oasis agricole en réserve stratégique au service de la sécurisation en eau d'Abou Dhabi ». Actes du colloque *Oasis dans la mondialisation : ruptures et continuités*, Paris, CRESC et PRODIG, pp. 49–60.

- Cariou A. (2017). « Liwa: The Mutation of an Agricultural Oasis into a Strategic Reserve Dedicated to a Secure Water Supply for Abu Dhabi ». In Lavie E. & Marshall A. (Dir.) *Oases and globalisation: ruptures and continuities*. Springer eds., pp. 213–225.
- Carré C. & Deutsch J.-C. (2015). *L'eau dans la ville: Une amie qui nous fait la guerre*. Paris, éditions de l'Aube, 270 p.
- Casciarri B. & Van Aken M. (2013). « Anthropologie et eau(x) affaires globales, eaux locales et flux de cultures ». *Journal des anthropologues* 132-133, pp. 15–44.
- Cattan N. (2006). « Centre-périphérie ». In Ghorra-Gobin C. (Dir.) *Dictionnaire des mondialisations*. Paris, A. Colin, pp. 47–49.
- CCME (1999). *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'eau*. Document interne.
- Chaléard J.-L. (Dir.) (2014). *Métropoles aux Suds. Le défi des périphéries ?* Paris, éditions Karthala, 441 p.
- Chaléard J.-L., Planel S. & Ruf T. (2013). « Conclusion du Colloque ». Actes du colloque *Oasis dans la mondialisation : ruptures et continuités*, Paris, CRESC et PRODIG, pp. 197–204.
- Chaléard J.-L. & Marshall A. (2015). « Nouvelles vulnérabilités et implantation des entreprises agro-industrielles sur le piémont côtier péruvien ». *L'Espace Géographique* 44 (3), pp. 245–258.
- Chaléard J.-L., Berger M. & Ninot O. (2016). « Métropolisation et recompositions des espaces à dominante rurale à la périphérie des métropoles des Suds (Périsud) ». *Revue Tiers Monde HS 2*, p. 199–221.
- Chambouleyron J. (2004). *El aprovechamiento del agua*. Mendoza, INA, document interne.
- Chambouleyron J., Salatino S.-E., Drovandi A., Filippini M.-F., Medina R., Zimmermann M., Nacif N., Dediol C., Camargo A., Campos S., Genovese D., Bustos R., Marre, M. & Antonioli E. (2002). *Conflictos Ambientales en áreas regadías. Evaluación de impactos en la cuenca del río Tunuyán, Mendoza, Argentina*. Mendoza, UNCuyo-FONCyT-INA.
- Chang N.-B., Chen H.-W. & Ning S.-K. (2001). « Identification of river water quality using the Fuzzy Synthetic Evaluation approach ». *Journal of Environmental Management* 63 (3), pp. 293–305.
- Charbonnier J. (2017). « The genesis of Oases in Southeast Arabia: Rethinking current theories and models ». In Lavie E. & Marshall A. (Dir.) *Oases and globalisation: ruptures and continuities*. Springer eds., pp. 53–72.
- Chartier D. & Rodary E. (2016). *Manifeste pour une géographie environnementale*. Paris, Presses de sciences Po, 440 p..
- Chiron T. (2007). « Quel risque de pénurie d'eau sur les îles du Ponant ? ». *Norois* 202, pp. 73–86.

- Choplin A. & Pliez O. (2015). « The Inconspicuous Spaces of Globalization ». *Articulo* 12.
- Choplin A. & Pliez O. (2018). *La mondialisation des pauvres, Loin de Wall Street et de Davos*, Paris, Seuil, coll° La République des Idées, 102 p.
- Clarimont S. (2005). « De la politique hydraulique à la 'nouvelle culture de l'eau' ». In Lassere F. (Dir.) *Transferts massifs d'eau, outils de développement ou instruments de pouvoir ?* ». Québec, Presses universitaires du Québec, pp. 410–417.
- Clarimont S. (2006). « Partager les eaux de l'Èbre. La presse régionale aragonaise contre les projets de transfert ». *Mélanges Casa Velázquez Nouvelle Série* 36 (2), pp. 149–170.
- Clarimont S. (2010). « Le transfert d'eau : radioscopie de la contestation du projet de connexion Èbre-Llobregat (Espagne) ». In Schneier-Madanes G. (Dir.) *L'eau mondialisée*. Paris, éditions de la Découverte, pp. 255–273.
- Clouet Y. (1995). « Les oasis ». *Mappemonde* 4, pp. 44–48.
- Clouet Y. & Dollé V. (1998). « Aridité, oasis et petite production, exigences hydrauliques et fragilité sociale : une approche par analyse spatiale et socio-économique ». *Science et changements planétaires / Sécheresse* 9 (2), pp. 83–94.
- Coelho K. (2006). « Tapping In: Leaky Sovereignties and Engineered (Dis)Order in an Urban Water System ». *Sarai Read* 6, pp. 497–509.
- Cohen M., Ronchail J., Alonso-Roldán M., Morcel C., Angles S., Araque-Jimenez E. & Labat D. (2014). « Adaptability of Mediterranean Agricultural Systems to Climate Change. The Example of the Sierra Mágina Olive-Growing Region (Andalusia, Spain). Part I: Past and Present ». *Weather, Climate, and Society* 6 (3), pp. 380–398.
- Consales J.-N. (2000). « Les jardins familiaux marseillais : laboratoires territoriaux d'une agriculture urbaine en Méditerranée ». *Méditerranée* 95 (3), pp. 81–88.
- Correa E.-N. (2009). *Diseño Urbano y Clima Urbano. Un estudio para la ciudad de Mendoza.*, Buenos Aires, Dunken, 208 p.
- Correa E.-N., Ruiz M.-A. & Cantón M.-A. (2010). « Urban forest structure and Thermal Comfort in 'OASIS cities' of arid zones ». *Ambiente Construído* 10 (4), pp. 119–137.
- Corripio J., Purves R. & Riveras A. (2008). « Modeling climate-changes impacts on mountain glaciers and water resources in the central dry Andes ». In Orlove B., Wiegandt E. & Luckman B.-H. (Dir.) *Darkening peaks : glacier retreat, science and society*, Berkley, University of California Press.
- Cosandey C. (Dir.) (2003). *Les eaux courantes, géographie et environnement*. Paris, Belin Sup, 240 p.
- Cossart E., Drocourt Y. & Anselme B. (2009). « Variations glaciaires dans les Andes de Mendoza entre 1975 et 2007 ». *M@ppemonde* 97 (1), 19 p.

- Coutard O. (2010). « Services urbains : la fin des grands réseaux ? ». In: Coutard O. & Levy J.-P. (Dir.) *Écologies urbaines. État des savoirs et perspectives*, Paris, Économica-Anthropos, pp. 102–129.
- Coutard O. & Rutherford J. (2009). « Les réseaux transformés par leurs marges : développement et ambivalence des techniques « décentralisées » ». *Flux* 76-77, pp. 6–13.
- Coutard O., Rutherford J. & Florentin D. (2014). « La ville post-réseau ». In Grosclaude J., Pachauri R. & Tubiana L. (Dir.) *Regards sur la Terre*, Paris, A. Colin, IDDRI-TERI, pp. 193–201.
- Cramer W., Guiot J., Fader M., Garrabou J., Gattuso J.-P., Iglesias A., Lange M.-A., Lionello P., Llasat M.-C., Paz S., Peñuelas J., Snoussi M., Toreti A., Tsimplis M.-N. & Xoplaki E. (2018). « Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean ». *Nature Climate Change* 8 (11), pp. 972–980.
- Crombé L. (2009). *L'eau dehors, l'eau dedans: évolutions des modes d'accès à l'eau dans un quartier périphérique du Grand Khartoum, Dar es Salam, Omdurman, Soudan*. Mémoire de M2 de géographie, Nanterre, Université Paris Ouest.
- Crombé L. (2017). *Enjeux d'échelles, enjeux politiques : l'approvisionnement et l'accès à l'eau dans les quartiers périphériques du Grand Khartoum (Soudan)*. Thèse de doctorat de géographie, Nanterre, Université Paris Ouest.
- Crombé L. & Blanchon D. (2010). « Les (micro)-réseaux à la reconquête de la ville : le cas de Khartoum ». *Bulletin de l'Association de géographes français* 87 (4), pp. 517–533.
- David M. & Carozza J.-M. (2013). « Les dépressions fermées du Languedoc central et du Roussillon : inventaire, caractérisation géomorphométrique et essai de typologie ». *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 19 (4), pp. 407–424.
- Deffontaines P. (1952). « Les oasis du piedmont argentin des Andes ». *Les Cahiers d'Outre-Mer* 5 (17), pp. 42–69.
- Delbart N. (2017). *Téledétection des dynamiques environnementales : du bilan de carbone des écosystèmes à l'évaluation des ressources hydriques et agricoles*. HDR de géographie, Paris, Université Paris-Diderot.
- Delbart N., Lavie E. & Goma R. (2013). « Impact des surfaces enneigées sur les débits de cours d'eau du piémont andin argentin. Implications pour la gestion du risque de pénurie ». *Journée de l'Association des Géographes Français*, Paris.
- Delbart N., Lavie E. & Goma R. (2014). « Influence des surfaces enneigées sur les débits de cours d'eau du piémont andin argentin. Implications pour la gestion du risque de pénurie ». *Bulletin de l'Association de géographes français* 3, pp. 409–425.
- Delbart N., Dunesme S., Lavie E. & Goma R. (2015a). « Variabilité inter-annuelle du manteau neigeux dans les Andes par téledétection et effet sur le débit des rivières du piémont argentin ». *Journée de la commission Climat et sociétés du CNFG*, Paris.

- Delbart N., Dunesne S., Lavie E., Madelin M. & Goma R. (2015b). « Remote sensing of Andean mountain snow cover to forecast water discharge of Cuyo rivers ». *Journal of Alpine Research* 103 (2), 27 p.
- Delbart N., Dunesme S., Lavie E., Madelin M. & Goma R. (2016). « Remote sensing of snow as a tool to forecast water shortage in the Argentinian dry Andes ». *ESA Living Planet* (poster), Prague.
- Denis P.-Y. (1968). « L'oasis de San Rafael : un exemple de mise en valeur récente dans le Piémont des Andes du Cuyo ». *Les Cahiers d'Outre-Mer* 21 (84), pp 337–380.
- Desbordes M. (2010). « Henry Pitot et l'aqueduc de Saint-Clément à Montpellier ». *Revue de l'économie méridionale* 58, 12 p.
- Dion R. (1933). *Le Val de Loire, étude de géographie régionale*. Thèse de doctorat de géographie, Paris, Université de Paris, 752 p.
- Dolatyar M. & Gray T.-S. (2000). « The politics of water scarcity in the Middle East ». *Environmental Politics* 9 (3), pp. 65–88.
- Dollfus O. (2007). *Les espaces de la mondialisation*. Paris, Presses de la Fondation nationale des sciences politiques, 167 p.
- Ekers M. & Loftus A. (2008). « The Power of Water: Developing Dialogues between Foucault and Gramsci ». *Environment and Planning D: Society and Space* 26 (4) pp. 698–718.
- Escudié L. (2018). *Distribution et accessibilité à l'eau potable, quelle vulnérabilité pour les usagers ? Application à la municipalité de Maipú, 'Gran Mendoza', Argentine*. Mémoire de M1 de géographie, Paris, Université Paris-Diderot.
- Faliès C., Marshall A. & Lavie E. (2018). « Transformer l'eau en raisins. Trajectoires des paysages viticoles irrigués des piémonts andins péruviens, chiliens et argentins ». In Sanjuan T., Lesourd M. & Tallet B. (Dir.) *Tropiques, développement et mondialisation. Hommages à Jean-Louis Chaléard*. Paris, éditions l'Harmattan, pp. 181–200.
- Falkenmark M. (1981). « Integrated view of land and water: the new cornerstone in environmental planning ». *Geografiska annaler, Serie A, Physical geography* LXIII, pp. 261–271.
- Falkenmark M., Lundqvist J. & Widstrand C. (1989). « Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches ». *Natural Resources Forum* 13 (4), pp. 258–267.
- Fernández Clemente E. (1990). « La política hidráulica de Joaquín Costa ». In Pérez-Picazo M.-T. & Lemeunier G. (Dir.) *Agua y modo de producción*. Barcelone, Editorial Crítica, pp. 69–97.
- Fernandez S. (2017). « Gouverner la pénurie d'eau. Quels discours et quelles pratiques ? ». In Pierron J.-P. & Harpet C. (Dir.) *Écologie politique de l'eau. Rationalités, usages et imaginaires*. Paris, Hermann, 587 p.

- Fofack R., Billaud J.-P., Kuper M. & Petit O. (2018). « Analyse du basculement des modes d'extraction des eaux souterraines dans le Saïss (Maroc). Vers une reconfiguration des mondes des eaux cachées ? ». *Développement durable et territoires* 9 (2).
- François M. (2006). « La pénurie d'eau en Espagne : un déficit physique ou socio-économique ? ». *Géocarrefour* 81 (1), pp. 25–35.
- Freitas T.-Ç.-M. & Mozine A.-C.-S. (2015). « Towards a lusophone political ecology: assessing 'para inglês ver' environments ». In Bryant R.-L. (Dir.) *The International Handbook of Political Ecology*. Londres, Edward Elgar Publishing, 720 p.
- Gade D. (1987). « 'Tropicalisation' de la végétation ornementale de la Côte d'Azur ». *Méditerranée* 62 (4), pp. 19–25.
- Gallais J. (1967). *Le delta intérieur du Niger : étude régionale*. Thèse de doctorat de géographie, Dakar, IFAN, 620 p.
- Gandy M. (2004). « Rethinking urban metabolism: water, space and the modern city ». *City* 8 (3), pp. 363–379.
- Garcier R. (2010). « Du bon usage de la pénurie en eau ». *Géocarrefour* 85 (2), pp 169–180.
- Garcier R. & Bravard J.-P. (2013). « La durabilité des oasis: aperçus de géographie historique à partir du cas de l'oasis de Kharga, Egypte ». Actes du colloque *Oasis dans la mondialisation : ruptures et continuités*, Paris, CRESC et PRODIG. pp. 29–36.
- Garcier R. & Bravard J.-P. (2014). « Qu'est-ce qu'une oasis ? Réflexions géographiques sur un objet-limite ». In Tallet G. & Zivie-Coche C. (Dir.) *Le Myrte et la Rose : Mélanges offerts à Françoise Dunand*. Montpellier, Presses universitaires de Montpellier, pp. 305–323.
- Gauché E. (2006). « Pénurie d'eau et campagnes en crise dans les Beni Saïd (Rif oriental, Maroc) ». *Géocarrefour* 81 (1), pp 51–60.
- Gaudin A. & Fernandez S. (2018). « En attendant les barrages. Gouverner les temporalités de la gestion de la pénurie en eau dans le sud-ouest de la France ». *Développement Durable et Territoires* 9 (2).
- Gautier D. & Benjaminsen T.-A. (2012). *Environnement, discours et pouvoir. L'approche Political ecology*. Paris, Quae, 256 p.
- Gautier D. & Kull C.-A. (2015). « French research traditions on peasant agricultural systems: a convergence with political ecology? ». In Perreault T., Bridge G. & Mc Carthy J. (Dir.) *The Routledge Handbook of Political Ecology*. Oxford, Routledge, pp. 76–88.
- Geertz C. (1972). « The wet and the dry: Traditional irrigation in Bali and Morocco ». *Human Ecology* 1 (1), pp. 23–39.

de Geoffroy A. (2009). *Aux marges de la ville, les populations déplacées par la force : enjeux, acteurs et politiques : étude comparée des cas de Bogotá (Colombie) et de Khartoum (Soudan)*. Thèse de doctorat de géographie politique, Saint-Denis, Université Paris 8.

George P. (1956). « L'oasis de Tachkent ». *Bulletin de l'Association de géographes français* 33 (257), pp. 85–97.

Gervais-Lambony P. & Dufaux F. (2009). « Justice... spatiale ! ». *Annales de géographie* 665-666, pp. 3–15.

Gervais-Lambony P. & Landy F. (2007) « Introduction ». *Autrepart* 1 (14), pp. 3–14.

Ghiotti S. & Honegger A. (2012). « Le contrat de canal : une contribution à un nouveau mode de gouvernance de la gestion de l'eau agricole à l'échelle locale ? ». In Aspe C. (Dir.) *De l'eau agricole à l'eau environnementale. Résistance et adaptation aux nouveaux enjeux de partage de l'eau en Méditerranée*. Paris, Quae, pp. 301–314.

Ghiotti S. & Rivière-Honegger A. (2009). « Eaux sous « pressions » et développement des territoires périurbains en Méditerranée occidentale (Languedoc-Roussillon). La vigne, le *Sphaeromide raymondi* et les piscines ». *Norois* 211, pp. 37–52.

Ghorra-Gobin C. (2009). « À l'heure de la « deuxième » mondialisation, une ville mondiale est-elle forcément une ville globale ? ». *Confins* 5.

Ginisty K. (2009). *Les petits opérateurs d'approvisionnement en eau à Maputo : inscription spatiale et acteurs du territoire*. Paris, AFD rapport interne.

Gleick P.-H. & Palaniappan M. (2010). « Peak water limits to freshwater withdrawal and use ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (25), pp. 11155–11162.

Golge M., Yenilmez F. & Aksoy A. (2013). « Development of pollution indices for the middle section of the Lower Seyhan Basin (Turkey) ». *Ecological Indicators* 29, pp. 6–17.

Gómez Mendoza J. & Ortega Cantero N. (1987). « Geografía y regeneracionismo en España ». *Sistema* 77, pp. 77–89.

Graefe O. (2011). « Eau et société : rapports, théories et concepts ». *Séminaire hydrosystèmes et hydrologie, Nanterre*.

Grataloup C. (2004). « Centre-périphérie ». *Hypergé*.

Grindlay A.-L., Zamorano M., Rodríguez M.-I., Molero E. & Urrea M.-A. (2011) « Implementation of the European Water Framework Directive: Integration of hydrological and regional planning at the Segura River Basin, southeast Spain ». *Land Use Policy* 28 (1), pp. 242–256.

Gudiño M.-E. (2017). *Ordenar el territorio. Un desafío para Mendoza*. Mendoza, éditions EDIUNC, 470 p.

Guérin-Schneider L. (2011) « Histoires des services publics d'eau potable et d'assainissement : entre stabilité et reconfiguration ». In Bouleau G. & Guérin-

- Schneider L. (Dir.) *Des tuyaux et des hommes. Les réseaux d'eau en France*. Paris, Quae, Coll° Indisciplines, pp. 23–47.
- Guillemot M. (2016). *La gestion de l'eau dans le bassin-versant de l'Argent-Double (Aude) : quelle(s) influence(s) sur les façons d'irriguer et de cultiver ?* Mémoire de M1 de géographie, Paris, Université Paris-Diderot, 82 p.
- Guzmán-Colis G., Thalasso F., Ramírez-López E.-M., Rodríguez-Narciso S., Guerrero-Barrera A.-L. & Avelar-González F.-J. (2011) « Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes ». *Revista internacional de contaminación ambiental* 27 (2), pp. 89–102.
- Hallock D. (2002). *A Water Quality Index for Ecology's Stream Monitoring Program*. Document du ministère de l'écologie de l'État de Washington, USA.
- Hansis R.-A. (1977). « Land Tenure, Hazards, and the Economy: Viticulture in the Mendoza Oasis, Argentina ». *Economic Geography* 53 (4), pp. 368–371.
- Hardy S. (2009). « La vulnérabilité de l'approvisionnement en eau dans l'agglomération pacénienne : le cas du sous-système El Alto ». *Cybergeo*.
- Hassan El-Tayib N. (2008). *Socio –Economic Factors Associated with Water Quality and Kidney Diseases in the City of Khartoum – Sudan*. CEDEJ, Document interne.
- Hébert S. (2005). *L'Indice de Qualité Physique et Chimique (IPQB)*. Québec, Ministère de l'environnement aquatique.
- Hévin J.-E. (2013). *Problèmes de gouvernance et de vulnérabilités en matière d'accès à l'eau potable : le cas de la municipalité de Las Heras (Province de Mendoza, Argentine)*. Mémoire de M1 de géographie, Paris, Université Panthéon-Sorbonne-Paris 1.
- Heynen N.-C., Kaika M. & Swyngedouw E. (2006). *In the Nature of Cities: Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*. Londres, Routledge, 296 p.
- Jaglin S. (2004). « Être branché ou pas ». *Flux* 56-57, pp. 4–12.
- Jaglin S. (2005). *Services d'eau en Afrique subsaharienne: La fragmentation urbaine en question*. Paris, CNRS éditions, 195 p.
- Jaglin S. (2008). « Differentiating networked services in Cape Town: Echoes of splintering urbanism? ». *Geoforum* 39 (6), pp. 1897–1906.
- Jaglin S. (2012). « Services en réseaux et villes africaines : l'universalité par d'autres voies ? ». *L'Espace Géographique* 41 (1), pp. 51–67.
- Jaglin S. & Zérah M.-H. (2010). « Eau des villes : repenser des services en mutation. Introduction ». *Revue Tiers Monde* 203, pp. 7–22.
- Janssens S. & Thill Z. (2013). « Water in Azraq (Jordan): a fluid link between state and society ». *Journal des anthropologues* 132-133, pp. 317–338.
- Kaika M. (2003). « Constructing Scarcity and Sensationalising Water Politics: 170 Days That Shook Athens ». *Antipode* 35 (5), pp. 919–954.

- Kaika M. (2005). *City of Flows: Modernity, Nature, and the City*. Londres, Routledge, Psychology Press, 213 p.
- Kallis G. (2010). « Coevolution in water resource development: The vicious cycle of water supply and demand in Athens, Greece ». *Ecological Economics* 69 (4); pp. 796–809.
- Kauffer E. (2006). « Le Mexique et l'eau : de la disponibilité naturelle aux différents types de rareté ». *Géocarrefour* 81 (1), pp. 61–71.
- Khan A.-A., Tobin A., Paterson R., Khan H. & Warren R. (2005). « Application of CCME procedures for deriving site-specific water quality guidelines for the CCME water quality index ». *Water quality research journal of Canada* 40 (4), pp. 448–456.
- Kim S., Ojo G.-U., Zaidi R.-Z. & Bryant R.-L. (2012). « Other political ecologies: Introduction ». *Singapore Journal of Tropical Geography* 33 (1), pp. 29–33.
- Kooy M. & Bakker K. (2008). « Splintered networks: The colonial and contemporary waters of Jakarta. *Geoforum* 39 (6), pp. 1843–1858.
- Kumar D. & Alappat B.-J. (2004). « Selection of the appropriate aggregation function for calculating leachate pollution index ». *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management* 8 (4), pp. 253–264.
- Kumpel E. & Nelson K.-L. (2013). « Comparing microbial water quality in an intermittent and continuous piped water supply ». *Water Research* 47 (14), pp. 5176–5188.
- Kypreos V. (2018). *Evaluation de la durabilité des modes de consommation en eau sur l'île de Kalymnos en vue du contexte économique et environnemental*. Mémoire de M1 de géographie, Paris, Université Paris-Diderot.
- Kypreos V. (2019). *Étude sur la vulnérabilité des exploitants agricoles du Roussillon au risque de réduction de la ressource en eau en lien avec le changement climatique*. Mémoire de M2 de géographie. Paris, Université Paris-Diderot.
- Lacoste P (2004a). « La vid y el vino en América del Sur: el desplazamiento de los polos vitivinícolas (siglos XVI al XX) ». *Universum Talca* 19 (2), pp. 62–93.
- Lacoste P (2004b). « La vitivinicultura en Mendoza. Implicancias sociales y culturas (1561-2003) ». In Collectif, *Mendoza, Culture y economía*. Mendoza, éditions Andina Sur, coll° Cono Sur, pp. 58–113.
- Lacoste Y. (1990). « Oasis ». In Brunet, R. (Dir.) *Encyclopædia Universalis*.
- Ladki M. & Garin P. (2011). « La rétribution et la gestion collaborative de la multifonctionnalité des systèmes d'irrigation gravitaire : pourquoi, pour qui, et comment ? ». In Bouleau G. & Guérin-Schneider L. (Dir.) *Des tuyaux et des hommes. Les réseaux d'eau en France*. Paris, Quae, Coll° Indisciplines, pp. 155–175.
- Laganier R. & Arnaud-Fassetta G. (Dir.) (2009). *Les géographies de l'eau - Processus, dynamique et gestion de l'hydrosystème*. Paris, éditions l'Harmattan, 298 p.

- Laganier R., Arnaud-Fassetta G. & Dacharry M. (2009). « Les géographies de l'eau – Introduction ». Laganier R. & Arnaud-Fassetta G. (Dir.) (2009). *Les géographies de l'eau - Processus, dynamique et gestion de l'hydrosystème*. Paris, éditions l'Harmattan, pp. 11–22.
- Larsimont R., Alberto Carballo O. & Ivars D. (2018). « Las papas de la globalización: el complejo agroindustrial papero en el Valle de Uco, Mendoza, Argentina ». *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad* 5 (13).
- Laslaz L. (2017). « Jalons pour une géographie politique de l'environnement ». *L'Espace Politique* 32.
- Lasserre F. (2015). « Water in Las Vegas: coping with scarcity, financial and cultural constraints ». *City, Territory and Architecture* 2 (1), 11 p.
- Lasserre F. (2017). « Les projets d'exportation d'eau du Québec : grandeur et déclin d'un levier de développement national ». *Herodote* 165 (2), pp. 143–164.
- Lavie E. (2007). « La ressource hydro-électrique dans la Province de Mendoza (Argentine) ». *Les Cahiers d'Outre-Mer* 60 (239), pp. 319–339.
- Lavie E. (2009). *Activités anthropiques et qualité de l'eau dans l'oasis de Mendoza (Argentine): diagnostic, enjeux et durabilité*. Thèse de doctorat de géographie, Bordeaux, Université Bordeaux-Montaigne, 384 p.
- Lavie E. (2016). « Le sabīl : marquer l'Islam dans la ville par des points d'eau ». *Géocfluences*, 5 p.
- Lavie E. (2018). « Les nouvelles irrigations pressurisées : un défi pour la cartographie des réseaux d'irrigation ». *EchoGéo* 45.
- Lavie E., Morabito J.-A & Salatino S.-E. (2010). « Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza ». *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 42 (1), pp. 169–184.
- Lavie E. & Crombé L. (2011). « What kind of water for what kind of people? Inequities in the water supply in Greater Khartoum, Sudan ». *World Water Week*, Stockholm.
- Lavie E. & Beltrando G. (2013). « La canopée urbaine de Mendoza (Argentine) à l'épreuve de la gestion de l'eau ». *Science et changements planétaires / Sécheresse* 24 (3).
- Lavie E. & Hassan El-Tayib N. (2013). « From the tap to the mouth, drinking water quality in the domestic context in Khartoum, Sudan ». *EGU General Assembly*, (poster), Vienne.
- Lavie E., Laganier R., Morabito J.-A., Salatino S.-E., Medina de Dias R., Miralles S. & Hernandez R. (2013). « Impact of hydraulic structures and water use on solids in water in the Andean Argentinian piedmont : case studies on Tunuyan and Mendoza river valleys ». *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 36 (1), pp. 119–130.

- Lavie E. & Hassan El-Tayib N. (2014). « Du robinet au consommateur : qualité de l'eau potable dans le contexte domestique de l'agglomération de Khartoum, Soudan ». *Cybergeo*.
- Lavie E., Morábito J.-A. & Salatino S.-E. (2014). « Aplicación de índices integradores de calidad hídrica al piedemonte andino argentino ». *Tecnología y ciencias del agua* 5 (4), pp. 23–37.
- Lavie E., Hévin J.-E. & Drezen Y. (2015a). « Problèmes de gouvernance et vulnérabilités d'accès à l'eau potable, le cas de la municipalité de Las Heras (Province de Mendoza, Argentine) ». *L'Ordinaire des Amériques* 48, 64 p.
- Lavie E., Maupin A. & Blanchon D. (2015b). « La pénurie de l'eau : un discours à quelles fins ? ». In Redon M., Magrin G., Chauvin E., Perrier-Bruslé L. & Lavie E. (Dir.) *Ressources mondialisées, essai de géographie politique*. Paris, Publications de la Sorbonne, pp. 143–166.
- Lavie E., Morabito J.-A. & Salatino S.-E. (2017). « The Transformation of the Oases of Mendoza (Argentina): How the Provincial Socio-spatial Structure Was Reversed by the Crises of the 1980s and 2000s ». In Lavie E. & Marshall A. (Dir.) *Oases and globalisation: ruptures and continuities*. Springer eds, pp. 227–242.
- Lavie E. & Fort M. (2017). « Mountain-Oases Faced with New Roads: Case Studies from the Andes and the Himalayas ». In Lavie E. & Marshall A. (Dir.) *Oases and globalisation: ruptures and continuities*. Springer eds, pp. 133–152.
- Lavie E. & Marshall A. (Dir.) (2017). *Oases and globalisation: ruptures and continuities*, Springer international XV.
- Lavie E., Guillemot M. & Mangeret C. (2018). « Le futur espace hydraulique minervois. Mutations de l'irrigation dans le contexte de la mise en place du projet Aqua Domitia ». *Méditerranée, varia*.
- Lavie E. & Marshall A. (2019). « Accès à l'eau potable en périphérie de Mendoza (Argentine) : avant-postes et résistances à l'universalisation d'un nouveau modèle de service urbain ». *Annales de géographie* 725, pp. 5–30.
- Lavie E., Crombé L. & Marshall A. (V2 corrigée soumise juin 2019). « Taking water quality into account to define a "drinking waterscape": the case studies of two oasis towns, Khartoum and Mendozaé. *The Geographical Journal*.
- Laymond P. (2000). *Croissance urbaine et problèmes environnementaux à Mendoza (Argentine)*. Mémoire de DEA de géographie, Bordeaux, Université Bordeaux 3, 135 p.
- Leconte J. (2009). *Le poids économique, social et environnemental de l'irrigation dans les régions méditerranéennes françaises*. Rapport pour l'Association des Irrigants des Régions Méditerranéennes Françaises (AIRMF).

- Lereboullet A.-L. (2014). *Vulnérabilité et capacité d'adaptation au changement climatique de deux systèmes vitivinicoles méditerranéens. Un cas d'étude comparatif France (Roussillon) - Australie (McLaren Val)*. Thèse de doctorat de géographie, Paris, Université Paris-Diderot.
- Levy J. & Lussault M. (2006). *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Paris, Belin, 1128 p.
- L'Hôte Y. (2015). *Henri Pitot (1695-1771): son tube et l'aqueduc de Saint Clément*. Mémoire d'Oc, Groupe d'études languedociennes, 39 p.
- Linton J. (2008). « Is the Hydrologic Cycle Sustainable? A Historical–Geographical Critique of a Modern Concept ». *Annals of the Association of American Geographers* 98 (3), pp. 630–649.
- Linton J. (2010). *What Is Water?: The History of a Modern Abstraction*. Vancouver, Toronto UBC Press, 353 p.
- Linton J. & Budds J. (2014). « The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water ». *Geoforum* 57, pp. 170–180.
- Loftus A. (2006). « Reification and the Dictatorship of the Water Meter ». *Antipode* 38 (5), pp. 1023–1045.
- Loftus A. (2009). « Rethinking Political Ecologies of Water ». *Third World Quarterly* 30 (5), pp. 953–968.
- Loftus A. (2007). « Working the Socio-Natural Relations of the Urban Waterscape in South Africa ». *International Journal of Urban and Regional Research* 31 (1), pp. 41–59.
- Loftus A. (2017). « Political ecology I: Where is political ecology? ». *Progress in Human Geography* 1–11.
- Loftus A. & Lumsden F. (2008). « Reworking hegemony in the urban waterscape ». *Transactions of the Institute of British Geographers* 33 (1), pp. 109–126.
- Lombard J., Mesclier E. & Velut S. (2006a). « La mondialisation côté Sud - Introduction ». In Lombard J., Mesclier E. & Velut S. (Dir.) *La mondialisation côté Sud. Acteurs et territoires*. Paris, IRD, pp. 13–41.
- Lombard J., Mesclier E. & Velut S. (2006b). *La mondialisation côté Sud. Acteurs et territoires*. Paris, IRD, 496 p.
- Loubier S. & Gleyses G. (2011). « Financement et tarification des réseaux d'irrigation gérés par les Associations syndicales autorisées (ASA) ». In Bouleau G. & Guérin-Schneider L. (Dir.) *Des tuyaux et des hommes. Les réseaux d'eau en France*. Paris, Quae, Coll° Indisciplines, pp. 177–193.
- Lumb A., Halliwell D. & Sharma T. (2006). « Application of CCME Water Quality Index to Monitor Water Quality: A Case Study of the Mackenzie River Basin, Canada ». *Environmental Monitoring and Assessment* 113 (1-3), pp. 411–429.

M2 Espaces et Milieux (2018). *Étude de faisabilité. Étude prospective sur l'utilisation des eaux issues de la station d'épuration de la commune de Ouaouizerth (Maroc) pour l'irrigation de parcelles agricoles*. Travail collectif de stage opérationnel. Paris, Université Paris-Diderot.

Magrin G. (2015). « Double alchimie au lac Tchad : ou comment transformer la ressource en pénurie et la pénurie en ressources ». In Redon M., Magrin G., Chauvin E., Perrier-Bruslé L. & Lavie E. (Dir.) *Ressources mondialisées, essai de géographie politique*. Paris, Publications de la Sorbonne, pp. 167–177.

Mainguet M. (2003). *L'homme et la sécheresse*. Paris, Masson, 335 p.

Mangeret C. (2016). *Une stratégie d'adaptation économique d'un territoire viticole : l'irrigation de la vigne dans le Minervois (bassin versant de l'Argent-Double)*. Mémoire de M1 de géographie, Paris, Université Paris-Diderot, 71 p.

Margat J. (1998). « Consequences of inter-dependency of surface water and groundwater in water resources assessment ». Actes du colloque *In Water: a looming Crisis*, Paris, pp. 85–90.

Margat J. (2005). « Quels indicateurs pertinents de la pénurie d'eau ? ». *Géocarrefour* 80 (4).

Marshall A. (2009). *S'approprier le désert. Agriculture mondialisée et dynamiques socio-environnementales sur le piémont côtier du Pérou. Le cas des oasis de Viru et d'Ica-Villacuri*. Thèse de doctorat de géographie, Paris, Université Panthéon-Sorbonne-Paris 1.

Marshall A. (2014). *Apropiarse del desierto. Agricultura globalizada y dinámicas socioambientales en la Costa peruana*. Lima, Institut français d'études andines-IFEA & I.R.D. éditions vol. 331, 417 p.

Marshall A. & Lavie E. (2017). « Introduction ». In Lavie E. & Marshall A. (Dir.) *Oases and globalisation: ruptures and continuities*. Springer eds.

Martínez-Fernández J., Esteve-Selma M.-A. & Calvo-Sendín J.-F. (2000). « Environmental and Socioeconomic Interactions in the Evolution of Traditional Irrigated Lands: A Dynamic System Model ». *Human Ecology* 28 (2), pp. 279–299.

Masiokas M.-H., Villalba R., Luckman B.-H., Le Quesne C. & Aravena J.-C. (2006). « Snowpack Variations in the Central Andes of Argentina and Chile, 1951–2005: Large-Scale Atmospheric Influences and Implications for Water Resources in the Region ». *Journal of Climate* 19 (24), pp. 6334–6352.

Maupin A. (2010). *L'espace hydropolitique de l'Afrique australe. Le risque hydropolitique dans les politiques de gestion de l'eau des bassins transfrontaliers*. Thèse de doctorat de géographie, Bordeaux, Université Bordeaux-Montaigne.

Maupin A. & Lavie E. (2011). « The Hydropolitical Risk as a potential Water Management Tool? The results from Southern and Northern African case studies in Hydropolitics ». *AAG general assembly*, Seattle.

- Maynaud L. (2017). *Suivi de l'évolution de la végétation par télédétection et étude des débits fluviaux dans l'Oasis sud de Mendoza (Argentine)*. Mémoire de M1 de géographie, Paris, Université Paris-Diderot.
- MEDD & Agences de l'Eau (2003). *Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau SEQ-Eau*. Document internet Agences de l'Eau.
- Mesclier E., Marshall A., Auquier C. & Chaléard J.-L. (2017). « The Conceptual Approach of Oasis as Insights on Globalisation. Example of the Coastal Valleys of Northern and Central Peru ». In Lavie E. & Marshall A. (Dir.) *Oases and globalisation: ruptures and continuities*. Springer eds. pp. 33–49.
- Mesclier E., Piron M. & Gluski P. (2015). « Territoires et inclusion dans les périphéries de Lima (Pérou) : une démarche exploratoire à partir de données sur le raccordement à l'eau et au tout-à-l'égout ». *L'Espace Géographique* 44 (3), pp. 273–288.
- Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Subsecretaria de agricultura, pesca y alimentación & Subdirección general de análisis, coordinación y estadísticas (2018) ESYRCE - *Encuestas sobre superficie y rendimientos de cultivos - resultados 2018*. Document en ligne.
- Montaña E. (2006). « Patrimoine culturel et croissance urbaine durable. Le système rue-canal d'irrigation-trottoir-arbre dans la ville oasis de Mendoza, Argentine ». *L'information géographique* 2 (70), pp. 35–45.
- Montaña E. (2007). « Identidad regional y construcción del territorio en Mendoza (Argentina): memorias y olvidos estratégicos ». *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 36 (2), pp. 277–297.
- Morábito J.-A., Salatino S.-E., Medina R., Zimmermann M., Filippini M.-F., Bermejillo A., Nacif N., Campos S., Dediol C., Pizzuolo P., Genovese D. & Mastrantonio L. (2005). « Calidad Del Agua En El Área Regadía Del Río Mendoza (argentina) ». *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 37 (1), pp. 1–23
- Morábito J.-A., Salatino S.-E., Medina R., Zimmermann M., Filippini M.-F., Bermejillo A., Campos S., Nacif N., Dediol C., Genovese D., Pizzuolo P.-H., Mastrantonio L. & Valdés A. (2007). « Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza : temperatura, pH, iones solubles y sólidos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 39 (1), pp. 9–20.
- Morábito J.-A., Salatino S.-E. & Schilardi C. (2012). « El desempeño del uso agrícola del agua en los oasis de los ríos Mendoza y Tunuyán a través de nuevos indicadores. Mendoza ». *VI Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego, Mendoza*.
- Moriana A., Orgaz F., Pastor M. & Fereres E. (2003). « Yield Responses of a Mature Olive Orchard to Water Deficits ». *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128 (3), pp. 425–431.
- Mosse D. (2008). « Epilogue: The Cultural Politics of Water – A Comparative Perspective ». *Journal of Southern African Studies* 34 (4), pp. 939–948.

- Nègre M. (2004). *ONG et autoritarisme au Soudan : l'eau en question*. Le Caire, Cedej éditions, coll° 15-20, 111 p.
- Nguimalet C.-R., Balikouzou-Hinna D.-A., Rasoanantoandro Gothard-Bassebe M.-C. & Semballa S. (2005). « Gestion de la qualité de l'eau, conflits et risques dans la ville de Bangui (République centrafricaine) ». *Géocarrefour* 80 (4), pp. 325–334.
- Norte F.-A. (1988). *Características climatológicas del viento Zonda en la región de Cuyo*. Thèse de doctorat de géographie, Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires.
- Offner J.-M. (1993). « Le développement des réseaux techniques : un modèle générique ». *Flux* 9 (13), pp. 11–18.
- Orlove B. & Caton S.-C. (2010). « Water Sustainability: Anthropological Approaches and Prospects ». *Annual Review of Anthropology* 39 (1), pp 401–415.
- Ortega Cantero N. (1995). « El plan general de canales de riego y pantanos de 1902 ». In Gil Olcina A. & Morales Gil A. (Dir.) *Planificación hidráulica en España*. Murcia, Fundación Caja del Mediterráneo, pp. 107–136.
- Ortí A. (1984). « Política hidráulica y cuestión social: orígenes, etapas y significados del regeneracionismo hidráulico de Joaquín Costa ». *Agricultura y Sociedad* 32, pp.11–107.
- Pardé M. (1964). *Études potamologiques sur la Loire et ses affluents*. Poitiers, éditions Sfil.
- Percival V. & Homer-Dixon T. (1998). « Environmental Scarcity and Violent Conflict: The Case of South Africa ». *Journal of Peace Research* 35 (3), pp. 279–298.
- Pereira L.-S., Cordery I. & Iacovides I. (2002). « Coping with water scarcity ». *Technical Documents in Hydrology* 58.
- Pérez Romagnoli E. (2007). « Immigrants métallurgistes français et viti-viniculture moderne à Mendoza et San Juan, Argentine (1885-1930) ». *Les Cahiers d'Outre-Mer* 60 (239), pp. 283–299.
- Pérez-Picazo M.-T. & Lemeunier G. (2000). « Formation et mise en cause du modèle de gestion hydraulique espagnol de 1780 à 2000 ». *Économies Sociétés HS* 37, Les usages de l'eau : échelles et modèles en Méditerranée, pp. 71–98.
- Pesce S.-F. & Wunderlin D.-A. (2000). « Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquía River ». *Water Research* 34 (11), pp. 2915–2926.
- Poblete A.-G., Minetti J.-L. & Sierra E.-M. (1989). « La influencia del régimen hídrico andino-puneño en el Oasis del Noroeste Argentino y Cuyo ». *Revista de Geofísica. Instituto Panamericano de Geofísica e Historia* 30, pp. 137–149.
- Ponte J.-R. (2006). « Historia del regadío. Las acequias de Mendoza, Argentina ». *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales* 10.

- Ponte J.-R. & Cervini S. (1998). *Mendoza, donde las acequias encauzan la historia*. Mendoza, éditions DGI.
- Portes A. (1997). « Globalization from Below: The Rise of Transnational Communities ». *Princeton University Working Papers WPTC*. Princeton.
- Prost B. (2004). « Marge et dynamique territoriale ». *Géocarrefour* 79 (2), pp. 175–182.
- Racaud S. (2015). « Chasing a Pair of Chinese Sandals: Markets and Trade Routes in Cameroon ». *Articulo - Journal of Urban Research* 12.
- Redon M., Magrin G., Chauvin E., Perrier-Bruslé L. & Lavie E. (Dir.) *Ressources mondialisées, essai de géographie politique*. Paris, Publications de la Sorbonne, 336 p.
- Reisner, M. (1986). *Cadillac Desert: The American West Andits Disappearing Water*. Viking.
- Reynaud A. (1981). *Société, espace, justice*. Paris, Presses Universitaires de France, 263 p.
- Riaux J. (2006). *Règles de l'Etat - règles de la communauté : une gouvernance locale de l'eau. Anthropologie comparée de deux systèmes d'irrigation ancien en contexte d'intervention publique : vallée des Aït Bou (Haut Atlas -Maroc), plaine de Vinça (Pyrénées-France)*. Thèse de doctorat en anthropologie, Paris, EHESS.
- Richard-Jorba R. (2004). « ¿Echar raíces o hacer la América? Un panorama de la inmigración europea hacia la región vitivinícola argentina y algunos itinerarios económicos en la provincia de Mendoza, 1850-1914 ». *Amérique Latine Histoire et Mémoire. Les Cahiers ALHIM* 9.
- Richard-Jorba R.-A. (2006). « Formation, crisis y reorientaciones de la vitivinicultura en Mendoza y San Juan, 1970-2000: Aportes para el estudio del sector en la Argentina ». *Boletín Geográfico* 28, pp. 79–122.
- Rivière-Honegger A. (2008). *Regards sur les paysages de l'eau. Evolution des usages de l'eau, dynamiques du territoire et mutations paysagères en Méditerranée occidentale*. HDR de géographie, Lyon, ENS de Lyon.
- Rivière-Honegger A. (2010). « Les Associations syndicales autorisées en Languedoc-Roussillon : entre l'expérience ancestrale et une vocation de gestion concertée de la ressource (France) ». In Schneier-Madanès G. (Dir.) *L'eau mondialisée*. Paris, éditions de la Découverte, pp. 323–335.
- Robillard J. (2009). *Des glaciers aux vignobles : gestion de l'eau et stratégies d'irrigation dans les terroirs vitivinicoles de la province de Mendoza*. Mémoire de M1 de géographie, Paris, Université Panthéon-Sorbonne-Paris 1, 165 p.
- Robillard J. (2010). *L'accès à l'eau dans l'Oasis de Valle de Uco (Province de Mendoza, Argentine). Quand l'agriculture sort des périmètres irrigués traditionnels pour transformer le désert en vignoble*. Mémoire de M2 de géographie, Paris, Université Panthéon-Sorbonne-Paris 1, 99 p.

- Rodríguez Pleguezuelo C.-R., Francia Martínez J.-R., García Tejero I.-F., Gálvez Ruíz B., Franco Tarifa D. & Durán Zuazo V.-H. (2018). « Avocado (*Persea americana* Mill.) Trends in Water-Saving Strategies and Production Potential in a Mediterranean Climate, the Study Case of SE Spain: A Review ». In García Tejero I.-F. & Durán Zuazo V.-H. (Dir.) *Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment*. Academic Press. pp. 317–346.
- Rollin D., Brelle F., Citeau J.-M. & Villocel A. (2013). « Avec leur statut original, quels rôles pour les sociétés d'aménagement régional dans les politiques de l'eau et de l'irrigation ? ». *Sciences Eaux & Territoires* 2(11), pp. 96–98.
- Romdhane A. (1989). *Gestion de l'eau dans les oasis littorales du Sud tunisien (Gouvernorat de Gabès)*. Mémoire de DEA de géographie, Montpellier, Université Montpellier 3.
- Ronchail J., Cohen M., Alonso-Roldán M., Garcin H., Sultan B. & Angles S. (2014). « Adaptability of Mediterranean Agricultural Systems to Climate Change: The Example of the Sierra Mágina Olive-Growing Region (Andalusia, Spain). Part II: The Future ». *Weather, Climate, and Society* 6 (4), pp. 451–467.
- Roux A-L (1982). « Le Haut-Rhône français : lieu privilégié d'une recherche interdisciplinaire sur la gestion écologique des ressources en eau ». *Revue de géographie de Lyon* 57 (1), pp. 1–5.
- Ruf T. (2012a). « La complexité territoriale de l'irrigation en Méditerranée. Du bassin versant au bassin déversant, une dualité nécessaire pour gérer l'offre et la demande en eau et arbitrer les conflits ». In Aspe, C. (Dir.) *De l'eau agricole à l'eau environnementale. Résistance et adaptation aux nouveaux enjeux de partage de l'eau en Méditerranée*. Paris, Quae, pp. 271–290.
- Ruf T. (2012b). « Le projet Aqua Domitia : intérêt et limites ». *Pour* 213, pp. 65–74.
- Ruf T. (2014). *Dynamique foncière en aménagement radioconcentrique de l'étang de Montady* : Emission de TV, MSHSUDTV.
- Ruf T. (2015a). « Controverses autour d'Aqua Domitia. Jeux d'acteurs et implication d'un géographe ». Actes de colloque *Les savoirs des sciences sociales Débats, controverses, partages*. Marseille.
- Ruf T. (2015b). « Transférer l'eau du Rhône dans le Languedoc : regard critique sur les incidences du projet Aqua Domitia et les contradictions territoriales ». *Territoire en mouvement* 25-26.
- Ruf T. & Riaux J. (2008). *Innovations sociales et Institutionnelles dans la Gestion de l'Irrigation en Méditerranée - Synthèse générale*. ISIIMM.
- Rusca M., Boakye-Ansah A.-S., Loftus A., Ferrero G. & van der Zaag P. (2017). « An interdisciplinary political ecology of drinking water quality. Exploring socio-ecological inequalities in Lilongwe's water supply network ». *Geoforum* 84, pp. 138–146.

- Salomon J.-N. & Prat M.-C. (2004). *Le piémont andin argentin : environnement, risques et enjeux*. Bordeaux, Hors-série, Travaux du Laboratoire de Géographie physique appliqué.
- Salomón M., Abraham E., Sanchez C.-M., Rosell M., Thomé R., Lopez J. & Albrieu H. (2008). « Análisis de los impactos ambientales generados por las presas sobre los sistemas de riego. Cuenca del río Mendoza ». *Workshop Internacional Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para la modernización de los sistemas de irrigación y valorización de los sistemas de riego ancestrales*, Catarina.
- Sanchis-Ibor C., Boelens R. & García-Mollá M. (2017). « Collective irrigation reloaded. Re-collection and re-moralization of water management after privatization in Spain ». *Geoforum* 87, pp. 38–47.
- Sautter G. (1966). *De l'Atlantique au fleuve Congo : une géographie du sous-peuplement*. Thèse de doctorat de géographie publiée, La Haye, Mouton, 1102 p.
- Savenije H.-H.-G. (2000). « Water scarcity indicators; the deception of the numbers ». *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 25 (3), pp. 199–204.
- Schirmer R. (2005). « Le Chili, un vignoble à la conquête du monde ». *Les Cahiers d'Outre-Mer* 231–232, pp. 301–328.
- Schirmer R. (2007). « Les vins du Nouveau Monde sont-ils a-géographiques ». *Bulletin de l'Association de géographes français* 84 (1), pp. 65–80.
- Schumm S.-A. (1977). *The fluvial system*. UCA, The Blackburn Press, 338 p.
- Shahin M.-M.-A. (1985). *Hydrology of the Nile Basin*. Elsevier sciences.
- Singh K.-P., Malik A., Mohan D. & Sinha S. (2004). « Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study ». *Water Research* 38 (18), pp. 3980–3992.
- Sofo A., Manfreda S., Fiorentino M., Dichio B. & Xiloyannis C. (2008). « The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates ». *Hydrology and Earth System Sciences* 12 (1), pp. 293–301.
- Strang V. (2004). *The meaning of water*. Oxford, Berg, 288 p.
- Sullivan C.-A., Meigh J.-R. & Giacomello A.-M. (2003). « The Water Poverty Index: Development and application at the community scale ». *Natural Resources Forum* 27 (3), pp. 189–199.
- Swyngedouw E. (1999). « Modernity and Hybridity: Nature, Regeneracionismo, and the Production of the Spanish Waterscape, 1890–1930 ». *Annals of the Association of American Geographers* 89 (3), pp. 443–465.
- Swyngedouw E. (2004). *Social Power and the Urbanization of Water: Flows of Power*. Oxford, Oxford University Press, 234 p.

- Swyngedouw E. (2009). « The Political Economy and Political Ecology of the Hydro-Social Cycle ». *Journal of Contemporary Water Research & Education* 142 (1), pp. 56–60.
- Taïbi A.-N., El Khalki Y. & El Hannani M. (2015). *Atlas régional Région du Tadla Azilal Maroc*. Angers, éditions de l'Université d'Angers, 99 p.
- Thorez J. (2013). « La fin des oasis d'Asie centrale ? L'émigration des populations oasiennes d'Ouzbékistan, du Tadjikistan et du Kirghizstan ». Actes du colloque *Oasis dans la mondialisation : ruptures et continuités*, Paris, CRESC et PRODIG, pp. 84–91.
- Treyer S. (2006). *A quelle raréfaction de l'eau faut-il se préparer ? Construire une intervention prospective au service de la planification pour les ressources en eau en Tunisie*. Thèse de doctorat en agronomie, Paris, ENGREF.
- Trottier J. (2007). *Eau, pouvoir et société*. HDR en sciences politiques, Bordeaux, Université Bordeaux-Montesquieu, 290 p.
- Trottier J. (2008). « Water crises: political construction or physical reality? ». *Contemporary Politics* 14 (2), pp. 197–214.
- Truelove Y (2011). « (Re-)Conceptualizing water inequality in Delhi, India through a feminist political ecology framework ». *Geoforum* 42 (2), pp. 143–152.
- Tulet J.-C. & Bustos R. (2005). « Le vignoble de Mendoza (Argentine), entre vin de table et vin de qualité ». *Les Cahiers d'Outre-Mer* 58, pp. 281–300.
- Turton A & Ohlson L (1999). « Water scarcity and social stability: towards a deeper understanding of the key concepts needed to manage water scarcity in developing countries ». *Proceedings of the 9th Stockholm Water Conference*, Stockholm.
- Turton A. & Meissner R. (2002). « The hydrosocial contract and its manifestation in society: A South African case study ». In Turton A. & Henwood R. (Dir.) *Hydropolitics in the Developing World. A southern African perspective*. Pretoria, African Water Issues Research Unit, pp. 37–60.
- Turton A., Meissner R., Mampane P.-M. & Seremo O. (no date). *A hydropolitical history of South Africa's International river basins*. Rapport, African Water Issues Research Unit (AWIRU), University of Pretoria.
- Velut S. (2002). « Argentine géographie d'une crise ». *L'Espace Géographique* 31 (2), pp. 175–178.
- Verdeil E. (2010). « Les services urbains en réseau dans les pays arabes : diversité des réformes libérales et de leurs effets territoriaux ». *Géocarrefour* 85 (2) pp 99–108.
- Verdeil V. (2003). *Marchés locaux de l'eau. Pratiques et territoires de l'approvisionnement en eau à Metro Cebu, Philippines*. Thèse de doctorat de géographie, Saint-Denis, Université Paris 8.
- Verdeil V. (2004). « Branchements collectifs et pratiques sociales à Metro Cebu, Philippines : des services d'eau en quête de légitimation ». *Flux* 56-57, pp 57–70.

- Veyrac-Ben Ahmed B. & Abdedayem S. (2017). « Oases in Southern Tunisia: The End or the Renewal of a Clever Human Invention? ». In Lavie E. & Marshall A. (Dir.) *Oases and globalisation: ruptures and continuities*. Springer eds, pp. 3–16.
- Vicente-Serrano S.-M., Lopez-Moreno J.-I., Beguería S., Lorenzo-Lacruz J., Sanchez-Lorenzo A., García-Ruiz J.-M., Azorin-Molina C., Morán-Tejeda E., Revuelto J., Trigo R., Coelho F. & Espejo F. (2014). « Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe ». *Environmental Research Letters* 9 (4), pp. 044001.
- Vidal de la Blache P. (1921). *Principes de géographie humaine*. Paris, A. Colin.
- Vidal-Naquet P.-A. (1993). *Les ruisseaux, le canal et la mer: Les eaux de Marseille*. Paris, éditions l'Harmattan, 167 p.
- Walker P.-A. (2005). « Political ecology: where is the ecology? ». *Progress in human geography* 29 (1), pp. 73–82.
- Walker P.-A. (2006). « Political ecology: where is the policy? ». *Progress in human geography* 30 (3), pp. 382–395.
- Walker P.-A. (2007). « Political ecology: where is the politics? ». *Progress in human geography* 31 (3), pp. 363–369.
- Wash R.-P. & Musa S.-B. (1991). « Hydrology of Sudan's Capital region ». In Abu Sin M.-E. & Davies H.-J.-R. (Dir.) *The future of Sudan's capital region: a study in development and change*. Khartoum, Khartoum University Press, pp. 47–61.
- Wateau F. (2002). *Partager l'eau. Irrigation et conflits au nord-ouest du Portugal*. Paris, CNRS Editions/MSH, 277 p.
- Welsch C. (2017). *Impacts agro-environnementaux de l'irrigation des systèmes cultivés sur le plateau de Valensole*. Mémoire de fin d'école d'ingénieur agronome, Montpellier, Sup-Agro.
- Zamorano M. (1985). « La organización espacial de los oasis irrigados de Mendoza y San Juan, República Argentina ». *Paralelo* 37 (8), pp. 663–674.
- Zérah M.-H. (2008). « Splintering urbanism in Mumbai: Contrasting trends in a multilayered society ». *Geoforum* 39 (6), pp. 1922–1932.
- Zug S. (2013). *The Gift of Water: Bourdieusian Capital Exchange and Moral Entitlements in a Neighbourhood of Khartoum*. Münster, LIT Verlag, 331 p.
- Zug S. & Graefe O. (2014). « The gift of water. Social redistribution of water among neighbours in Khartoum ». *Water Alternatives* 7 (1), pp. 140–159.

Table des matières

Remerciements.....	3
Sommaire	5
Introduction.....	7
Première bifurcation : De la pollution de l'eau à la gestion de la pénurie.....	8
Seconde bifurcation : Des oasis à la Méditerranée	9
Une problématique générale : Gérer la rareté en eau dans les espaces oasiens mondialisés.....	10
Partie 1 : Positionnements et approches.....	13
Chapitre 1. Positionnement scientifique et théorique : des sciences humaines et sociales à la géographie de l'eau.....	15
1.1. À l'échelle des SHS : la <i>political ecology</i>	15
1.2. Dans le domaine des sciences de l'eau : les <i>water studies</i>	19
1.2.1. Une tradition disciplinaire géographique.....	19
• La compréhension des processus d'écoulement.....	20
• Gérer l'eau par les stocks.....	20
1.2.1. Un cadre théorique transdisciplinaire	21
• La <i>political ecology</i> appliquée aux <i>water studies</i>	21
• Les approches socio-techniques (AST).....	22
1.3. Des concepts transdisciplinaires privilégiés dans mes recherches.....	25
1.3.1. L'hydrosystème.....	25
1.3.2. Le cycle hydrosocial	28
1.3.3. Le <i>waterscape</i>	30

Chapitre 2. Gérer la rareté de l'eau dans les oasis mondialisées	33
2.1. Un thème principal : de la gestion de la rareté à la construction de la pénurie	33
2.1.1. Pénurie et rareté : définition et estimation.....	33
• Définir le risque de pénurie	33
• Estimer l'offre en eau : des indices quantitatifs internationaux de mesure de la pénurie.....	35
2.1.2. La pénurie en eau : de sa construction à son utilisation	38
• La pénurie comme construction sociale.....	38
• L'utilisation de la pénurie à des fins politiques et économiques	40
2.2. Des terrains privilégiés : les oasis mondialisées	41
2.2.1. Les oasis, paysages ou concept ?	42
• Un cadre théorique déterministe « le modèle oasis ».....	42
• La déconstruction du « modèle oasis »	43
• Les types d'oasis	45
2.2.2. La mondialisation des espaces oasiens.....	48
• La mondialisation dans la recherche en géographie française	49
• Que sont alors des oasis mondialisées ?.....	50
2.2.3. Le choix des villes-oasis mondialisées.....	51
• Mendoza, vignoble du Nouveau Monde.....	53
• Khartoum, le pétrole comme économie de rente.....	55
• Gabès, oasis industrielle	58
• Ouaouizerth : tentative de certification de l'huile d'olive.....	59
2.3. Des approches méthodologiques très marquées par le terrain	61
2.3.1. Mesures de la qualité : métrologie	61
2.3.2. Les entretiens semi-directifs et la question de la langue.....	62
2.3.3. De la difficulté de faire du terrain dans des pays instables et/ou être chercheuse dans des pays où les femmes sont moins considérées	63
2.3.4. Des données de terrain à la valorisation	66

Partie 2 : Trajectoires..... 69

Chapitre 3. Gérer la rareté : l'eau, élément structurant des villes-oasis..... 71

3.1. Le risque de pénurie en eau à Mendoza	72
3.1.1. Anticiper l'aléa sécheresses hydrologiques par l'estimation des volumes de neige à fondre	72
3.1.2. Atténuer les vulnérabilités des usager/ère.s : un processus à peine entamé	75
3.2. Structuration des espaces oasiens par la gestion des eaux d'irrigation	78
3.2.1. Les inversions centre-périphérie dans un contexte d'agriculture mondialisée	79
3.2.2. Des changements de structure par la privatisation de l'irrigation.....	79
3.2.3. Des changements de structure par des actions collectives	83
3.3. Structuration des villes oasiennes par l'accès à l'eau potable	88
3.3.1. Contexte et méthodologie.....	88
3.3.2. À quel modèle de mise de réseau correspond l'agglomération de Mendoza ?.....	92
• La fragmentation gestionnaire	92
• Des modèles techniques qui diffèrent entre centre et périphéries	94
3.3.3. La topographie n'est pas un critère déterminant.....	97
3.3.4. Les inégalités socio-économiques jouent un rôle déterminant en périphérie.....	99
3.3.5. Quand le micro-réseau devient le modèle dominant.....	101

Chapitre 4. La qualité de l'eau, nouvelle entrée pour analyser le risque de pénurie

105

4.1. Irriguer avec de l'eau de bonne qualité à Mendoza.....	107
4.1.1. L'enjeu du suivi hydro-qualitatif de l'eau d'irrigation	107
4.1.2. Pour optimiser l'irrigation, l'enjeu du suivi des solides dissous et en suspension	111
4.1.3. Pour valoriser les travaux, l'enjeu des indices intégrés	115
4.1.4. Que retenir de mes travaux sur la qualité de l'eau d'irrigation des oasis de Mendoza, dans le cadre de la prise en compte de la qualité de l'eau dans le risque de pénurie en eau agricole ?	120

4.2. La qualité de l'eau potable dans les villes-oasis : mesures et redéfinitions du <i>drinking-waterscape</i>	121
4.2.1. La qualité de l'eau du robinet, métrologie à Khartoum.....	122
• Le contexte.....	122
• La méthodologie.....	127
• Les résultats.....	128
4.2.2. Prendre en compte la qualité de l'eau dans le <i>waterscape</i>	130
• Qualité et foi religieuse.....	132
• Qualité et bricolages quotidiens.....	132
• Qualité et pouvoirs.....	134
• En conclusion : la qualité du <i>waterscape</i> pour compléter l'analyse de la gestion du risque de pénurie	135

Partie 3 : Perspectives..... 139

Chapitre 5. La Méditerranée européenne s'oasise-t-elle ?..... 141

5.1. De la gestion des pénuries à la gestion de l'abondance en Méditerranée : l'exemple de la France	142
5.1.1. Des grandes structures hydrauliques à vocations domestiques dès la fin du XIX ^{ème} siècle.....	142
5.1.2. Pas de grande tradition de l'irrigation dans le sud de la France	143
5.1.3. De la pénurie à l'abondance	144
5.2. Un « modèle d'oasis mondialisée » qui se développe hors du domaine aride	145
5.2.1. L'oasisation.....	145
5.2.2. Transferts de modèles ?	146
5.3. Des infrastructures hydrauliques régionales en Europe méditerranéenne....	148
5.3.1. Les transferts espagnols.....	149
• « Régénérer » le pays par une politique hydraulique au XIX ^{ème} siècle..	149
• Les plans successifs de rééquilibrage entre les façades océanique et méditerranéenne.....	150
• Irriguer la <i>huerta de Europa</i> avec l'eau du Tage	153
5.3.2. Les Sociétés d'Aménagement Régional (SAR) françaises.....	154

• Le contexte politique : la délégation de l'hydraulique par l'État français aux régions	155
• La Société du Canal de Provence.	155
• Bas Rhône Languedoc.....	156
5.4. Des hyperspécialisations.....	158
5.4.1. Des spécialisations agricoles soutenues par l'irrigation	159
• De grands monopoles de cultures	159
• De nouvelles niches.....	162
5.4.2. La priorisation mise sur l'eau domestique dans les secteurs touristiques.....	166
• L'exemple de l'alimentation en eau potable d'Athènes.....	166
• L'exemple de l'alimentation en eau potable du littoral d'Occitanie.....	168
Chapitre 6. Un exemple d'oasisation en cours : le futur espace hydraulique du Minervoais audois	171
6.1. Le contexte du programme de recherche	171
6.2. Le paysage hydraulique actuel : des archipels de systèmes.....	172
6.2.1. Le système Jouarres de BRL	173
6.2.2. La basse vallée de l'Argent Double.....	174
6.2.3. Les irrigants ayant un droit d'eau sur le canal du Midi.....	176
6.2.4. L'irrigation gravitaire dans l'étang asséché de Marseillette.....	177
6.3. Quels objectifs pour les acteurs locaux ?	179
6.3.1. Quelques tensions autour du calendrier	179
6.3.2. Un objectif politique local : substituer les prélèvements <i>in situ</i> par une ressource allogène	180
6.3.3. Pour les irrigants, des objectifs différents	181
6.4. Des nouvelles logiques territoriales	183
6.4.1. Un retour à l'irrigation collective	183
6.4.2. Homogénéiser le territoire : avant-postes et freins.....	185
Conclusion générale	187
Bilan de mes activités :.....	187
Les principaux apports à la recherche fondamentale	187

La formation par la recherche.....	188
Les liens entre formation et recherche dans le cadre des cours.....	188
Perspectives : aller au-delà de l’HDR.....	190
Faire évoluer les enseignements.....	190
Des projets de recherche en perspective	190
Un point à renforcer : les liens avec la société civile	192
Bibliographie.....	193
Table des matières.....	219
Index	225

Index

Index des figures

Figure 1 : Localisation de mes terrains de recherche et dates des missions	9
Figure 2 : Le cycle hydrologique de Horton.....	20
Figure 3 : Trajectoires différenciées	23
Figure 4 : <i>The ideal fluvial system</i>	26
Figure 5 : <i>The hydrosocial cycle</i>	29
Figure 6 : Comparaison des indices de Falkenmark et de pauvreté en eau en 2007 dans certains bassins versants de l'est et du sud de l'Afrique.....	37
Figure 7 : Les types d'oasis selon la bibliographie	46
Figure 8 : Les types d'oasis littorales à Gabès	48
Figure 9 : Les oasis de la province de Mendoza	54
Figure 10 : L'agglomération de Khartoum née de la confluence des Nils	56
Figure 11 : L'émergence d'un déficit d'adduction en eau potable	57
Figure 12 : Localisation des oasis de Gabès	58
Figure 13 : Photographies de la filière oléicole à Ouaouizerth.....	60
Figure 14 : Méthodologie d'évaluation de la qualité de l'eau.....	62
Figure 15 : Relation entre la surface enneigée (en rouge).....	74
Figure 16 : Photographies des types de paysages irrigués de l'oasis de Mendoza	80
Figure 17 : Nouvelles structures socio-spatiales et nouveaux paysages.....	81
Figure 18 : Extension des périmètres irrigués à Gabès (1976-2011)	82
Figure 19 : Évolution de la végétation entre 2000 et 2016 dans l'oasis Sud	85
Figure 20 : Le réseau d'adduction en eau potable de la zone dite urbaine de l'agglomération de Mendoza ; et la localisation des quartiers étudiés.....	90
Figure 21 : Photographies des types d'adduction en eau potable.....	95
Figure 22 : Gradient des techniques d'adduction en eau potable	98
Figure 23 : Augmentation du risque de pénurie.....	106
Figure 24 : Localisation des points de prélèvement	109
Figure 25 : Synthèse de l'évolution des solides dans l'eau.....	113
Figure 26 : Indice de qualité WQI pour chacun des points de mesure.....	118
Figure 27 : Gradient infrastructurel de l'AEP des centres vers les périphéries.....	123
Figure 28 : Schéma des usages de l'eau.....	125
Figure 29 : photographies des types d'éléments de stockage	126
Figure 30 : Poster synthétisant les résultats de l'étude sur Khartoum, présenté à l'EGU.....	129
Figure 31 : Bricolages quotidiens dans le <i>drinking-waterscape</i> du Grand Khartoum .	133
Figure 32 : Transvasement Taje Segura.....	152
Figure 33 : Le réseau hydraulique de la Provence.....	156

Figure 34 : Le système <i>Aqua Domitia</i> prévu par BRL.....	157
Figure 35 : Le réseau SCP Valensole	165
Figure 36 : Schéma des systèmes irrigués dans la zone étudiée du Minervois audois	173
Figure 37 : L'irrigation dans le système Jouarres.....	175
Figure 38 : Exemples de systèmes d'irrigation avec droit d'eau sur le canal du Midi	177
Figure 39 : L'irrigation dans l'étang asséché de Marseillette	178

Index des tableaux

Tableau 1 : Répartition des questionnaires passés par quartier	91
Tableau 2 : Typologie des points de prélèvement	111

Index des encadrés

Encadré 1 : Qui travaille sur les oasis ?	43
Encadré 2 : Principaux résultats de mes travaux doctoraux (2005-2009).....	107
Encadré 3 : le <i>sabīl</i> , extraits de (Lavie, 2016)	128
Encadré 4 : La qualité de l'eau potable à Paris, Thèse Mathilde Resch.....	136

Gérer la rareté en eau : l'alimentation en eau potable et d'irrigation des villes-oasis et des espaces méditerranéens

Ce volume scientifique d'Habilitation à Diriger des Recherches synthétise dix années de recherches post-doctorales effectuées depuis la soutenance de ma thèse en juin 2009 jusqu'au dépôt de ce manuscrit en juin 2019. Mes activités de recherche ont été réalisées en doctorat au laboratoire ADES de Bordeaux, puis dans le cadre d'un court post-doctorat de 8 mois en 2010 dans l'ANR WaMaKhaIR (*Water Management in Khartoum international Research Program*, Université Paris-Nanterre, EA Gecko), enfin et principalement, à l'UMR PRODIG (Pôle de Recherche pour l'Organisation de l'Information Géographique) où j'ai été rattachée dès mon recrutement à l'université Paris-Diderot en septembre 2010.

Le fil rouge de mon parcours scientifique est celui de la gestion de la rareté en eau dans des territoires où l'eau du ciel est rare. J'ai d'abord travaillé sur les oasis avant de m'intéresser à la rive Nord de la Méditerranée.

La première partie précise le positionnement de mes activités scientifiques. Mes recherches se sont inscrites dans le cadre théorique des *water studies*, une branche des sciences humaines et sociales portant sur les ressources en eau. Elles s'inscrivent dans le mouvement scientifique de la *political ecology* dans lequel je ne me reconnais d'ailleurs pas toujours. Mes travaux sur la gestion de la rareté sont éminemment géographiques mais font de nombreux ponts avec les sciences de la nature et les sciences humaines et sociales. C'est dans ce contexte scientifique que j'ai travaillé sur la construction sociale de la pénurie en eau, une des facettes de la gestion de la rareté de la ressource. L'oasis mondialisée est l'objet géographique sur lequel s'est portée la plus grande part de mes recherches. Je me suis attachée à le définir et à présenter les oasis qui m'ont servi à valider ma thèse sur la structuration des oasis par l'accès quantitatif et qualitatif à l'eau.

La deuxième partie synthétise mes travaux sur la structuration des territoires oasiens par l'eau, dans un contexte de mise en concurrence des secteurs et des territoires dans le cadre de la mondialisation des échanges. Elle s'appuie sur une quinzaine de publications. Si mes travaux ont complété la bibliographie existante sur l'accès quantitatif à l'eau d'irrigation et à l'eau potable, une des entrées originales de mes recherches et d'avoir démontré que la qualité de la ressource agricole et domestique joue un rôle primordial dans l'accès à l'eau et dans la structuration des territoires.

La troisième partie expose les perspectives de recherches à venir, dégagées dans le cadre de la rédaction de ce manuscrit. Elle pose la question du transfert du modèle « oasis mondialisée » présenté dans les parties précédentes, à la rive Nord de la Méditerranée. Elle tente de valider la thèse d'une mise en oasis de ce territoire, en s'appuyant sur une synthèse bibliographique sur l'Espagne et en France. Enfin, le dernier chapitre présente mes travaux en cours sur la mise en oasis du bas Minervois, exemple me permettant de valider une partie de cette thèse, et justifiant l'utilisation du terme « oasisation ».