

Gestion des ressources en eau souterraines comme biens communs



Auteurs Raphaëlle LAVENUS, Juliette FRADET et Sébastien CHAZOT
(BRLIngénierie)

Coordination Frédéric MAUREL, Dominique ROJAT (CMI)

Contact Stéphanie LEYRONAS (AFD)

Multi-pays



**Ressources en
eau, communs,
agriculture**

AUTEURS

BRLIngénierie (S. Lavenus, J. Fradet, S. Chazot)

COORDINATION

Frédéric Maurel (AFD), Dominique Rojat (CMI), Stéphanie Leyronas (AFD)

RÉSUMÉ

Les prélèvements sur les eaux souterraines ont été multipliés par trois en cinquante ans, conduisant à une surexploitation croissante de ces ressources communes : une « course au pompage » qui engendre d'importants impacts économiques, environnementaux et sociaux. A partir d'une démarche empirique sur plusieurs pays du bassin méditerranéen et dans le monde, ce travail permet de montrer la généralisation de la « tragédie des communs » pour cette ressource, d'illustrer la pluralité des problèmes de gestion rencontrés et d'analyser les moyens déployés par les gestionnaires et les autorités pour concilier la préservation des nappes et le développement social et économique. L'analyse économique utilisée et ces connaissances empiriques nous apprennent qu'il est possible de sortir de ce processus de dégradation de la ressource : différentes solutions de gestion décentralisée des nappes souterraines sont évaluées en les confrontant aux principes de gestion des communs d'Elinor Ostrom. Cette analyse aboutit à des recommandations opérationnelles qui pourront inspirer les tentatives à venir.

LANGUE ORIGINALE

Français

ISSN

2492-2838

DÉPÔT LÉGAL

2^{ème} trimestre 2016

AVERTISSEMENT

Les analyses et conclusions de ce document ne reflètent en aucun cas le point de vue de l'Agence Française de Développement ou de ses tutelles institutionnelles.

Les *Notes techniques* sont téléchargeables sur le site des publications de l'AFD : <http://librairie.afd.fr>

TABLE DES MATIERES

<i>Acronymes.....</i>	<i>7</i>
<i>Table des figures.....</i>	<i>10</i>
<i>Table des tableaux</i>	<i>14</i>
<i>PARTIE A : APPROCHE THEORIQUE.....</i>	<i>16</i>
<i>Introduction</i>	<i>17</i>
Présentation du contexte et des enjeux de gestion des nappes	17
Définition d'un bien commun et caractéristiques propres aux nappes .	19
<i>Les bases économiques de la gestion des eaux souterraines comme biens communs</i>	<i>22</i>
Le processus de la tragédie des communs appliqué aux ressources en eau souterraines	22
Illustration par la théorie des jeux	23
1. Le dilemme du prisonnier dans un cadre statique	23
2. Le dilemme du prisonnier dans un cadre dynamique	26
3. Le dilemme du prisonnier appliqué au cas des ressources en eaux souterraines	27
Mécanisme économique.....	28
1. Détermination de l'équilibre économique en décision individuelle.....	29
2. Surexploitation de la ressource et externalités	32
Exemples des pays du pourtour méditerranéen	37
Conclusion : quelles options de gestion ?	41
<i>Les instruments de gestion des ressources communes appliqués au cas des eaux souterraines</i>	<i>43</i>
La réglementation (solution par les quantités).....	43
1. Mécanisme économique	43
2. Illustration par la théorie des jeux.....	46
3. Exemple : le cas d'Israël	48
Les taxes (solution par les prix)	50
1. Mécanisme économique	50
2. Illustration : le cas néerlandais	52
Marchés de droits d'eau	56
1. Mécanisme économique	56
2. Application au cas des eaux souterraines.....	56

3. Les conditions de mise en œuvre et de réussite.....	59
4. Illustration : le cas du Chili.....	60
Gestion collective locale de la ressource en eau.....	62
1. Les défaillances de l'Etat et de la gestion centralisée.....	62
2. Le Théorème de Coase.....	63
3. Limites du théorème de Coase pour la gestion des « communs » - Cas des eaux souterraines.....	63
4. Ostrom et la « généralisation » du théorème de Coase.....	64
5. L'approche d'Ostrom dans la pratique	66
6. Illustration par la théorie des jeux.....	68
7. Conditions de mise en œuvre et de réussite.....	69
8. Des gradations dans l'autorégulation par les usagers	72
9. Conclusion.....	74
La gestion des eaux souterraines par les contrats de nappe : principes .	75
La notion plurielle de contrat de nappe	75
Les préalables au contrat.....	76
Le contenu minimum du contrat.....	77
Conditions de mise en œuvre et de réussite.....	78
Analyse comparative des outils.....	79
PARTIE B : CAS PRATIQUES.....	81
Cas n°1 : L'aquifère Raymond (Californie).....	83
Eléments de contexte sur la gestion de l'eau en Californie.....	83
1. Aperçu de la gestion de l'eau au niveau national.....	83
2. La gestion de l'eau en Californie	84
Caractéristique de l'aquifère Raymond.....	88
La mise en place d'une gestion locale de l'aquifère Raymond.....	90
1. L'engagement des poursuites judiciaires par la ville de Pasadena	90
2. Le déroulement du procès.....	91
3. La portée du procès.....	92
Analyse du respect du jugement entre 1950 et 2013	93
Confrontation aux principes d'Ostrom	94
Cas n°2 : Quatre aquifères français.....	96
Eléments de contexte sur la gestion des eaux souterraines en France	96
1. Les principes fondamentaux de la gestion de l'eau en France	96
2. La DCE et sa transposition dans la législation française	97

3. Les règles en matière de gestion quantitative des eaux souterraines	98
4. La gestion décentralisée de la ressource en eau.....	100
Cas n°2.1 - La Nappe de Beauce.....	104
1. Le contexte	104
2. Emergence du problème et premières mesures	107
3. Description de l'instrument mis en place.....	108
4. Evaluation de l'instrument	110
Cas n°2.2 - La Nappe Astienne	112
1. Le contexte	112
2. Emergence du problème et premières mesures	115
3. Evaluation de l'instrument	119
Cas n°2.3 - Les Nappes d'Aquitaine	123
1. Le contexte	123
2. Emergence du problème et premières mesures	128
3. Description de l'instrument mis en place.....	130
4. Evaluation de l'instrument	133
Cas n°2.4 - La Nappe du Roussillon	136
1. Le contexte	136
2. Emergence du problème et premières mesures	139
3. Evaluation de la démarche.....	140
Confrontation de la démarche de SAGE aux principes de conception d'Ostrom	143
<i>Cas n°3 – Le bassin hydrogéologique d'Azraq (Jordanie)</i>	<i>146</i>
Eléments de contexte sur la gestion de l'eau en Jordanie.....	146
1. Le défi de l'eau en Jordanie	146
2. La gestion de l'eau en Jordanie	147
Le bassin hydrogéologique d'Azraq	147
1. Les caractéristiques hydrogéologiques du bassin	148
2. Principaux usages de l'eau	151
Emergence du problème et premières mesures	152
Description de l'instrument mis en place	154
1. Le forum de l'eau des hauts plateaux	154
2. Le plan d'action de la gestion des eaux souterraines à Azraq.....	155
Evaluation de l'instrument	157
1. La difficile conciliation avec les enjeux nationaux	157

2. La réticence des usagers s'est fortement atténuée grâce au forum	159
Confrontation de la démarche aux principes énoncés par Ostrom.....	160
Cas n°4 – La nappe de la Mancha Occidentale (Espagne)	164
Eléments de contexte sur la gestion des eaux souterraines en Espagne	
.....	164
1. Les principes fondamentaux de la gestion de l'eau en Espagne.....	164
2. La DCE et sa transposition dans la législation espagnole	165
3. La gestion des masses d'eau souterraines en déficit quantitatif.....	166
Le bassin hydrogéologique de La Mancha occidentale	166
Emergence du problème	169
Les différentes démarches mises en place	172
1. Les paiements compensatoires.....	173
2. Le plan spécial du haut Guadiana.....	174
3. Le Plan de Gestion du district du Guadiana.....	175
Evaluation des démarches.....	176
1. Des changements brutaux de paradigmes	176
2. Le manque de confiance des usagers	176
3. Des programmes de mesures très coûteux, inadaptés à la situation économique du pays	177
Confrontation de la démarche aux principes énoncés par Ostrom.....	178
1. Comparaison des deux cas.....	178
2. Les apports de la confrontation aux principes d'Ostrom	181
Cas n°5 – Le bassin du Souss Massa (Maroc).....	183
La gestion des eaux souterraines au Maroc.....	183
1. Les acteurs de la gestion de l'eau au Maroc.....	183
2. La loi sur l'eau 10-95	184
Caractéristiques du bassin Sous-Massa	185
1. Le bassin hydraulique du Souss-Massa.....	185
2. Les usages de l'eau.....	188
Emergence du problème et premières mesures	189
1. La surexploitation des aquifères.....	189
2. Les premières mesures mises en place.....	192
Les démarches actuellement mises en place.....	193
1. Le programme national de protection des ressources en eau souterraines	193
2. Les contrats de nappe	194

3. Les contrats de nappe « deuxième génération »	195
Confrontation aux principes d'ostrom	197
Cas n°6 : La nappe de Bsissi Oued El Akarit (Tunisie)	200
Les eaux souterraines en Tunisie : situation et enjeux	200
1. Prélèvements et usages des eaux souterraines	200
2. La problématique de l'exploitation intensive des nappes.....	202
Eléments de contexte sur la gestion des eaux souterraines en Tunisie	
.....	204
1. Le cadre légal de la gestion de l'eau en Tunisie	204
2. Les stratégies nationales de gestion de la demande en eau	207
3. La mise en place de la gestion locale des nappes en Tunisie.....	209
La gestion de la nappe de Bsissi Oued Al Akarit	211
1. Contexte	211
2. Emergence du problème et premières mesures	212
3. Description de l'instrument mis en place.....	214
4. Confrontation aux principes d'Ostrom et évaluation de l'instrument.....	214
Evaluation de l'expérience tunisienne et recommandations générales	217
1. Bilan sur la situation en Tunisie.....	217
2. Les critiques sur l'expérience tunisienne	218
3. La Stratégie Nationale de Préservation des Eaux Souterraines	220
Conclusion sur les études de cas.....	221
Bibliographie	224
Précédentes publications de la collection	232
Qu'est-ce que l'AFD ?	234

Acronymes

ABH : Agence de Bassin Hydraulique

AEP : Alimentation en Eau Potable

AFD : Agence Française de Développement

ASL : Association Syndicale Libre

AUEA : Association d'Usagers de l'Eau Agricole

BIRH : Bureau d'Inventaire des Ressources Hydrauliques (DGRE)

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CLE : Commission Locale de l'Eau

CRDA : Commissariat Régional au Développement Agricole

CUAS : Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas (Association d'usagers des eaux souterraines)

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DGGREE : Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux-
Ministère de l'Agriculture

DGRE : Direction Générale des Ressources en Eau- Ministère de l'Agriculture

DIREN : Direction régionale de l'Environnement

DPH : Domaine Public Hydraulique

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du
Logement

DRPE : Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau

DWR : Department of Water Resources (Département des ressources en eau)

EPA : Environmental Protection Agency (Agence de protection de
l'environnement)

EUT : Eau usée traitée

GDA : Groupement de Développement Agricole. (AIC, GIC)

GDE : Gestion de la Demande en Eau

GIZ : Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Agence de coopération
internationale allemande)

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

INC : Instituto Nacional de Colonización (Institut national de colonisation)

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques

IUCN : International Union for Conservation of Nature (Union internationale pour la conservation de la nature)

LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

MONA : Modèle mathématique Nord-Américain

MWI : Ministry of Water and Irrigation (Ministère de l'eau et de l'irrigation)

ONAS : Office National de l'Assainissement

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

ONG : Organisation Non Gouvernementale

ORMVA : Office Régional de Mise en Valeur Agricole

OSS : Observatoire du Sahara et du Sahel

PAGD : Plan d'Aménagement et de Gestion Durable

PDAIRE : Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau

PIB : Produit Intérieur Brut

PISEAU : Projet d'Investissement dans le Secteur de l'Eau (I et II)

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PNEE : Programme National d'Economie d'Eau

PPI : Périmètre Public Irrigué

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SASS : Système Aquifère du Sahara Septentrional

SAU : Surface Agricole Utile

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SMEGREG : Syndicat Mixte d'Etudes et de Gestion de la Ressource en Eau du département de la Gironde

SMETA : Syndicat Mixte d'Etudes et de Travaux de l'Astien

SONEDE : Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux

STEG. : Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz

UE : Union Européenne

USGS : United States Geological Survey (Institut d'études géologiques des Etats-Unis)

VMPO : Volume Maximal Prélevable Objectif

WAJ : Water Authority of Jordan (Autorité de l'eau jordanienne)

ZRE : Zone de Répartition des Eaux

Table des figures

Figure 1 : Intensité des prélèvements en eau souterraine en 2000 (en mm/an) selon le modèle CR-GLOBWB (Wada et al, 2010).....	17
Figure 2 : Illustration du dilemme du prisonnier : matrice des gains dans un jeu à deux usagers (BRLi, 2014).....	27
Figure 3 : Coût total et revenu total liés à l'exploitation de la ressource en eau (BRLi, 2014)	31
Figure 4 : Coûts et bénéfices marginaux liés à l'exploitation d'une nappe (BRLi, 2014)	32
Figure 5 : Externalités possibles liées à la surexploitation de la nappe (M.A. Bchir, 2006 ; J. Shi et al., 2011)	33
Figure 6 : Externalités économiques liées à l'exploitation d'un aquifère (d'après E. Martin, 2011).....	36
Figure 7 : Importance de la mise en œuvre d'une gestion de la demande en eau selon les différents pays méditerranéens (d'après Chohin-Kuper et al., 2002)	38
Figure 8 : Nappes surexploitées dans les pays méditerranéens (Margat and Vallée, 2000)	39
Figure 9 : Phénomène d'intrusion saline dans les nappes (BRLi, 2015)	39
Figure 10 : Mécanisme de mise en œuvre de quotas (BRLi, 2014)	44
Figure 11 : Illustration de la mise en œuvre de quotas réglementés (intervention du régulateur) (BRLi, 2014).....	47
Figure 12 : Consommation d'eau par secteur en Israël entre 1958 et 2009 (Kislev, 2011)	49
Figure 13 : Evolution de la consommation d'eau agricole et de la production agricole en Israël entre 1950 et 2009 (Kislev, 2011)	50
Figure 14 : Mécanisme de la taxe pigouvienne (BRLi, 2014)	51
Figure 14bis : Evolution de la répartition des ressources utilisées par l'AEP entre 1990 et 2009 (Vewin, 2011 dans Schuerhoff M. et al. (2012))	55
Figure 15 : Différence entre accès libre, propriété commune et propriété individuelle (CMI, 2014).....	65
Figure 16 : Liens entre les règles et niveaux d'analyse (Ostrom, 1990).....	68
Figure 17 : Matrice des gains dans un jeu coopératif (BRLi, 2014).....	69

Figure 18 : Les sept challenges selon Stern et al. 2002 (dans Dietz et al. 2003)	71
Figure 20 : Règles d'utilisation des eaux souterraines aux Etats-Unis et méthode de gestion en Californie	87
Figure 21 : Localisation de l'aquifère Raymond dans l'unité géologique de San Fernando–San Gabriel	88
Figure 22 : Coupe géologique schématique des bassins du comté de Los Angeles	88
Figure 23 : Précipitations moyennes annuelles dans le bassin de Raymond entre 1985 et 2005	89
Figure 24 : Prélèvements dans l'aquifère Raymond en 2012/2013	90
Figure 25 : Volume moyen prélevé dans l'aquifère Raymond entre 1950 et 1955	93
<i>Figure 26 : Volume moyen prélevé dans l'aquifère Raymond entre 1955 et 2013</i>	<i>94</i>
<i>Figure 27 : Délimitation des six bassins hydrographiques français</i>	<i>97</i>
<i>Figure 28 : Réglementation nationale en matière de forages</i>	<i>99</i>
Figure 29 : Contexte de la gestion de l'eau en France	103
Figure 30 : Localisation de la nappe de Beauce	104
Figure 31 : Coupe de la nappe de Beauce Nord-Est Sud	105
Figure 32 : Coupe de la nappe de Beauce Est Ouest	105
Figure 33 : Part des surfaces irrigables en nappe de Beauce	106
Figure 34 : Répartition de la SAU irriguée	106
Figure 35 : Les quatre secteurs géographiques du périmètre du SAGE de la Nappe de Beauce	110
Figure 36 : Localisation de la nappe de l'Astien	112
Figure 37 : Formations géologiques composant l'aquifère astien	113
Figure 38 : Répartition des volumes prélevés dans la nappe astienne par types d'usagers	114
Figure 39 : Evolution du nombre de résidences principales et secondaires à Vias entre 1968 et 2009	114
Figure 40 : Volumes annuels prélevés en nappe astienne pour l'AEP des collectivités et par les campings pour les communes littorales en 2009	115

Figure 41 : Evolution interannuelle de la piézométrie à Sérignan (Drilles) entre 1989 et 2009	116
Figure 42 : Evolution interannuelle de la piézométrie à Vias (Source) entre 1990 et 2008	117
Figure 43 : Découpage de la nappe astienne en 9 unités de gestion.....	119
Figure 44 : Localisation de la région Aquitaine et du département de la Gironde, France	123
Figure 45 : Limites des nappes d'eau souterraines en Aquitaine	124
Figure 46 : Evolution des prélèvements par département (tous usages confondus pour les 3 248 ouvrages contenus dans la base de données des prélèvements).....	125
Figure 47 : Coupe géologique schématique du département de la Gironde ..	126
Figure 48 : Bilan des entrées et sorties dans les nappes du SAGE en millions de m3 par an (SMEGREG, Etat des lieux pour la révision du SAGE Nappes profondes, 2011)	127
Figure 49 : Evolution des prélèvements dans les nappes profondes entre 2003 et 2008 en Gironde.....	127
Figure 50 : Variations des réserves depuis 1972 à l'échelle du Modèle mathématique nord Aquitain, <i>MONA</i>	129
Figure 51 : Localisation des différentes unités de gestion du SAGE	131
Figure 52 : Localisation des nappes de la plaine du Roussillon	136
Figure 53 : Coupe géologique schématique des aquifères plio-quaternaires de la plaine du Roussillon	137
Figure 54 : Estimation des volumes annuels prélevés pour l'irrigation, par secteur et pour chaque type d'aquifère	138
Figure 55 : Chronique piézométrique de l'ouvrage de Perpignan suivi depuis 1973 : en rouge tendance obtenue par régression linéaire	140
Figure 56 : Localisation du Bassin d'Azraq.....	148
Figure 57 : Zones du bassin d'Azraq selon les formations de l'affleurement..	149
Figure 58 : Distribution des recharges des nappes dans le bassin d'Azraq ...	150
Figure 59 : Volumes prélevés, par secteur, dans le bassin d'Azraq (en millions de m3) entre 2005 et 2009	151
Figure 60 : Répartition de la SAU irriguée dans le bassin d'Azraq.....	151
Figure 61 : Localisation des forages, par usage, dans le bassin d'Azraq.....	152

Figure 62 : Suivi du niveau piézométrique du puits F1014 (donnée du Ministère de l'Eau et de l'Irrigation) entre 1996 et 2008.....	154
Figure 63 : Organisation structurelle du forum de l'eau des hauts plateaux...	155
Figure 64 : Localisation de l'aquifère de La Mancha occidentale	167
Figure 65 : Section hydrogéologique de la plaine de La Mancha.....	168
Figure 66 : Répartition de la SAU irriguée dans la région de La Mancha.....	169
Figure 67 : Evolution des prêts accordés par les caisses d'épargne rurales aux agriculteurs entre 1959 et 1983.....	170
Figure 68 : Nombre cumulé des norias et forages à Manzanares entre 1947 et 1985	171
Figure 69 : Evolution du niveau piézométrique, des prélèvements et des superficies irriguées entre 1974 et 2008 dans le bassin de La Mancha occidentale	172
Figure 70 : Prélèvements dans les aquifères de La Mancha occidentale et La Mancha de l'est entre 2000 et 2009 en millions de mètres cubes.....	178
Figure 71 : Localisation du bassin hydraulique du Souss-Massa.....	186
Figure 72 : Coupe géologique simplifiée de la plaine du Souss	187
Figure 73 : Pluviométrie moyenne observée dans le bassin du Souss-Massa.....	188
Figure 74 : Evolution piézométrique dans le Souss moyen (Guerdiane-Ouled Teïma).....	191
Figure 75 : Evolution piézométrique dans le secteur de Biougra, Chtouka	191
Figure 76 : Evolution sous forme graphique des prélèvements dans les nappes phréatiques (I) et les nappes profondes (II).....	201
Figure 77 : Situation de la nappe de Jeffara.....	212
Figure 78 : Evolution des caractéristiques d'exploitation de la nappe de Bsissi	212
Figure 79 : Situation du périmètre d'interdiction de Bsissi- Oued El Akarit – Gabes.....	213
Figure 80 : Dynamique institutionnelle relative à la gestion participative de la nappe de Bsissi	214
Figure 81 : Evolution de la situation d'exploitation de la nappe de Bsissi suite aux différents développements institutionnels	215

Table des tableaux

Tableau 1 : Les dix pays les plus gros préleveurs en eau souterraine en 2010 (IGRAC, 2010, AQUASTAT, 2010, EUROSTAT, 2011)	18
Tableau 2 : Typologie des biens économiques selon Samuelson	20
Tableau 3 : Le dilemme du prisonnier (BRLi, 2014)	24
Tableau 4 : Degré d'exploitation des ressources en eau souterraine dans les pays méditerranéens (Margat, 2004 ; pour la Jordanie : MWI Water Budget, 2010)	40
Tableau 5 : Consommation par usage et par type de ressource en 2009 en Mm3 (Kislev, 2011)	49
Tableau 6 : Prélèvements en eau souterraine et contribution aux recettes de la « Groundwater tax » par secteur (Statistics Netherlands, 2011 ; Belastingdienst, 2012)	54
Tableau 7 : Analyse comparative des différents instruments	80
Tableau 8 : Volume de référence, seuils de gestion et coefficients d'attribution par secteur géographique (Règlement du SAGE Nappe de Beauce, 2013) ..	109
Tableau 9 : Composition des principaux aquifères d'Aquitaine	124
Tableau 10 : Volumes maximums prélevables objectifs	131
Tableau 11 : Confrontation de la gestion de l'eau par le SAGE aux principes de conception d'Ostrom	143
Tableau 12 : Taxes et amendes appliquées dans le bassin d'Azraq pour les prélèvements en eau souterraine	156
Tableau 13 : Outils prévus dans le plan d'action	156
Tableau 14 : Confrontation de la gestion de l'eau proposée pour Azraq aux principes de conception d'Ostrom	160
Tableau 15 : Evolution du programme de compensations agroenvironnementales dans l'aquifère de La Mancha occidentale	173
Tableau 16 : Confrontation des principes d'Ostrom à la gestion appliquée dans la Mancha occidentale et dans la Mancha de l'est	179
Tableau 17 : Types d'exploitations rencontrées dans le bassin du Souss-Massa	189
Tableau 18 : Actions à mettre en œuvre pour respecter chacun des principes d'Ostrom	198

Tableau 19 : Evolution des prélèvements d'eau souterraine par usage entre 1990 et 2010	202
Tableau 20 : les nappes phréatiques en état de surexploitation.....	203
Tableau 21 : Volume rechargé par source d'eau.....	209
Tableau 22 : Confrontation de la gestion de la nappe de Bsissi aux principes de conception d'Ostrom	216
Tableau 23 : Synthèse des questions rencontrées dans chacun des cas et proposition de solutions.....	222
Tableau 24 : Conditions de réussite pour la mise en place d'une gestion locale et décentralisée des ressources en eau souterraines	223

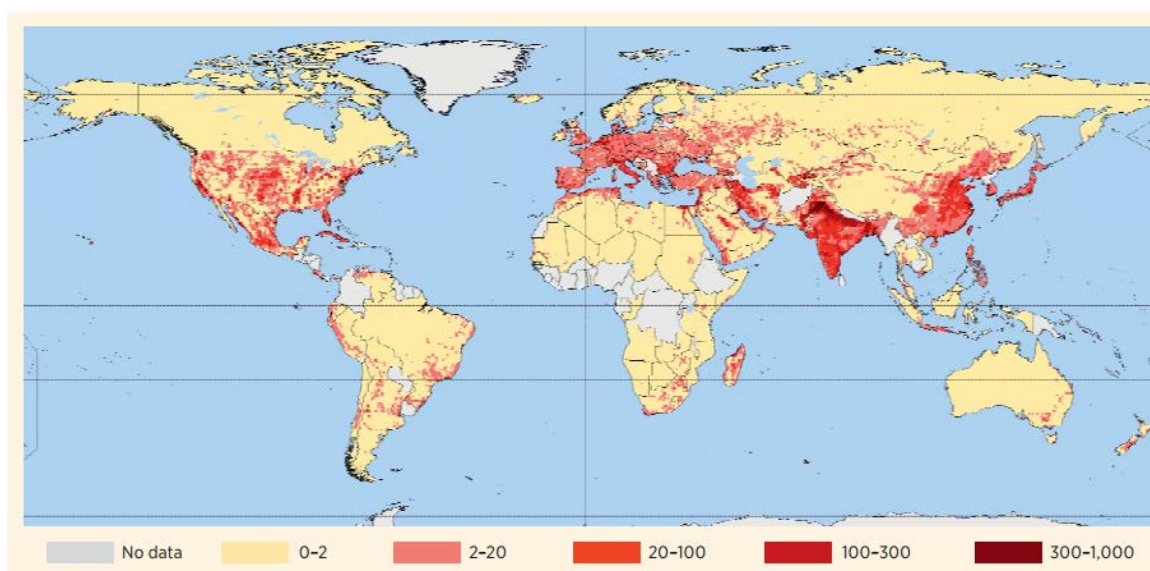
PARTIE A : APPROCHE THEORIQUE

Introduction

Présentation du contexte et des enjeux de gestion des nappes

L'exploitation des ressources en eau souterraine, à l'échelle mondiale, a été multipliée par trois en 50 ans¹. En 2010, l'ensemble des prélèvements annuels dans les nappes est estimé à environ 1 000 km³, dont 67% à destination de l'irrigation, 22% pour les usages domestiques et 11% pour le secteur industriel. La répartition géographique de ces prélèvements est représentée sur la Figure 1.

Figure 1 : Intensité des prélèvements en eau souterraine en 2000 (en mm/an) selon le modèle CR-GLOBWB (Wada et al, 2010)



L'Inde se situe au premier rang des plus gros préleveurs, avec 251 km³ prélevés en 2010 (soit un quart des prélèvements mondiaux), suivie par la Chine et les Etats-Unis, avec 112 Km³ chacun. Si l'on analyse les prélèvements

¹ Rapport des Nations Unies sur l'eau dans le monde, 2012 :
<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf>
<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002154/215491f.pdf>
<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf>
<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf>

en eau souterraine par habitant, l'Arabie-Saoudite, l'Iran et le Pakistan sont les trois premiers préleveurs, avec respectivement, 844 m³/hab./an, 806 m³/hab./an et 370 m³/hab./an (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Les dix pays les plus gros préleveurs en eau souterraine en 2010 (IGRAC, 2010, AQUASTAT, 2010, EUROSTAT, 2011)

Pays	Prélèvements (Km ³ /an)	Prélèvements (en % du total)	Prélèvements par habitant (m ³ /hab./an)
Inde	251	25.1%	208
Chine	112	11.2%	84
Etats-Unis	112	11.2%	362
Pakistan	64	6.4%	370
Iran	60	6.0%	806
Bengladesh	35	3.5%	232
Mexique	29	2.9%	246
Arabie-Saoudite	23	2.3%	844
Indonésie	14	1.4%	58
Italie	14	1.4%	236

Du fait de leur disponibilité permanente, les nappes servent souvent de variable d'ajustement pour pallier les déficits des eaux de surface. Dans de nombreux pays, l'absence de droits d'usage bien définis et le manque de contrôle des prélèvements facilitent le développement des forages privés et la course au pompage. Par ailleurs, les caractéristiques propres aux eaux souterraines complexifient la mise en œuvre d'une gestion durable de cette ressource :

- **« L'invisibilité » des aquifères** rend difficile et coûteuse l'évaluation de l'état de la ressource, tant en termes quantitatif que qualitatif. L'installation de piézomètres ou autres instruments de mesure hydrogéologique et la réalisation d'études permettent de surmonter cette difficulté en améliorant les connaissances sur le fonctionnement de la ressource et sur les prélèvements. Ces mesures constituent une

condition sine qua non à la mise en œuvre d'outils de gestion efficaces de la demande en eau souterraine.

- **Les caractéristiques de biens communs** qui, si elles ne sont pas considérées dans les politiques de gestion, favorisent la course au pompage. Le caractère limité de la ressource, ainsi que la difficulté à exclure certains usagers de son utilisation, rendent les nappes vulnérables à la surexploitation. Des outils économiques, réglementaires et institutionnels appropriés peuvent être mis en place afin de préserver la ressource et les usages associés.

Le présent rapport se concentre principalement sur ce dernier point, les caractéristiques de biens communs, pour évaluer les différents outils de gestion des nappes, étudiés dans la littérature et mis en œuvre sur le terrain, et tirer des enseignements et recommandations pour enrayer la surexploitation et parvenir à une utilisation durable des ressources en eau souterraines.

Définition d'un bien commun et caractéristiques propres aux nappes

En économie, la typologie communément utilisée pour distinguer les biens privés des biens publics est basée sur deux critères :

- **L'exclusion d'usage** qui renvoie à la possibilité d'exclure certains agents économiques de la consommation du bien. A titre d'illustration, l'éclairage public est un bien non exclusif car il est impossible d'exclure de son usage un consommateur donné à partir du moment où le service est mis à disposition. Au contraire, un appartement ou une voiture, sont exclusifs, le propriétaire individuel ayant la possibilité d'en exclure les tiers.
- **La rivalité de la consommation** qui indique le fait que la consommation du bien par un individu réduit la possibilité d'usage pour les autres consommateurs. Une même unité du bien ne peut être consommée par deux usagers. Par exemple, l'eau est un bien rival, car un mètre cube utilisé par un usager ne peut pas être consommé par un autre utilisateur. Au contraire, l'éclairage public est un bien non rival. L'utilisation de ce service par un individu ne réduit pas la quantité de lumière disponible pour les autres agents économiques.

Le tableau suivant présente les quatre types de biens économiques qui résultent de la classification selon ces deux critères.

Tableau 2 : Typologie des biens économiques selon Samuelson

	Rivalité de consommation	Non rivalité de consommation
Exclusion d'usage	Biens privés	Biens clubs
Non exclusion d'usage	Biens communs	Biens publics

On distingue donc :

- ▶ **Les biens privés** sont des biens rivaux avec exclusion d'usage. Par exemple, un téléphone, un vêtement ou une voiture sont des biens privés.
- ▶ **Les biens clubs** sont non rivaux mais exclusifs. Les chaînes de télévision cryptées et disponibles uniquement pour les abonnés constituent des biens clubs.
- ▶ **Les biens communs** sont rivaux mais non-exclusifs, comme par exemple les forêts ou les pâturages non privatifs, les cours d'eau, ou les stocks de poissons.
- ▶ **Les biens publics** sont des biens non rivaux et non exclusifs, comme par exemple l'éclairage public.

Les ressources en eau souterraines, si elles sont en accès libre, sont des biens communs, c'est-à-dire qu'elles sont **non exclusives** (on ne peut pas exclure un usager de l'utilisation de la ressource), mais **rivales** (la consommation du bien par un usager diminue la quantité disponible pour les autres usagers). Ces caractéristiques posent problème pour instaurer une gestion durable des eaux souterraines, qui sont à la fois **limitées et accessibles à tous les usagers** (ou du moins il est difficile de restreindre leur accès). Dans son article intitulé « La tragédie des communs » publié en 1968, l'écologue américain, Garrett Hardin, analyse ce processus de prédation des ressources communes en libre accès. La littérature économique a, par la suite, mis en lumière la nécessité d'une régulation de l'usage de ce type de ressources. Les régimes de droits d'usage

et les instruments réglementaires et économiques ont été abondamment étudiés afin de déterminer les conditions et moyens à mettre en œuvre pour assurer une gestion durable des ressources communes.

Ce rapport présente les aspects théoriques sur les modalités de gestion des eaux souterraines, illustrés par des exemples d'outils de gestion. Il introduit la notion de contrats de nappes, exposée plus en détail en fin de chapitre.

Les bases économiques de la gestion des eaux souterraines comme biens communs

Le processus de la tragédie des communs appliqué aux ressources en eau souterraines

Le processus inévitable de surexploitation d'une ressource commune en libre accès (c'est-à-dire qui n'appartient à personne en particulier) a été développé par Hardin en 1968, qui l'a popularisé sous le nom de « **Tragédie des communs** »². Dans son article homonyme, il y montre comment l'utilisation en accès libre d'une ressource limitée mène à sa surexploitation.

Hardin prend l'exemple d'un groupe d'éleveurs qui utilisent un pâturage en libre accès pour faire paître leurs bêtes. Ces usagers sont nombreux et agissent indépendamment les uns des autres. A partir d'un certain seuil d'exploitation, il y a apparition d'externalités³ dues aux effets de saturation : l'introduction de tout animal supplémentaire par un usager donné entraîne à terme une diminution des rendements de tous les usagers de la ressource. Le processus se poursuit tant que le revenu *ex ante* (celui qui est connu de l'éleveur avant introduction d'un animal supplémentaire) est supérieur au coût de production, donnant ainsi à l'éleveur individuel un signal de marché favorable. Mais les baisses de rendement réparties sur tous les usagers par le jeu des externalités font que le revenu effectif, à terme, est inférieur au revenu *ex ante*. La situation évolue de la sorte jusqu'à ce qu'en fin de compte les coûts et les revenus soient égaux pour l'ensemble des usagers, annulant les bénéfices de tous. Or les éleveurs, alors même qu'ils perçoivent nettement ces effets, n'ont aucun intérêt individuel à se restreindre pour maintenir les rendements car aucun d'entre eux ne veut être le seul à agir de la sorte au bénéfice de tous dans la mesure où il n'a aucune garantie que les autres feront de même. Ainsi, en accès libre, en vertu de la « tragédie des communs », les usagers tendent à poursuivre l'exploitation de la ressource jusqu'à ce que l'ensemble des profits devienne

² G. Hardin, The Tragedy of Commons, *Science*, New Series, Vol. 162, No. 3859. (Dec. 13, 1968), pp. 1243-1248.

³ Les externalités sont les incidences positives ou négatives d'une activité économique, affectant d'autres agents économiques, et qui ne sont pas prises en compte par le marché.

nul. A terme, la ressource elle-même peut être menacée si l'exploitation se fait au-delà des seuils de renouvellement.

Appliqué au cas des eaux souterraines, ce processus se traduit par le développement des forages individuels et par la **course au pompage** qui conduit à la baisse du niveau piézométrique, à l'augmentation des coûts d'exploitation, à la diminution tendancielle des revenus des usagers et à la surexploitation pouvant aller jusqu'à la disparition de la ressource. Si les prélèvements demeurent égaux à la recharge de la nappe pour une période de temps donnée, le stock est à l'équilibre et la profondeur de la nappe est constante. Par contre, si les prélèvements deviennent supérieurs à la recharge de l'aquifère, le niveau diminue au cours du temps et la ressource se raréfie, voire est menacée de disparaître. L'intérêt commun consisterait alors à restreindre la consommation d'eau, mais aucun usager n'est certain que s'il fait cet effort, les autres feront de même. Comme il n'y a pas de garantie d'un effort collectif, aucun usager n'a intérêt à être le premier (et peut-être le seul) à diminuer ses prélèvements. Tous ont intérêt à prélever l'eau avant que la ressource ne soit totalement épuisée. Face aux tentatives de régulation, les usagers se comportent ainsi en « passagers clandestins », c'est-à-dire agissent de manière à obtenir les avantages de l'utilisation de la nappe sans avoir à fournir de contrepartie pour assurer sa préservation. Dans cette perspective, la dégradation voire la disparition⁴ de la ressource est inéluctable. Bien sûr, dans les cas où le stock de ressource en eau est important, ce processus peut être très long.

Illustration par la théorie des jeux

1. Le dilemme du prisonnier dans un cadre statique

La tragédie des communs peut être illustrée par la théorie des jeux sous la forme d'un jeu non coopératif qui aboutit à une situation sous-optimale, communément nommée « dilemme du prisonnier ». Ce terme renvoie à une situation dans laquelle deux joueurs auraient intérêt à coopérer pour arriver à un résultat qui maximise le bien-être collectif mais, en l'absence de

⁴ Au moins sa disparition en tant que bien économique (car le coût de pompage devient trop élevé) même si la nappe ne disparaît pas totalement physiquement.

communication, font des choix individuels ne permettant pas d'atteindre cet optimum.

La situation du dilemme du prisonnier est celle-ci : deux suspects, soupçonnés d'être complices d'un même forfait, sont interrogés par la police. Afin de les inciter à avouer, les policiers leur proposent séparément l'arrangement suivant :

- ▶ si l'un des deux prisonniers dénonce son complice et que l'autre se tait, le premier est remis en liberté (prime de délation) alors que le second se voit infliger la peine maximale (10 ans) ;
- ▶ si les deux se dénoncent mutuellement, ils seront condamnés à une peine plus légère compte tenu de leur coopération avec les autorités (5 ans chacun) ;
- ▶ si les deux se taisent, ils écotent chacun de 6 mois de prison, faute de preuves suffisantes.

Le tableau suivant présente les résultats de chaque joueur dans chacune des situations possibles. Le couple (X ; Y) indique le nombre d'années de prison encourues respectivement par les deux joueurs, notés A et B.

Tableau 3 : Le dilemme du prisonnier (BRLi, 2014)

		Joueur B	
		Dénoncer	Se taire
Joueur A	Dénoncer	(-5 ; -5)	(0 ; -10)
	Se taire	(-10 ; 0)	(-0,5 ; -0,5)

Equilibre de Nash

Optimum de Pareto

Ce tableau reflète deux situations caractéristiques : l'équilibre de Nash et l'optimum de Pareto.

Un équilibre de Nash peut être défini comme “un choix de décision de tous les joueurs tel qu'aucun ne peut tirer avantage (ne peut augmenter sa fonction

d'utilité) en changeant seul (unilatéralement) sa décision »⁵. L'équilibre de Nash est souvent le résultat de jeux non-coopératifs. Dans cet exemple, l'équilibre de Nash est la dénonciation mutuelle avec le résultat (-5 ; -5).

Un optimum de Pareto est défini comme une situation dans laquelle « il n'est pas possible d'améliorer la situation d'un individu – quel qu'il soit – sans détériorer la situation d'au moins un autre individu » (Guerrien, 2002).

Dans cet exemple, l'équilibre de Pareto est atteint si les deux joueurs se taisent (-0,5;-0,5). C'est la situation dans laquelle la perte collective (évaluée comme la somme des pertes individuelles) est minimale.

Le résultat du dilemme du prisonnier est un équilibre de Nash, ici la dénonciation mutuelle. En effet, étant donné que les deux complices ne peuvent pas communiquer, chacun a intérêt à dénoncer l'autre. Leur raisonnement est le suivant :

- ▶ « Si mon complice se tait, j'ai intérêt à le dénoncer puisque je serai libéré, alors que, si je me tais, j'écope de 6 mois de prison.
- ▶ Si mon complice me dénonce, j'ai intérêt à également le dénoncer pour limiter ma peine de prison à 5 ans (au lieu de 10 si je me tais).
- ▶ Donc, quelle que soit la décision de mon complice, j'ai intérêt à le dénoncer ».

Le résultat du dilemme du prisonnier est donc bien la trahison mutuelle des deux joueurs. Ils sont finalement condamnés à 5 ans de prison chacun (contre 6 mois s'ils s'étaient tus tous les deux...). Les deux joueurs ne peuvent pas maximiser le bien-être collectif (et atteindre l'optimum de Pareto) faute de coopération.

Le « dilemme du prisonnier » illustre donc une situation dans laquelle des décisions individuellement rationnelles aboutissent à une situation collective sous-optimale, du moins **au sens de Pareto**, c'est-à-dire une situation dans laquelle le bien-être collectif n'est pas maximisé. Il existe une situation meilleure pour au moins un individu mais qui n'est pas atteinte.

⁵ <http://www-sop.inria.fr/members/Eitan.Altman/PAPERS/jeux.pdf>

2. Le dilemme du prisonnier dans un cadre dynamique

Dans un cadre plus complexe de jeux répétés, c'est-à-dire un jeu réitéré plusieurs fois (à horizon fini ou infini), les joueurs redéfinissent leur choix à chaque période. Trois types de stratégies sont alors possibles :

- ▶ **Les stratégies en boucle ouverte.** Elles ne prennent pas en compte l'histoire et donc les comportements passés des autres joueurs. C'est un « comportement myope » qui supprime la dimension inter-temporelle du jeu.
- ▶ **Les stratégies en feed-back** qui prennent en compte les actions de la période précédente.
- ▶ **Les stratégies en boucle fermée** qui prennent en compte l'ensemble de l'histoire.

Dans le cas de stratégies en feed-back ou en boucle fermée, les décisions des joueurs prennent en compte les actions passées des autres joueurs. Les règles d'action deviennent beaucoup plus complexes et l'ensemble des solutions s'élargit considérablement. La notion de réputation devient centrale, ce qui modifie les comportements des joueurs. Si un joueur adopte un mauvais comportement c'est-à-dire un comportement non-coopératif qui ne permet pas d'atteindre la solution Pareto-optimale, l'autre joueur lui fait subir des représailles à la (aux) période(s) suivante(s).

Lorsque le dilemme du prisonnier est répété un nombre fini de fois, la solution du jeu reste un équilibre de Nash qui est sous-optimal. Il faut que le jeu soit répété indéfiniment, et qu'il n'y ait plus de « dernier coup » possible pour que le dilemme puisse être résolu et que les joueurs parviennent à une solution coopérative. Abreu (1986) propose la mise en place d'un « code pénal simple », pour arriver à une solution coopérative soutenable, code qui repose sur les règles de décisions suivantes :

- ▶ Jouer initialement la solution coopérative,
- ▶ Si l'ensemble des joueurs a coopéré à la période précédente, continuer la coopération,
- ▶ Si l'un des joueurs a dévié de la solution coopérative, le punir,

- Si l'un des joueurs se soustrait à la punition en cours, le punir.

C'est bien l'existence de menaces de représailles qui permet d'inciter à la coopération et d'atteindre l'équilibre de Pareto.

3. Le dilemme du prisonnier appliqué au cas des ressources en eaux souterraines

Ce dilemme du prisonnier peut être appliqué au cas d'une ressource souterraine en libre accès. Imaginons une situation dans laquelle une nappe est surexploitée. Pour simplifier, nous retenons deux usagers : A et B. Ils ont tous les deux le choix entre deux stratégies :

- Réduire les prélèvements (et préserver ainsi la ressource et leur usage futur),
- Ne pas réduire les prélèvements (et subir/faire subir les externalités générées par la surexploitation de la ressource).

Chacun choisit sa stratégie indépendamment de la stratégie de l'autre et les deux joueurs jouent simultanément. La figure suivante illustre les gains de chaque usager dans chacune des situations possibles.

Figure 2 :
Illustration du dilemme du prisonnier : matrice des gains dans un jeu à deux usagers (BRLi, 2014)

		Usager B	
		Réduire	Ne pas réduire
Usager A	Réduire	(10 ; 10) <i>Optimum de Pareto</i>	(4 ; 11)
	Ne pas réduire	(11 ; 4)	(5 ; 5) <i>Equilibre de Nash</i>

Il existe une solution dominante⁶ identique pour les deux joueurs. Pour l'utilisateur A :

- Si B réduit ses prélèvements, A n'a pas intérêt à diminuer ses prélèvements et préférera exploiter toute la ressource : il obtient un gain de 11 contre 10 s'il avait réduit ses prélèvements.
- Si B ne réduit pas ses prélèvements, A aura intérêt à maintenir également le même niveau de prélèvement puisque cela lui garantit un gain de 5 au lieu de 4 s'il les réduit.

Quel que soit le choix fait par B, A a intérêt à ne pas réduire ses prélèvements. La stratégie « Ne pas réduire les prélèvements » est une stratégie dominante pour l'utilisateur A. Il en est de même pour l'utilisateur B puisque les gains sont symétriques.

En l'absence d'information sur la décision de l'autre joueur, chacun d'eux a intérêt à jouer la stratégie "Ne pas réduire les prélèvements". L'équilibre caractéristique de cette situation - équilibre de Nash - est sous optimal au sens de Pareto car il existe une autre situation dans laquelle A et B auraient des gains supérieurs. S'ils réduisent tous les deux leurs volumes prélevés, ils obtiennent chacun un bénéfice de 10 inférieur au gain de 11, mais supérieur au gain de 5 en équilibre de Nash. Pourtant, dans le cadre du dilemme du prisonnier, cette option n'est pas possible, car les agents économiques n'amorcent pas de **procédure de coopération**.

Mécanisme économique

Les décisions des usagers quant à leur niveau de prélèvement sont déterminées par la maximisation du profit individuel. L'analyse de ces choix et de leurs conséquences (externalités) en l'absence de régulation économique (libre accès) permet de comprendre le déroulement de la tragédie des communs.

⁶ « Stratégie qui procure à un joueur des gains supérieurs à ceux qu'il peut obtenir avec n'importe laquelle de ses autres stratégies, quel que soit le choix fait par les autres joueurs » (Guerrien, 2002)

1. Détermination de l'équilibre économique en décision individuelle

Pour comprendre la manière dont est déterminé l'équilibre économique privé (c'est-à-dire le niveau de prélèvement de chaque usager), il faut se pencher sur les fonctions de coûts et d'avantages liées à l'exploitation de la ressource. En effet, le prélèvement d'eau comporte **un coût** (il faut des infrastructures spécifiques, de l'énergie, etc.) pour pomper l'eau, mais génère également **un bénéfice** (amélioration des rendements des cultures, production industrielle, satisfaction des besoins vitaux des populations, etc.).

La fonction de coût est composée :

- ▶ d'une partie fixe (les coûts fixes) qui représente l'investissement pour la construction du forage,
- ▶ et d'une partie variable (les coûts variables), qui représente principalement le coût de fonctionnement de la pompe. Ils augmentent proportionnellement à la quantité d'eau prélevée.

Le coût total augmente « de plus en plus vite », soit plus que proportionnellement à la quantité d'eau prélevée, c'est-à-dire que le coût marginal de prélèvement (coût de la dernière unité prélevée) est croissant. Plus la quantité d'eau consommée est importante, plus le coût marginal de prélèvement est élevé. La courbe de coût est donc convexe. Dans le cas des eaux souterraines, cela reflète la réalité selon laquelle les volumes sont prélevés à des profondeurs croissantes.

Les bénéfices, quant à eux, dépendent de l'usage final de la ressource :

- ▶ Pour les usages domestiques, l'eau est un bien de consommation finale ; en tant qu'élément vital, c'est aussi un bien de première nécessité. Les avantages tirés de l'usage de la ressource sont représentés sous la forme d'une fonction d'utilité. Ils sont valorisés de différentes manières en fonction du contexte (consentement à payer des individus pour l'eau, coûts de remplacement consentis si la ressource vient à manquer – par exemple achat d'eau minérale par les particuliers, coûts des dommages évités, c'est-à-dire consentement à payer pour que la ressource reste disponible, etc.).

- Pour les secteurs économiques (agriculture, industrie), l'eau constitue un intrant (c'est un bien de consommation intermédiaire) et elle est valorisée par le revenu supplémentaire qu'elle permet de générer par rapport à une situation alternative (agriculture pluviale, ou irrigation moins importante).

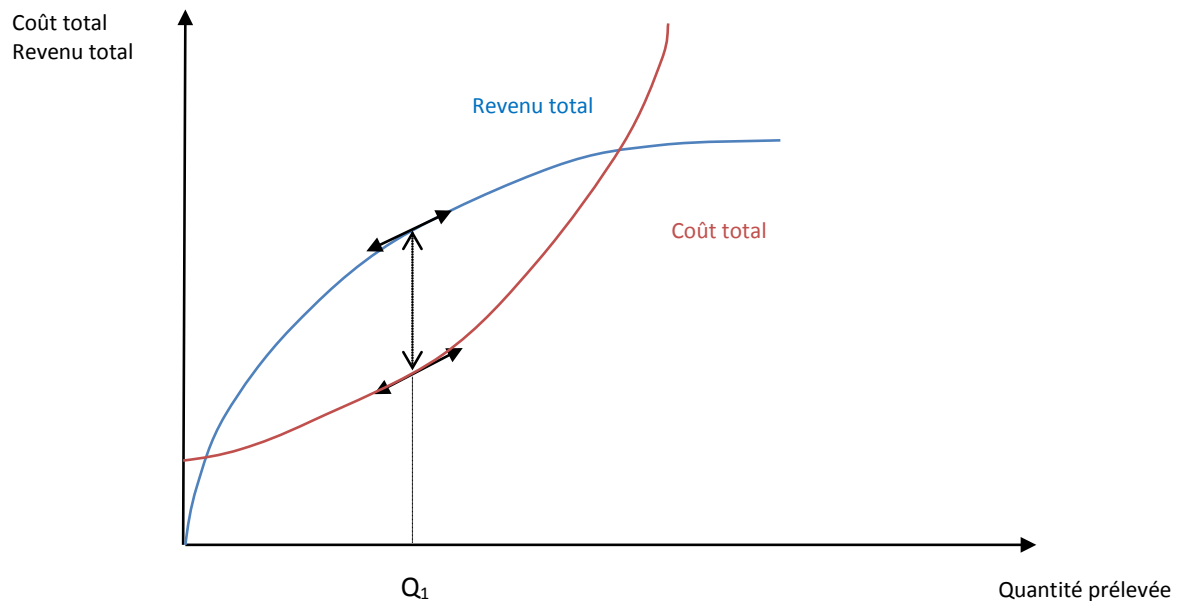
Dans les deux cas, l'avantage total (ou utilité) augmente de « moins en moins vite », c'est-à-dire que plus la quantité d'eau consommée augmente, plus l'utilité retirée de la dernière unité d'eau consommée diminue. L'avantage marginal est décroissant. La courbe des avantages est donc concave. En irrigation, cette propriété reflète la réalité selon laquelle la productivité marginale du m³ d'eau est décroissante⁷.

La Figure 3 représente la courbe du coût total et celle du revenu total liés à l'exploitation d'une ressource en eau pour un usage de consommation intermédiaire, par exemple d'irrigation. Chaque usager choisit de prélever le volume d'eau qui maximise son profit, c'est-à-dire le volume pour lequel la différence entre le revenu total et le coût total est maximale (le point Q₁ sur la Figure 3). A ce point, les tangentes aux deux courbes sont parallèles⁸. Le niveau optimum de prélèvement est donc fixé de manière à **égaliser le coût marginal (privé) et le revenu marginal**. La dernière unité d'eau prélevée coûte autant qu'elle ne rapporte. Avant ce point, l'usager a intérêt à continuer de prélever puisque l'utilisation d'une unité supplémentaire d'eau génère plus de revenus que de coûts. Par contre, au-delà du point Q₁ (Figure 3), une unité supplémentaire lui coûte plus que ce qu'elle ne lui rapporte.

⁷ Pour plus de détails, on pourra se reporter au rapport : « Synthèse régionale sur l'approche économique de la gestion de la demande en eau en Méditerranée : chapitre sur les instruments économiques pour la GDE » (Acteon, mars 2014)

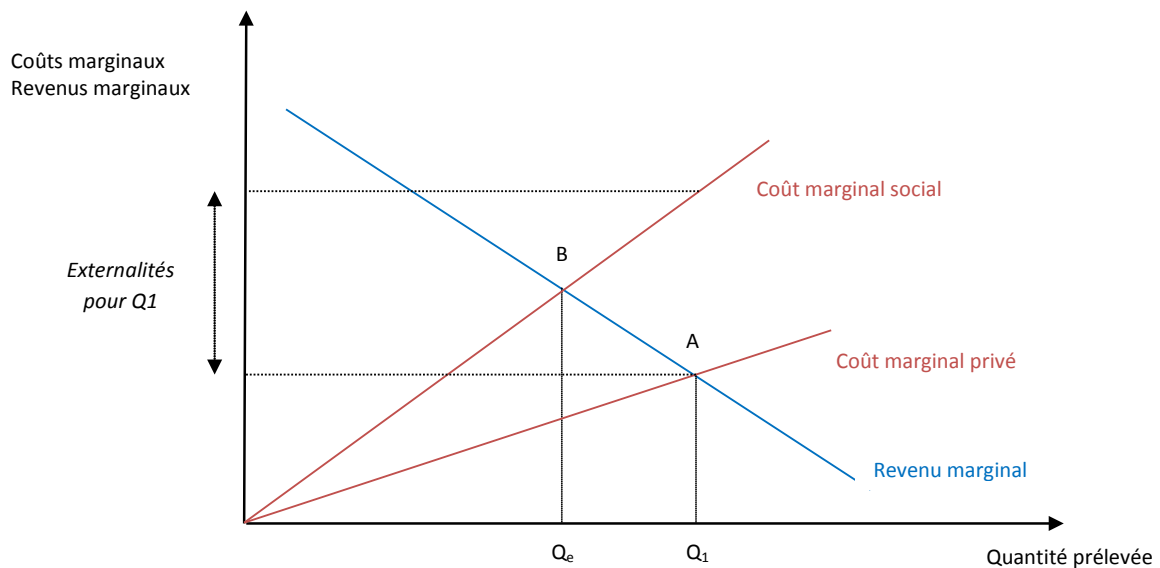
⁸ La pente des tangentes représentent le coût marginal et le revenu marginal

Figure 3 : Coût total et revenu total liés à l'exploitation de la ressource en eau (BRLi, 2014)



Dans l'exemple de la Figure 4, où sont représentés cette fois-ci les coûts et revenus marginaux, on suppose l'existence d'externalités. Dans ce cas, on distinguera le **coût privé** (ressenti par l'utilisateur sur la base des signaux de prix) et le **coût social**, qui représente le coût privé auquel s'ajoute le coût généré par les externalités. Le coût social est donc supérieur au coût privé. Le niveau de prélèvement optimum Q_1 , établi en décision individuelle (« du point de vue de l'utilisateur »), sur le critère (coût marginal = revenu marginal), mais sur la base du seul **coût privé**, est supérieur au niveau de prélèvement optimal « du point de vue de la collectivité » Q_e , déterminé par le **coût social**. La différence entre ces deux coûts représente le supplément de coût supporté par la collectivité du fait des **externalités**. Si Q_1 n'est pas un niveau de prélèvement durable, la décision sur la base du seul coût privé entraîne une surexploitation de la ressource.

Figure 4 : Coûts et bénéfices marginaux liés à l'exploitation d'une nappe (BRLi, 2014)



En situation de libre accès à la ressource, il y a imperfection de marché : le choix des usagers sur leur niveau de prélèvement, effectué de manière individuelle et rationnelle sur la base des signaux de prix qu'ils perçoivent, s'effectue sans intégrer dans leur fonction de coût les externalités qu'ils génèrent. Le seul jeu du marché entraîne la réduction tendancielle des profits pour tous les usagers et la dégradation de la ressource. En revanche, si les coûts externes sont pris en compte, l'équilibre économique se déplace du point A vers le point B et la quantité prélevée est alors de Q_e , optimum social stable.

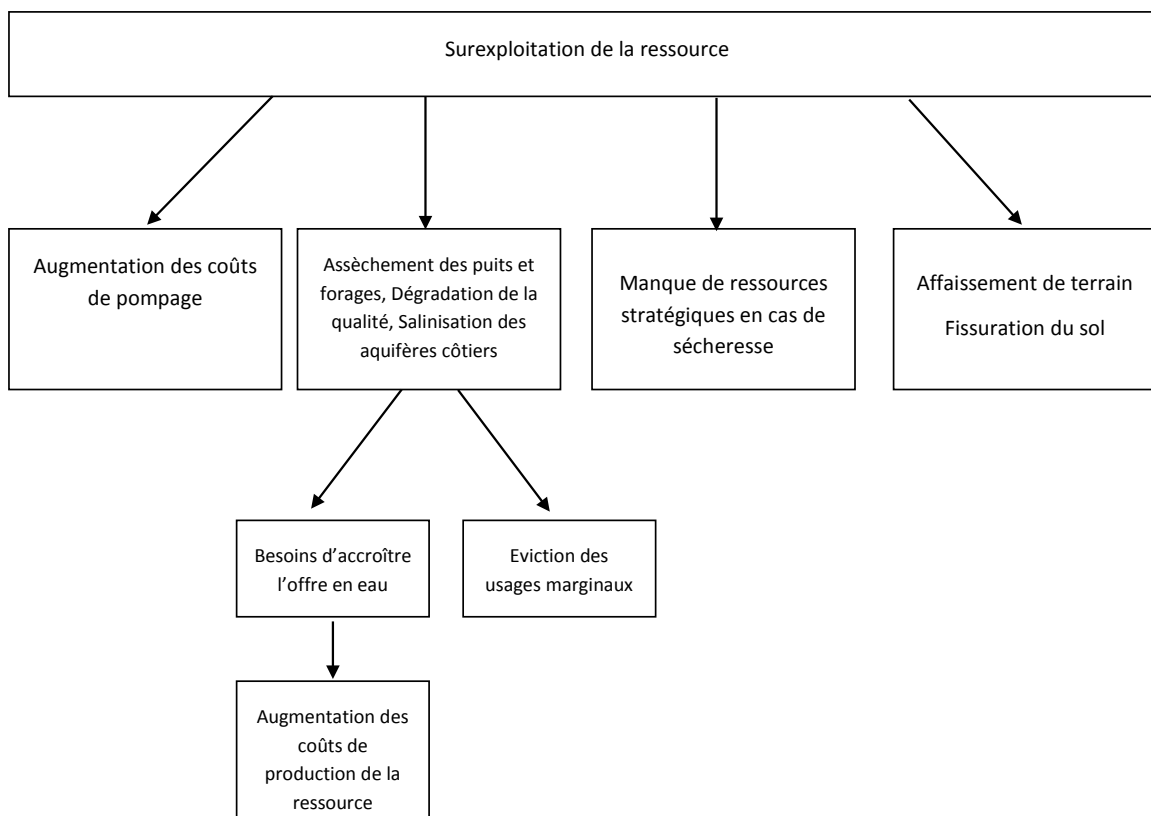
2. Surexploitation de la ressource et externalités

A l'échelle de l'aquifère, l'exploitation durable de la ressource implique un **niveau de prélèvement global inférieur à la recharge de la nappe** de manière à conserver le niveau piézométrique de la ressource. Lorsque les prélèvements sont supérieurs au volume de recharge, le niveau de l'aquifère diminue tendanciuellement. Dans ce cas, l'exploitation de la ressource engendre des **externalités négatives**, c'est-à-dire des conséquences négatives sur le bien-être des agents (par augmentation de leurs coûts de pompage) et sur l'environnement. Les mécanismes de marché (signaux de prix) sont défaillants, c'est-à-dire qu'ils ne permettent pas de mettre les coûts correspondants à la charge des agents qui les produisent. L'ensemble de ces externalités vues dans un sens plus large, au-delà des seules externalités dites d'encombrement

ou de congestion (responsables de l'augmentation des coûts de prélèvement), représentent les impacts environnementaux, économiques et sociaux de la surexploitation de l'aquifère. Elles sont illustrées dans le schéma ci-après (Figure 5).

La première des externalités, la plus immédiatement perceptible, comme nous l'avons dit, est la baisse du niveau de la nappe qui entraîne l'augmentation des coûts de pompage qui atteint uniformément tous les usagers, quelle que soit leur responsabilité individuelle dans la surexploitation, sans que les responsables n'aient à supporter cette composante du « coût social » qui s'ajoute à leur propre coût privé. Viennent ensuite les conséquences environnementales de la surexploitation telle que la dégradation de la qualité de l'eau, l'assèchement des puits et des résurgences, la salinisation des aquifères côtiers, l'affaissement des terrains, etc. (voir figure suivante).

Figure 5 : Externalités possibles liées à la surexploitation de la nappe (M.A. Bchir, 2006 ; J. Shi et al., 2011)



En plus de ces conséquences possibles de la surexploitation des nappes, existent d'autres externalités, de nature économique, qui impactent directement les usagers, incitent à la course au pompage et renforcent de cette manière la surexploitation de la ressource. Dans son article intitulé « *Modéliser les inefficacités de l'exploitation privée des ressources en eau souterraine ?* », Elsa Martin (2011) les analyse dans une perspective plus dynamique et distingue cinq effets :

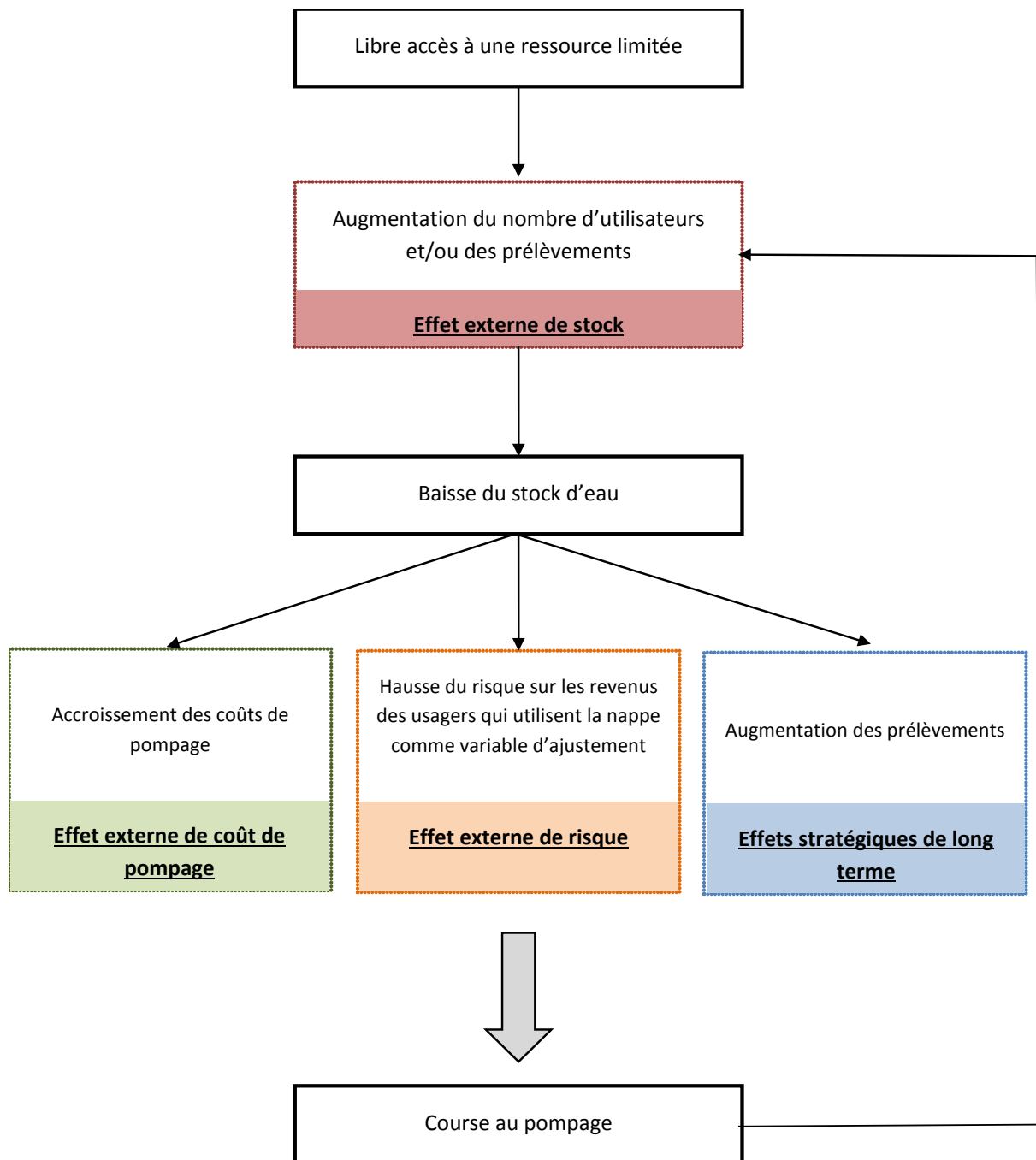
- ▶ **L'effet externe de coût de pompage.** Il s'agit de l'effet externe de congestion (Brown, 1974) déjà évoqué. Le prélèvement d'une unité d'eau par un usager impacte le coût auquel les autres usagers prélèvent la ressource. En effet, le prélèvement affecte le niveau de la nappe, la consommation d'énergie nécessaire pour prélever l'eau et donc le coût de pompage. Les usagers ne sont pas incités à limiter leur prélèvement, puisque la décision de diminuer les volumes prélevés profite aux autres utilisateurs. N'étant pas rémunérés pour cette conservation, ils préfèrent continuer de pomper.
- ▶ **L'effet externe de stock** est lié au fait que le stock de la ressource est limité. En accès libre, l'unique moyen de s'approprier la ressource est de la prélever. C'est la « règle de capture » qui prévaut. Cet effet, comme le précédent, incite les usagers à exploiter la ressource au-delà de ce qui serait optimal pour la société. Cependant, contrairement à l'effet externe de coût de pompage, l'effet externe de stock n'existe pas si le stock est infini.
- ▶ **L'effet externe de risque** existe dans le cas où la ressource en eau souterraine est utilisée comme variable d'ajustement des prélèvements en eaux superficielles. Si le stock est élevé, le niveau de risque pesant sur les revenus des usagers est faible. Au contraire, lorsque la nappe est épuisée, le revenu des usagers dépend uniquement des conditions climatiques (recharge de la nappe, approvisionnement en eau de surface) et le risque est alors très élevé. Etant donné que le stock est limité, les décisions individuelles de prélèvement pour gérer ce risque ne sont pas socialement optimales. Le niveau d'exploitation effectif dépasse le niveau socialement optimal.
- ▶ **Les effets stratégiques de long terme** font référence à l'incitation, engendrée par la concurrence entre usagers, à prélever la ressource

aujourd'hui plutôt que dans le futur. Ce qui n'est pas pompé par un individu à la période t est pompé par les autres usagers. Par crainte de ne pas pouvoir disposer de la ressource à l'avenir ou de voir ses coûts de pompage augmentés, l'utilisateur ne sera pas prêt à renoncer au pompage actuel pour pouvoir prélever davantage demain. « *Ce comportement stratégique – pomper plus d'eau en raison du fait de savoir que la laisser dans le sol augmente l'extraction future de ses voisins – est l'externalité stratégique de Négri* » (E. Martin, 2011).

- Par ailleurs, en plus de ces externalités, peuvent apparaître des **défaillances de sur-escompte**, qui émergent lorsque les agents opérant sur un marché ont des taux d'actualisation privés supérieurs à ceux de la société. Cela implique que les agents économiques, pris individuellement, ont une préférence pour le présent supérieure à ce qui est optimal pour la collectivité. En effet, le taux d'actualisation social (de la collectivité) est relativement bas, reflétant ainsi la prise en compte, dans les décisions économiques, du bien-être des générations futures. Au contraire, les taux d'actualisation privés sont plus élevés puisqu'ils sont déterminés par les préférences des individus. Dans le cas extrême où le taux de préférence pour le présent serait infini, l'individu est désigné « myope » puisque seul le profit présent est maximisé. Il n'y a pas de considération pour la dimension inter-temporelle des coûts et avantages de l'utilisation de la ressource. On imagine bien, dans cette situation, l'inévitable surutilisation de l'aquifère. Ces défaillances de sur-escompte entravent la possibilité d'une gestion durable des ressources et accélèrent la course au pompage.

La Figure 6 illustre l'ensemble de ces externalités économiques qui sont engendrées par l'exploitation d'une nappe en libre accès et qui conduisent à une surexploitation de la ressource.

Figure 6 : Externalités économiques liées à l'exploitation d'un aquifère (d'après E. Martin, 2011)

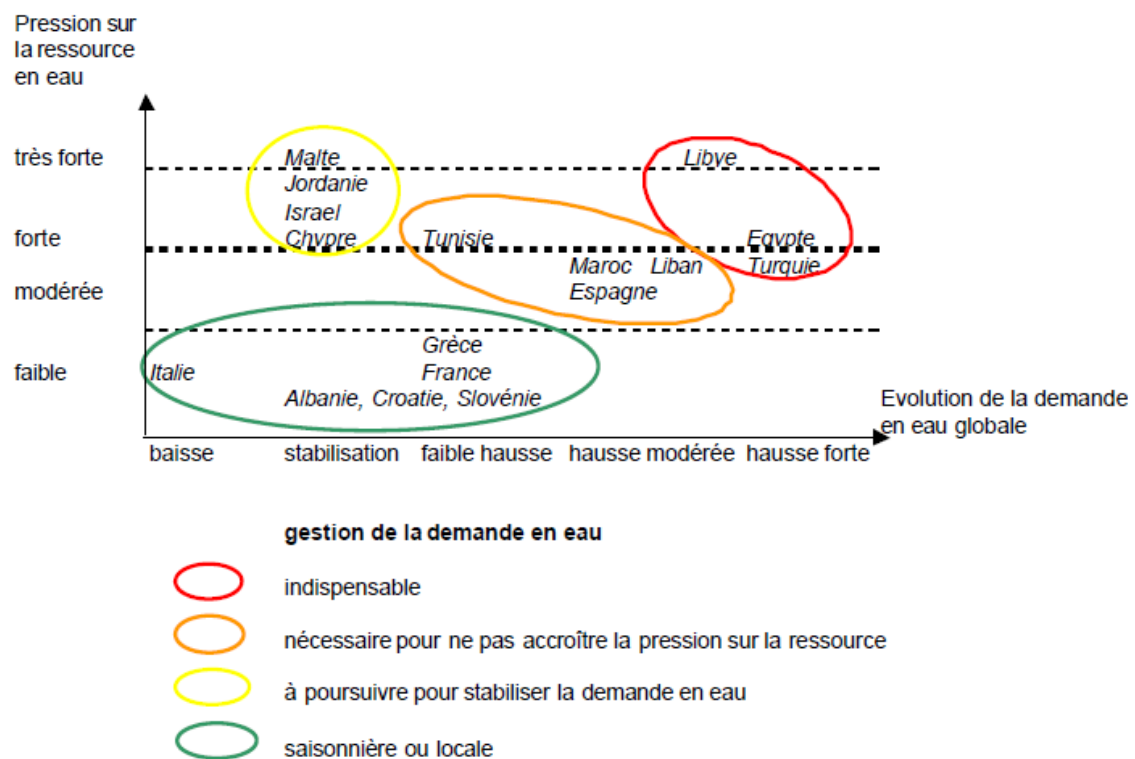


Exemples des pays du pourtour méditerranéen

Les pays méditerranéens sont particulièrement vulnérables à la surexploitation des nappes souterraines du fait du climat semi-aride et des fortes pressions qui s'exercent sur les ressources (croissance démographique, développement de l'irrigation et du tourisme). Malgré cette vulnérabilité commune à l'ensemble de la région méditerranéenne, il existe une certaine hétérogénéité des situations. Le graphique suivant (cf. Figure 7) classe les pays méditerranéens selon deux critères : (i) la pression sur la ressource en eau (superficielle et souterraine) et (ii) l'évolution de la demande, afin de déterminer l'importance de la mise en œuvre d'une politique de gestion de la demande en eau. Ce sont l'Égypte, la Turquie et la Lybie qui se trouvent dans les situations les plus critiques. Les ressources situées dans les pays du nord de la méditerranée subissent moins de pressions, excepté pour l'Espagne.

Cette figure est à nuancer. Elle date de plus de 15 ans, les situations ont pu évoluer.

Figure 7 : Importance de la mise en œuvre d'une gestion de la demande en eau selon les différents pays méditerranéens (d'après Chohin-Kuper et al., 2002)



Source : adaptation de Margat et Vallée 2000 ; Nasser, 1999

La figure 8 illustre les aquifères surexploités dans les pays du pourtour méditerranéen. La plupart des nappes côtières subissent une salinisation du fait de l'intrusion d'eau salée. Ce phénomène apparaît lorsque le niveau de la nappe diminue, un cône de dépression se forme et laisse pénétrer l'eau de mer (Figure 9). Il existe alors un risque de dégradation irréversible de la ressource.

Figure 8 : Nappes surexploitées dans les pays méditerranéens (Margat and Vallée, 2000)

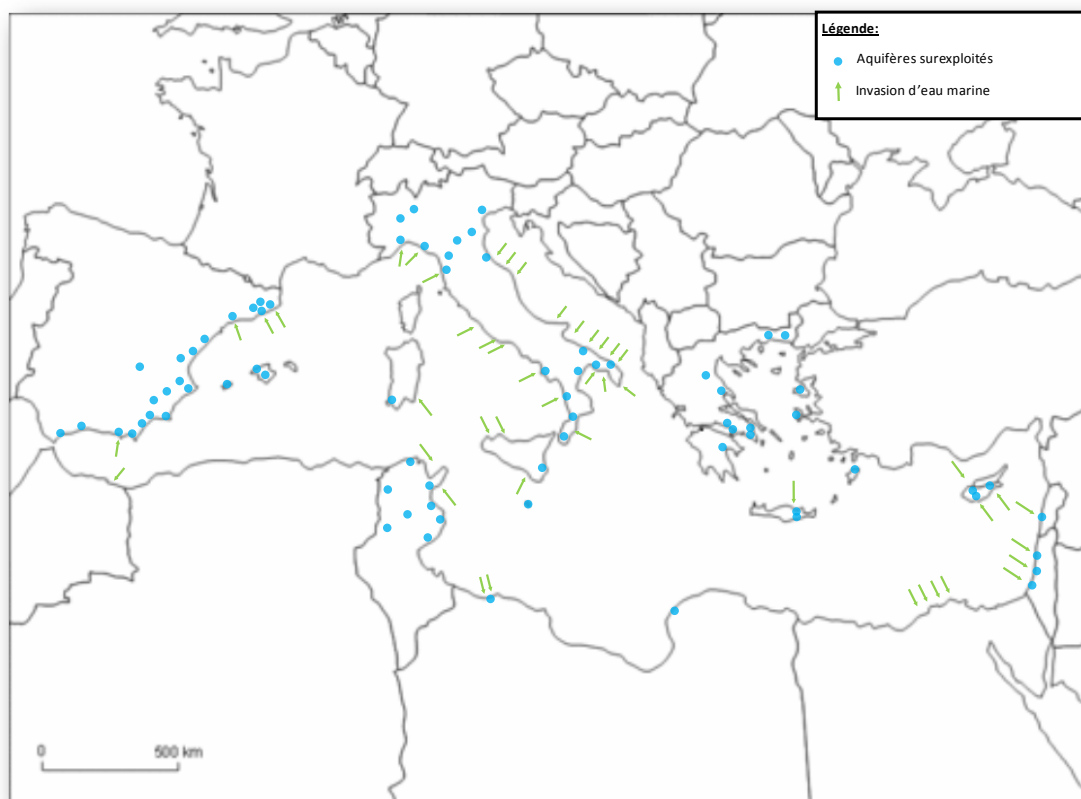
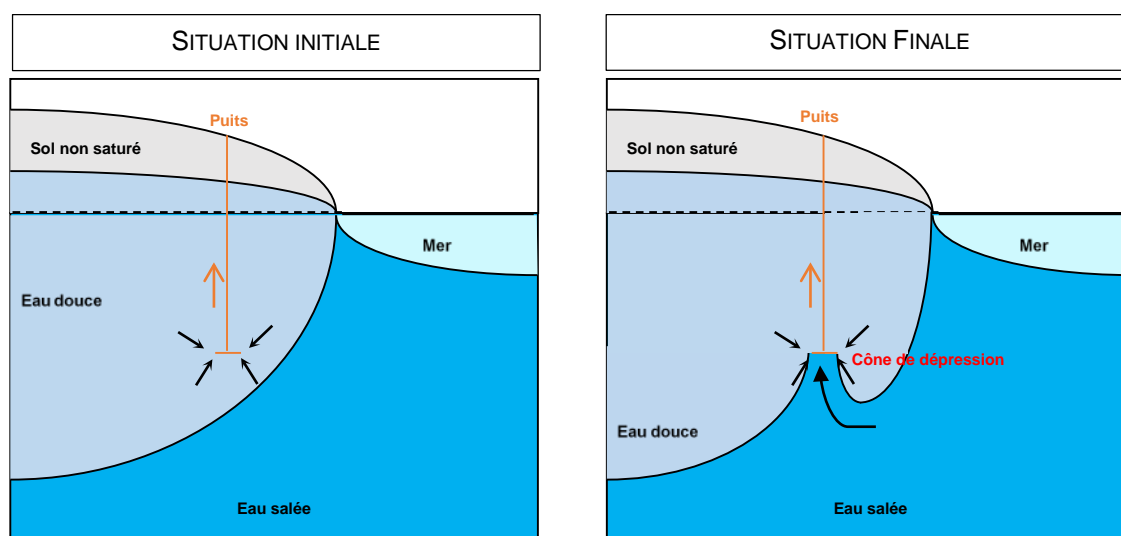


Figure 9 : Phénomène d'intrusion saline dans les nappes (BRLi, 2015)



A partir de l'estimation des ressources en eau souterraine renouvelable (recharge annuelle des nappes) et des prélèvements, Margat a déterminé un degré d'exploitation des ressources en eau souterraine des différents pays méditerranéens :

$$\text{Degré d'exploitation} = \frac{\text{Prélèvements dans les ressources en eau souterraine renouvelable}}{\text{Ressource en eau souterraine renouvelable}}$$

Le degré d'exploitation des nappes est exprimé en pourcentage. Il est très différent selon les pays. Ce sont les pays africains (Tunisie, Algérie, Lybie, Egypte) et moyen-orientaux (Gaza, Israël) qui présentent des degrés d'exploitation élevés. Il existe une surexploitation exacerbée de la ressource, c'est-à-dire que les prélèvements sont largement supérieurs au renouvellement de la ressource pour quatre d'entre eux (Egypte, Gaza, Lybie Algérie) (cf. Tableau 4), ainsi que pour la Jordanie, non représentée.

Cette analyse, réalisée au niveau national, masque les disparités qui existent à l'échelle locale. Par exemple, de nombreuses nappes situées en Italie, en France et en Grèce sont surexploitées.

Tableau 4 : Degré d'exploitation des ressources en eau souterraine dans les pays méditerranéens (Margat, 2004 ; pour la Jordanie : MWI Water Budget, 2010)

Pays	Ressource en eau souterraine renouvelable (km ³ /an)	Prélèvements dans les ressources en eau souterraine renouvelable (km ³ /an)	Degré d'exploitation des ressources en eau souterraine (%)
Espagne	29,9	4,822	16
France	100	6,1	6
Italie	43	10,4	24
Malte	0,027	0,015	56
Slovénie	13,5	0,28	2
Croatie	11	0,42	4
Bosnie-Herzégovine	6	0,3	5
Servie-Monténégro	3	1	33

Macédoine	1	0,2	20
Albanie	6,2	0,63	10
Grèce	10,3	3,56	35
Turquie	69	6	9
Chypre	0,41	0,11	27
Syrie	5,4	1,8	33
Liban	3,2	0,4	13
Israël	1,075	0,9	84
Gaza	0,056	0,13	232
Cisjordanie	0,68	0,17	25
Egypte	2,3	5,4	235
Lybie	0,5	0,65	130
Tunisie	1,55	1,4	90
Algérie	1,73	2,2	127
Maroc	10	2,63	26
Jordanie	0,275	0,511	186
TOTAL	317	49,52	16

Conclusion : quelles options de gestion ?

La tragédie des communs n'est pas inéluctable. Hardin expose **trois solutions théoriques** pour éviter la surexploitation des ressources communes : **la propriété privée**, tout en remarquant que « l'air et les eaux qui nous entourent ne peuvent pas être aisément clôturés et ainsi la tragédie des communs... doit être empêchée par des moyens différents » qui sont « **des lois coercitives** » ou « **des dispositifs fiscaux** ». En termes d'analyse économique, les externalités dues aux imperfections de marché justifient une intervention extérieure (Etat, autorité de régulation) et se corrigent par trois types d'instruments qui, comme l'indiquait Hardin, interviennent sur les droits d'usage et les prix.

On distingue classiquement :

- **La gestion par les quantités** : instauration de quotas de prélèvement globaux ou individuels, autorisations de prélèvement.

- **La correction des prix** : une taxe « environnementale » ayant pour fonction d' « internaliser » les externalités permet de restaurer le signal de prix perçu par les usagers et d'orienter leurs décisions individuelles pour rapprocher le niveau de prélèvement de l'optimum social.
- **La négociation directe et la coopération entre usagers** : dans certaines conditions, notamment sur les droits d'usage, des négociations directes (situation du « théorème de Coase ») et/ou une coopération entre usagers (approche développée par E. Ostrom) peuvent permettre de parvenir au résultat souhaité.

Le chapitre suivant présente ces approches en indiquant pour chacune d'elle les mécanismes économiques ou d'incitation sous-jacents. Des cas concrets illustrent le propos.

L'exposé comprend également, à la suite des sections portant sur les quotas et les prix, une description des marchés de l'eau qui constituent un instrument efficace, non pas pour la correction des externalités et le traitement de la « tragédie des communs », mais en termes d'allocation optimale de la ressource en fonction de sa valorisation économique, avec une approche mixte car basée à la fois sur une gestion par les quantités et sur des échanges marchand

Les instruments de gestion des ressources communes appliqués au cas des eaux souterraines

La réglementation (solution par les quantités)

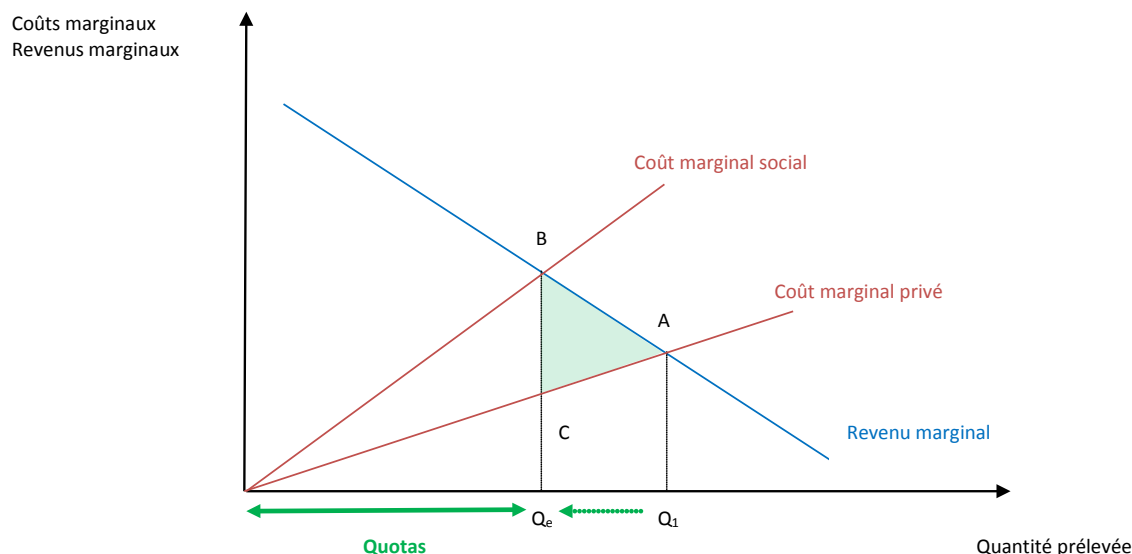
1. Mécanisme économique

Le premier instrument dont dispose l'État est la mise en œuvre d'une **réglementation** pour limiter les prélèvements à un niveau qui assure la durabilité de la ressource. Cela implique l'instauration de **quotas**, soit sur les volumes, soit sur les capacités ou périodes de prélèvement, de manière à ce que les quantités prélevées n'excèdent pas le volume de recharge de l'aquifère. Les quotas sont généralement déterminés de manière globale à l'échelle d'un aquifère et peuvent être répartis individuellement par usager.

Le type de quotas mis en place dépend principalement des connaissances à la disposition du pouvoir régulateur. Si la recharge annuelle de la nappe est connue, il peut allouer des quotas-volume, c'est-à-dire un volume maximum prélevable par unité de référence (par ex. unité de surface) ou durant une période donnée (saison, année). Si le pouvoir régulateur ne dispose pas de ces informations, il peut réguler le temps pendant lequel les usagers sont autorisés à prélever, en leur attribuant une autorisation de prélèvement pour une date et une durée données (quotas-temps). Des groupes d'usagers prélèvent, dans ce cas, tour à tour (Montginoul, 2010).

La figure suivante, qui reprend le schéma de la Figure 4, présente la mise en œuvre d'un quota de prélèvement Q_e , choisi à l'optimum social (en supposant que celui-ci soit connu), et ses effets notamment sur le revenu des usagers, à partir d'une situation de décision individuelle. Le niveau des prélèvements passe de Q_1 (surexploitation) à Q_e (exploitation durable).

Figure 10 : Mécanisme de mise en œuvre de quotas (BRLi, 2014)



Le triangle vert ABC correspond à la perte de profit pour les préleveurs, engendré par l'instauration de quotas. En effet ils perdent un revenu équivalent à l'aire BAQ_1Q_e et économisent un coût équivalent à CAQ_1Q_e , la perte nette étant représentée par la surface ABC. Pour que la réglementation soit respectée, il faut que le **coût de déviance** (sanction appliquée en cas de non-respect des quotas) soit supérieur au montant de cette perte qui, symétriquement, est celui du **bénéfice de déviance** (avantage lié à la fraude consistant à ne pas respecter le quota Q_e en continuant à prélever jusqu'à Q_1)⁹.

L'efficacité de l'instrument dépend de deux conditions essentielles :

- ▶ Les quotas ne doivent pas être supérieurs au volume de recharge de la nappe afin de respecter l'équilibre hydrologique de l'aquifère ;
- ▶ Le montant de l'amende doit être assez dissuasif, c'est-à-dire supérieur au bénéfice lié à la déviance pour que les préleveurs soient incités à respecter la réglementation.

⁹ On suppose que la probabilité de payer l'amende en cas de constat de la contravention est de 1.

Agrawal (1993) met en garde contre trois principaux écueils à la mise en œuvre de règles de gestion des ressources naturelles :

- ▶ Elles peuvent être trop laxistes. Dans ce cas, la ressource sera toujours surexploitée.
- ▶ Elles peuvent être au contraire trop rigides, ce qui inciterait les usagers à les enfreindre car il serait plus coûteux pour eux de les respecter que de payer une amende.
- ▶ Elles peuvent être favorables à leurs concepteurs ou à leurs proches, ce qui nuirait à la crédibilité de l'institution et ne favoriserait pas l'application des règles.

Cet outil peut être particulièrement utile dans le cas de **situation d'urgence** (ex. sécheresse exceptionnelle) car **il permet d'obtenir des résultats dans un temps relativement court**. Toutefois, il n'incite pas aux économies d'eau : les usagers n'ont pas intérêt à prélever moins que ce qui leur est alloué, notamment dans le cas où une baisse des consommations implique une révision des quotas à la baisse l'année suivante.

Par ailleurs, l'efficacité de l'instrument, en termes économiques, est relativement limitée dans le sens où imposer des quotas n'incite pas à utiliser l'eau pour les usages qui la valorisent le mieux. Des modulations existent pour définir les quotas selon des critères discriminatoires (type de cultures, ancienneté, etc.), mais ils ne suffisent pas pour atteindre l'efficacité allocative complète. Il convient cependant de souligner que l'allocation optimale des ressources, au sens économique étroit, c'est-à-dire sur le seul critère de la valorisation financière du m³ d'eau, ne doit pas nécessairement être le but recherché par la politique de l'eau. En effet, certains usagers qui valorisent moins la ressource peuvent être ceux qui en ont le plus besoin car démunis d'autres opportunités de revenu. Cette limite aux quotas est donc à relativiser.

Enfin, du point de vue de l'action publique, la mise en œuvre de quotas comporte **des coûts de transaction élevés**¹⁰. Elle nécessite en particulier **un système de contrôle efficace**. Le pouvoir régulateur doit également disposer

¹⁰ « Coûts provoqués par toutes les procédures –ou opérations- qui rendent possibles des échanges, mutuellement avantageux, entre deux ou plusieurs individus » (Guerrien, 2003)

de **nombreuses informations** (fonctionnement hydrologique de la nappe, nombre de forages, rentabilité de l'eau, etc.) dont certaines sont détenues par les préleveurs qui ne sont pas forcément enclins à les révéler. Dans le cas d'information imparfaite, le quota global peut s'avérer mal ciblé ; par ailleurs les sanctions peuvent être insuffisamment incitatives (conduisant alors à la fraude), ce qui ne permet pas d'atteindre un niveau d'exploitation durable de la ressource.

2. Illustration par la théorie des jeux

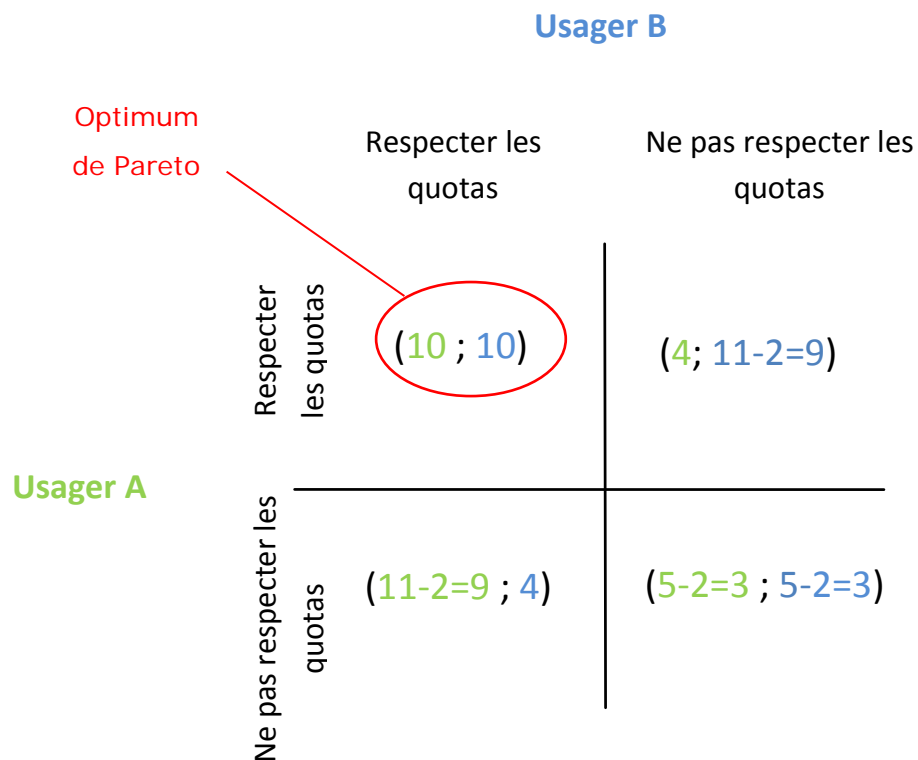
La mise en œuvre de quotas, associés à un système de sanctions, modifie la structure du jeu du dilemme du prisonnier en changeant les gains liés à l'utilisation de la ressource en fonction du respect des obligations par les usagers. Dans ce cas les règles du jeu sont les suivantes.

A et B ont tous les deux le choix entre deux stratégies :

- ▶ Respecter les quotas (et perdre le bénéfice lié à l'utilisation du volume d'eau supplémentaire mais ne pas payer l'amende);
- ▶ Ne pas respecter les quotas (et profiter du bénéfice lié à l'exploitation plus importante de la ressource mais payer l'amende).

L'amende est fixée à 2 et la probabilité d'être sanctionné en cas de non-respect des quotas est de 1 (Hypothèse d'information parfaite et de coûts de transaction nuls ou faibles). Les gains liés aux différentes stratégies sont équivalents à ceux présentés précédemment pour la tragédie des communs (*Figure 2*) après soustraction de l'amende en cas de non-respect des quotas.

Figure 11 : Illustration de la mise en œuvre de quotas réglementés (intervention du régulateur) (BRLi, 2014)



Nous obtenons donc les situations suivantes :

- ▶ Si les deux usagers respectent les quotas, leur gain est de 10 chacun ;
- ▶ Si les deux usagers ne respectent pas les quotas, leur gain est de 3 chacun ;
- ▶ Si l'un des deux usagers respecte les quotas et pas l'autre, les gains sont respectivement de 4 et 9.

En imposant une sanction correctement calibrée (ici 2), on renverse les stratégies dominées en stratégies dominantes. En effet, le raisonnement de chaque usager est le suivant :

- ▶ Si l'autre usager respecte les quotas, j'ai également intérêt à respecter les quotas puisque j'obtiens un gain de 10, contre 9 si je les dépasse.
- ▶ Si l'autre usager ne respecte pas les quotas, j'ai intérêt à les respecter quand même puisque mon gain est de 4, contre 3 si je ne les respecte pas.

L'instauration d'une amende rend moins attrayante la stratégie d'exploitation non durable de la ressource. La stratégie « respecter les quotas » constitue alors une stratégie dominante. Ainsi, quel que soit le comportement de l'autre usager, il est toujours plus avantageux de respecter les quotas. Les agents économiques choisissent de réduire leurs prélèvements, choix qui maximise le bien-être collectif¹¹. L'équilibre du jeu est donc **un optimum de Pareto** : le dilemme du prisonnier est dénoué.

3. Exemple : le cas d'Israël

Les quotas constituent un instrument couramment utilisé. Ils ont notamment été instaurés en Israël pour limiter les prélèvements à destination des secteurs agricole et industriel. Etant donné l'importance de l'agriculture, c'est principalement les restrictions sur l'irrigation qui garantissent la durabilité des ressources en eau.

Dans les années 50, le secteur agricole constituait le plus gros consommateur en eau du pays, représentant 80% de la consommation totale. Avec l'arrivée massive de population, une politique de gestion de la demande en eau pour l'irrigation a été mise en œuvre afin de garantir la satisfaction des besoins en eau potable des habitants. Des restrictions d'usage ont été instaurées par la mise en place de quotas au milieu des années 80. Ceux-ci ont été associés à un système tarifaire incitatif qui détermine le prix de l'eau de manière proportionnelle au volume de quota effectivement consommé par l'agriculteur : moins l'agriculteur consomme, plus le prix est bas.

En outre, parallèlement à la gestion de la demande, une stratégie d'augmentation de l'offre en eau a été définie. La réutilisation des eaux usées et le dessalement de l'eau de mer ont permis d'accroître les ressources disponibles et de limiter les pressions exercées sur les nappes. Cette eau non-conventionnelle est principalement destinée à l'agriculture (cf. Tableau 5).

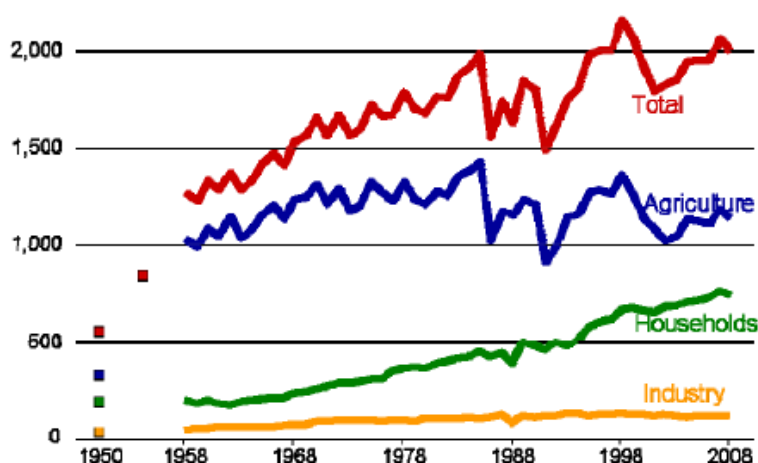
¹¹ Le bien-être collectif étant ici calculé de la manière la plus simple comme la somme des avantages individuels.

Tableau 5 : Consommation par usage et par type de ressource en 2009 en Mm³ (Kislev, 2011)

Type de ressource	Agriculture	Industrie	Usage domestique	Exportations	Total
Eau douce	403	81	680	100	1 264
Eaux usées traitées	395	1	1		397
Dessalement	180	28	5		213
Eau de crue	38				38
TOTAL	1 016	110	686	100	1 912

Cette combinaison des instruments quotas – système tarifaire a incité les agriculteurs à diminuer leur consommation en eau, et ce en deçà des quotas attribués (Becker, 2013). L'eau utilisée pour le secteur agricole a été transférée petit à petit au secteur urbain (cf. Figure suivante). Elle est passée de 1 400 Mm³/an au milieu des années 80 à environ 1000 Mm³ en 2009, soit une baisse de presque 30%.

Figure 12 : Consommation d'eau par secteur en Israël entre 1958 et 2009 (Kislev, 2011)

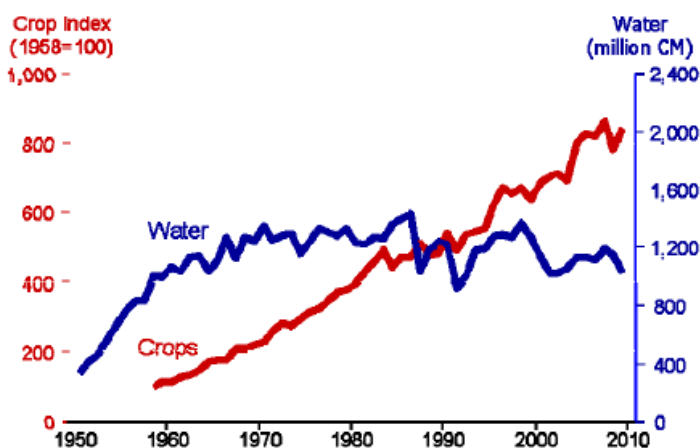


L'instauration de quotas n'a pas été très bien perçue par les agriculteurs, notamment du fait que ces autorisations sont révisées à la baisse durant les périodes de sécheresse. Par exemple, en 1999, l'autorité de gestion de l'eau a

décidé d'une réduction de 40% des quantités allouées au secteur agricole (Wijnen et al., 2012). Cette politique, axée sur l'ajustement des variations de l'offre en eau par les dotations au secteur agricole, a amené les représentants du secteur à surnommer l'agriculture « le quatrième aquifère » d'Israël (Kislev, 2011).

Ces restrictions n'ont toutefois pas empêché l'augmentation des productions agricoles, notamment du fait des progrès en matière d'irrigation, de l'adaptation de l'assolement aux conditions climatiques et de la forte intensification de l'agriculture (cf. Figure 13).

Figure 13 : Evolution de la consommation d'eau agricole et de la production agricole en Israël entre 1950 et 2009 (Kislev, 2011)



Récemment, le ministère de l'agriculture a autorisé l'échange des quotas entre agriculteurs, permettant ainsi une plus grande flexibilité (Kislev, 2011). L'outil a ainsi évolué en marchés de droits d'eau, abordés plus loin.

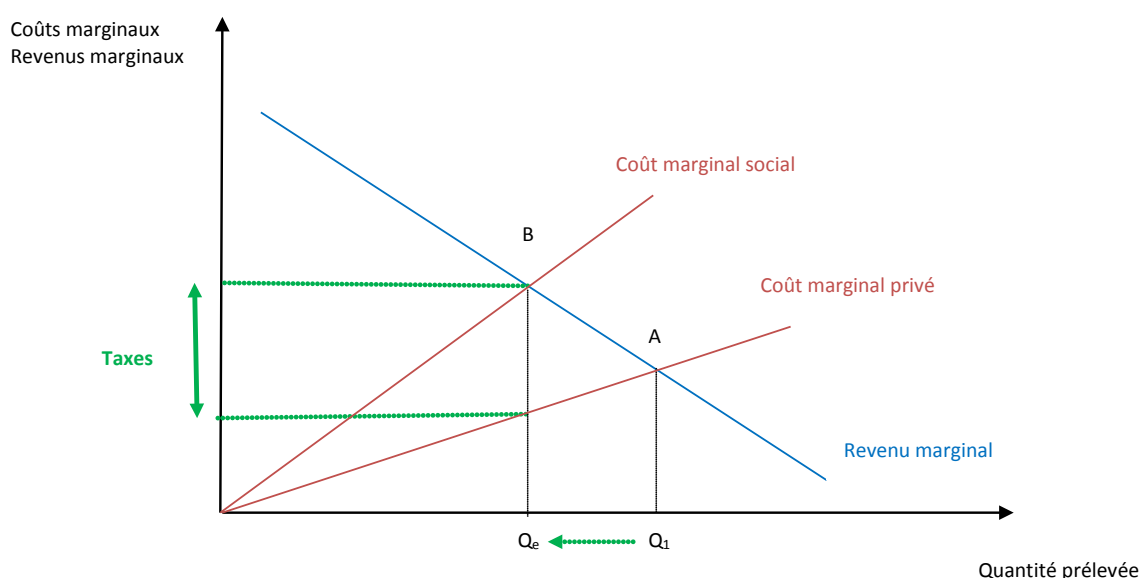
Les taxes (solution par les prix)

1. Mécanisme économique

Un second instrument pour inciter les usagers à limiter leurs prélèvements est la mise en œuvre d'une taxe sur les quantités d'eau extraites de la nappe. Ce type de taxe « environnementale », appelée **pigouvienne**, consiste à internaliser les externalités en les mettant à la charge des acteurs qui en sont à

l'origine (dans ce cas, les préleveurs d'eau souterraine). Ce mécanisme augmente le coût d'utilisation de la ressource et déplace l'équilibre économique vers un niveau d'exploitation plus modéré. L'effet de cet outil sur les quantités prélevées est représenté sur la figure suivante, où l'on voit que le niveau approprié pour la taxe représente la différence entre le coût social et le coût privé à l'optimum. La taxe corrige l'imperfection de marché en restaurant le signal de prix de telle sorte que les décisions individuelles des usagers aboutissent à l'optimum social. Ainsi, l'objectif d'une taxe environnementale n'est pas de générer des ressources fiscales mais bien de modifier des comportements.

Figure 14 : Mécanisme de la taxe pigouvienne (BRLi, 2014)



Contrairement au quota, la taxe n'impose pas une quantité d'eau à économiser pour chaque usager mais agit par **le système de prix** pour modifier le comportement des utilisateurs. C'est un outil économiquement efficace en termes d'allocation dans le sens où les réductions de prélèvements se feront en premier lieu pour les usagers qui valorisent le moins la ressource (ceux qui ont un revenu marginal peu élevé, ou un coût privé important, par rapport à l'ensemble des usagers affectés par la taxe). Toutefois, cet instrument ne prend pas en compte le problème de l'équité dans le partage de la ressource.

De même que pour la gestion par les quantités, l'instauration d'une taxe environnementale comporte des besoins en information : le niveau optimal de la taxe est la différence entre le coût social et le coût privé **à l'optimum**, c'est-à-

dire pour la quantité prélevée Q_e . Les fonctions de coût et de revenu marginaux doivent donc être connues du régulateur pour définir le niveau de taxation approprié. La taxe optimale peut toutefois être déterminée par tâtonnement¹² et, d'une manière générale, cet instrument est plus robuste que le quota vis-à-vis du manque d'informations sur la ressource et les usages. Son efficacité en termes de coûts de transaction est toutefois dépendante, exactement de la même manière que pour le quota, des capacités de mise en œuvre, de contrôle et de sanction dont fera preuve l'autorité de régulation, sachant que, même s'il s'agit d'un instrument basé sur un signal de prix, « il n'y a rien de plus administratif qu'une taxe » (T.Sterner).

2. Illustration : le cas néerlandais

La taxe ou redevance environnementale est un instrument très largement utilisé, notamment en Europe. Aux Pays-Bas, une taxe sur les prélèvements en eau souterraine a été instaurée en 1995. La taxe avait pour caractéristique de générer un double dividende : un bénéfice environnemental par la préservation des nappes et un bénéfice économique via la diminution d'impôts sur les revenus des entreprises et ménages. Elle a été supprimée en 2011 par le gouvernement qui a reconnu son manque d'efficacité. Il est toutefois intéressant d'examiner la mise en œuvre et la réforme de cet outil fiscal car les obstacles rencontrés sont communs à de nombreuses autres situations.

Aux Pays-Bas, l'eau des nappes est de très bonne qualité mais se raréfie du fait de l'accroissement des prélèvements. Le coût d'exploitation des nappes étant souvent largement inférieur à celui du prélèvement dans les cours d'eau, la création de la taxe permettait de diminuer la différence de prix entre l'eau souterraine et l'eau de surface. Les usagers étaient ainsi davantage incités à remplacer les prélèvements dans les nappes par des captages en rivière.

Le recours à cet outil disposait d'un atout certain dans le contexte néerlandais puisque les coûts de transaction liés à la mise en œuvre et à la perception de la taxe sont assez faibles du fait de l'auto-contrôle naturel des usagers. Dans le

¹² Pour plus de détails, notamment sur la comparaison entre instruments réglementaires et instruments économiques, on pourra se reporter au rapport : « Synthèse régionale sur l'approche économique de la gestion de la demande en eau en Méditerranée : chapitre sur les instruments économiques pour la Gestion de la demande en eau » (Acteon, mars 2014).

système très décentralisé néerlandais le respect de la loi et l'acquittement des impôts facilitent l'instauration de nouvelles taxes (Vewin, 2011).

Les modalités de la taxe ont été définies différemment selon les usages. La taxe standard (0.15 €/m³) a été appliquée à l'AEP (Alimentation en Eau Potable). L'industrie et l'agriculture bénéficiaient, au départ, d'un taux de taxation deux fois moins élevé (0.08 €/m³). Cette disposition a été critiquée, notamment par les industries grandes consommatrices d'eau reliées au réseau AEP (producteurs de bières et sodas, exploitations laitières) qui devaient supporter une plus forte taxation que les industries possédant leur propre forage. Une suppression de cet avantage en 2001 a permis de résoudre cette inégalité (Ecotec, 2001).

En outre, plusieurs usages étaient exemptés de la taxe :

- ▶ L'irrigation si moins de 40 000 m³/an étaient prélevés. En pratique, la majorité des exploitations agricoles étaient exemptées de la taxe.
- ▶ Le drainage des zones en construction si les prélèvements étaient inférieurs à 50 000 m³/mois sur une période de 4 mois maximum.
- ▶ Les forages avec des pompes à faible capacité (inférieure à 10 m³/h),
- ▶ Le traitement des eaux souterraines polluées,
- ▶ Les prélèvements pour urgence (ex. incendies),
- ▶ Les patinoires,
- ▶ Les exploitations minières (à des profondeurs supérieures à 500 m).

En 2008, l'irrigation a été totalement exonérée de la taxe car son impact écologique a été jugé peu significatif. Suite à cela, l'AEP contribuait à hauteur de 87% aux recettes de la taxe alors que ses prélèvements dans les nappes ne représentaient que 76% du total (cf.

Tableau 6). L'AEP finançait ainsi les externalités engendrées par l'irrigation et une partie des externalités du secteur industriel.

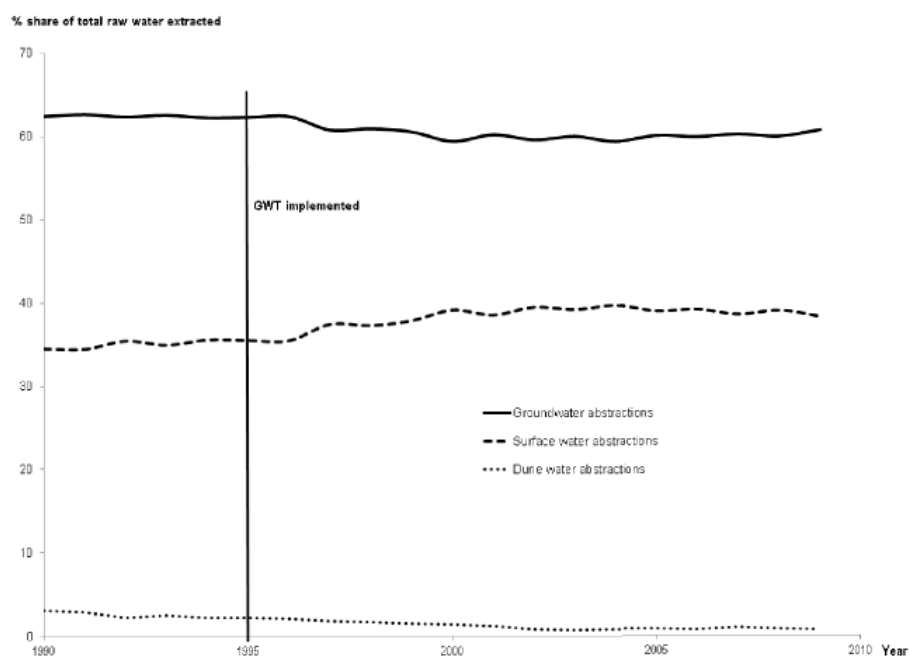
Tableau 6 : Prélèvements en eau souterraine et contribution aux recettes de la « Groundwater tax » par secteur (Statistics Netherlands, 2011 ; Belastingdienst, 2012)

Secteurs	Prélèvements (Mm ³)	Prélèvements (%)	Part de contribution aux recettes de la « Groundwater tax » (%)	Nombre de redevables
AEP	762	76	87	10
Industrie	183	19	13	901
Agriculture	52	5	0	ND
TOTAL	997	100	100	911

Les nombreuses exemptions ont affecté l'efficacité environnementale de la taxe, en incitant à des comportements dommageables pour les ressources en eau. Par exemple, le fait que les forages à faible capacité de pompage ne soient pas soumis à la taxe a encouragé les usagers à remplacer leur pompe par plusieurs autres de faible capacité. Pour remédier à cela, la taxe a été étendue ensuite à l'ensemble des forages, quelle que soit leur capacité de production. La « Groundwater tax » illustre, en cela, de manière éloquent le tâtonnement souvent indispensable pour arriver à un dispositif de taxation efficace, surtout si on poursuit à la fois des objectifs d'efficacité et d'équité. L'adaptation de la taxe s'est faite au fur et à mesure des obstacles rencontrés.

L'effet de cet instrument sur l'exploitation des eaux souterraines et l'état des nappes aux Pays-Bas est relativement mitigé. Bien que la taxe ait permis de diminuer les prélèvements à destination de l'AEP, cette baisse a été contrebalancée par l'accroissement des prélèvements des usages exonérés. Cet exemple met en lumière la nécessité de l'harmonisation des incitations sur l'ensemble des acteurs pour atteindre une utilisation durable de la ressource, et au contraire l'effet négatif de la multiplication des exonérations (cf. Figure 15).

Figure 15 : Evolution de la répartition des ressources utilisées par l'AEP entre 1990 et 2009 (Vewin, 2011 dans Schuerhoff M. et al., 2012)



Marchés de droits d'eau

Les marchés de droits sont un instrument mixte car ils sont basés à la fois sur des quotas et sur des échanges marchands faisant intervenir la valorisation de l'eau et des prix de cession entre usagers.

1. Mécanisme économique

La définition de droits de propriété¹³ privés et leur échange sur un marché assure théoriquement à la fois la **durabilité** de l'exploitation de la ressource (si les prélèvements autorisés n'excèdent pas son renouvellement) **et l'efficacité économique**, en favorisant son allocation aux usages qui la valorisent le mieux : les usagers ayant une forte valeur marginale de l'eau étant prêts à payer à ceux ayant une valeur marginale moindre un prix incitant ces derniers à la vente de leurs droits¹⁴.

2. Application au cas des eaux souterraines

Dans le cas de la gestion des eaux souterraines, en supposant que la durabilité est assurée par la définition d'un volume global de prélèvements équivalent au volume de recharge de la nappe, ce volume total autorisé est réparti sous forme de droits d'usage (soit en valeur absolue, soit en proportion d'un quota global défini en fonction de l'état de la ressource) ou QIT (quotas individuels transférables) aux différents usagers. Ceux-ci s'échangent leurs droits en fonction de leur besoin en eau et de leur disposition à la payer. Le prix de l'unité d'eau est librement négociable. Cette organisation assure une allocation optimale dans le sens où chaque unité d'eau revient à l'utilisateur qui est disposé à la payer le plus cher et qui donc valorise le mieux la ressource et/ou a les coûts de prélèvement les moins élevés.

¹³ Dans tout ce qui suit, on entend par « droits de propriété » des droits d'usage n'impliquant pas une pleine propriété au sens juridique, mais consistant en un « faisceau de droits » (cf. Weinstein) qui peuvent se concéder ou s'échanger, tout en préservant les droits du « propriétaire » et notamment, s'agissant de l'eau, le caractère domanial de la ressource.

¹⁴ Pour plus de détails sur le fonctionnement des marchés de droits, on pourra se reporter au rapport « Synthèse régionale sur l'approche économique de la gestion de la demande en eau en Méditerranée : chapitre sur les instruments économiques pour la Gestion de la demande en eau » (Acteon, mars 2014 – AFD / Plan Bleu).

Cette solution, si elle règle théoriquement la question de l'efficacité de l'allocation des ressources (elle est optimale au sens de Pareto), pose le problème de **l'équité dans la répartition initiale des ressources**. Plusieurs règles d'allocation initiale des droits de propriété existent. Moreau et al. ont étudié celles qui sont spécifiques à la répartition des eaux souterraines. De manière générale, sept types d'allocation existent :

- ▶ La règle du « grandfathering » qui consiste à allouer les droits proportionnellement à la consommation passée ;
- ▶ L'allocation égalitaire des droits entre les usagers ;
- ▶ La mise aux enchères ;
- ▶ L'allocation des droits selon l'ancienneté avec priorité aux plus anciens ;
- ▶ L'allocation des droits en fonction des besoins estimés ;
- ▶ L'allocation des droits en fonction de l'accès aux autres ressources en eau ;
- ▶ L'allocation des droits selon des critères incitatifs au comportement vertueux. Par exemple, la répartition des droits peut se faire en fonction des volumes déclarés et ainsi récompenser les usagers vertueux (qui déclarent leur prélèvement).

L'allocation des droits d'usage peut également se faire selon des spécificités liées à chaque usage. Pour l'usage agricole, Moreau et al. ont identifié quatre critères spécifiques :

- ▶ **L'allocation est proportionnelle au débit déclaré des installations de prélèvements.** Ce système est en vigueur dans le Tarn-et-Garonne. Il illustre le passage d'une gestion en débit à une gestion en volume prévue par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA). Selon la typologie de Deutsch, ce système permet d'articuler les notions de besoin (évalué par la capacité en débit des équipements en place) et de mérite (il récompense les agriculteurs ayant bien déclaré leurs équipements et pénalise ceux qui prélèvent illégalement).

- ▶ **L'allocation est dégressive en fonction de la superficie irriguée.** Le volume par hectare est supérieur pour les exploitations ayant une faible superficie irriguée, afin de leur permettre de dégager plus de valeur ajoutée par unité de surface pour assurer leur viabilité économique. Ce scénario est inspiré du principe de discrimination positive, découlant du principe de différence de Rawls¹⁵.
- ▶ **L'allocation dépend du type de production**, avec priorité donnée aux cultures à fortes valeur ajoutée. Ce principe s'inspire d'une logique utilitariste, visant à maximiser la valeur d'usage de l'eau. Cette logique est en vigueur dans certains départements français où les cultures à forte valeur ajoutée peuvent être exemptées de restriction d'arrosage.
- ▶ **L'allocation tient compte du type de sol.** Il s'agit d'attribuer un quota supérieur aux agriculteurs travaillant des sols ayant une faible réserve utile, le besoin en eau des plantes étant supérieur sur ces terres. Tout en répondant à une logique agronomique, ce scénario satisfait aussi le principe de différence de Rawls et le principe marxiste de satisfaction des besoins. C'est un principe souvent retenu, par exemple dans l'Aisne ou dans l'Eure-et-Loir.

La détermination de critères d'allocation des droits d'eau constitue donc un choix économique et politique dans le sens où elle est guidée par un (ou plusieurs) motif(s) bien précis : efficacité économique, avantage à certains secteurs/certaines cultures, incitations aux « bonnes pratiques », équité, etc.

¹⁵ Le principe de différence de Rawls est le principe selon lequel les inégalités sociales et économiques sont acceptables si elles sont favorables aux plus démunis.

3. Les conditions de mise en œuvre et de réussite

La solution par les marchés de droits nécessite de nombreuses conditions pour que sa mise en œuvre et son fonctionnement soient efficaces :

- ▶ De la même manière que pour les instruments présentés précédemment, elle nécessite **une bonne connaissance** de la ressource et des prélèvements, **un contrôle des quantités prélevées** et un pouvoir et une capacité de sanction en cas de non-respect des règles.
- ▶ **L'absence ou quasi-absence de coût de transaction.** Différentes formes d'organisation du marché sont possibles, et certaines permettent de limiter ces coûts de transaction (Colby, 1990).
- ▶ **Une situation de concurrence** satisfaisante qui garantit que les prix sont déterminés par le marché (multiplicité des agents économiques), qu'il existe une information disponible pour l'ensemble des acteurs (offre, demande, prix, connaissance sur la ressource, etc.) et actualisée régulièrement. Par ailleurs, la libre entrée/sortie sur le marché doit être garantie. Ces dispositions n'étant qu'une déclinaison de l'absence de coûts de transaction. Enfin, les produits échangés doivent être homogènes (eau de même qualité).
- ▶ **La faisabilité physique du transfert à des coûts acceptables pour les usagers.** La création d'un marché de l'eau suppose la répartition des installations de prélèvement (pompage) ou l'existence ou la construction d'un réseau d'eau assez développé qui permet aux usagers d'échanger leurs droits d'usage avec n'importe quel autre utilisateur de la ressource, et ceci, à des coûts modérés. Dans le cas des eaux souterraines, cette condition est plus aisément satisfaite que pour les ressources superficielles puisque l'ubiquité de la nappe fait dans une certaine mesure office de réseau de distribution.

Par ailleurs, Livingston (1998) précise deux conditions générales pour le bon fonctionnement des marchés de droits d'eau par des institutions régulatrices :

- ▶ **Une condition de sécurité** : les incertitudes sur la ressource en eau doivent être minimisées, afin de répondre à la demande, à un lieu et moment donnés.

- **Une condition de flexibilité** : les marchés de l'eau doivent pouvoir évoluer en fonction de la législation en vigueur et s'adapter aux besoins des usagers.

Dans le cas où ces conditions ne sont pas réunies, le marché ne permet pas d'atteindre pleinement une allocation optimale des ressources. Par ailleurs, dans certains cas, la solution par le marché comporte un risque de concentration des droits d'usage aux mains des quelques acteurs les plus efficaces et risque ainsi de priver d'eau ceux qui en auraient le plus 'besoin' parce que précisément ils sont moins efficaces car démunis d'autres facteurs de production.

Les marchés de droits nécessitent donc que l'Etat ou l'autorité régulatrice jouent un rôle important pour en garantir le bon fonctionnement, notamment en assurant la répartition des droits d'usage, la diffusion des informations et le contrôle du respect des règles par les usagers.

4. Illustration : le cas du Chili

En 1981, le Chili a révisé le Code de l'Eau et a instauré le cadre légal et juridique propice au développement des marchés de l'eau. L'ensemble des droits de prélèvement sur la ressource sont devenus totalement déconnectés des droits fonciers, et ont pu être vendus, achetés, hypothéqués à n'importe qui et à un prix librement négociable. Les nouveaux droits sont alloués à la demande par la Direction Générale des Eaux. Les droits qui ne sont pas distribués sont mis aux enchères. Par ailleurs, les titulaires ne paient aucune taxe ou redevance auprès de la Direction Générale de l'Eau (Bauer, 2004).

Il existe différentes règles d'allocation en fonction des usages de la ressource :

- **Pour les usages consommateurs permanents** : les droits sont définis en volume, suite à la demande des usagers à la Direction Générale des Eaux. Dans les cas de pénurie et où l'ensemble des besoins ne peuvent être satisfaits, le droit à prélever de chaque usager est diminué proportionnellement aux droits nominaux.
- **Pour les usages consommateurs temporaires** : ces droits sont alloués une fois que l'ensemble des usagers permanents ont été approvisionnés.

- **Pour les usages de consommation non-extractive** : les droits sont accordés dans les cas où l'eau est restituée à son milieu (stations hydroélectriques).

Par ailleurs, contrairement aux marchés de l'eau états-uniens, ce n'est pas la règle de l'usage bénéficiaire qui prévaut (« use it or lose it »), règle qui stipule que les usagers perdent les droits d'eau qu'ils n'utilisent pas. Cette règle constitue normalement un garde-fou aux monopoles et à la spéculation sur le prix de l'eau. Le système chilien est davantage orienté vers le « laissez-faire » du marché, ce qui a généré un problème de concentration de la ressource entre les mains des grandes compagnies minières et hydroélectriques ainsi que de l'horticulture (O. Petitjean, 2009).

Les retours sur cette expérience chilienne mettent en lumière un nombre de transactions assez limité (O. Petit, 2004). La plupart des transactions s'effectuent entre irrigants mais très peu entre usages concurrents. Cela s'explique principalement par :

- Des difficultés de transferts d'eau du fait des contraintes géographiques et du mauvais état des infrastructures.
- Des difficultés administratives pour l'enregistrement et la tenue des registres de droits de propriété qui génèrent un manque de fiabilité des informations et donc des coûts de transaction élevés.
- Des habitudes culturelles et des mentalités. Pour beaucoup de chiliens l'eau représente une ressource vitale et gratuite qu'il est inconcevable de vendre. Par ailleurs, de nombreux agriculteurs ne connaissent pas la réglementation en vigueur, ce qui explique également des coûts de transaction importants.

Au final, les prix n'envoient pas des signaux fiables, et ne reflètent pas le coût de la rareté de la ressource. Par ailleurs, certains usagers refusent de vendre leurs droits afin de conserver une marge spéculative sur la valeur de l'eau.

Cet exemple met en évidence l'importance des mécanismes de régulation accompagnant la mise en place de l'instrument et de la prise en compte des spécificités locales. Dans ce cas, il s'agit de la réalisation d'investissements (amélioration des infrastructures et des réseaux d'eau), le recours à des campagnes de sensibilisation et de communication, ainsi qu'un meilleur partage

des connaissances et une plus grande transparence du système permettraient d'améliorer la gestion des ressources en eau.

Gestion collective locale de la ressource en eau

1. Les défaillances de l'Etat et de la gestion centralisée

Nous revenons ici à la correction des externalités de congestion liées à l'exploitation des eaux souterraines en accès libre (ou non régulé) en abordant la question sous un angle différent, celui du cadre de mise en œuvre des instruments. En effet, que ceux-ci soient basés sur les quantités ou sur les prix, leur application, lorsqu'elle est réalisée par l'Etat ou une institution centralisée, peut rencontrer plusieurs difficultés.

Les difficultés sont principalement (Ostrom, 1990) :

- ▶ **L'inefficacité liée à un manque d'information à la disposition du régulateur.** Pour mettre en œuvre des outils efficaces, l'État doit disposer d'informations sur les usages et les usagers, que ceux-ci ne sont pas forcément enclins à révéler (ex. rentabilité de l'eau, coûts d'exploitation, quantité prélevée). Il existe une asymétrie d'information entre l'État et les usagers qui peut rendre inefficaces les actions entreprises par le pouvoir central pour mieux gérer la ressource.
- ▶ **La capture du pouvoir régulateur.** L'hypothèse sous-jacente à une intervention centralisée est l'existence d'un régulateur bienveillant qui aurait pour objectif la maximisation du bien-être collectif. Dans les faits, l'inégalité des rapports de force entre usagers et les lobbys exercés par certains acteurs auprès de l'autorité peuvent entraver l'allocation optimale des ressources.

Nous ajouterons à ces difficultés la question, déjà évoquée, des coûts de transaction liés à l'application des instruments et donc à leur efficience.

D'autres instruments basés principalement sur la négociation directe ou la coopération entre usagers existent. Les parties suivantes présentent les fondements et les conditions de la gestion décentralisée des ressources communes.

2. Le Théorème de Coase

Comme décrit par Coase en 1960, dans son article *The problem of social cost*, l'externalité, pour lui, résulte non pas d'un défaut de marché mais d'une absence de droits de propriété (ou d'usage, cf. ci-dessus) clairement définis. Le « théorème de Coase » constitue, avec les instruments de gestion par les quantités et les taxes environnementales, la troisième voie de correction des externalités, basée sur des échanges directs entre agents.

L'énoncé en est le suivant : Si les agents émetteurs de, et affectés par, l'externalité sont connus, si les droits de propriété sont bien définis, et si les coûts de transaction sont nuls ou faibles, une allocation optimale des ressources est possible par négociation directe entre agents. Cette allocation est efficace (Pareto optimale) quelle que soit l'attribution initiale des droits de propriété.

Dans ce cas, l'intervention de l'Etat n'est pas nécessaire pour parvenir à l'optimum de Pareto, sauf peut-être pour la répartition initiale des droits d'usage, dont les implications, non en termes d'efficacité, mais d'équité, comme nous l'avons vu, sont considérables.

On retrouve l'importance des coûts de transaction dans l'approche inspirée par Coase pour la correction des externalités. S'ils sont nuls ou faibles, nous sommes dans le cas favorable où la solution coasienne de négociation directe entre usagers est faisable. Si en revanche les coûts de transaction pour faire valoir les droits et/ou marchandiser l'externalité sont supérieurs aux coûts de l'administration publique ou de l'organisation sociale pour atteindre l'optimum (coûts encourus pour évaluer la ressource et le niveau de prélèvement durable, identifier les agents et leurs fonctions de coûts et de revenus, évaluer le coût social, définir et contrôler l'application des quotas, ou prélever la taxe et contrôler son application), l'intervention de l'Etat ou d'une organisation sociale est préférable.

3. Limites du théorème de Coase pour la gestion des « commons » - Cas des eaux souterraines

L'application du théorème de Coase à la correction des externalités résultant de l'exploitation libre (ou insuffisamment régulée) des eaux souterraines se heurte

à des difficultés sur ses deux conditions, la définition des droits de propriété et l'absence de coûts de transaction :

- ▶ définition des droits : tous les usagers ont-ils un droit opposable à ne pas subir d'augmentation du coût de pompage par suite de la décision individuelle d'augmentation des prélèvements de la part d'un usager donné ? Ou à l'inverse tout usager a-t-il le droit reconnu d'extraire selon son bon vouloir ? Dans le premier cas, c'est à l'exploitant qui décide d'augmenter ses prélèvements de compenser tous les autres ; dans le second, l'ensemble des usagers devra se cotiser pour indemniser celui qui souhaite augmenter ses prélèvements afin de l'y faire renoncer. C'est bien sûr le cas qui est rencontré dans la pratique, mais les droits qui s'y attachent ne sont pas formalisés, dans une situation d'accès libre *de facto* ;
- ▶ coûts de transaction pour la négociation entre usagers : ceux-ci seront fatalement élevés, sachant que les usagers sont en général nombreux et avec des fonctions de coût qui peuvent être différentes.

4. Ostrom et la « généralisation » du théorème de Coase

Il revenait à E. Ostrom, moyennant un retour sur certaines confusions de Hardin, et même si elle ne se réclame pas ouvertement de Coase, d'éclairer la manière dont le théorème de Coase pouvait être en quelque sorte généralisé, toutes proportions gardées, dans une situation multi-acteurs¹⁶.

Dans sa critique du célèbre article de Hardin sur la « tragédie des communs », elle a montré comment les débats autour de la propriété commune ont été marqués par des confusions conceptuelles, et notamment la confusion entre caractère d'un bien (*common pool resource*, ou bien public) et régime de propriété (*common property*) et la confusion entre propriété commune (*common property*) et accès libre (*open-access*). La notion de **propriété commune** est essentielle car, tout en correspondant à la solution de privatisation avancée par

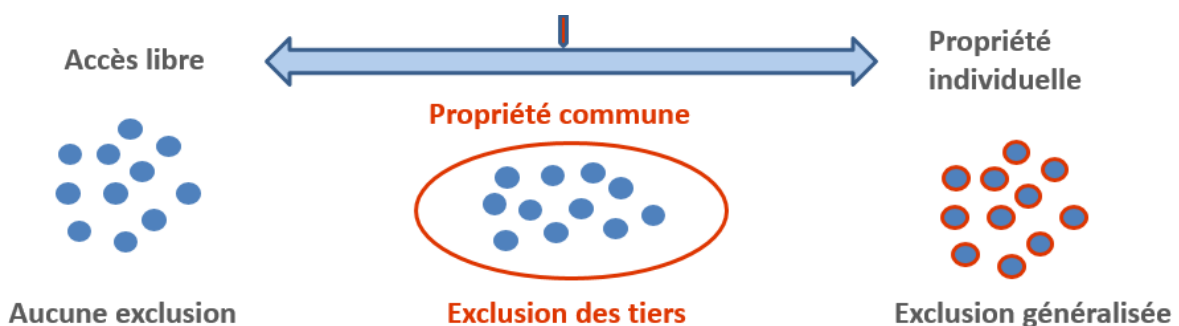
¹⁶ Voir : **Olivier Weinstein**, « Comment comprendre les « communs » : Elinor Ostrom, la propriété et la nouvelle économie institutionnelle », *Revue de la régulation* [En ligne], 14 | 2e semestre / Automne 2013, mis en ligne le 12 décembre 2013, consulté le 12 décembre 2014. URL : <http://regulation.revues.org/10452>

Hardin pour remédier à la « tragédie des communs », elle en diffère car dans ce cas la « propriété », qui peut être limitée à des droits d'usage (point que nous avons déjà évoqué), est le fait d'un **groupe** au lieu d'être strictement individuelle. Ce régime de propriété commune va fournir le cadre décentralisé dans lequel vont s'élaborer des modalités de gestion spécifiques, lesquelles suivent les conditions du théorème de Coase : des « contrats » entre les parties (les individus du groupe) vont se mettre en place, et ils seront d'autant plus efficaces que les coûts de transaction (information, négociation, surveillance, sanction) seront faibles au sein du groupe.

Ainsi, tout comme celle de Coase, l'approche d'Ostrom repose-telle sur les trois éléments fondamentaux que sont :

- ▶ une réflexion sur les droits de propriété, avec ici l'exclusion des tiers, c'est-à-dire ceux qui n'appartiennent pas au groupe détenteur des droits (cf. Figure 16),
- ▶ et une analyse sur la faisabilité des solutions de gestion décentralisée au regard des coûts de transaction,
- ▶ aboutissant à l'idée que « le marché et l'Etat ne sont pas les seules formes possibles d'organisation des rapports économiques et que, face à des problèmes de coordination (ou à des échecs de marché), laisser les parties concernées élaborer par elles-mêmes un arrangement entre elles peut conduire à de meilleurs résultats que de recourir à une intervention publique » (Weinstein).

Figure 16 : Différence entre accès libre, propriété commune et propriété individuelle (CMI, 2014)



5. L'approche d'Ostrom dans la pratique

A partir de l'étude empirique de multiples situations de gestion des « communs » (pris ici au sens de propriété commune), en particuliers des prélèvements dans les eaux souterraines pour des usages d'irrigation comme d'eau potable, Ostrom a élaboré son constat majeur qui est « **la capacité des individus insérés dans des communautés locales à résoudre des problèmes d'action collective, en construisant de manière relativement autonome des systèmes de règles, des « modes de gouvernance » adaptés aux problèmes précis auxquels ils sont confrontés** » (Weinstein). Ce faisant, elle s'est gardée de théoriser ou de normaliser sur les principes ou mécanismes de gestion, en adoptant plutôt une approche institutionnaliste visant à identifier les modes de régulation formels et informels qui émergent dans les différentes situations et leurs conditions concrètes de réussite, à partir notamment de l'étude des attributs de la ressource et des usagers. En particulier, elle a mis l'accent sur les **normes sociales communes** qui donnent une certaine homogénéité au groupe et permettent à la « pression sociale » de s'exercer.

Ainsi les usagers mettent en œuvre une **autorégulation** au moins partielle, dans le cadre d'un régime de propriété commune, lequel permet d'instaurer des règles de gestion collective. La logique de coercition extérieure (par l'Etat ou une autorité de régulation) est supplantée par un **processus interne** faisant appel à des degrés divers à des formes de coercition (par les autorités locales ou coutumières), à la négociation ou à la concertation, d'une manière inséparable du contexte physique, économique et social du « commun ».

Par ailleurs, le système doit être stabilisé par la possibilité effective, et garantie, de l'exclusion des tiers par le groupe détenteur des droits de propriété sur le « commun ». Cette sécurisation des droits est une condition indispensable de fonctionnement de la gestion décentralisée, contrepartie des restrictions qui vont (ou peuvent) être demandées aux ayants droit/usagers/gestionnaires internes au groupe. Or, le plus souvent, elle ne peut être laissée à la seule responsabilité du groupe lui-même et devra être apportée par l'Etat ou l'autorité de régulation. D'où l'importance des statuts des groupes de gestion dans le droit formel, sur lesquels nous reviendrons.

Enfin, la faiblesse relative des coûts de transaction dans les situations de gestion décentralisée est bien illustrée par le fait qu'un des principaux atouts dans ce contexte est la bonne connaissance qu'ont les usagers du fonctionnement de la ressource et des enjeux du territoire. L'homogénéité du groupe est également un facteur de faibles coûts de transaction, permettant l'exercice de la « pression sociale » évoquée plus haut. Il en va de même de la taille du groupe, caractéristique importante pour Ostrom.

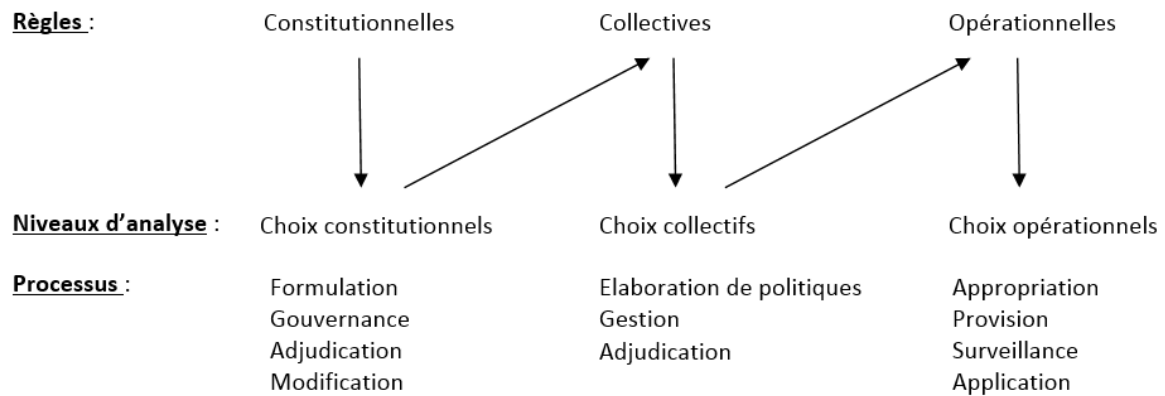
En termes de processus, la mise en place d'une gestion locale, incarnée par la création d'une institution¹⁷, ne se fait pas du jour au lendemain. C'est par palier que les interactions et la coopération entre les individus permettent d'aboutir à une solution stabilisée. Par exemple, et assez remarquablement, la coopération peut débuter autour d'enjeux communs n'ayant pas de conséquences immédiates sur les droits d'usage, comme l'amélioration des connaissances sur la ressource (Bollotier-Depois, 2012). Cette collaboration entraîne des bénéfices individuels et collectifs immédiats qui favorisent le développement plus poussé de la coopération. C'est un long **processus « séquentiel et incrémentiel »**, qui aboutit, selon la terminologie d'Ostrom (1990), à la définition de règles opérationnelles, de règles de choix collectifs et de règles constitutionnelles :

- ▶ **Les règles opérationnelles** « influencent directement les décisions quotidiennes des usagers concernant le moment, le lieu et la manière de soustraire des unités de ressources » (Ostrom, 1990). Elles traitent également de la surveillance et des sanctions à appliquer en cas de non-respect de la réglementation.
- ▶ **Les règles de choix collectifs** sont nécessaires à l'élaboration des politiques de gestion de la ressource (c.-à-d. des règles opérationnelles) pour définir les principes qui guident la gestion de la ressource commune.
- ▶ Enfin, **les règles constitutionnelles** définissent les modalités de gouvernance de la ressource (par ex. quelles sont les personnes éligibles).

¹⁷ Prise ici au sens très large de mode de régulation mis en œuvre par un groupe, dans un cadre formel ou informel.

Cet emboîtement des règles est représenté dans la figure 17.

Figure 17 : Liens entre les règles et niveaux d'analyse (Ostrom, 1990)



Ostrom insiste sur le fait qu'il n'existe pas de règles prédéfinies. Chaque situation est différente en fonction des caractéristiques physiques de la ressource, de la configuration institutionnelle et des règles déjà en vigueur. Elle définit trois principaux défis à relever pour faire émerger une gestion locale efficace :

- **La mise en place** : Qu'est-ce qui incite les individus à créer l'institution ?
- **L'engagement** : Dans quelles conditions est-il plus rentable de suivre les règles que de les enfreindre ?
- **La surveillance mutuelle** : Comment le groupe peut-il s'engager à se surveiller lui-même ?

Ce mode de gestion n'exclut pas l'intervention de l'État ou le recours au marché. Il constitue une solution de nature différente à la tragédie des communs. Il est en même temps outil en soi et facilitateur pour l'instauration d'autres instruments basés sur les quantités ou sur les prix, en constituant le cadre institutionnel de leur mise en œuvre.

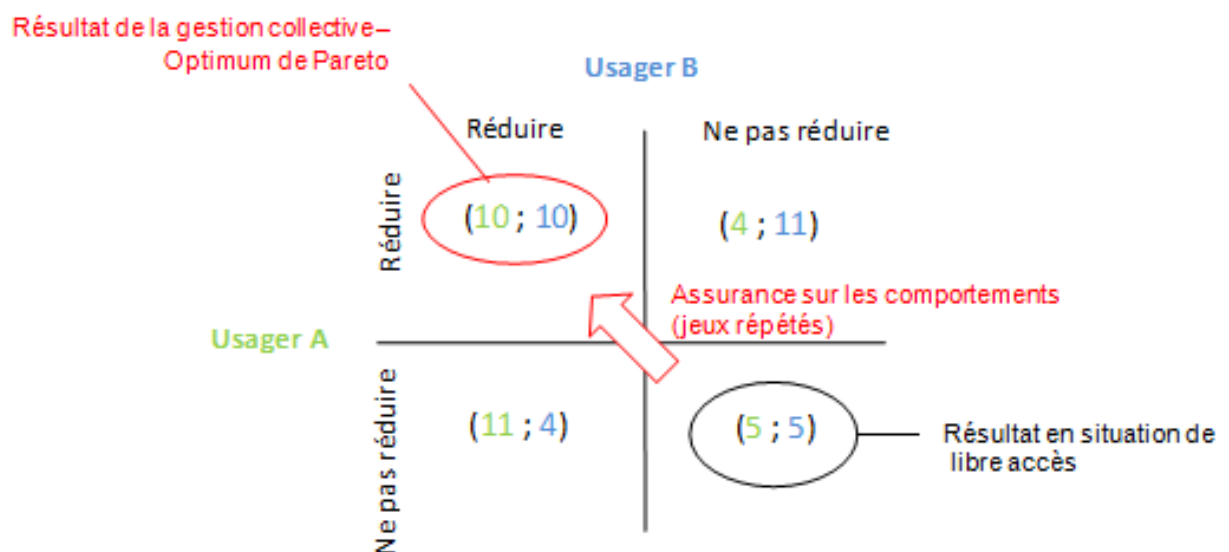
6. Illustration par la théorie des jeux

En absence de coopération entre les acteurs, la stratégie adoptée par chaque joueur le conduit à ne pas réduire ses prélèvements. Le résultat est sous-optimal.

La mise en œuvre d'une coopération permet de dépasser le dilemme du prisonnier et d'atteindre l'optimum. Il n'y a pas nécessairement de modification de la structure du jeu. En effet, l'atteinte de l'optimum de Pareto peut simplement résulter d'une **communication entre les acteurs** et de **l'assurance réciproque sur leur comportement**. Ce mode de gestion vérifie la condition relative à la faiblesse des coûts de transaction, permise ici par la bonne connaissance de la ressource, des usages et des usagers, et qui permet à son tour la négociation et la formalisation des règles de gestion, et la pression sociale au sein d'un groupe homogène partageant des objectifs communs et un même mode de gouvernance (qu'il soit coutumier ou formel).

Toutefois, il convient de rappeler que ce processus, comme décrit plus haut dans l'équilibre de Nash en jeu dynamique, nécessite du temps (répétition du jeu) et que l'atteinte (en pratique, le rapprochement) de l'optimum social est le résultat à moyen-long terme des efforts entrepris par les acteurs locaux pour mieux gérer la ressource.

Figure 18 : Matrice des gains dans un jeu coopératif (BRLi, 2014)



L'instauration d'une institution locale de gestion de la ressource peut également constituer un cadre pour mettre en œuvre d'autres instruments, choisis et règlementés par les acteurs locaux (ex. quotas, taxe). Dans ce cas, la structure du jeu est modifiée par **l'instauration d'incitations** à la gestion durable des ressources.

7. Conditions de mise en œuvre et de réussite

Les systèmes de gestion collective qui se sont révélés efficaces présentent plusieurs points communs qui sont les **huit « principes de conception »** définis par Ostrom pour instaurer une gestion locale réussie, et où l'on retrouve en filigrane les questions des droits de propriété et des coûts de transaction :

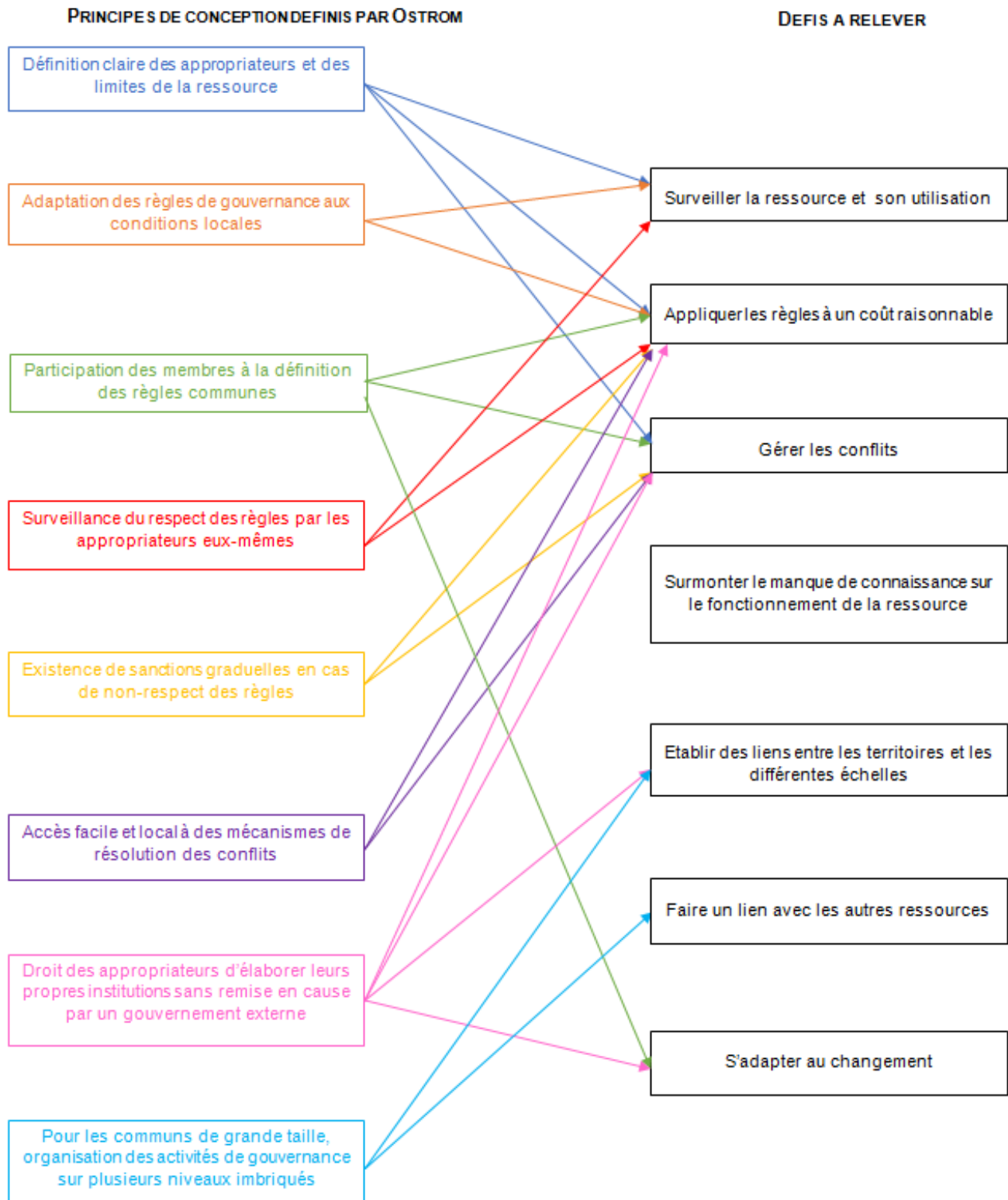
- ▶ La définition claire des usagers et des limites de la ressource ;
- ▶ L'adaptation des règles de gouvernance aux conditions locales, puisque chaque communauté agit dans un environnement spécifique : habitudes culturelles, degré d'incertitude climatique... ;
- ▶ La participation des membres à la définition des règles communes ;
- ▶ La surveillance du respect des règles par les usagers eux-mêmes ;
- ▶ L'existence de sanctions graduelles en cas de non-respect des règles ;
- ▶ L'accès facile et local à des mécanismes de résolution des conflits ;
- ▶ Le droit des usagers d'élaborer leurs propres institutions sans remise en cause par un gouvernement externe¹⁸ ;
- ▶ Pour les communs de grande taille, l'organisation des activités de gouvernance sur plusieurs niveaux imbriqués.

Ces principes ont été repris par Stern et al. et associés à sept « challenges » pour l'instauration d'une gestion locale efficace (cf. Figure ci-dessous):

- ▶ Surveiller la ressource et son utilisation ;
- ▶ Appliquer les règles à un coût raisonnable ;
- ▶ Gérer les conflits ;
- ▶ Surmonter le manque de connaissance sur le fonctionnement de la ressource ;
- ▶ Etablir des liens entre les territoires et les différentes échelles ;
- ▶ Faire un lien avec les autres ressources ;
- ▶ S'adapter au changement.

¹⁸ La question de la répartition initiale des droits entre usagers peut se poser dans les mêmes termes que ceux évoqués à la section 3.3 sur les marchés de droits.

Figure 19 : Les sept challenges selon Stern et al. 2002 (dans Dietz et al. 2003)



8. Des gradations dans l'autorégulation par les usagers

La gestion collective peut prendre des **formes** fonctionnelles, institutionnelles et juridiques **très diverses** en fonction des contextes. Trois grandes distinctions différencient les cas de gestion locale analysés dans le cadre de cette étude (cf. « Partie B : Etudes de cas ») :

- **L'origine de l'impulsion de la gestion locale** : D'après l'analyse d'Ostrom, les formes de gestion collective les plus efficaces sont celles qui émergent des acteurs locaux, comme par exemple en Californie (cas n°7).

Toutefois, dans de nombreux cas (au Maroc, cas n°5, ou en Jordanie avec l'appui de la coopération internationale, cas n°3), l'impulsion de la mise en œuvre d'une gestion locale provient de l'autorité centrale ou de l'agence de bassin, dans la volonté de mieux adapter la gestion de la ressource au contexte local et de responsabiliser les usagers.

Dans d'autres cas encore, les deux visions peuvent être combinées. Par exemple, en France, la mise en œuvre d'une gestion locale des nappes peut émerger soit des acteurs locaux (ex. Nappes de Gironde, cas n°3), qui font alors une demande auprès du Comité de Bassin pour valider leur projet, soit de l'Agence de l'Eau (ex. Nappe Astienne, cas n°2 ; Nappe du Roussillon, cas n°4), qui décide de la mise en œuvre d'une gestion localisée pour les ressources les plus vulnérables. Dans le second cas, des « tensions » entre l'autorité de bassin et les acteurs locaux peuvent émerger du fait d'une vision antagoniste de la gestion locale à mettre en œuvre sur le territoire. C'est le cas en France, où la méthodologie de mise en œuvre d'un Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'eau (SAGE) peut, dans certains cas, être dictée par l'Agence de l'eau, sans prendre suffisamment en compte la manière dont les usagers souhaitent gérer la ressource (parfois, la mise en œuvre d'un SAGE n'est même pas souhaitée).

- **L'organisation de la gestion de l'eau selon les usages** : La gestion collective de la ressource s'organise différemment selon les contextes. Dans certains cas, l'organisation se fait par usage (agriculteurs, AEP, etc.) alors que dans d'autres, elle se fait de manière intégrée, c'est-à-dire en prenant en compte l'ensemble des usages utilisant la ressource.

Par exemple, en Tunisie, la gestion locale est basée sur la création d'associations d'usagers, appelés Groupements d'Intérêt Collectif (GIC) qui rassemblent les agriculteurs ou les usagers AEP (cas n°9).

Au contraire, en France, la mise en œuvre d'une gestion locale des nappes se fait de manière intégrée par l'élaboration d'un SAGE ou d'un contrat de nappe (cas n°1 à 4). Une structure porteuse du projet organise la concertation et la participation de l'ensemble des usagers de la ressource pour établir un plan d'action ou une stratégie commune.

Autre exemple, en Espagne (cas n°6), lorsqu'une nappe se trouve surexploitée, les usagers ont pour obligation de se rassembler en Associations d'Usagers des Eaux Souterraines (CUAS) qui coopèrent avec les confédérations hydrographiques, (équivalentes aux agences de bassin françaises) pour l'élaboration et la mise en place d'un plan de gestion.

- **La place de l'utilisateur dans l'élaboration et la mise en œuvre de l'instrument** : Le rôle et la place de l'utilisateur sont différents en fonction du degré de décentralisation de la gestion de l'eau. Dans les cas où le modèle de décentralisation est poussé et abouti et que le nombre d'utilisateurs utilisant la nappe est relativement restreint, les utilisateurs peuvent tenir un rôle important voire moteur dans la mise en place d'une gestion locale (comme c'est le cas en Californie, cas n°7).

En France ou en Espagne, ce ne sont pas directement les utilisateurs qui participent à l'élaboration de la démarche mais leurs représentants (Nappe de la Mancha Occidentale, cas n°6). Le rôle des acteurs relais (élus, représentant d'un secteur économique, etc.) est alors déterminant dans la réussite de la mise en œuvre de la gestion collective de l'eau.

9. Conclusion

La présentation de ces divers instruments de gestion des eaux souterraines (réglementation, taxes, marchés des droits d'eau, gestion collective locale) met en lumière **l'importance de ne pas les considérer séparément mais d'envisager chacun d'eux comme une partie de la solution**. La question n'est pas de trouver le « bon instrument » mais **de jouer sur leur complémentarité pour déployer un panel d'outils efficace**. Il s'agit de bien « doser » la contribution de chaque outil à la modification du comportement des usagers, en utilisant les critères de coûts, d'efficacité, d'équité et d'acceptabilité, afin d'arriver à une gestion durable de la ressource. Dans cette perspective, les contrats de nappe constituent des outils innovants. La section suivante les étudie plus en détail.

La gestion des eaux souterraines par les contrats de nappe : principes

La notion plurielle de contrat de nappe

La notion de contrat de nappe est assez polymorphe et regroupe des réalités très différentes. Il n'existe pas de définition unique et la forme du contrat dépend des modalités réglementaires propres à chaque Etat, de la configuration institutionnelle et des caractéristiques physiques et sociales du territoire, suivant en cela les principes d'Ostrom et de ses commentateurs.

De manière générale, nous pouvons toutefois identifier un certain nombre de caractéristiques communes aux contrats de nappe :

- ▶ Ils constituent un **outil de gestion locale** de la ressource en eau.
- ▶ Ils se concrétisent par la définition **de mesures de préservation/restauration** de l'état des ressources.
- ▶ Ces mesures font l'objet d'engagements qui sont entérinés sous la forme d'un **accord contractuel entre les administrations publiques et les usagers et entre les usagers eux-mêmes**. Cette sécurisation des droits – qui nécessite l'intervention de l'autorité de régulation - est une incitation importante à l'élaboration des contrats de nappe.
- ▶ L'élaboration de cet accord repose sur un **processus participatif et concerté** qui regroupe l'ensemble des usagers de la ressource ou de leurs représentants.
- ▶ Cette politique locale de l'eau s'insère souvent dans le **cadre plus large d'une planification à l'échelle du bassin hydrographique** (ex. SDAGE) afin de mettre en cohérence les objectifs poursuivis et les actions mises en œuvre dans les différentes unités de gestion.

Un atelier national sur la gestion des eaux souterraines, organisé à Skhirat (Maroc) le 26 et 27 mars 2014 par le Ministère chargé de la gestion des ressources en eau, le Ministère de l'Agriculture, l'AFD (Agence Française de

Développement) et le CMI¹⁹ a cherché à définir les préalables nécessaires à l'élaboration d'un contrat de nappe, le contenu minimum du contrat et les conditions de sa mise en œuvre et de sa réussite. Les paragraphes suivants reprennent les principales conclusions des séances de travail de cet atelier.

Les préalables au contrat

La gestion de la demande en eau par les contrats de nappe nécessite de remplir un certain nombre de préalables : les caractéristiques du territoire et de la ressource doivent être explicitement définies, ce qui implique un diagnostic complet de la situation et l'implication de l'Etat et des usagers.

Le diagnostic de la situation implique d'établir une base de connaissance partagées :

- ▶ **Sur la ressource**, en réalisant une étude hydrogéologique des aquifères qui définit la surface de la nappe, son fonctionnement, sa recharge, le volume renouvelable et le volume exploité. La connaissance des ressources alternatives sur le territoire est aussi essentielle pour permettre une gestion intégrée.
- ▶ **Sur les usages**, pour déterminer les types d'usages et le volume prélevé pour chacun de ces usages.
- ▶ **Sur les usagers** afin de connaître le nombre de points de prélèvements et les volumes exploités par usager ainsi que les modes de valorisation de l'eau.

L'ensemble des acteurs doit participer à l'élaboration de ce diagnostic. Une difficulté particulière est liée aux prélèvements mal contrôlés voire illégaux, dont les acteurs sont forcément réticents à participer à cette démarche. Dans certaines situations, la régularisation éventuelle de ces points de prélèvement, en alternative à une fermeture-sanction, peut être envisagée en parallèle, dans la mesure où elle peut permettre une meilleure mobilisation de tous les usagers pour la gestion du « commun » - et à la condition qu'elle n'encourage pas à une nouvelle vague de forages illégaux dans l'espoir d'une nouvelle régularisation,

¹⁹ Voir <http://beta.cmimarseille.org/highlights/cmi-support-groundwater-resources-management-morocco-%E2%80%93-skhirat>

comme cela a été le cas notamment dans la région du Souss Massa au Maroc²⁰.

Le contenu minimum du contrat

Le contrat organise et encadre une gestion décentralisée des ressources et doit être établi entre les usagers et les autorités, pour un territoire donné et une durée définie. Un contrat de nappe doit donc contenir, au minimum :

- ▶ **La définition des enjeux et objectifs par les usagers** pour définir une stratégie de gestion de la ressource.
- ▶ **La définition du périmètre spatial et de l'horizon temporel** du contrat. Elle doit se faire avec les partenaires pour que les objectifs soient atteignables. La territorialisation doit être adaptée aux situations locales et aux types d'usagers. Pour que cette territorialisation soit homogène, il faudra sans doute penser le contrat à deux échelles : à l'échelle de la nappe et de son bassin contributif pour appréhender la ressource dans sa globalité et à une ou des échelles plus réduites pour représenter les catégories d'usagers.
- ▶ **L'engagement des parties** (Etat et usagers). Le rôle vertueux de l'Etat est essentiel pour gagner la confiance des usagers. L'Etat doit les informer et faire preuve de transparence vis-à-vis des mesures mises en place. Il doit accompagner les usagers dans la protection des nappes et l'amélioration de l'efficacité dans l'usage de l'eau notamment en agriculture. La redistribution des responsabilités de gestion et l'engagement des usagers se fait en application du principe de subsidiarité. Les usagers ou groupements d'usagers doivent avoir la possibilité de participer à la gestion de la ressource, au contrôle de l'exploitation et à la collecte des redevances.

²⁰ BRLi/Agroconcept (2012) Gestion de la demande en eau : Etude de cas du Maroc, 226 p.

Conditions de mise en œuvre et de réussite

Au-delà des principes de conception préconisés par Ostrom, les conditions de réussite à la mise en œuvre d'une gestion locale de l'eau qui ressortent des cas étudiés (chapitre 4 du rapport) et des discussions de l'atelier national sur la gestion des eaux souterraines de Skhirat (Maroc) sont :

- ▶ Un cadre juridique qui soit propice à l'émergence d'une gestion locale de l'eau (principe de subsidiarité, caractère opposable du contrat) ;
- ▶ Une bonne connaissance de la limite physique de la ressource, des prélèvements et des préleveurs ;
- ▶ Une prise de conscience de la surexploitation ou du risque de surexploitation de la nappe, ou de l'importance d'organiser une gestion durable de la ressource ;
- ▶ Une certaine « homogénéité culturelle » et une reconnaissance des règles communes, même si elles ne sont pas égalitaires.

Une fois mis en place, le contrat doit être opposable aux tiers et respecté par les différentes parties prenantes. Pour que le contrat soit efficace et durable, il faut que les acteurs aient les moyens de suivre sa mise en œuvre, d'évaluer ses avancements et d'identifier les obstacles rencontrés. Pour cela :

- ▶ **Un suivi régulier doit être effectué**, à partir d'indicateurs standards, facilement compris et utilisables par les usagers (ex. profondeur des nappes et des forages, prélèvements, recharge naturelle hydrologique ou artificielle, etc.).
- ▶ **Le contrôle** doit être réalisé par une police de l'eau efficace, à laquelle les usagers sont associés par un processus d'autocontrôle.

Analyse comparative des outils

En guise de conclusion, le tableau suivant compare les différents instruments présentés en reprenant les conditions de mise en œuvre et de réussite ainsi que les principaux avantages et inconvénients de chaque outil. Il convient de noter que la gestion collective constitue un outil en soi, mais peut également faire appel à un ou plusieurs des trois autres instruments présentés dans le tableau.

Tableau 7 : Analyse comparative des différents instruments

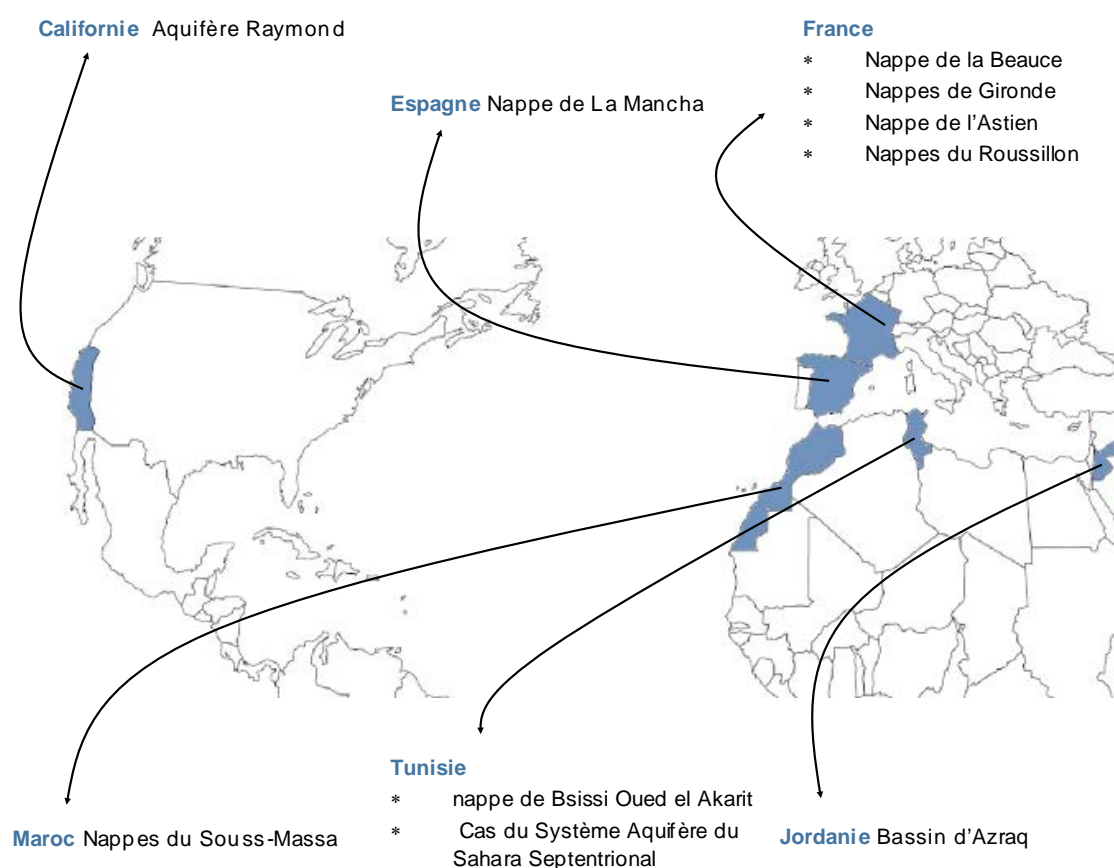
INSTRUMENT	CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE ET DE REUSSITE	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Quotas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Connaissance sur la ressource et les prélèvements ✓ Pouvoir de contrôle efficace ✓ Neutralité du pouvoir régulateur 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Outil efficace dans les situations d'urgence (sécheresse) ✓ Objectif environnemental fixé a priori 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pas d'incitation à une meilleure valorisation de la ressource, pas de contribution à l'efficacité allocative ✓ Pas d'incitation aux économies d'eau au-delà du quota ✓ Barrière à l'entrée de nouveaux exploitants
Taxes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Connaissance sur la ressource, les prélèvements et les fonctions de coûts et de revenus marginaux des usagers, l'élasticité de la demande en eau pour les différents usages ✓ Neutralité du pouvoir régulateur 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incitation à une meilleure valorisation de la ressource 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incertitude sur les effets de la taxe et de l'atteinte de l'objectif environnemental
Marché de droits d'eau	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Connaissance sur la ressource et les prélèvements ✓ Pouvoir de contrôle efficace ✓ Coûts de transaction faibles/modérés ✓ Situation concurrentielle ✓ Faisabilité technique et échange des quotas à des coûts modérés (volumes échangeables physiquement) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Objectif environnemental fixé a priori ✓ Incitation à une meilleure valorisation de la ressource 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Question d'équité liée à l'attribution des droits ✓ Expertise nécessaire en matière de gestion de l'eau ✓ Coûteux à mettre en place (réseaux d'eau, frais administratifs, etc.)
Gestion collective - Contrat de nappe	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les 8 Principes d'Ostrom ✓ Connaissance sur la ressource et les prélèvements ✓ Cadre juridique approprié à une gestion locale de l'eau ✓ Conscience de la surexploitation ou du risque de surexploitation ✓ « Homogénéité culturelle » et reconnaissance des règles communes ✓ Suivi et évaluation réguliers par les usagers 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Faible coûts de transaction ✓ Outil adapté au contexte local ✓ Responsabilisation des usagers ✓ Instrument soutenable et adaptable ✓ Facilitateur pour la mise en œuvre des autres outils ✓ Intègre facilement les autres outils 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nombreux préalables à la mise en œuvre ✓ Long à se mettre en place

PARTIE B : CAS PRATIQUES

Cette partie présente l'analyse de la gestion des ressources en eau souterraines dans différents pays du bassin méditerranéen et ailleurs dans le monde (cf. Figure 19). Elle permet de montrer la généralisation de la « tragédie des communs » pour cette ressource et d'illustrer la pluralité des problèmes de gestion rencontrés dans chacun des cas et les moyens déployés par les gestionnaires et les autorités pour concilier la préservation des nappes - indispensable pour garantir aux générations futures l'accès à une ressource en bon état quantitatif et qualitatif - et le développement social et économique de la région.

Cette analyse débouche, pour chacun des cas étudiés, sur la **formulation de plusieurs recommandations** pour la mise en œuvre d'une gestion efficace des ressources en eau souterraines. Enfin, la **confrontation des différentes démarches au regard des principes de conception d'Ostrom**, présentés dans la partie précédente, permet une lecture complète de chacun des cas en évaluant le degré de décentralisation de la gestion des nappes.

Figure 19 : Localisation des différents cas étudiés



Cas n°1 : L'aquifère Raymond (Californie)

Éléments de contexte sur la gestion de l'eau en Californie

1. Aperçu de la gestion de l'eau au niveau national

Les Etats-Unis sont un pays fédéral. Chaque Etat possède une grande autonomie en matière de définition des lois. Ainsi, la majorité des principes pour la gestion de l'eau sont définis par chacun des Etats et peuvent être très variables.

Les grands principes de gestion de l'eau aux Etats-Unis

Au niveau national, c'est le congrès qui vote les lois en matière d'environnement. La principale loi pour la gestion de l'eau est le « Clean Water Act » de 1972 qui fixe les normes de qualité des eaux de surface aux Etats-Unis. Cette loi s'intéresse à l'intégrité chimique, physique et biologique des masses d'eau de surface et met en place les conditions légales pour lutter contre les pollutions ponctuelles et diffuses. Il n'y a pas, en revanche, de loi nationale pour les eaux souterraines.

L'EPA (Agence pour la Protection de l'Environnement) est le principal organisme fédéral impliqué dans la définition de la politique de l'eau, de la coordination et de la mise en œuvre d'outils d'action. L'EPA a aussi un rôle de Police de l'Environnement qui vérifie l'application de la politique de l'eau et inflige des amendes aux contrevenants.

Les règles d'utilisation des eaux souterraines dans les différents Etats

La première règle d'utilisation des eaux souterraines qui s'appliquait à l'ensemble des Etats est la « règle de la capture » (rule of capture) de 1843. Elle donnait le droit à un propriétaire terrien de puiser toute l'eau disponible sous ses terres. Tant que le propriétaire utilisait la ressource de manière rentable, il n'avait pas à rendre de comptes aux propriétaires voisins, même si son utilisation nuisait aux autres usagers (baisse du niveau piézométrique, diminution des résurgences, etc.)

Cette règle n'est plus en vigueur aujourd'hui et, en fonction de l'Etat, il existe actuellement quatre grandes règles d'utilisation des eaux souterraines aux Etats-Unis :

► **La règle de « l'usage raisonnable »**

Le propriétaire a le droit d'utiliser raisonnablement l'eau présente sous ses terres. L'usage est considéré raisonnable dans la mesure où il ne nuit pas aux propriétaires voisins. Cette règle sous-entend qu'il n'y a pas de raisons de maintenir les nappes à un niveau stable tant que l'utilisation est source de bénéfices pour l'utilisateur et ne cause pas de tort aux propriétaires terriens adjacents.

► **La règle de « l'appropriation prioritaire »**

Cette règle établit qu'entre tous les propriétaires utilisant la même ressource, la priorité est donnée au propriétaire exploitant l'aquifère depuis le plus longtemps. Ce dernier a le droit d'utiliser toute l'eau dont il a besoin tant que son usage génère des bénéfices. Le partage de la ressource restante se fait par ordre décroissant d'ancienneté.

► **La règle des « droits corrélatifs »**

Les propriétaires terriens partagent une ressource commune. Ils doivent limiter l'usage de cette ressource à un volume raisonnable. Le volume est déterminé en fonction de la superficie de la propriété de chacun et non de l'ancienneté. Si il y a un déficit hydrique important ou que l'aquifère est surexploité, chaque usager doit réduire ses prélèvements jusqu'à ce qu'il n'y ait plus surexploitation.

► **La règle de « l'approche du retraitement »**

Un propriétaire terrien qui exploite un aquifère à des fins utiles est libre d'utiliser la ressource sans se concerter avec les propriétaires adjacents. La règle stipule que l'utilisation est limitée si le niveau piézométrique baisse de manière importante et que cela réduit l'artésianisme des puits adjacents ou augmente de manière disproportionnée les coûts de forage.

2. La gestion de l'eau en Californie

Les règles d'utilisation des eaux souterraines en Californie

En Californie, deux règles sont appliquées. Il s'agit de la règle des droits corrélatifs (qui dans le cas de la Californie s'appelle le droit de riverain) et de la règle de l'appropriation prioritaire. Un autre type de droit s'applique plus rarement : le droit de prescription. Ces trois types de droit régissent les prélèvements des usagers de la

nappe. Lors de conflits d'usages entre deux préleveurs, ce sont les droits de chacun qui sont examinés pour définir qui peut utiliser prioritairement la ressource.

► **Le droit de riverain**

Un riverain dont la propriété est sus-jacente à un aquifère peut extraire l'eau souterraine dans la mesure où son utilisation ne nuit pas aux usagers adjacents. C'est souvent la superficie qui est prise en compte pour la définition des droits ; **l'ancienneté n'est pas prise en compte.**

► **Le droit d'appropriation**

Une personne qui ne possède pas la terre où se trouve son forage, ou qui possède la terre mais n'utilise pas l'eau dans le territoire de la nappe, ou encore qui vend l'eau aux services d'approvisionnement en eau potable, est appelé « **appropriateur** ». Ce dernier a le droit de prélever l'eau excédentaire de l'aquifère à des fins lucratives.

L'eau excédentaire est l'eau disponible de l'aquifère que les riverains ne consomment pas. Il n'y a pas de restrictions mais les prélèvements ne doivent pas placer l'aquifère en situation de surexploitation : l'utilisation de l'eau doit être lucrative et raisonnable.

Parmi les appropriateurs, le droit d'accès à la ressource est déterminé en fonction du début de l'exploitation des eaux souterraines par chacun : pour les appropriateurs, **l'ancienneté s'applique.**

► **Le droit de prescription**

Le droit de prescription peut être revendiqué seulement lorsque l'aquifère est en situation de surexploitation, c'est-à-dire quand les prélèvements dépassent le rendement durable de l'aquifère (plus un surplus temporaire).

Le **rendement durable** est défini comme étant la quantité maximale d'eau qui peut être prélevée chaque année sans entraîner une baisse graduelle du niveau piézométrique de l'aquifère qui pourrait diminuer la disponibilité de la ressource.

Le **surplus temporaire** est la quantité d'eau de l'aquifère qui peut être prélevée pour libérer de l'espace afin de stocker les eaux de surface pendant les fortes pluies, eaux de surface qui seraient autrement considérées comme perdues.

Lorsqu'un aquifère est déclaré en situation de surexploitation, aucun nouvel usage d'appropriation n'est légalement autorisé. L'usage du riverain est prioritaire sur l'usage de l'appropriateur et si un riverain consomme une part plus importante du rendement durable alors les appropriateurs doivent cesser les prélèvements (par ordre décroissant d'ancienneté). Cependant, dans la plupart des cas, les appropriateurs continuent d'exploiter l'aquifère tant qu'aucune poursuite judiciaire n'est engagée. Si l'appropriateur continue d'exploiter l'aquifère pendant toute la

période dite de prescription (5 ans) et que les usagers ont noté l'état de surexploitation et n'ont pas engagé de poursuites alors, l'appropriateur peut obtenir des droits de prescription qui lui donnent l'autorisation d'exploiter l'aquifère avec les mêmes droits que les riverains. Une décision de justice est requise pour confirmer l'existence et l'étendue du droit de prescription.

La gestion de l'eau en Californie (d'après water.ca.gov)

Il n'y a pas de plan de gestion des ressources en eau souterraines à l'échelle de l'Etat et aucune loi n'exige la mise en place d'une gestion pour chaque aquifère. La Californie a cependant rédigé un Code de l'Eau qui met en place le cadre réglementaire nécessaire à une gestion locale de l'eau. C'est le département des ressources en eau de Californie (DWR) qui supervise la gestion de l'eau en apportant un soutien technique aux agences locales. La gestion est souvent mise en place lorsque des problèmes quantitatifs ou qualitatifs sont soulevés par des agences locales ou des usagers et le niveau de gestion est dépendant de la disponibilité de l'eau et de la demande. Trois méthodes peuvent être utilisées pour la gestion des eaux souterraines en Californie :

- ▶ **La première méthode fait intervenir des agences locales.** Leur légitimité est issue du Code de l'Eau californien (section 10750 à 10756 du Code de l'Eau). Il existe deux types d'agences locales :
 - Une vingtaine d'agences locales ont été créées en conformité avec le Code de l'Eau mais ces dernières ne disposent pas réellement de pouvoir en matière de police de l'eau. Leur principal rôle est la répartition des droits d'eau entre les différents usagers.
 - Treize agences ont été créées par des actes législatifs établis au niveau du district²¹. Ces agences ont plus de pouvoir en matière de gestion de l'eau. Les usagers doivent reporter leurs prélèvements à l'agence qui peut distribuer des amendes aux usagers qui ont prélevé plus que la quantité allouée. Certaines agences peuvent, en plus, limiter les prélèvements d'eau souterraine lorsque l'aquifère est en surexploitation.
- ▶ **La seconde méthode fait intervenir des ordonnances locales.** Ces ordonnances sont adoptées par des villes ou des comtés qui peuvent élaborer, mettre en place et suivre la réalisation de plans de gestion des eaux souterraines.

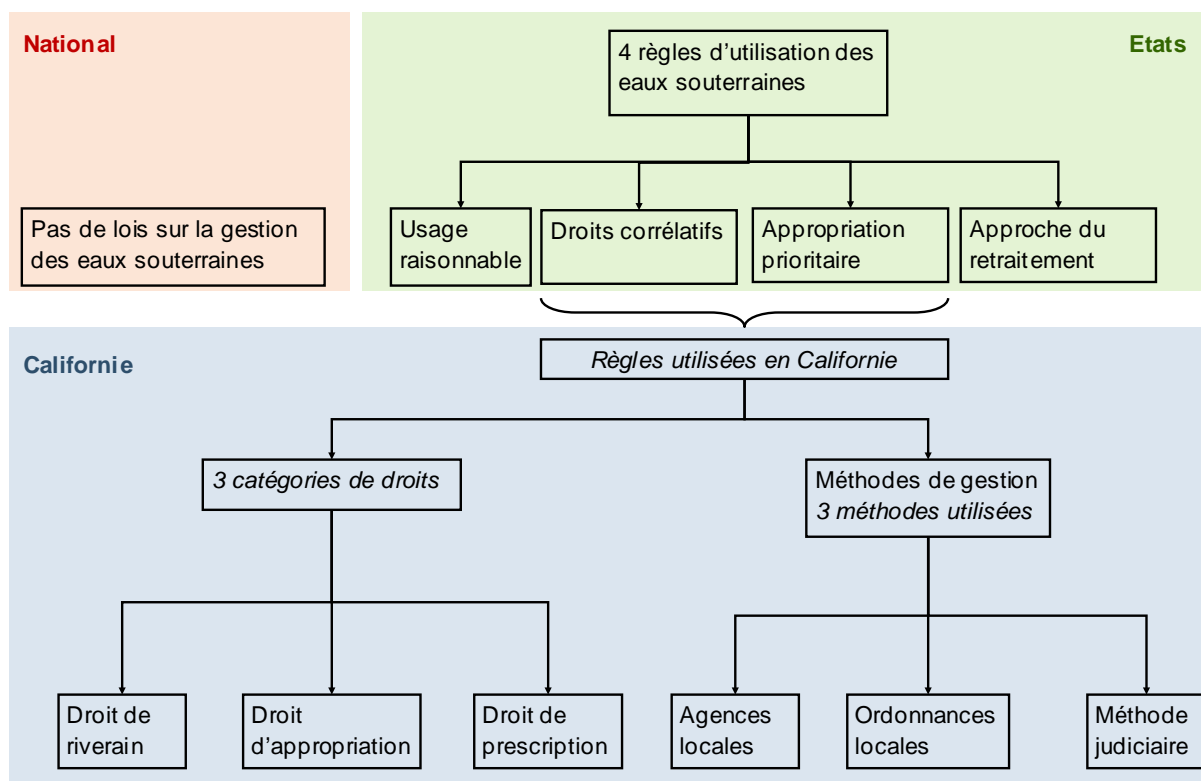
²¹ La Californie comporte 53 districts. La superficie d'un district est d'environ 8000km² en Californie.

- **La troisième méthode est judiciaire.** Le recours à la justice a lieu quand les usagers ne parviennent pas à un accord entre eux sur le partage de la ressource. Dans ce cas, les droits d'eau des riverains et des appropriateurs sont définis par le juge. Le juge prend les décisions suivantes :
 - Il définit les préleveurs et leur statut (préleveur, appropriateur, prescripteur) ;
 - Il définit la quantité d'eau que les usagers peuvent prélever ;
 - Il désigne le « maître de l'eau » (Watermaster) qui est chargé de contrôler le respect des règles définies par la décision de justice. Il rend compte au juge, de manière régulière, de l'utilisation de la ressource.

22 bassins sont gérés de cette manière en Californie. Suite à des conflits d'usage, une décision de Justice a désigné les usagers légaux de la ressource et défini leur droit sur la ressource. La définition des droits d'eau a valeur légale et constitue un argument recevable devant le juge en cas de litige entre deux usagers.

Le système de gestion des eaux souterraines aux Etats-Unis et plus particulièrement en Californie est présenté dans la Figure 20.

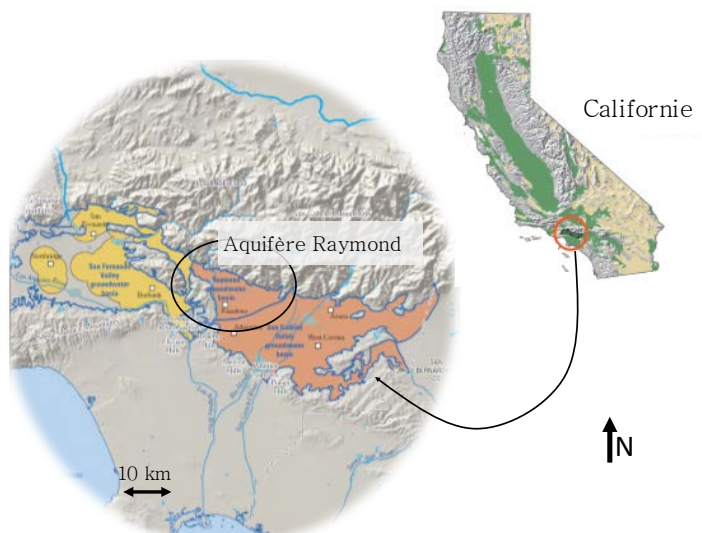
Figure 20 : Règles d'utilisation des eaux souterraines aux Etats-Unis et méthode de gestion en Californie



Caractéristique de l'aquifère Raymond

L'aquifère Raymond se situe sur la côte sud de la Californie (cf. Figure 21), dans le comté de Los Angeles. La superficie de l'aquifère est de 106 km².

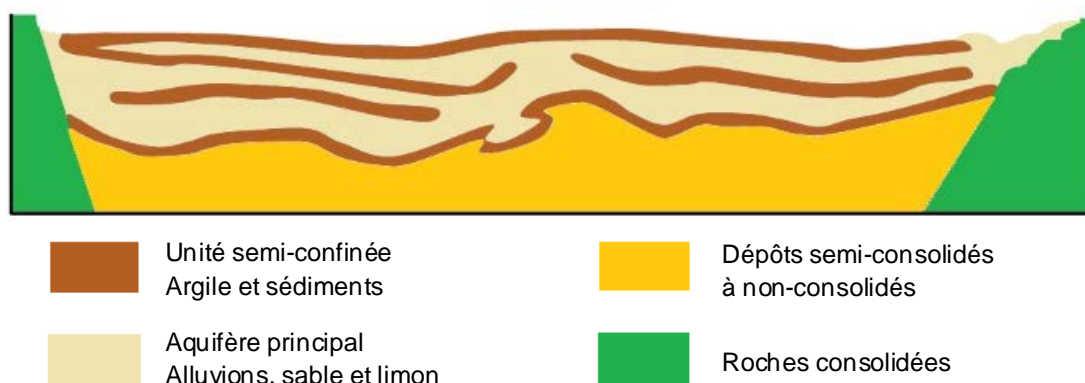
Figure 21 : Localisation de l'aquifère Raymond dans l'unité géologique de San Fernando–San Gabriel



L'aquifère exploité est libre à semi-captif. En 2003, le volume de l'aquifère était de un milliard de mètres cubes d'eau (geoscience, 2004). La capacité totale de stockage de l'aquifère a été estimée à 1,7 milliards de m³ (geoscience, 2004).

L'aquifère date du quaternaire, son épaisseur varie de 45 m à 350 m (California Department of Water Resource, 2004). Il est composé principalement d'alluvions, de sable et de limon. L'unité exploitée est alternée avec des couches semi-perméables composées d'argile et de sédiments comme l'illustre la Figure 22.

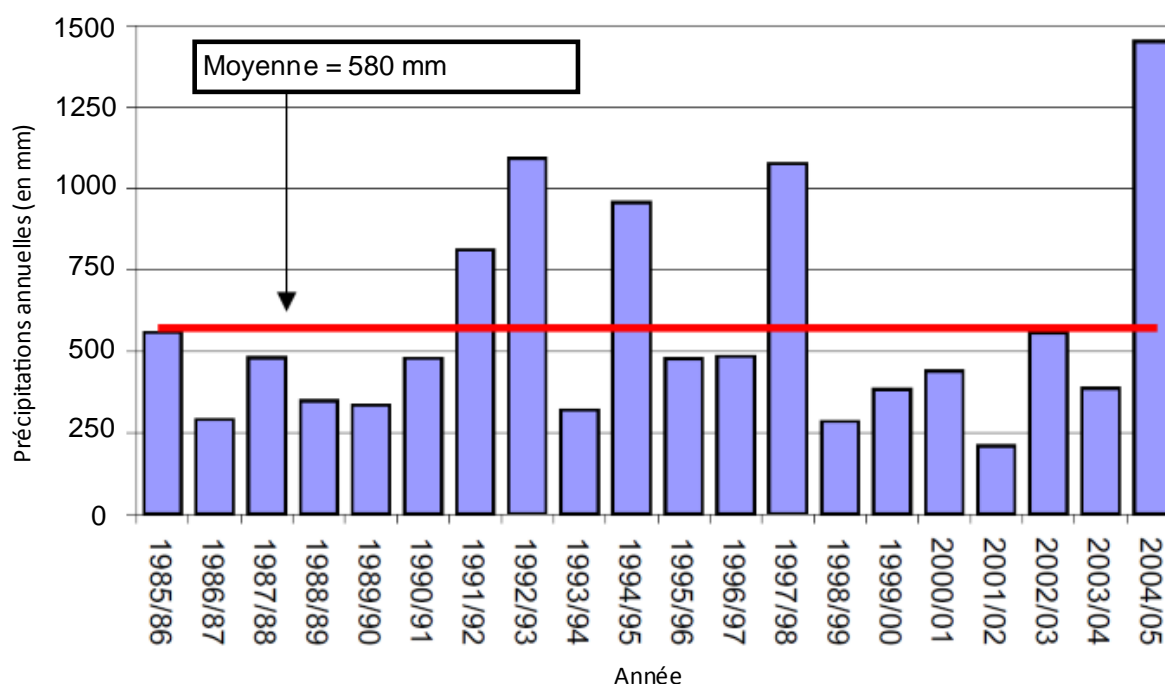
Figure 22 : Coupe géologique schématisée des bassins du comté de Los Angeles



(Source : d'après USGS, 2005)

La recharge naturelle de l'aquifère se fait par l'infiltration des eaux de pluie et par celle des eaux du ruissellement depuis les montagnes de San Gabriel situées au nord-est de l'aquifère. Les précipitations annuelles moyennes sont de **580 mm** (Metropolitan Water district of Southern California, 2007). Les variations interannuelles des précipitations sont importantes comme l'illustre la Figure 23.

Figure 23 : Précipitations moyennes annuelles dans le bassin de Raymond entre 1985 et 2005



(Source : d'après le Metropolitan Water District of Southern California, 2007)

La recharge de l'aquifère se fait aussi artificiellement par réinjection d'eau dans la nappe et au moyen de bassins d'infiltration.

La **réinjection** se fait au niveau de puits construits à cet effet. La capacité d'injection est de 13 Mm^3 mais l'injection moyenne entre 1985 et 2004 a été de **$550\,000 \text{ m}^3$** (Metropolitan Water district of Southern California, 2007). L'eau utilisée pour la réinjection est importée d'autres aquifères ou provient d'eaux de surface.

L'injection d'eau n'a qu'un rôle marginal dans la recharge artificielle de la nappe. En effet, les **bassins d'infiltrations** sont plus efficaces : ils permettent de récolter l'eau de pluie et favorisent son infiltration dans la nappe. En moyenne, **$12,3 \text{ Mm}^3$** sont apportés à la nappe à l'aide de la réinjection et des bassins d'infiltration.

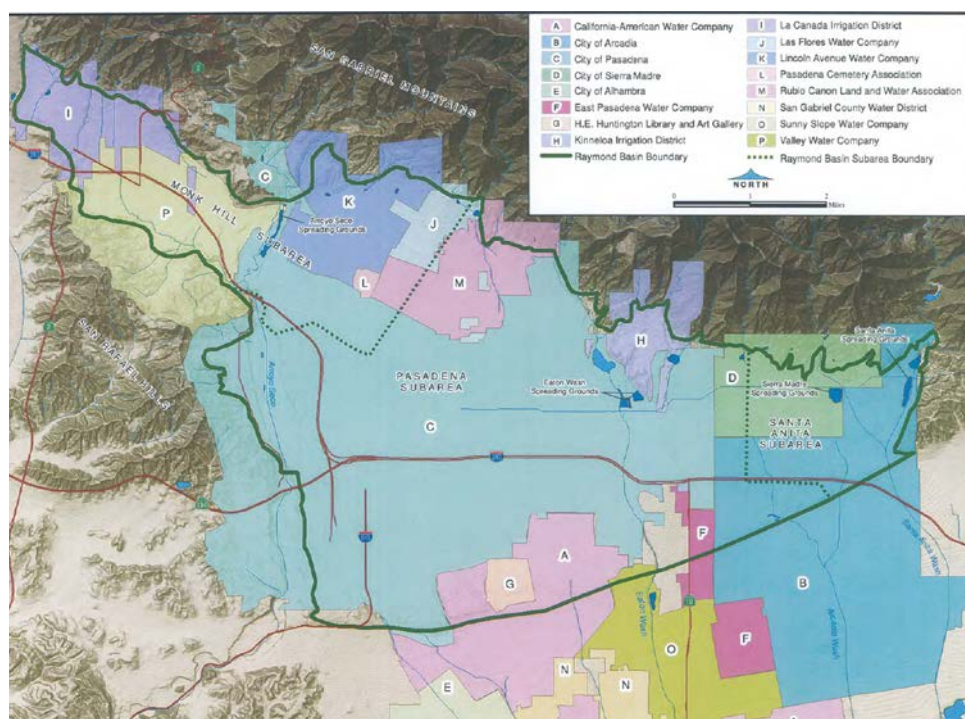
Le volume durablement exploitable de l'aquifère est de **38 Mm^3** . Il a été défini en 1955 suite au procès opposant la ville de Pasadena aux autres usagers de la ressource. Ce procès a permis la mise en place d'une gestion durable de l'aquifère, encore appliquée aujourd'hui. Les raisons du procès et son aboutissement, fondements de la gestion concertée, sont décrits dans le paragraphe suivant.

La mise en place d'une gestion locale de l'aquifère Raymond

1. L'engagement des poursuites judiciaires par la ville de Pasadena

Les premiers forages dans l'aquifère Raymond sont construits en 1881. La nappe est peu profonde et l'eau est utilisée essentiellement pour l'AEP et l'irrigation. Au début du XX^{ème} siècle, le principal usager est la ville de Pasadena (cf. Figure 24) qui prélève la moitié des ressources exploitées de l'aquifère. La ville prend conscience de la surexploitation de la nappe car les coûts de mobilisation de la ressource sont de plus en plus importants. En 1914 elle décide donc de mettre en place des mesures pour favoriser la recharge (bassins d'infiltration) et réduit ses prélèvements afin de tendre vers une gestion durable de la ressource. A partir de 1923, la ville se lasse d'être seule à réaliser des efforts qui bénéficient à tous et demande aux autres préleveurs de contribuer à la préservation de l'aquifère. Leur situation de passager clandestin ne les incite pas à investir pour une gestion durable de la nappe et ils refusent de mettre en place des mesures dans ce sens. En 1937, Pasadena engage des poursuites judiciaires contre la ville d'Alhambra et les 30 autres usagers de l'aquifère.

Figure 24 : Préleveurs dans l'aquifère Raymond en 2012/2013



(Source: Raymond Basin Management Board, 2013)

2. Le déroulement du procès

La ville de Pasadena souhaite que la justice alloue des droits d'eau - sous forme de quotas de prélèvements - à chaque usager pour limiter les prélèvements excessifs dans la nappe. Le tribunal ordonne alors une étude détaillée de l'aquifère pour confirmer ou infirmer l'état de surexploitation de la nappe qui a poussé la ville de Pasadena à recourir à la justice. Les résultats des études sont donnés en 1943. Ils sont sans appel : l'aquifère est surexploité depuis une durée supérieure à cinq ans et le volume durablement exploitable de l'aquifère est de 27 Mm³²².

Cette conclusion est inquiétante pour l'ensemble des parties. En effet, les règles d'utilisation des eaux souterraines de Californie stipulent qu'au-delà de cinq ans d'exploitation des eaux souterraines dans un aquifère en état de surexploitation, les appropriateurs peuvent obtenir des droits de prescription si les riverains n'ont pas eu recours à la justice²³. Le juge peut donc décider de favoriser les appropriateurs qui ont gagné les droits de prescription et dont le droit d'usage de la ressource devient supérieur à celui des riverains. Il peut aussi décider de favoriser les riverains puisque l'état de surexploitation a été déclaré a posteriori.

Face à ces nombreuses incertitudes, la ville de Pasadena propose à tous les usagers de définir les droits d'eau par concertation pour ne pas dépendre de la décision arbitraire du juge. Les parties s'accordent sur une réduction des volumes prélevés, proportionnelle à leurs extractions passées. Cette réduction ne dépend donc ni du statut de l'usager (riverain ou appropriateur) ni de son ancienneté.

Les usagers s'accordent en moins d'un an. En 1944, le juge rend sa décision finale sur la répartition des droits d'eau, décision qui reprend entièrement les résultats de la concertation. Par ailleurs, les droits décrétés peuvent être loués ou vendus à titre définitif. Cela explique pourquoi il n'y a plus autant de préleveurs aujourd'hui : sur plus de trente préleveurs en 1944, il n'en reste plus que seize qui se partagent la ressource disponible. Le département des ressources en eau de Californie est nommé « Maître de l'eau » afin de faire respecter la décision de justice. Son rôle est d'informer les parties prenantes des sanctions qu'elles encourent si elles commettent des infractions, de surveiller l'application du jugement par les différentes parties et de rendre compte du suivi du jugement aux parties prenantes et au juge.

²² En 1955, ce volume est réévalué à 38 Mm³. En effet, l'utilisation de l'eau du Colorado permet de diminuer la pression exercée sur les ressources superficielles du bassin. Cela favorise la recharge de la nappe qui peut supporter des prélèvements supérieurs.

²³ Se référer au 1.1.2 La gestion de l'eau en Californie

3. La portée du procès

Le procès initié par la ville de Pasadena à l'encontre des autres usagers de la ressource de l'aquifère Raymond a « supporté le coût de l'innovation » (Ostrom, 2010). Cette démarche a été suivie par d'autres bassins en Californie. A l'heure actuelle, 22 bassins ont eu recours à la justice pour établir des droits d'eau. Le dernier en date est le bassin de San Jacinto en 2013.

Cette initiative a de nombreux intérêts qui ont été décrits par Elinor Ostrom dans son analyse des biens communs (Ostrom, 2010).

- ▶ La procédure judiciaire a constitué un cadre pour mettre en place une concertation débouchant sur la répartition des droits d'eau. Cette négociation entre les différentes parties a permis **d'écourter le procès et de limiter les frais associés**.
- ▶ Chaque usager de la ressource a participé à la concertation relative à la répartition des droits d'eau et a accepté la répartition proposée. Ce système est perçu comme étant **équitable** par les usagers, ce qui favorise l'acceptation des droits d'eau et limite les infractions.
- ▶ A la suite du procès, l'état de la ressource est connu, un volume maximal d'exploitation a été défini et les droits d'usage ont été attribués. **Les droits déclarés ont une valeur légale** en cas de litige entre différents usagers.
- ▶ La nomination du maître de l'eau, autorité de surveillance et ayant un pouvoir de sanction est importante. Ce dernier permet le **respect des règles établies**. Par ailleurs, sa légitimité est forte puisqu'il rend des comptes aux usagers et ces derniers peuvent décider de changer de maître de l'eau s'ils n'en sont pas satisfaits. En effet, les usagers participent aux deux-tiers au financement du maître de l'eau (l'Etat de Californie prenant en charge le tiers restant).
- ▶ La publication annuelle officielle des quantités prélevées par chaque usager constitue une **information claire et transparente** des usages de la ressource. Cela constitue aussi un élément qui dissuade les préleveurs de surexploiter la ressource. Ces derniers savent qu'ils seront vivement critiqués et que les autres usagers peuvent tenter une action en justice pour dénoncer les prélèvements excessifs et le non-respect du jugement.

Analyse du respect du jugement entre 1950 et 2013

Le jugement s'applique encore aujourd'hui. Quelques différences doivent cependant être notées.

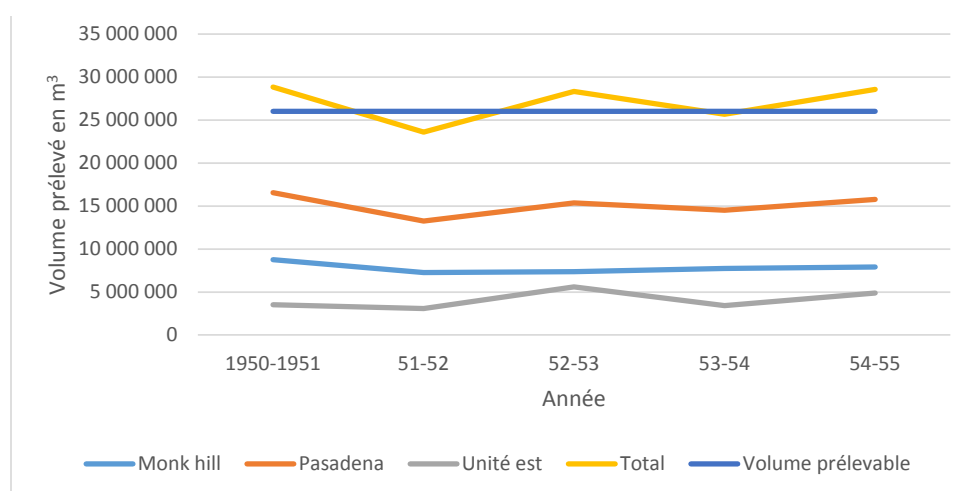
En 1955, le volume prélevable de l'aquifère est réévalué à **38 Mm³** au lieu de **27 Mm³**. C'est ce chiffre qui est retenu aujourd'hui encore.

Le maître de l'eau n'est plus le département des ressources en eau de Californie mais le comité de gestion de l'aquifère Raymond (Raymond Basin Management Board²⁴) depuis le 26 mars 1984 afin de permettre une gestion plus locale de l'aquifère.

Il n'y a plus que 15 préleveurs autorisés à exploiter la ressource par suite de la vente des droits des autres préleveurs depuis le rendu du jugement.

La tendance générale des prélèvements respecte le volume prélevable comme l'illustrent la Figure 25 et la Figure 26. On voit en effet que les prélèvements se situent toujours autour de cette limite de 38 Mm³. Il n'y a pas de tendance à la baisse ou à la hausse des prélèvements. Pour les années 1950 à 1955, les prélèvements dépassent de 2% en moyenne le rendement durable. Ce chiffre est de 0,7% pour les années 1955 à 2013. On peut donc considérer que la mesure est encore respectée aujourd'hui.

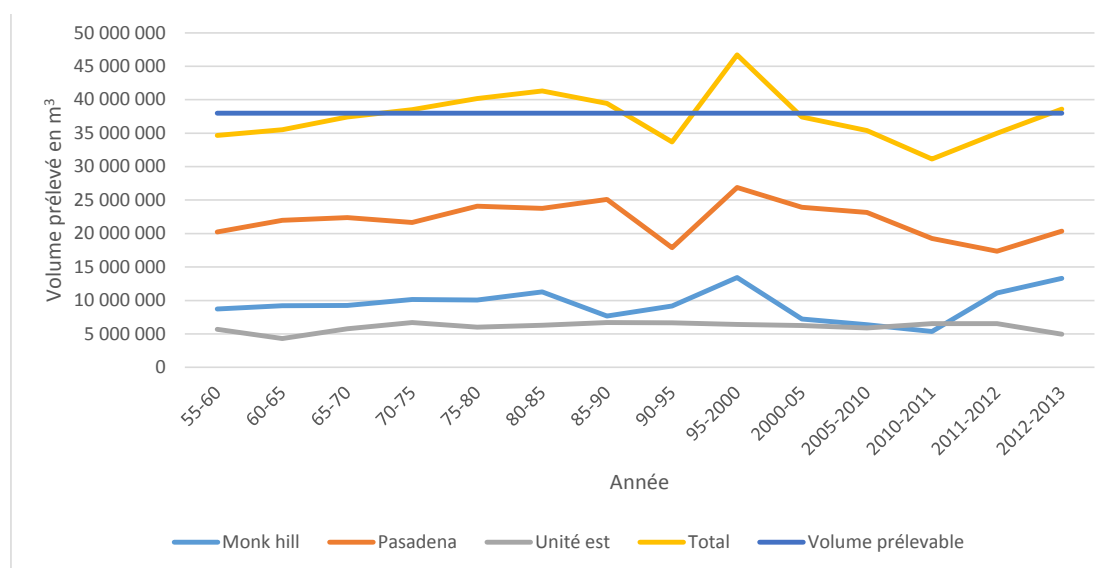
Figure 25 : Volume moyen prélevé dans l'aquifère Raymond entre 1950 et 1955



(Source : d'après le Raymond Basin Management Board, 2013)

²⁴ En 1984, le comité de gestion de l'aquifère Raymond remplace le comité consultatif de l'aquifère Raymond, qui avait, comme son nom l'indique, un simple rôle consultatif.

Figure 26 : Volume moyen prélevé dans l'aquifère Raymond entre 1955 et 2013



(Source : d'après le Raymond Basin Management Board, 2013)

Confrontation aux principes d'Ostrom

L'aquifère Raymond n'a pas été analysé par Ostrom au regard des principes de conception des institutions de gestion des « communs » mais il semble intéressant, 70 ans après la mise en place de la gestion de la nappe, d'apprécier la concordance avec ces principes. La confrontation révèle que le modèle de gestion de l'aquifère répond à tous les principes.

Tableau 8 : Confrontation du modèle de gestion de l'aquifère Raymond aux principes définis par Ostrom

Définition claire des usages et des limites de la ressource (frontière géographique et droits d'eau)	1	Oui	Périmètre de l'aquifère : 106 km ² et 15 préleveurs autorisés
Adaptation des règles de gouvernance aux conditions locales	2	Oui	Définition des règles spécialement pour l'aquifère Raymond
Participation des membres à la définition de règles communes	3	Oui	Définition des droits d'eau par concertation entre les usagers
Surveillance du respect des règles par les usagers eux-mêmes ou leurs représentants leur rendant des comptes	4	Oui	Le maître de l'eau rend des comptes aux usagers
Sanctions graduelles en cas de non-respect des règles	5	Oui	Sanctions par le maître de l'eau et recours à la justice possible
Accès facile et local à des mécanismes de résolution des conflits	6	Oui	Via le comité de gestion de l'aquifère et le maître de l'eau qui rend des comptes aux usagers
Droit des usagers d'élaborer leurs propres institutions sans remise en cause par un gouvernement externe	7	Oui	Plus qu'un droit c'était une condition pour ne pas dépendre de la décision arbitraire du juge
Pour les communs de grande taille : organisation des activités de gouvernance sur plusieurs niveaux imbriqués	8	NA	Commun de petite taille

Ostrom considérerait ce cas comme un succès de changement institutionnel. Le recours à la justice a constitué un cadre et un élément initiateur de la concertation entre les différents usagers. Il a permis de donner une valeur légale aux décisions prises par les acteurs locaux. L'analyse sur le long terme met en lumière la solidité du système mis en place puisque la gestion actuelle de l'aquifère répond aux principes de conception.

Dans le cadre de cette analyse, il est cependant important de noter qu'Ostrom précise qu'il n'est pas possible de définir « des principes nécessaires et suffisants pour faire fonctionner durablement des institutions ». Elle remarque toutefois que ces principes étaient respectés dans tous les cas qu'elle a pu observer et que les modes de gestion fonctionnaient correctement sur la durée.

Les exemples de gestion locale présentés dans les sections suivantes ne sont pas aussi anciens et, dans la plupart des cas, la totalité des principes ne sont pas respectés. Il apparaît cependant que les principes de conception d'Ostrom sont un indicateur pertinent pour évaluer le fonctionnement du système. En effet, on remarquera que plus la gestion des eaux souterraines est efficace aux yeux des gestionnaires, plus il y a de principes de respectés.

Cas n°2 : Quatre aquifères français

Éléments de contexte sur la gestion des eaux souterraines en France

1. Les principes fondamentaux de la gestion de l'eau en France

En France, la gestion de l'eau est organisée de manière intégrée et décentralisée, c'est-à-dire qu'elle prend en compte l'ensemble des ressources (superficielles et souterraines) et des usages sur un territoire hydrographique cohérent pour définir des orientations et mesures de gestion.

Deux grandes lois sont à l'origine des principes fondamentaux de cette gestion :

- ▶ La loi du 16 décembre 1964 introduit les bases de la **gestion décentralisée** de l'eau. La gouvernance s'organise par bassin hydrographique et les agences de l'eau, organismes publics chargés de mettre en œuvre la politique nationale, sont créées. C'est cette loi qui énonce notamment le principe du « **pollueur payeur** ». C'est aux usagers, au prorata des pressions qu'ils exercent sur la ressource et les milieux, de financer les mesures de restauration et de préservation.
- ▶ La loi du 3 janvier 1992 affirme que l'eau « fait partie du patrimoine commun de la nation ». Cette loi introduit les outils de planification aujourd'hui utilisés : les **SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux)** au niveau des grands bassins hydrographiques et les **SAGE** au niveau des sous-bassins versants.

La gestion décentralisée s'organise au niveau de six grands bassins hydrographiques en France métropolitaine (cf. Figure 27). Au niveau de chacun de ces bassins, les **Agences de l'Eau**, établissements publics du ministère chargé du développement durable, prélèvent des redevances sur les usages de l'eau, et accordent des aides financières permettant de lutter contre la pollution, de mieux gérer la ressource en eau et de restaurer les milieux aquatiques. Par ailleurs, les six Agences de l'Eau françaises sont chargées de mettre en œuvre, chacune sur leur zone de compétence, les actions traduisant l'application de la réglementation européenne.

Figure 27 : Délimitation des six bassins hydrographiques français



(Source : cnrs.fr)

2. La DCE et sa transposition dans la législation française

De manière générale, en matière d'environnement, la réglementation nationale est encadrée par les directives européennes afin d'harmoniser les législations des différents pays membres. Pour la ressource en eau, la directive majeure est la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) du 23 octobre 2000 qui établit un **cadre pour la gestion des eaux de surface et souterraines**. La DCE fixe une obligation de résultat relative à l'état chimique, écologique et quantitatif des masses d'eau de chaque pays membre de l'UE d'ici 2015. Un report en 2021 ou 2027 peut être accordé pour certaines masses d'eau, s'il est jugé que les contraintes environnementales, techniques et/ou financières rendent irréalisable l'atteinte du bon état (au sens de la directive) en 2015.

Les masses d'eau constituent le référentiel cartographique élémentaire de la DCE et servent d'unité d'évaluation de l'état écologique, chimique et quantitatif de la ressource.

Il existe 5 types de masses d'eau :

- ▶ De cours d'eau ;
- ▶ De plans d'eau ;
- ▶ De transition (estuaires) ;
- ▶ Côtières pour les eaux marines le long du littoral ;
- ▶ Souterraines ;

Les masses d'eau souterraines correspondent à « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères ». La définition de ces volumes se fait en vue d'obtenir des zones de taille et de composition chimique homogènes. L'évaluation du bon état des masses d'eau souterraines se fait à partir de critères chimiques et quantitatifs.

La DCE a été transposée en droit français le 21 avril 2004 mais c'est la loi du 20 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) qui introduit les outils nécessaires pour atteindre l'objectif de bon état des masses d'eau fixé par la DCE. Pour ce faire, elle rénove le cadre global de la gestion de l'eau en France en amendant les lois du 16 décembre 1964 et du 3 janvier 1992. La LEMA a consolidé et complété la législation nationale pour la gestion décentralisée des ressources en eau et des milieux aquatiques.

3. Les règles en matière de gestion quantitative des eaux souterraines

A ce cadre européen, viennent s'ajouter des éléments législatifs et réglementaires, propres au contexte français, pour maîtriser les prélèvements dans les nappes. Il existe des règles de gestion quantitative des eaux souterraines à l'échelle des préleveurs (déclaration / autorisation) et à l'échelle des bassins-versants ou des nappes (Zone de Répartition des Eaux –cf. infra – , arrêté sécheresse).

► A l'échelle des préleveurs

La mise en place d'outils administratifs et judiciaires astreint les usagers à déclarer leurs prélèvements, voire à faire des demandes d'autorisations.

En matière de forages et prélèvements, la réglementation nationale impose la **déclaration ou l'autorisation pour l'ouvrage et les prélèvements**. La simple déclaration contient une note d'incidences alors que le dossier d'autorisation contient une étude d'incidences, qui est plus complète et longue à réaliser. Le dossier d'autorisation est soumis à enquête publique avant de pouvoir être accepté ou refusé. La procédure de déclaration ou autorisation est déterminée en fonction de la profondeur de l'ouvrage et des volumes prélevés comme l'illustre la Figure 28.

La nature de l'activité peut modifier la procédure. Par exemple, tous les forages alimentaires sont soumis à autorisation préfectorale. Autre exemple, les installations et usines susceptibles de générer des risques ou des dangers sont soumises à une législation et une réglementation particulières. Ce sont les Installations Classées Protection de L'Environnement (ICPE). Selon le classement de l'installation, les prélèvements et/ou les ouvrages sont soumis à déclaration ou autorisation.

L'usage des eaux souterraines peut être restreint ou interdit dans certains cas :

- L'autorité compétente (préfet de bassin, de région ou de département) fixe les prescriptions pour les zones prioritaires comme les ZRE (Zones de Répartition des Eaux). Les ZRE sont des zones où est constatée une **insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins**. Elles sont définies afin de faciliter la conciliation des intérêts des différents utilisateurs de l'eau. Les seuils d'autorisation et de déclaration des prélèvements y sont plus contraignants. Dans chaque département concerné, la liste de communes incluses dans une zone de répartition des eaux est dressée par arrêté préfectoral.
- L'autorité compétente (préfet de bassin, de région ou de département) peut restreindre voire interdire les prélèvements en eau souterraine en **situation de crise avec les arrêtés sécheresse**.

4. La gestion décentralisée de la ressource en eau

L'organisation de la gestion de l'eau en France est décentralisée à deux niveaux : par bassin hydrographique et par bassin-versant.

► Au niveau du bassin hydrographique

Le SDAGE constitue le document de planification à l'échelle du bassin hydrographique pour atteindre les objectifs sur les masses d'eau fixés par la DCE. Il définit les orientations générales et les mesures à mettre en œuvre pour tendre vers une gestion équilibrée de la ressource. La portée juridique du SDAGE a été renforcée par la LEMA.

Pour ce qui est des ressources souterraines, le SDAGE identifie les masses d'eau en déséquilibre quantitatif et exige des études « volumes prélevables » pour définir les volumes maximums pouvant être prélevés durablement sur un aquifère et proposer une répartition de ces volumes entre les différents usages et usagers. Une fois définis, les volumes prélevables s'imposent aux décisions administratives et doivent être pris en compte lors des autorisations ou déclarations pour les ouvrages et les prélèvements. Par ailleurs, les documents réglementaires de planification comme les schémas de cohérence territoriale (SCoT), les plans locaux d'urbanisme (PLU) et les SAGE doivent être compatibles avec le SDAGE.

► Les instruments locaux : planification et gestion à l'échelle des masses d'eau

Il existe deux principaux instruments de gestion locale des nappes : les SAGE et les contrats de nappe.

- Au niveau local, le **SAGE** est institué pour une unité hydrographique cohérente : pour les masses d'eau souterraines, l'échelle correspond généralement à celle de la nappe. Le SAGE est un instrument de planification pour atteindre les objectifs du SDAGE et donc de la DCE. C'est la LEMA de 2006 qui a consolidé le pouvoir des SAGE, en précisant son contenu et en renforçant sa portée juridique : le règlement du SAGE est opposable aux tiers. Le projet de SAGE qui contient, suite à cette loi, un plan d'aménagement durable et un règlement, est soumis à enquête publique lors de la phase de consultation et doit être approuvé par le préfet avant d'être publié. La LEMA a également modifié les procédures d'élaboration des SAGE et les règles de fonctionnement des Commissions Locales de l'Eau (CLE)²⁵.

²⁵ La CLE est une commission créée par le préfet, chargée de l'élaboration, de la révision et du suivi de l'application du SAGE. La CLE constitue l'instance de concertation du SAGE. Elle comprend : des représentants des collectivités territoriales, des établissements publics locaux, des représentants des usagers,

- **Les contrats de nappe** sont des programmes d'actions volontaires pour la gestion équilibrée des ressources en eau souterraines. Les contrats sont signés pour cinq ans entre les partenaires concernés (préfet, département, collectivités locales, communes, syndicats, etc.) qui s'engagent sur les études et travaux nécessaires pour mettre en place une gestion équilibrée de la nappe. L'accord entre les différentes parties est technique et financier mais n'a pas de portée réglementaire. Les contrats de nappe peuvent constituer une déclinaison opérationnelle des SAGE et les deux instruments peuvent donc coexister.

Il existe des gradations dans l'autorégulation par les usagers. En effet, la mise en œuvre d'une gestion locale peut émerger, soit des acteurs locaux, qui souhaitent renforcer la protection de la ressource, soit de l'Agence de l'eau, qui a préalablement identifié les ressources en eau du territoire comme présentant des risques de non atteinte du bon état et a prescrit la mise en œuvre d'un outil de gestion local pour mieux responsabiliser les usagers. Dans tous les cas, l'instrument mis en œuvre doit être compatible avec le SDAGE.

Ces deux outils (SAGE et contrat de nappe) sont élaborés, mis en place et révisés par une structure institutionnelle dédiée au projet, appelée structure porteuse. Il s'agit généralement d'un syndicat intercommunal qui couvre tout ou partie du territoire du SAGE ou du contrat de nappe.

La police de l'eau

En France, il existe trois polices de l'eau spécialisées : la police de l'eau et des milieux aquatiques, la police de la pêche et la police des installations classées. Chacune de ces polices remplit deux fonctions dans son domaine de compétence :

- ▶ une fonction de police administrative qui consiste à assurer l'instruction, le suivi et la révision des dossiers de déclaration et autorisation.
- ▶ une fonction de police judiciaire qui consiste à contrôler le respect de la réglementation. Les sanctions peuvent être administratives (obligation de réaliser des travaux, mise aux normes d'une installation...) ou pénales (amende, voire emprisonnement) pour les cas les plus graves.

Au niveau national, la **police nationale** et la **gendarmerie nationale** sont compétentes pour constater les infractions au code de l'environnement ou les

des propriétaires fonciers, des organisations professionnelles et des associations concernées et des représentants de l'État.

pollutions et dresser un procès-verbal et peuvent donc exercer les rôles de ces trois polices spécialisées.

Au niveau déconcentré, la police de l'eau est **coordonnée par la Mission Inter-Services de l'Eau et de la Nature (MISEN)** qui regroupe l'ensemble des services de l'Etat et des établissements publics qui interviennent directement dans le domaine de l'eau. De nombreux acteurs sont impliqués dans la police de l'eau, parmi les plus importants, on trouve :

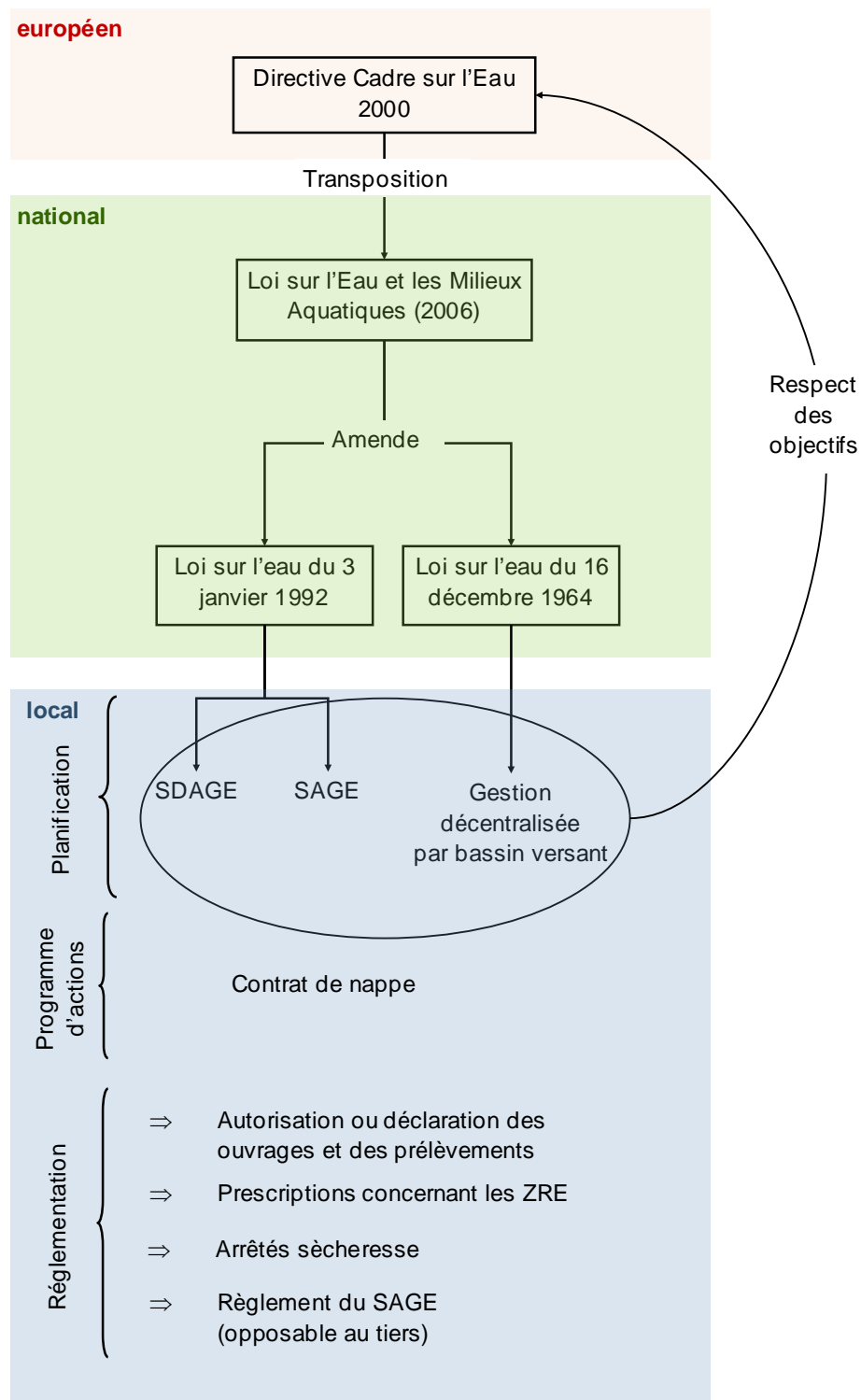
- ▶ La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) qui intervient au niveau des installations classées, sous l'autorité du préfet de région ;
- ▶ La DDT et l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) qui interviennent de façon coordonnée en tant que police de l'eau et des milieux aquatiques et sont placés sous l'autorité du préfet de département.

Au niveau de la commune, le **Maire** peut, en tant qu'officier de police judiciaire, constater les infractions au code de l'environnement et les pollutions et donc exercer les rôles de ces trois polices spécialisées.

Les principaux éléments de la gestion des eaux souterraines en France sont synthétisés dans la figure 29.

.

Figure 29 : Contexte de la gestion de l'eau en France



Cas n°2.1 - La Nappe de Beauce

1. Le contexte

Le bassin hydrogéologique de la Beauce

La nappe de Beauce se situe en France, entre deux grands fleuves, la Seine et la Loire (cf. Figure 30). Elle s'étend sur 9 500 km². Le volume de l'aquifère s'élève à une **vingtaine de milliards de mètres cubes** et sa recharge annuelle moyenne à environ **un milliard de mètres cubes**. Celle-ci se fait par les eaux de pluies excédentaires, principalement en hiver et au printemps.

Figure 30 : Localisation de la nappe de Beauce

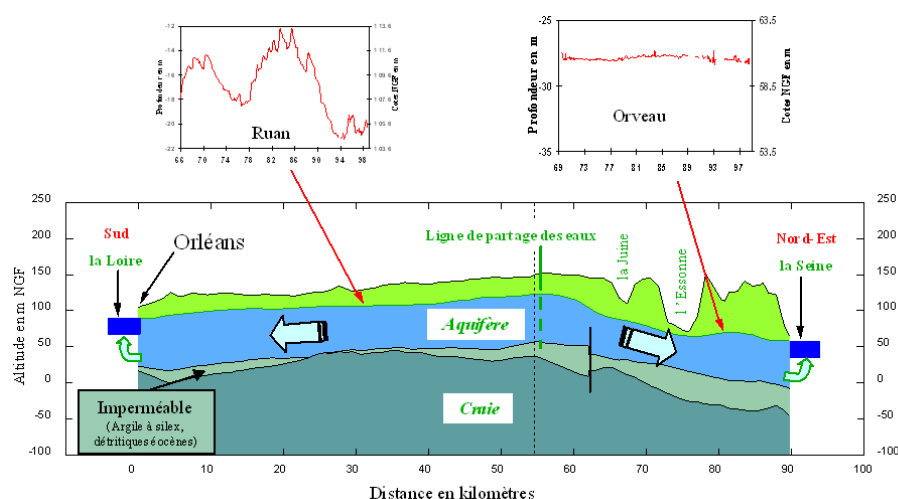


(Source : Broussaud MJ, 2010)

Cet aquifère est constitué « d'une **succession de couches géologiques** alternativement perméables, semi-perméables et imperméables délimitant ainsi plusieurs réservoirs aquifères plus ou moins continus pouvant être en relation les uns avec les autres (calcaires de Pithiviers, calcaires d'Etampes, sables de Fontainebleau, calcaires de Brie et calcaires éocènes) » (BRGM, 2010). Il existe des liens importants entre la nappe et les cours d'eau. La préservation quantitative de l'aquifère contribue donc à l'atteinte du bon état des cours d'eau.

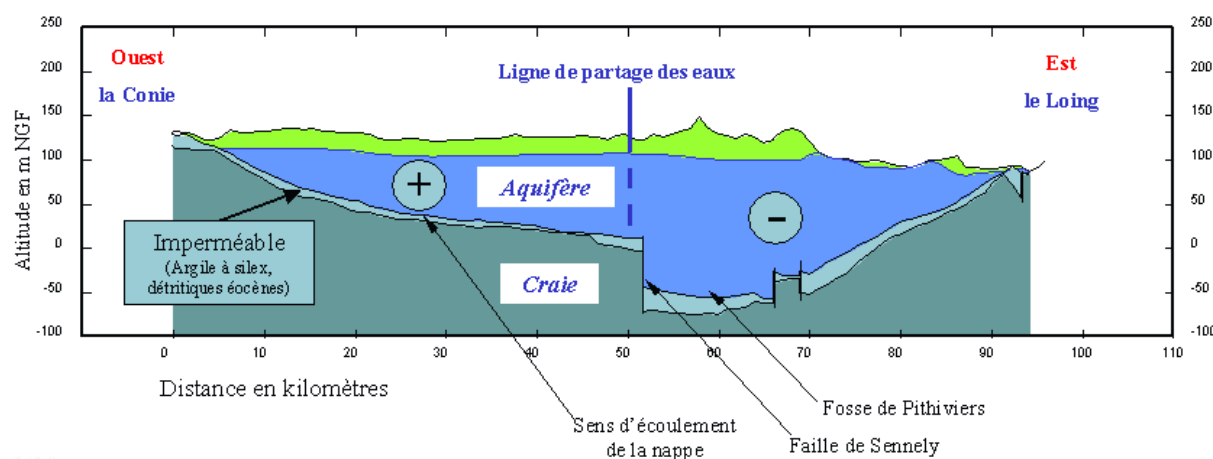
Les figures 31 et 32 présentent des coupes de la nappe. Celle-ci forme une cuvette au centre. Les bordures Est et Ouest connaissent une plus grande vidange et sont donc moins productives. Ces caractéristiques hydrodynamiques sont importantes à prendre en compte dans l'élaboration d'un outil de gestion quantitative car les usagers situés aux extrémités de la nappe ne sont pas soumis aux mêmes conditions que ceux localisés au centre.

Figure 31 : Coupe de la nappe de Beauce Nord-Est Sud



(Source : BRGM, 2010)

Figure 32 : Coupe de la nappe de Beauce Est Ouest

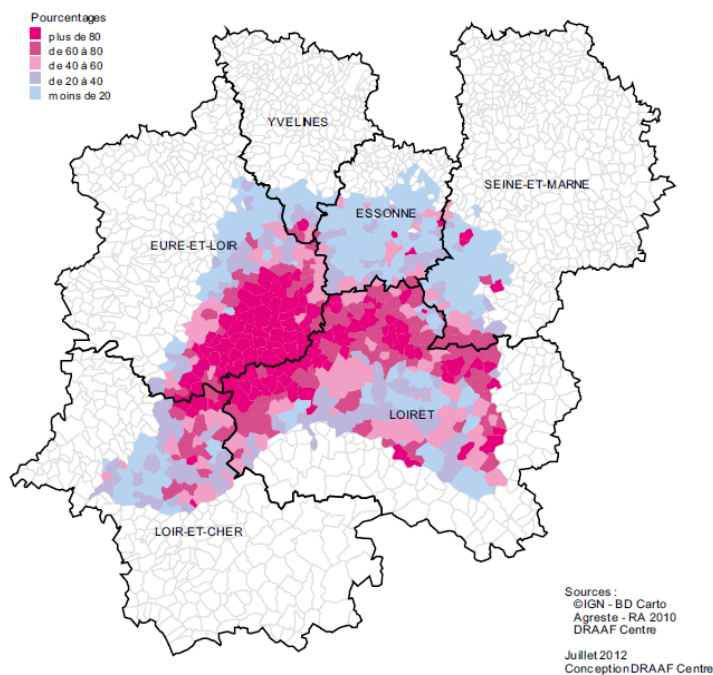


(Source : BRGM, 2010)

Les principaux usagers sur la nappe de Beauce sont :

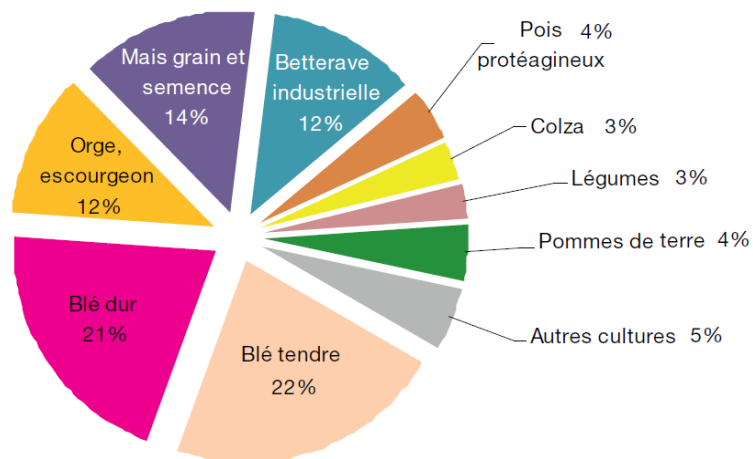
- Les **agriculteurs**. Ils prélèvent à peu près 200 Mm³ par an, soit presque les deux-tiers des prélèvements totaux. La Beauce est une région intensément cultivée et le recours à l'irrigation y est très développé. En 2010, on dénombre **3 600 irrigants** pour 6 000 agriculteurs. 241 000 ha sont irrigués. La Figure 33 présente la part des surfaces agricoles irrigables sur la nappe de Beauce. L'irrigation concerne principalement le blé, l'orge et l'escourgeon, le maïs et la betterave (cf. Figure 34).

Figure 33 : Part des surfaces irrigables en nappe de Beauce



(Source : Agreste, 2010)

Figure 34 : Répartition de la SAU irriguée



(Source : Agreste, 2010)

- ▶ Les **collectivités locales**. Elles prélèvent 100 Mm³ par an pour approvisionner en eau potable un million d'habitants.
- ▶ Les **industriels**. Ils regroupent des activités très diverses (agro-alimentaire, chimie, informatique, métallurgie, papeterie, eaux minérale, etc.) sont relativement dispersés sur le territoire. Leur prélèvement dans la ressource souterraine est d'environ 30 Mm³/an²⁶.

2. Emergence du problème et premières mesures

L'exploitation de la nappe s'est accrue au début des années 1960 avec le développement de l'agriculture céréalière. Les volumes utilisés pour l'irrigation ont connu un pic jusqu'à 450 Mm³/an en 1993, année de fortes sécheresses. Les faibles précipitations accompagnées d'une forte exploitation de la nappe ont entraîné une baisse importante du niveau piézométrique qui a favorisé les conflits d'usages entre irrigants et riverains de cours d'eau.

Cet épisode de surexploitation, générant des conflits entre usagers, a été le point de départ d'une réflexion autour de la mise en œuvre d'un outil de gestion quantitative de la ressource. Les agriculteurs, conscients du besoin de mettre en place un outil de contrôle des prélèvements²⁷, ont été volontaires pour participer à la démarche.

Le projet de mise en œuvre d'un outil de gestion volumétrique s'est construit petit à petit. En 1994, une **charte irrigation** a été élaborée. Elle a établi des mesures de restriction de prélèvements pour l'irrigation autour de trois seuils définis sur la base du niveau moyen de la nappe. La même année, la ressource a été classée par décret en **Zone de Répartition des Eaux**.

La nappe se situant à cheval sur deux bassins hydrographiques (le bassin Seine-Normandie et le bassin Loire-Bretagne), une coopération entre les deux agences de l'eau a été nécessaire. En 1997, un **groupe de travail interbassin « Nappe de Beauce »**, composé d'élus, de représentants des services de l'Etat et d'usagers, a été créé. Il a permis de porter une étude sur le fonctionnement de l'aquifère afin de déterminer le volume maximum prélevable et ainsi élaborer en 1999, un premier dispositif de gestion des prélèvements pour l'irrigation. Dans le but de donner une portée réglementaire à ce nouvel outil, une **procédure SAGE**, portée par le Syndicat de Pays Beauce Gâtinais en Pithiverais, a été lancée. Le SAGE recouvre l'ensemble du territoire de la nappe.

²⁶ Source : SAGE Nappe de Beauce, 2011

²⁷ Une enquête auprès des agriculteurs dans les années 90 révèle que la majorité d'entre eux sont demandeurs d'un système de quotas pour préserver la nappe de Beauce (Entretien avec Sophie Duruyver, animatrice du SAGE Nappe de Beauce, 14/02/2014)

3. Description de l'instrument mis en place

Ce système de contrôle des prélèvements pour l'irrigation, mis en place en 1999, vise à privilégier la prévention à la gestion de crise. En plus de garantir le bon état quantitatif de l'aquifère, cet outil permet de maintenir le bon état des cours d'eau liés à la ressource souterraine. Le volume maximal prélevable en cas de nappe haute est fixé à 420 Mm³/an pour l'irrigation.

Chaque année, la gestion des prélèvements pour l'irrigation dans la nappe de Beauce se fait en deux temps :

- ▶ à la sortie de l'hiver (en fin de recharge) : un volume maximal est attribué à chaque irrigant en fonction du niveau de la nappe. Ce volume est défini en appliquant un coefficient de gestion (inférieur ou égal à 1) au volume de référence individuel de chaque irrigant.

Afin de tenir compte de la disparité spatiale de la ressource, quatre secteurs de gestion sont définis par les SDAGE Loire-Bretagne et Seine-Normandie et par le SAGE Nappe de Beauce : la Beauce centrale, la Beauce Blésoise, le bassin du Fusin et le Montargois (cf. Figure 35). Chaque secteur dispose de son propre indicateur de niveau de nappe et de ses propres seuils de gestion et coefficients d'attribution qui permettent de définir l'attribution des volumes utilisables en début de campagne (cf. Tableau 8). Trois seuils ont été définis :

- Le seuil piézométrique de niveau (S1) ;
- Le seuil d'alerte (S2) ;
- Le seuil de crise (S3).

Cette sectorisation des prélèvements est opérationnelle depuis 2010.

- ▶ en cours de campagne : des mesures complémentaires de limitation des prélèvements sont prises, si nécessaire, au vu du débit des rivières afin de répondre aux besoins des milieux naturels (interdiction de prélever pendant 24h ou 48h).

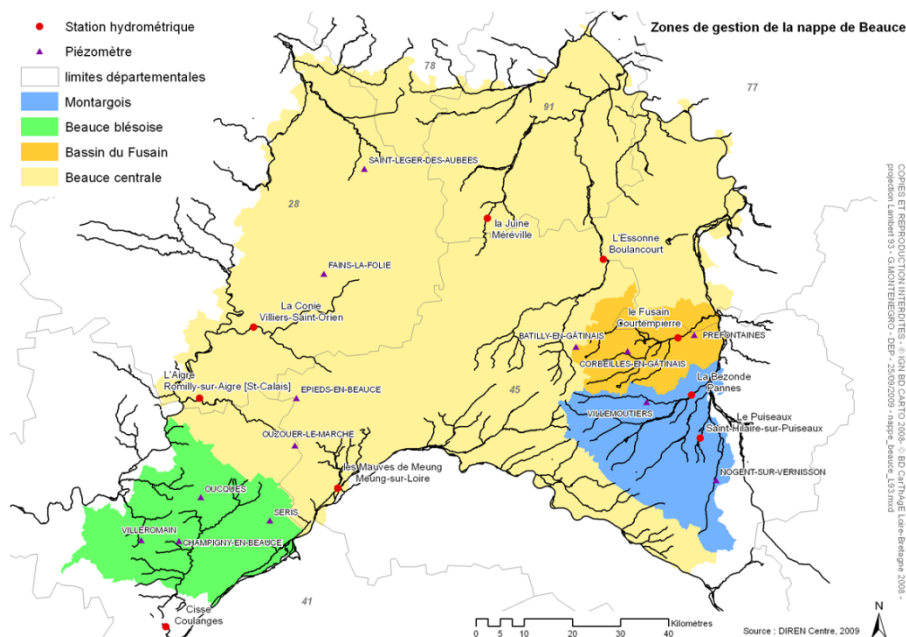
Le tableau suivant présente les volumes de référence, les seuils de gestion et les coefficients d'attribution des volumes utilisables par secteur.

Tableau 8 : Volume de référence, seuils de gestion et coefficients d'attribution par secteur géographique (Règlement du SAGE Nappe de Beauce, 2013)

Secteur de gestion	Beauce centrale	Beauce Blésoise	Bassin du Fusin	Montargois
Volume de référence par secteur	326,3 Mm ³ répartis comme suit : Eure-et-Loir.....133,6 Loir-et-Cher.....20 Loiret.....134,1 Seine-et- Marne.....13,8 Yvelines.....4,8 Essonne.....20,0	43,2 Mm ³	28,8 Mm ³ répartis comme suit : Loiret.....22,6 Seine-et-Mame.6,2	21,7 Mm ³
Seuils de gestion	S1: 113,63 m NGF S2: 112,63 m NGF S3: 110,75 m NGF	S1: 106,00 m NGF S2: 104,78 m NGF S3: 103,00 mNGF	S1: 89,00 m NGF S2: 87,40 m NGF S3: 84,50 m NGF	S1: 106,50 m NGF S2: 106,20 m NGF S3: 103,60 m NGF
Coefficients d'attribution ⁽¹⁾	Supérieur à S1 : 1 S2 : 0,63 S3 : 0,15 Entre S1 et S2 puis S2 et S3 : variation linéaire du coefficient	Supérieur à S1 : 1 S2 : 0,63 S3 : 0,15 Entre S1 et S2 puis S2 et S3 : variation linéaire du coefficient	Supérieur à S1 : 1 S2 : 0,63 S3 : 0,43 Entre S1 et S2 puis S2 et S3 : variation linéaire du coefficient	Supérieur à S1 : 1 S2 : 0,63 S3 : 0,15 Entre S1 et S2 puis S2 et S3 : variation linéaire du coefficient

Chaque forage est équipé d'un compteur depuis 1999. Chaque irrigant tient un registre mensuel de ses prélèvements, registre susceptible d'être contrôlé par la Police de l'eau, et déclare obligatoirement chaque année à l'Administration (Police de l'eau et Agence de l'eau pour les redevances) les index de ses compteurs (contrôlables) et le volume consommé correspondant. Le dépassement du quota d'eau entraîne des sanctions au titre de l'autorisation de prélèvement.

Figure 35 : Les quatre secteurs géographiques du périmètre du SAGE de la Nappe de Beauce



(Source : DIREN Centre, 2009)

4. Evaluation de l'instrument

La nappe fonctionnant sur un cycle pluriannuel, il est difficile, pour le moment, d'évaluer l'efficacité du SAGE. Globalement, les prélèvements ont tendance à diminuer grâce à une prise de conscience progressive de l'importance de préserver la ressource.

Au cours de l'élaboration de cet outil, plusieurs obstacles ont été rencontrés.

- ▶ Du point de vue technique, la faible densité et fiabilité du réseau piézométrique sur certains secteurs a été à l'origine d'un **manque de connaissance** sur l'état de la ressource, son fonctionnement, etc. et a ralenti l'élaboration de l'outil de gestion. La DREAL Centre a installé de nouveaux piézomètres pour surmonter cette difficulté.
- ▶ Le fait que le Syndicat de Pays Beauce Gâtinais en Pithiverais soit précurseur dans la mise en œuvre d'un tel outil et à une échelle locale donne un **caractère « expérimental » à la démarche**. L'élaboration de cet instrument s'est faite « à tâtons » et les ajustements se feront au fur et à mesure. Cette particularité novatrice peut constituer à la fois une force et une source de déstabilisation.

- ▶ Un **secteur géographique** (le secteur Montargois) **a été réfractaire** à la mise en œuvre de la démarche SAGE et à l'instauration de quotas sur son territoire. Etant situé en bordure de nappe, la productivité de ressource est plus faible et les usagers n'ont pas accepté d'être contraints à une gestion restrictive de la ressource.
- ▶ Ce point soulève une autre difficulté pour le SAGE Nappe de Beauce : le territoire étendu de l'aquifère et la diversité des acteurs peuvent compliquer l'avancement d'une telle démarche.

Malgré ces difficultés, l'outil de gestion volumétrique a été intégré au Règlement du SAGE, approuvé en juin 2013. Ces obstacles ont donc été surmontés, notamment grâce à la concordance de plusieurs facteurs qui ont facilité la réussite du projet :

- ▶ **La mise en œuvre d'un processus participatif et concerté** dans lequel l'animation du SAGE a joué un grand rôle (échange d'information, organisation de réunions, sollicitation des acteurs). Cette organisation a permis de consacrer le temps nécessaire pour que les acteurs « apprennent à se faire confiance » et à arriver à un accord acceptable conciliant l'intérêt économique des agriculteurs et la protection de la ressource.
- ▶ **La volonté d'une grande part des agriculteurs** de mettre en place un outil de gestion et de participer à sa mise en œuvre, et ce, en amont de la démarche.
- ▶ **La neutralité de la Présidente de CLE** (Commission Locale de l'Eau), qui a permis d'apaiser les tensions et de renforcer la confiance entre acteurs.
- ▶ **L'abondance de la ressource** (1 milliard de mètres cubes de recharge annuelle) est également un facteur qui a favorisé la réussite de la démarche. La bonne gestion de la nappe n'implique pas l'exclusion de certains usagers mais devrait permettre de répondre aux besoins de tous.

L'élaboration de cet outil est l'aboutissement d'un long processus de concertation réunissant principalement la profession agricole et les services de l'Etat. Les divergences des intérêts économiques et de la préservation de la ressource ont été surmontées grâce à un important travail d'animation et de la mise en place d'un processus participatif et concerté où « rien n'a été imposé »²⁸.

Il est difficile pour le moment d'évaluer l'efficacité de cet outil et ses impacts économiques, sociaux ou environnementaux, mais la participation de l'ensemble des acteurs à cette démarche et les échanges réguliers entre usagers et services de l'Etat constituent un solide atout pour ajuster l'instrument en cas de nécessité.

²⁸ Entretien avec Sophie Duruyver, animatrice du SAGE Nappe de Beauce, 14/02/2014

Cas n°2.2 - La Nappe Astienne

1. Le contexte

La nappe de l'Astien se situe dans le sud de la France, dans le **département de l'Hérault**, entre l'Etang de Thau à l'est et la vallée de l'Aude à l'ouest (cf. Figure 36). L'aquifère s'étend sur 450 km².

Figure 36 : Localisation de la nappe de l'Astien



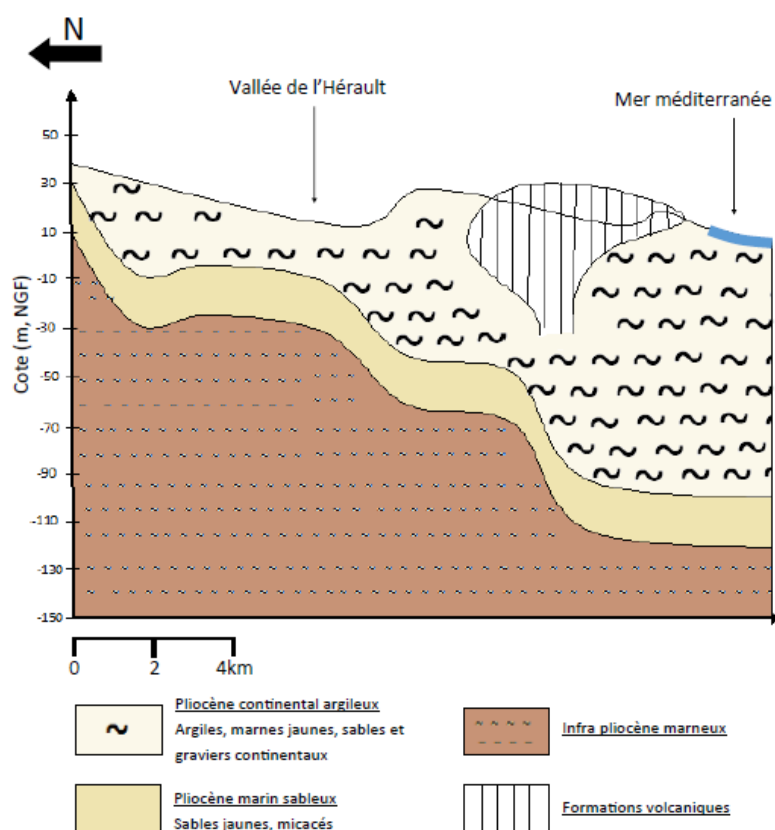
(Source : SMETA)

L'aquifère productif se compose de sables jaunes, micacés et peu argileux datant du Pliocène (cf. Figure 37). Le toit de la nappe est argileux et contient des marnes jaunes, des sables et des graviers continentaux. Cette formation semi-perméable rend la **nappe captive sur la plus grande partie du territoire**. La nappe est **libre au niveau des zones d'affleurement** de l'aquifère situées au nord du territoire. Cela représente une superficie de 30 km²²⁹.

La recharge de l'aquifère se fait au niveau des zones d'affleurement. Avec une infiltration efficace de 100 à 200 mm par an, **l'apport estimé est de 1,7 à 3,4 Mm³/an**. La recharge de la nappe se fait aussi par drainage à partir des aquifères latéraux et subjacents (alluvions de l'Hérault, Pliocène continental argileux, Molasses du Miocène). Ces apports sont difficilement quantifiables et la recharge annuelle de la nappe n'est pas précisément connue. Cependant, le **volume renouvelable** de la nappe et donc exploitable, pourrait approcher **4,2 Mm³/an** selon l'étude « Volumes prélevables » réalisée par Antea en 2013.

²⁹ Cette superficie correspond aux zones où les temps de transfert entre la surface et l'aquifère sont inférieurs à 50 jours

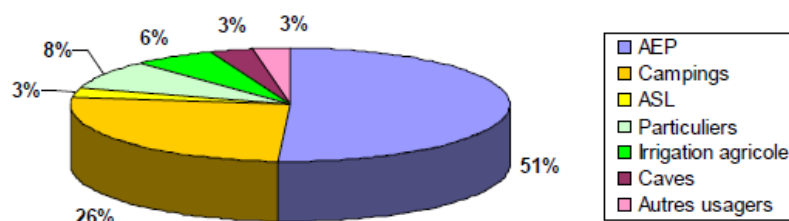
Figure 37 : Formations géologiques composant l'aquifère astien



(Source : d'après Barbecot, 1999)

Le territoire est fortement anthropisé puisque les zones naturelles ne représentent que 24% du territoire (diagnostic du SAGE de l'Astien, 2012). Le tourisme constitue la principale activité économique du territoire et se concentre au niveau du littoral. Ainsi, la ressource en eau astienne est principalement utilisée pour l'eau potable et par les campings comme le montre la Figure 38. Le total du **volume prélevé serait proche de 4,7 Mm³ en 2009** (Antea, 2013) soit 10% de plus que le volume prélevable.

Figure 38 : Répartition des volumes prélevés dans la nappe astienne par types d'utilisateurs³⁰

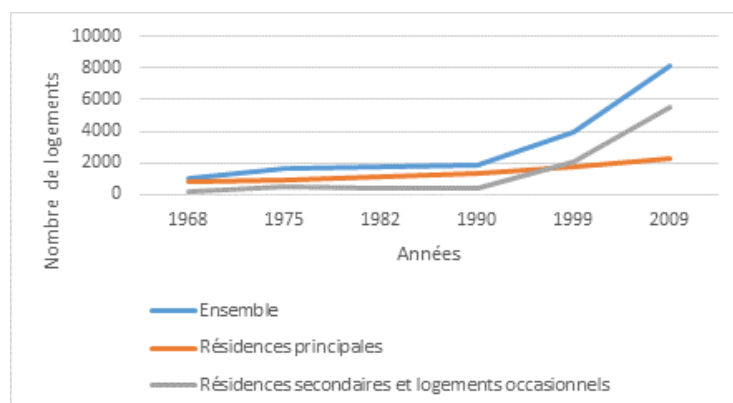


(Source : Diagnostic du SAGE de l'Astien, 2012)

L'exemple de la ville de Vias est frappant. En 2009, la commune compte seulement 2 293 logements principaux (4 354 résidents permanents) pour plus de 5 500 résidences secondaires (cf. Figure 39). Par ailleurs, 30 campings et 3 hôtels sont installés sur le périmètre de la commune.

La grande capacité d'accueil de Vias explique une **consommation de plus de 1 Mm³** en 2009 soit plus de 20% du total des prélèvements dans la nappe (cf. Figure 40). La consommation moyenne pour une ville de cette taille en 2009 était d'environ 238 000 m³ soit quatre fois moins que dans le cas présent³¹.

Figure 39 : Evolution du nombre de résidences principales et secondaires à Vias entre 1968 et 2009

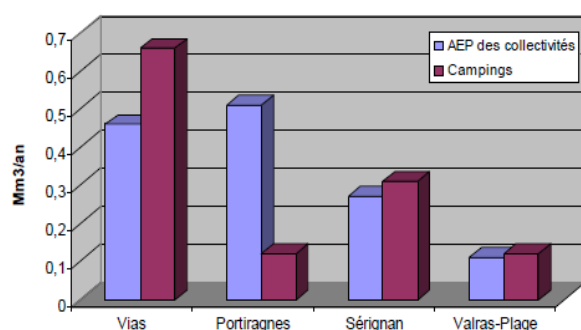


(Source : d'après les données de l'Insee, 2012)

³⁰ ASL : Associations Syndicales Libres

³¹ On considère, en France métropolitaine, qu'une personne a consommé en moyenne 54,7 m³ d'eau en 2009 (Onema, 2012)

Figure 40 : Volumes annuels prélevés en nappe astienne pour l'AEP des collectivités et par les campings pour les communes littorales en 2009



(Source : Diagnostic du SAGE de l'Astien, 2012)

2. Emergence du problème et premières mesures

L'exploitation de la nappe s'est accrue au début des années 1980 avec la **forte croissance démographique et le développement du tourisme**. Le taux de croissance de la population a été de 2% par an entre 1982 et 2008. Ainsi, la population est passée de 64 000 habitants en 1982 à 108 000 habitants en 2008 (Etat initial du SAGE astien, 2012, d'après l'Insee). Le développement s'est concentré sur le littoral, ce qui explique l'inégalité de l'évolution interannuelle de la piézométrie sur le territoire. Les suivis réalisés depuis les années 1970 par le SMETA (Syndicat Mixte d'Etudes et de Travaux de l'Astien) et la DIREN (Direction Régionale de l'Environnement)³² permettent d'apprécier le niveau de la nappe en différents points du territoire :

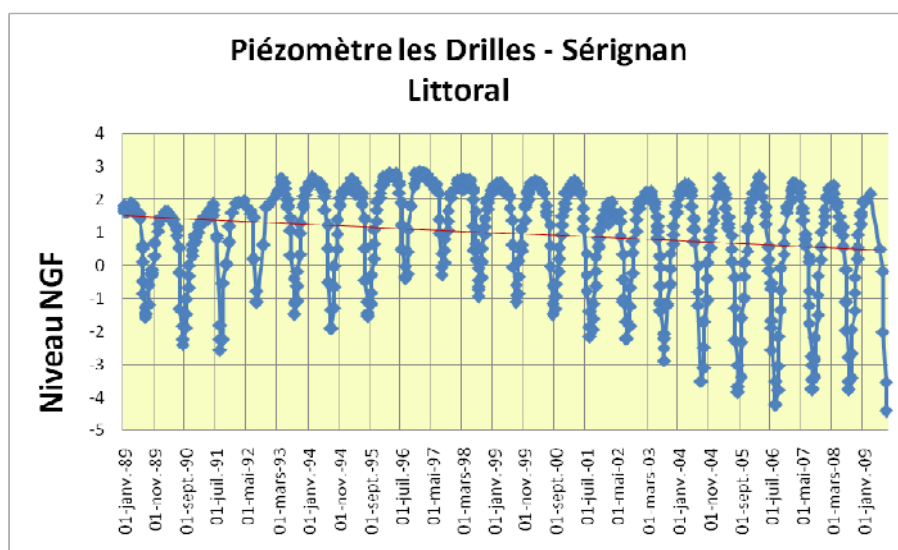
- ▶ Le piézomètre installé à Béziers (**secteur nord** de la nappe) depuis 1986 indique la **stabilité** du niveau entre 1986 et 2009.
- ▶ Le piézomètre installé à La Sauzède Bessan (**Vallée de l'Hérault**) depuis 1983 indique également la **stabilité voire la hausse** du niveau piézométrique.
- ▶ Le piézomètre installé à Belluire Marseillan (**Nord de l'étang de Thau**) depuis 1973 indique une **forte baisse** du niveau piézométrique mais ce relevé est peu représentatif de l'ensemble du territoire puisqu'un pompage a été installé près du piézomètre.
- ▶ Le piézomètre installé à Valras (**littoral-ouest**) depuis 1978 indique une **augmentation** du niveau piézométrique. Cela s'explique par la substitution

³² La DIREN est devenue la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) en 2010.

partielle de la ressource à partir de la nappe alluviale de l'Orb depuis 1992. La part de l'Orb sur les volumes mis en distribution est de 70% (Etat initial du SAGE astien, 2012). D'autres villes du même secteur comme Sérignan, ont néanmoins vu leur niveau piézométrique baisser à cause de la forte pression touristique estivale (cf. Figure 41).

Le piézomètre installé à Vias (**littoral-est**) depuis 1990 indique une **baisse** du niveau piézométrique due à l'augmentation de la population et à la forte fréquentation touristique. Entre 1990 et 2008, la baisse est d'environ 1 m NGF³³ (cf. Figure 42).

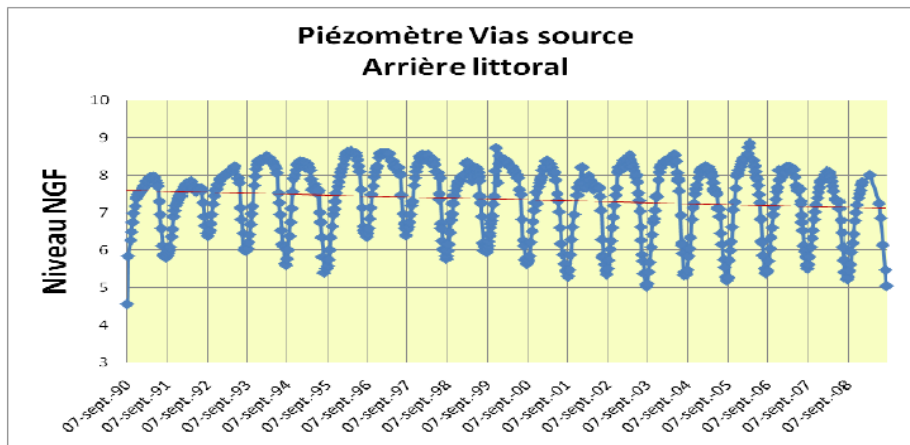
Figure 41 : Evolution interannuelle de la piézométrie à Sérignan (Drilles) entre 1989 et 2009



(Source : Etat initial du SAGE astien, 2012)

³³ NGF signifie Nivellement Général de la France. Le niveau 0 français est déterminé par le marégraphe de Marseille qui mesure le niveau de la mer dans cette ville.

Figure 42 : Evolution interannuelle de la piézométrie à Vias (Source) entre 1990 et 2008



(Source : *Etat initial du SAGE astien*, 2012)

Les baisses du niveau piézométrique sur le littoral sont prises en considération dès le début des années 1990. Un audit est réalisé en 1992 et met en avant la nécessité d'une **gestion en bien commun** de la ressource. Cet audit initie la mise en place d'un premier contrat de nappe en 1997 pour une durée de cinq ans. La substitution de la ressource locale grâce à un apport d'eau exogène (Nappe alluviale de l'Hérault) ainsi que la sensibilisation des usagers (principalement les campings et collectivités) constituent les deux grands axes de la gestion quantitative de la nappe astienne. Ce premier contrat de nappe permet aussi l'amélioration des connaissances et le suivi de la ressource. Le **second contrat de nappe (2004-2008)** s'inscrit dans la lignée du premier via un programme d'économies d'eau (pose de compteurs, affichage de panneaux de sensibilisation dans les campings, rédaction d'une plaquette sur les économies d'eau à l'intention des usagers, etc.). La sensibilisation des campings s'améliore grâce à l'implication d'un acteur relais (le vice-président de la Chambre de Commerce et de l'Industrie est aussi propriétaire d'un camping). C'est la **signature de ce second contrat de nappe qui initie la démarche de SAGE**. En effet, les contrats de nappe n'ont pas de portée réglementaire, ce qui limite l'instauration de règles locales de partage de la ressource. Le projet de SAGE, porté par le SMETA, émerge donc en 2007. L'approbation du SAGE est prévue pour 2015 et sa **mise en place pour 2016**.

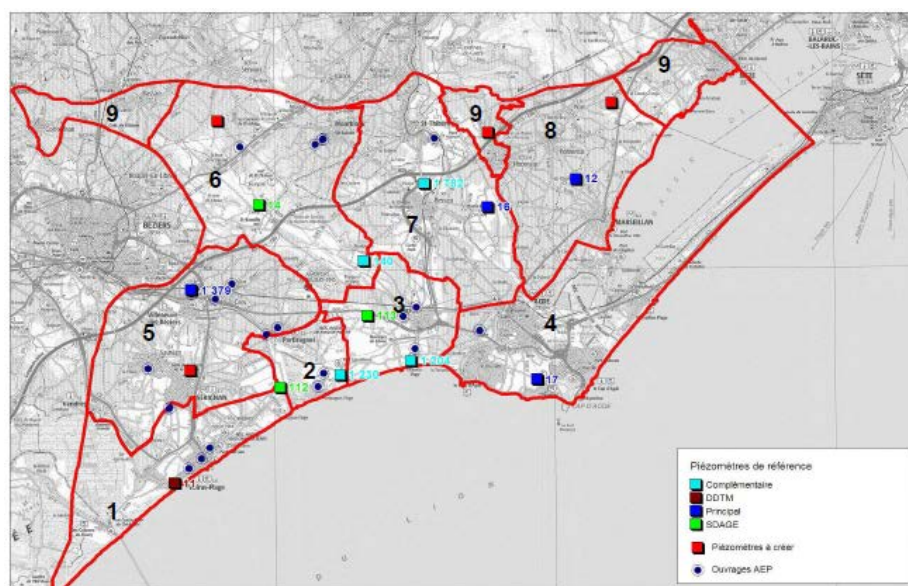
Description de l'instrument à mettre en place

L'instrument prévu est **réglementaire** puisqu'il correspond à la mise en place de **quotas volumétriques**. La répartition des volumes autorisés via la concertation des grandes catégories d'usagers est souhaitée. Les principales mesures sont décrites ci-dessous :

- ▶ Le territoire est divisé en **9 unités de gestion** définies dans l'étude volumes prélevables (cf. Figure 43). Chacune de ces unités de gestion a été déterminée en fonction du niveau de la nappe et des pressions qui s'exercent sur elle. Cette délimitation doit permettre une gestion adaptée à chaque unité. Le volume maximal prélevable sur le territoire du SAGE a été fixé à 4,2 Mm³/an (Antea, 2013). Ce volume est ensuite réparti mensuellement entre chacune des unités de gestion. Puis, au sein de chacune des unités de gestion, le volume est réparti entre usages et usagers.
- ▶ Il est envisagé de confier à chaque représentant des grandes catégories d'usagers (essentiellement campings et agriculteurs), la répartition individuelle des volumes alloués à la filière d'usage. La Chambre d'agriculture et la Chambre de commerce et d'industrie sont pressenties pour porter ces démarches.
- ▶ Le développement du territoire qui est un facteur important de la surexploitation de la nappe astienne est contrôlé par la mise en place du SAGE puisque les SCoT³⁴ du Biterrois et du Bassin de Thau doivent être rendus compatibles avec le SAGE pour prendre en compte le caractère limité de la ressource dans l'aménagement du territoire.

Ainsi, l'instrument mis en place vise à fixer le volume prélevable pour l'ensemble du territoire. **L'allocation de ce volume se fera au niveau local et de manière concertée.** Enfin, la mise en compatibilité des SCoT avec le SAGE permettra de concilier aménagement du territoire et équilibre des ressources en eau.

³⁴ Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) est un document de planification stratégique instauré par la loi relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain (SRU) de 2000 et fortement complété par la loi Grenelle II en 2010. La fonction de ce schéma est la mise en cohérence des politiques sectorielles de l'aménagement et de l'urbanisme (organisation de l'espace, habitat, continuités écologiques, déplacement, etc.).

Figure 43 : Découpage de la nappe astienne en 9 unités de gestion

(Source : Antea, 2013)

Le respect des volumes prélevables se fait via la Police de l'Eau, chargée de sanctionner les usagers dépassant les volumes autorisés. La police de l'Eau ne fait aujourd'hui que des mises en demeure, ce qui est regretté par les acteurs du territoire astien (surtout les campings) qui souhaitent que des mesures effectives soit mises en place. A long terme, il faudrait **donc renforcer le contrôle et mettre en place des amendes dissuasives** pour que l'application des règles édictées par le SAGE soit efficace.

3. Evaluation de l'instrument

L'analyse des obstacles rencontrés lors de l'élaboration du SAGE de l'Astien permet de mettre en lumière les stratégies adoptées pour les dépasser. Certains obstacles sont spécifiques au processus d'élaboration des SAGE et d'autres sont propres au contexte astien.

Le SAGE : Un outil qui sert différents objectifs

Les SAGE constituent l'outil local pour atteindre les objectifs des SDAGE et participent au respect de la législation nationale et européenne³⁵. Par ailleurs, comme cela a été précisé dans la présentation du contexte sur la gestion des eaux souterraines en France, les Agences de l'Eau sont les établissements publics

³⁵ Se référer au 1.1.1 Le contexte

chargés de mettre en œuvre les actions traduisant l'application de la DCE. Elles participent ainsi au financement des SAGE pour atteindre l'objectif de bon état des masses d'eau prévu par la DCE. Cependant, de par sa dimension locale, la démarche est censée émerger principalement des usagers et acteurs locaux. Une **divergence d'objectifs apparaît alors entre l'Agence de l'eau et les acteurs locaux**. Dans le cas du SAGE Astien, l'initiative a émané de l'Agence de l'eau et les acteurs du territoire n'ont pas considéré la nécessité de mettre en place un tel instrument pour arriver à une gestion durable de la nappe. Cet antagonisme dès l'origine, a constitué d'une certaine manière le premier obstacle rencontré par le SMETA pour mettre en œuvre une gestion durable de la nappe puisque la démarche lui était « imposée ».

Par ailleurs, bien que l'objectif de fond de l'Agence de l'Eau et du SMETA soit le même (protéger la ressource en eau), les deux structures n'ont pas la même approche pour élaborer et mettre en œuvre le SAGE :

- ▶ Pour l'Agence de l'eau, il est important de suivre au plus près le cadre méthodologique défini au niveau national pour l'élaboration des SAGE ;
- ▶ Au contraire, pour le SMETA, la gestion de la nappe en bien commun est essentielle pour arriver à une gestion durable de la ressource et l'interprétation de la méthodologie se doit d'être flexible afin de s'adapter aux attentes et propositions des acteurs locaux.

Cette **opposition sur les priorités affichées** rejoint une idée développée dans l'évaluation de la politique des SAGE dans le bassin Rhône-Méditerranée (Epices & AScA, 2012) : « l'objectif de gestion équilibrée, entendu comme un objet de conciliation des usages, semble généralement plus prégnant que celui d'atteinte d'un état de la ressource et des milieux ». Cela illustre bien la divergence de l'approche entre l'Agence de l'Eau et le SMETA. Pour l'Agence, l'atteinte du bon état (c'est à dire l'objectif central de la DCE) prime sur la conciliation des usages alors que pour le SMETA, l'atteinte du bon état est inhérente à la conciliation des usages.

Cette divergence de point de vue a constitué un obstacle pour faire du SAGE un projet de territoire, difficulté renforcée par le fait que l'Agence participe financièrement au fonctionnement du Syndicat.

Le SAGE : une procédure lourde à mettre en place

La **méthodologie du SAGE est très codifiée**. Elle prévoit de nombreuses études et réunions de concertation. Des délais sont à prévoir pour la validation des documents et pour l'approbation de la démarche par arrêté préfectoral. Cette lourdeur se traduit par des temps d'élaboration de la stratégie plus ou moins longs. Dans le bassin Rhône-Méditerranée la durée moyenne de définition du périmètre est de 1,4 an et la

durée moyenne d'élaboration du SAGE lui-même est de 7 ans³⁶ (Epices & AScA, 2012). Cette lourdeur avérée est justifiée, selon l'Agence de l'Eau, par la plus-value que le SAGE apporte au territoire comme notamment **l'appropriation des enjeux par les acteurs locaux** mais aussi la **construction des structures porteuses** de la démarche.

Dans le cas de l'Astien, cette élaboration a nécessité beaucoup de temps : le projet a émergé en 2007 et la mise en œuvre ne sera pas effective avant 2016. **Si cette lenteur s'explique par le formalisme imposé par l'exercice d'élaboration de la démarche, elle est aussi le fait de tensions au niveau local.** Les acteurs réticents et méfiants vis-à-vis du SAGE font perdurer l'étape d'élaboration pour repousser l'aboutissement du projet. Cette lenteur peut lasser les acteurs impliqués qui ne comprennent pas l'intérêt de ces nombreuses étapes et souhaitent voir émerger des actions concrètes. Elle est alors perçue comme un obstacle à l'avancement du projet.

Un point crucial ressort de ce constat : le formalisme imposé par le SAGE ne permet pas une élaboration rapide mais la **présence d'acteurs relai** entre les usagers et la structure porteuse du SAGE permet de gagner la confiance des usagers et d'avancer plus rapidement dans l'élaboration. Ainsi, dans le cas de l'Astien, un important travail d'animation a été engagé pour surmonter ce manque de confiance des usagers vis-à-vis du syndicat. Si cette défiance a fortement diminué pour les campings, elle reste cependant très présente dans le monde agricole qui se sent lésé vis-à-vis des autres usagers. Du point de vue des agriculteurs, l'utilisation qu'ils font de la nappe est marginale et pourtant des efforts importants leur sont demandés.

L'absence de comptages et de contrôles : un obstacle à la connaissance des prélèvements

Dans le territoire astien, certains agriculteurs contournent la réglementation en déclarant leurs forages en « forage domestique » afin de ne pas payer la redevance à l'Agence de l'Eau³⁷. Cela nuit de manière importante à la connaissance des prélèvements puisque le suivi des différents captages est partiel et que le volume d'eau utilisé par les agriculteurs ne peut qu'être évalué et non mesuré.

Ce point rejoint celui précédemment abordé : le manque de confiance des agriculteurs se traduit par un **manque d'implication et par une réticence vis-à-vis**

³⁶ Dans le bassin Rhône Méditerranée, le temps de définition du périmètre des SAGE existants a varié de 35 jours à 5 ans et celui de leur élaboration a duré de 3,6 à plus de 10 ans.

³⁷ « Constitue un **usage domestique** de l'eau, au sens de l'article L. 214-2 tout prélèvement inférieur ou égal à 1000 m³ d'eau par an, qu'il soit effectué par une personne physique ou une personne morale et qu'il le soit au moyen d'une seule installation ou de plusieurs. » Les ouvrages domestiques sont soumis à la déclaration en mairie mais les usagers ne payent pas de redevance à l'Agence de l'Eau contrairement aux usages non domestiques supérieurs à 10 000 m³ (7000 m³ en ZRE).

de la démarche. Pour surmonter cet obstacle, les interventions de la Police de l'Eau devront être renforcées et les amendes devenir dissuasives. Par ailleurs, gagner la confiance du monde agricole permettrait de limiter ce phénomène.

Au-delà des obstacles et des stratégies mises en place pour les surmonter, il est intéressant de s'intéresser aux plus-values du SAGE telles qu'elles nous ont été présentées par le SMETA. En effet, malgré ces difficultés, la mise en œuvre d'un SAGE génère deux bénéfices en termes de gestion locale de l'eau :

- ▶ Il y a la **création d'un organe de concertation élargi**, la Commission Locale de l'Eau (CLE) qui n'était pas présent avec les seuls contrats de nappe³⁸. La CLE est constituée de nombreux acteurs représentatifs du territoire. Elle comprend des représentants des collectivités territoriales, des représentants des usagers, des organisations professionnelles et des associations concernées, des représentants de l'État et de ses établissements publics intéressés. Les catégories d'usagers sont ainsi représentées dans l'organe de concertation, ce qui constitue un relai entre l'organe de décision et les usagers.
- ▶ Le **volet réglementaire** du SAGE permet de définir de manière précise les prélèvements autorisés qui sont validés par arrêté préfectoral.

L'évaluation réalisée de l'instrument « SAGE » permet de souligner les conditions de réussite d'une telle démarche du point de vue des acteurs locaux :

- ▶ **La création ou le choix d'une structure porteuse** de la démarche (le SMETA dans le cas de l'Astien). C'est cette structure qui sera en charge de l'animation de la démarche. Elle concentre les compétences nécessaires à l'élaboration et à la mise en œuvre du SAGE. Elle connaît le territoire et les acteurs impliqués dans l'utilisation de la ressource.
- ▶ **La mobilisation des moyens humains et matériels** ; la démarche de SAGE nécessite du temps. L'eau souterraine est une ressource « invisible » et il est difficile de mettre en place un plan de gestion pour une ressource que l'on ne peut pas voir. C'est pourquoi, les moyens humains et matériels sont essentiels.
- ▶ La structure porteuse doit être à l'initiative de **l'amélioration des connaissances sur les ressources et le territoire**. Elle doit, par l'intermédiaire de la CLE, informer les usagers afin de gagner leur confiance et pouvoir assurer l'élaboration d'un SAGE accepté par tous. La gestion de

³⁸ La concertation prévue dans le cadre d'un contrat de nappe est plus restreinte. Elle est organisée autour d'un comité de nappe qui regroupe les principaux usagers et acteurs locaux, sans toutefois disposer d'une influence aussi importante que la CLE, dans le cadre d'un SAGE.

l'eau sera effective si les différents usagers se sentent concernés et impliqués.

Cas n°2.3 - Les Nappes d'Aquitaine

1. Le contexte

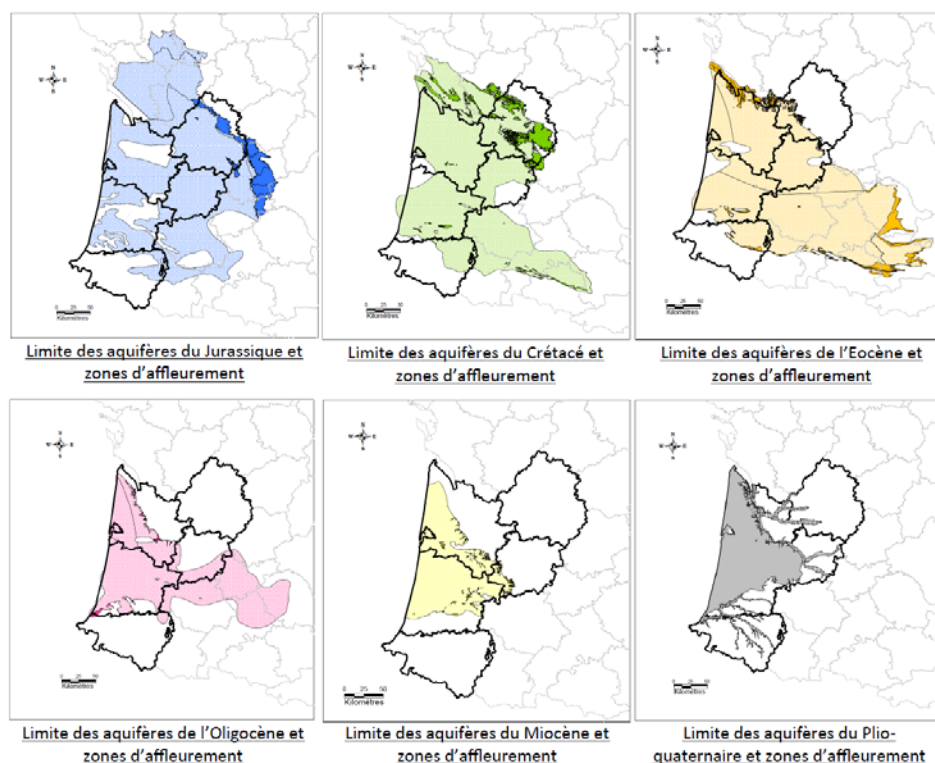
Présentation générale des nappes d'Aquitaine

Les nappes d'Aquitaine se situent dans la région Aquitaine, dans le sud-ouest de la France (cf. Figure 44).

Figure 44 : Localisation de la région Aquitaine et du département de la Gironde, France



On distingue **six unités hydrogéologiques majeures**, en fonction de la datation des aquifères. Il y a ainsi, des plus anciens aux plus récents, les aquifères du Jurassique, du Crétacé, de l'Eocène, de l'Oligocène, du Miocène et du Plio-quaternaire. Leur répartition n'est pas homogène en Aquitaine ; les limites de répartition pour chacun des aquifères sont représentées dans la Figure 45 et leurs principales caractéristiques sont résumées dans le Tableau 9.

Figure 45 : Limites des nappes d'eau souterraines en Aquitaine

(Source : BRGM, 2006)

Tableau 9 : Composition des principaux aquifères d'Aquitaine

Aquifère	Profondeur	Composition
Quaternaire	Entre 0 et 20m	Sables et graviers
Miocène	entre 20 et 150m	Sables coquilliers et calcaires, sables verts
Oligocène	entre 50 et 500m	Calcaires et calcaires gréseux
Eocène	entre 100 et 500m	Sables, graviers et calcaires superposés
Sommet du crétacé sup	entre 300 et 700m	Calcaires
Base du crétacé sup	entre 500 et 1100m	Calcaires, sable et dolomie
Jurassique	Entre 800 et 1500m	Calcaires et dolomies

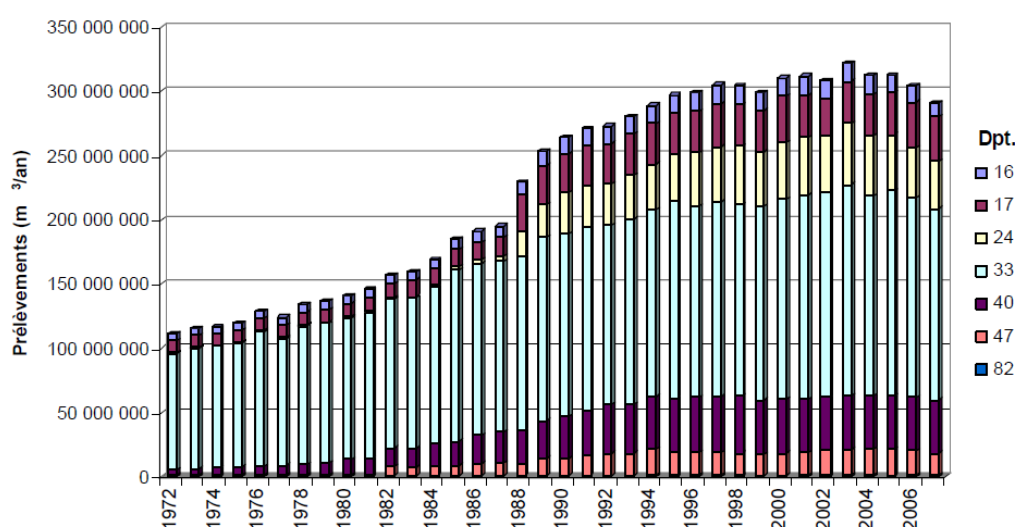
(Source : D'après le PAGD du SAGE « nappes profondes de Gironde, 2013)

Les volumes prélevés en 2007 étaient de **325 Mm³** (BRGM, 2010). Ces volumes ont été estimés pour l'ensemble du territoire et pour toutes les nappes profondes (c'est-à-dire les aquifères du Miocène, de l'Oligocène, de l'Eocène et du Crétacé supérieur). Les nappes superficielles (aquifère du Quaternaire) ne sont pas prises en compte dans ces évaluations. Les prélèvements y sont essentiellement agricoles et ces nappes ne font pas l'objet d'un suivi particulier puisque les ressources sont en bon état quantitatif.

Présentation des nappes profondes de Gironde

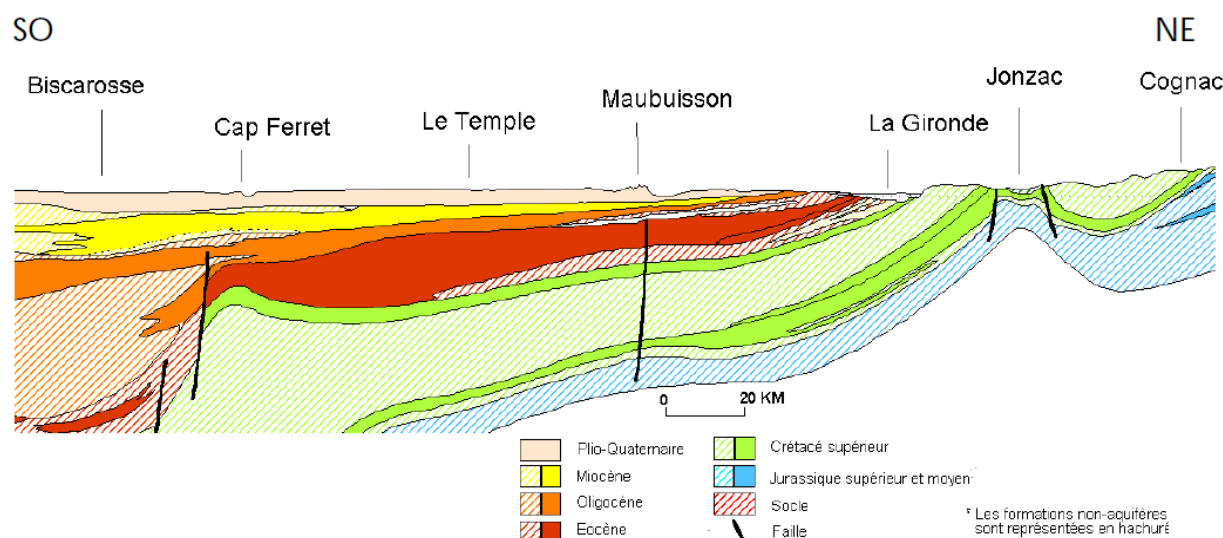
Le département de la Gironde (département 33) (cf. Figure 44) est responsable de pratiquement la moitié des prélèvements totaux dans les nappes d'Aquitaine (cf. Figure 46) et la moitié de la population de la région se concentre dans le département. Ainsi, le plan de gestion des nappes d'Aquitaine se limite aux aquifères situés dans le département de la Gironde et n'intègre pas les ressources des départements limitrophes. La superficie du territoire étudié est donc celle du département soit **10 138 km²**.

Figure 46 : Evolution des prélèvements par département (tous usages confondus pour les 3 248 ouvrages contenus dans la base de données des prélèvements)



(Source : BRGM, 2010)

Les principaux aquifères décrits dans le Tableau 9 sont représentés sur la coupe géologique Figure 47 au niveau de la Gironde. Les aquifères sont **libres en périphérie du bassin aquitain** et deviennent **captifs en Gironde** où ils sont enfouis sous des couches semi-perméables à imperméables. Ainsi, la recharge des aquifères se fait essentiellement par infiltration des eaux de pluie au niveau des affleurements. Les infiltrations ont lieu principalement dans les départements voisins et les écoulements souterrains permettent de recharger les nappes de la Gironde.

Figure 47 : Coupe géologique schématique du département de la Gironde

(Source : *Etat des lieux du SAGE Nappes profondes*, 1998)

Les prélèvements se font essentiellement dans les nappes superficielles du quaternaire et dans les nappes profondes du Miocène, de l'Oligocène, de l'Eocène et du Crétacé supérieur. Les prélèvements sont connus et suivis pour les nappes profondes. En 2008 les deux nappes les plus exploitées sont celles de l'Oligocène (**64 Mm³** prélevés) et de l'Eocène (**59 Mm³**) (PAGD, 2013). Cela représente 123 Mm³ sur les **144,5 Mm³ prélevés dans les nappes profondes de Gironde**. Ainsi, 85% de l'eau provenant des nappes profondes de Gironde provient de ces deux aquifères. Les nappes du Miocène et du Crétacé sont exploitées dans une moindre mesure (respectivement 16 Mm³ et 5,5 Mm³ prélevés en 2008) (PAGD, 2013).

Des ordres de grandeurs des recharges et prélèvements annuels sur chacune des nappes sont présentés dans la figure 48³⁹.

L'alimentation en eau potable constitue le principal usage des nappes profondes. En effet, **73%** de l'eau prélevée dans ces nappes profondes est utilisée pour l'eau potable, **17%** pour l'agriculture et **10%** pour l'industrie (cf. Figure 49).

Par ailleurs, 93% des prélèvements de l'aquifère de l'éocène et 80% de l'oligocène alimentent les **1 400 000** habitants de la Gironde en 2008 (PAGD, 2013).

³⁹ Les chiffres diffèrent quelques peu de ce qui est décrit dans le texte du fait des mises à jour réalisées dans le cadre de la révision de l'état des lieux du SAGE en 2013.

Figure 48 : Bilan des entrées et sorties dans les nappes du SAGE en millions de m³ par an (SMEGREG, Etat des lieux pour la révision du SAGE Nappes profondes, 2011)

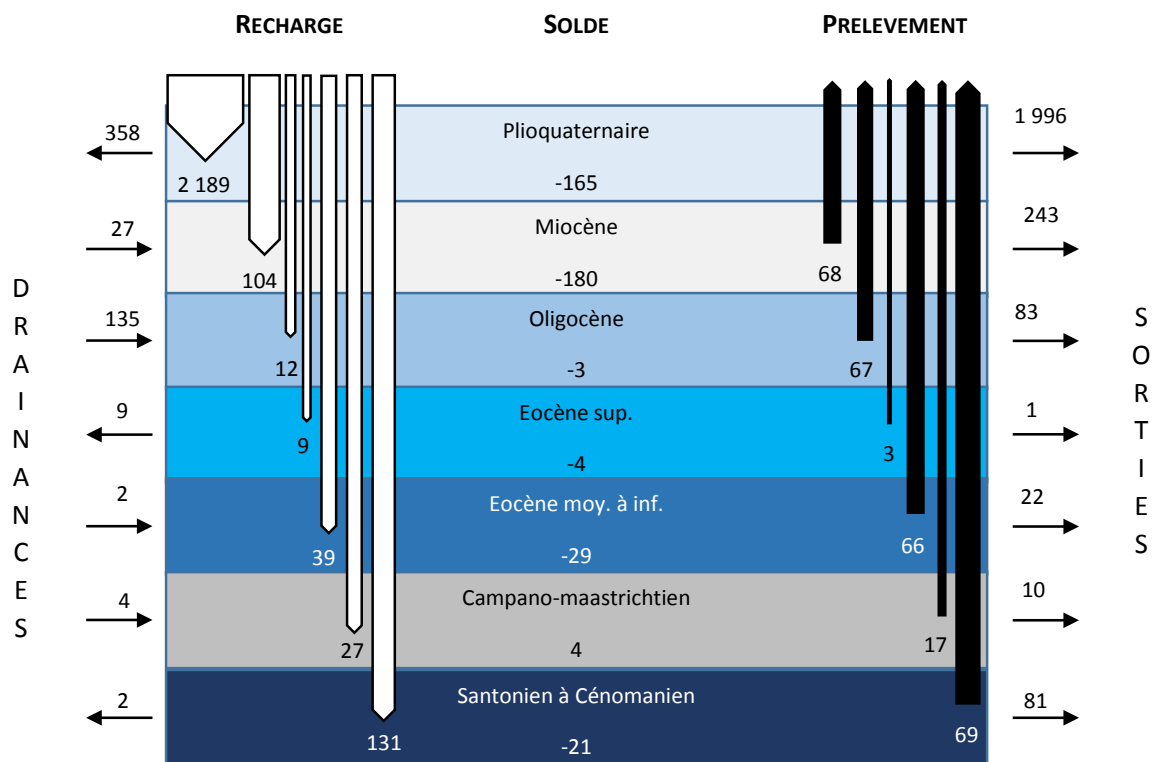
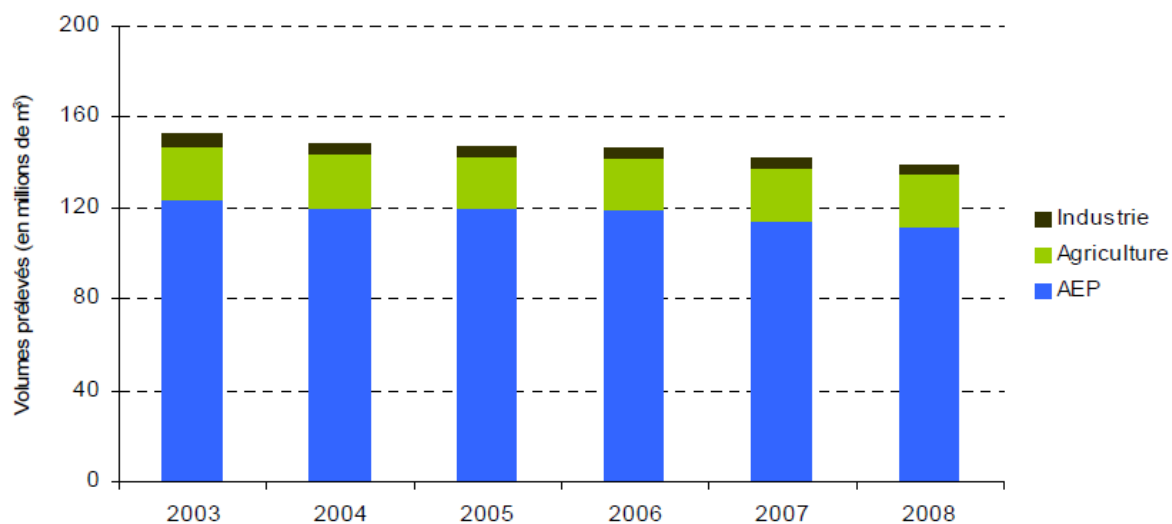


Figure 49 : Evolution des prélèvements dans les nappes profondes entre 2003 et 2008 en Gironde



(Source : SAGE des nappes profondes de Gironde, 2003. Analyse économique sur la période 2003-2008)

2. Emergence du problème et premières mesures

L'alimentation en eau potable de la Gironde est problématique depuis le XII^{ème} siècle. Le développement d'activités polluantes rend les ressources superficielles - pourtant très abondantes -impropres à la consommation.

La deuxième moitié du XIX^{ème} siècle est marquée par une insuffisance des ressources, critique pour la ville de Bordeaux. C'est à cette période que les techniques de forage sont améliorées et permettent de puiser l'eau des nappes profondes pour satisfaire les besoins en eau potable.

La croissance démographique continue depuis le début du XX^{ème} siècle exige la mise en place de nouveaux forages et entraîne l'exploitation toujours plus importante des nappes profondes. La Gironde est le département le plus grand de France et sa population a doublé en un siècle. Le département comptait en effet **735 000 habitants en 1876** contre **1 435 000 en 2009** (INSEE, 2006).

Les premiers constats de variations des niveaux piézométriques datent de 1955. Ils ont été réalisés sur la nappe de l'Eocène moyen par des universitaires. A partir de 1958, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) initie un inventaire des ressources pour cet aquifère et met en place un réseau de mesures. Le suivi sera étendu aux autres aquifères quelques années plus tard.

Pour chacun des aquifères, les suivis permettent de résumer la situation générale de la ressource :

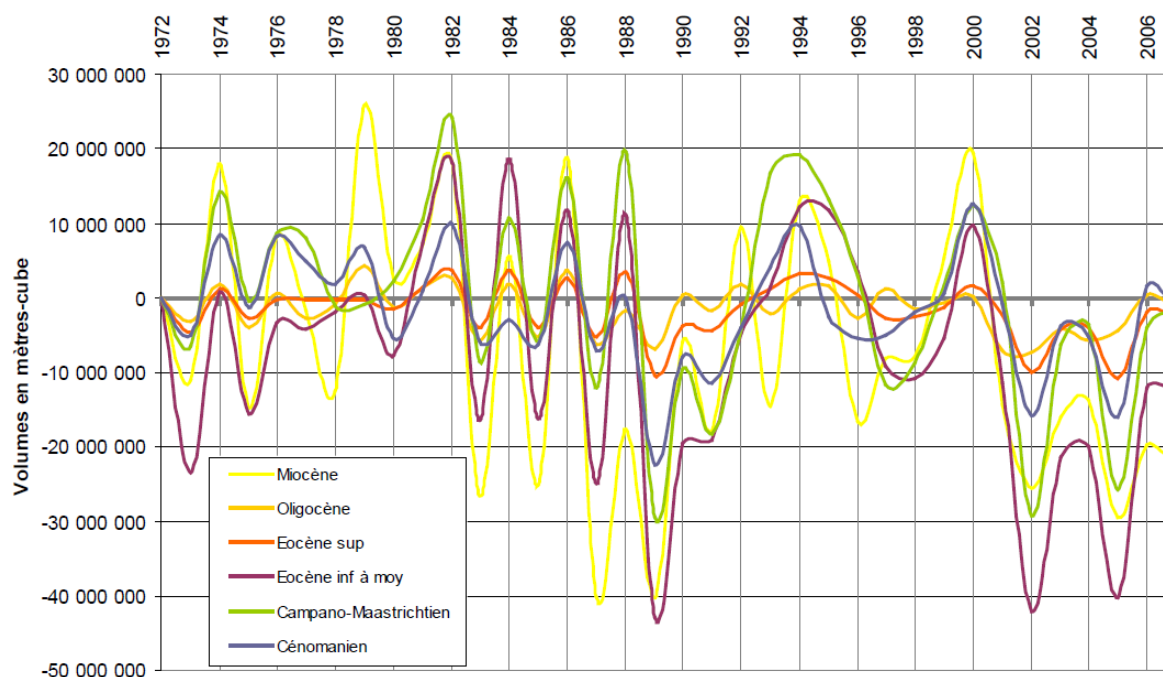
- ▶ **Aquifère du Crétacé** (nappes du Campano-Maastrichtien et du Cénomanién) : Il y a une **dépression localisée** sous l'agglomération bordelaise. Situé sous l'aquifère de l'Eocène, il souffre des forts prélèvements réalisés au niveau des nappes sus-jacentes. Il y a en effet un fort lien de drainance entre ces deux aquifères.
- ▶ **Aquifère de l'Eocène inférieur à moyen** : Il y a une **dépression piézométrique importante sous l'agglomération bordelaise** liée aux importants prélèvements très localisés. Les niveaux piézométriques ont baissé de plus de 35 m en 60 ans en certains points (PAGD, 2013).
- ▶ **Aquifère de l'Oligocène** : Il n'y a pas de problème quantitatif à grande échelle mais des **phénomènes locaux de dénoyage**⁴⁰ ont été repérés dans le secteur de Mérignac (à l'ouest de Bordeaux) et entre Léognan et Saucats (au sud de Bordeaux).

⁴⁰ Le dénoyage des nappes correspond à la diminution de pression au niveau de nappes captives. Cela peut entraîner la pollution des eaux souterraines par contact avec les eaux de surface.

- **Aquifère du Miocène** : Il n'y a pas de problème majeur de surexploitation. Cependant, cet aquifère est le moins profond, ce qui le rend plus **vulnérable aux événements climatiques**.

La variation des réserves de ces différents aquifères entre 1972 et 2007 est présentée sur la Figure 50.

Figure 50 : Variations des réserves depuis 1972 à l'échelle du Modèle mathématique nord Aquitain, MONA ⁴¹



(Source : PAGD, 2013)

La réelle prise de conscience de la surexploitation des nappes a lieu en 1996, à l'occasion de l'élaboration d'un **schéma directeur d'alimentation en eau potable pour la Gironde**. Cette étude réalisée par le Conseil Général de la Gironde, la Communauté Urbaine de Bordeaux et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne montre que la croissance démographique n'est pas compatible avec les ressources disponibles. En 1998, il est décidé, suite à l'étude de 1996 de créer des pôles de substitution de la ressource pour répondre à la demande croissante⁴². Ces solutions de substitution prévoient la construction de nouveaux forages dans les nappes profondes sur les zones non déficitaires. Parallèlement à cela, la planification du SAGE des nappes profondes de Gironde se met en place. Le SMEGREG (Syndicat Mixte d'Etudes et de Gestion de la Ressource en Eau du département de la Gironde) est créé en 1998 et la CLE est mise en place en 1999. L'élaboration du SAGE dure 3 ans et la

⁴¹ Ce modèle a été développé par le BRGM afin de modéliser les prélèvements des nappes profondes de Gironde.

⁴² Quatre grands projets sont imaginés pour un coût total alors estimé à 150 millions €

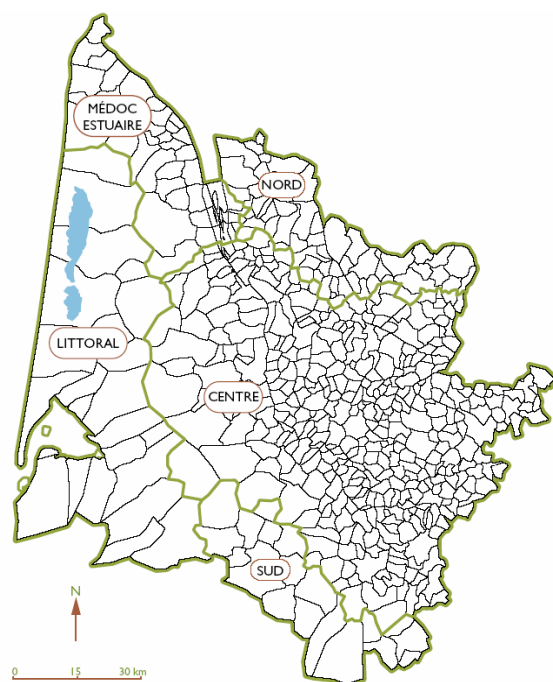
première version, qui introduit la maîtrise de la demande en eau comme axe prioritaire, est approuvée en 2003.

3. Description de l'instrument mis en place

Les mesures mises en place lors du 1^{er} SAGE ont été largement reprises dans sa révision, approuvée le 18 juin 2013.

L'instrument effectif lors du premier SAGE et reconduit lors de sa révision est le **quota volumétrique**. La gestion de la demande en eau par se fait via la **mise en place de volumes prélevables sur les nappes profondes**.

- ▶ Les quotas sont répartis entre les différentes catégories d'usagers (eau potable, agriculture et industries). Les volumes alloués à l'agriculture et à l'industrie sont peu importants puisque ces deux secteurs utilisent essentiellement les ressources des nappes superficielles qui, bien que de moins bonne qualité, sont abondantes.
- ▶ Les volumes sont aussi répartis par **unité de gestion** du SAGE. Ces unités sont définies en fonction de **l'étage géologique** et de la **situation géographique** afin d'allouer les volumes en fonction des problématiques locales. Il y a 5 zones géographiques distinctes : littoral, Médoc-estuaire, centre, nord et sud (cf. Figure 51). Pour chacune de ces zones, l'unité de gestion est définie en fonction des aquifères présents. Trois zones sont distinguées : les zones où les ressources sont déficitaires, à l'équilibre et non déficitaires. Le **Volume Maximum Prélevable Objectif (VMPO)** est ainsi arrêté en fonction du classement de la zone. Les VMPO arrêtés lors de la révision du SAGE en 2013 sont donnés à titre indicatif dans le Tableau 10.

Figure 51 : Localisation des différentes unités de gestion du SAGE

(Source : PAGD, 2013)

Tableau 10 : Volumes maximums prélevables objectifs

VMPO en Mm³/an	Centre	Médoc-estuaire	Littoral	Nord	Sud	TOTAL
Miocène	12,0	3,0	12,0	pas de réservoir miocène	12,0	39,0
Oligocène	48,0	7,0	22,0	pas de réservoir oligocène	2,0	79,0
Éocène	38,3	7,5	6,6	7,0	non testé réservoir discontinu	59,4
		Es 1,5 Eim 6,0	Es 1,8 Eim 4,8	Es 1,0 Eim 6,0		
Campano-Maastrichtien	2,5	1,0	2,5	2,0	0,5	8,5
Cénomano-Turonien	4,0	1,0	non testé réservoir trop profond	non testé réservoir trop profond	12,0	17,0
Total	104,8	19,5	43,1	9,0	26,5	202,9

(Source : PAGD, 2013)

Il est intéressant de noter que le total des VMPO défini par le PAGD (Plan d'Aménagement et de Gestion Durable) est de **202,9 Mm³**, ce qui est très significativement supérieur au volume prélevé en 2008 qui était de **144,5 Mm³**. Le problème de surexploitation des ressources en Gironde est en effet un problème

localisé et non global. **Cela signifie que ce n'est pas le volume prélevé total qu'il faut diminuer mais certains prélèvements en des points donnés qui ne permettent pas l'utilisation durable de la ressource et qui sont source d'un risque quantitatif localisé.**

Lorsque le volume prélevable en un point donné n'est pas suffisant, il y a mise en place de stratégies d'économies d'eau puis de substitution si les économies ne suffisent pas.

Les économies d'eau

Trois grands axes sont développés pour la réalisation d'économies d'eau.

- ▶ **La réduction des pertes sur les réseaux** d'alimentation en eau potable se fait essentiellement avec des réparations ponctuelles. L'amélioration des performances justifie en effet très rarement le renouvellement du réseau.
- ▶ La maîtrise des usages domestiques se fait via des **économies passives** (promotion des appareils hydro-économes et distribution de matériel hydro-économe par le SMEGREG) et des économies actives. Celles-ci sont dépendantes du changement de comportement des usagers et s'inscrivent donc dans le long terme.
- ▶ **L'exemplarité des pouvoirs publics** permet de légitimer la politique d'économie d'eau aux yeux des usagers. Les principaux investissements sont des équipements hydro-économes pour les bâtiments publics. Ils concernent aussi l'optimisation des arrosages des espaces verts.

La substitution de la ressource

La substitution ne doit pas se traduire en une surexploitation d'une autre ressource.. Cette substitution doit se faire à partir des ressources d'une zone non déficitaire. Par ailleurs, la recherche de l'efficacité économique amène à **concentrer les solutions techniques sur une petite partie du territoire**. Ce sont les augmentations des redevances de l'Agence de l'Eau qui permettent de financer les projets de substitution.

Ainsi, pour une facture type de 120 m³, les majorations qui ont été envisagées pour les redevances sont les suivantes (PAGD, 2013) :

- ▶ Unités de gestion non déficitaires : taux majoré à **0,0747 €/m³** ;
- ▶ Unités de gestion à l'équilibre : taux majoré à **0,0978 €/m³** ;
- ▶ Unités de gestion déficitaires : taux majoré à **0,144 €/m³** ;

Bien que les solutions soient localisées, les augmentations des redevances sont réparties sur l'ensemble du territoire pour qu'elles soient socialement acceptables. Cela se fait dans l'esprit de l'article L211-7 du Code de l'Environnement qui permet de faire participer à la restauration de la ressource ceux qui l'ont rendue nécessaire et ceux qui y trouvent un intérêt.

4. Evaluation de l'instrument

L'analyse du premier SAGE mis en place en 2003 dont la révision a eu lieu en 2013 permet d'évaluer la pertinence de la démarche de SAGE dans le cas de la Gironde mais aussi les résultats obtenus avec sa mise en place.

Une démarche adaptée au territoire et à sa problématique

La démarche est perçue comme étant un **succès par la majorité des acteurs impliqués**. En effet, l'élaboration de ce SAGE, premier dans le bassin Adour Garonne a été rapide (3 ans), ce qui illustre le bon fonctionnement de l'équipe de la CLE et l'acceptabilité du projet par les différents acteurs. Différentes raisons expliquent la réussite de la démarche :

- ▶ L'outil est **adapté au périmètre et à l'échelle**. Le SAGE se situe à l'échelle d'un seul département. La CLE est composée de 24 acteurs ; ce nombre raisonnable limite les tensions que l'on peut retrouver lorsque la CLE compte trop de membres évoluant dans des territoires différents et poursuivant des objectifs distincts. La concertation en est facilitée et la vision du problème est plus rapidement partagée.
- ▶ La problématique principale du territoire concerne l'alimentation en eau potable. La démarche de SAGE n'a donc **pas fait l'objet d'oppositions liées à la défense d'intérêts catégoriels** (lobbying agricole ou industriel par exemple). Dès que les décideurs ont été formés au fonctionnement et à la gestion des nappes souterraines, les prises de décision ont été rapides.
- ▶ On peut penser que la **bonne connaissance des ressources sur le territoire** grâce au schéma directeur élaboré en 1996 et la vision partagée de la problématique ont été motrices dans l'élaboration du SAGE. Les enjeux ont su rassembler les différents acteurs, que ce soit par le biais du SMEGREG, des interlocuteurs de l'Agence de l'Eau mais aussi du Président de la CLE.

Des résultats positifs sur les trois volets économique, social et environnemental : une démarche qui s'inscrit dans le développement durable du territoire

Lors de l'élaboration du premier SAGE, il n'y a pas eu de volet priorisé. Chaque aspect de la gestion de l'eau a été traité sous les trois angles social, économique et environnemental. C'est, selon Bruno de Grissac, l'explication du succès de la mise en œuvre de la démarche.

- ▶ Grâce aux économies d'eau réalisées, les quatre infrastructures initialement prévues pour la substitution de la ressource ne sont plus d'actualité. Il y a actuellement un projet qui va être réalisé en 2021 avec des prélèvements de **10 Mm³/an** dans la nappe de l'Oligocène afin de soulager les prélèvements réalisés au niveau de l'agglomération bordelaise. Cependant, il y a au moins un (voire deux) projets de substitution avortés. Cela représente une **économie d'au moins 50 millions €** sur les 150 millions initialement prévus.
- ▶ Au niveau social, il y a eu pleine **prise de conscience des enjeux de la surexploitation** et les différents acteurs ont décidé d'avancer ensemble dans la mise en place de la démarche. Par ailleurs, la répartition de l'augmentation de la redevance Agence de l'Eau sur l'ensemble du territoire a permis, outre le financement de biens et services communs à travers les projets de substitution, de créer une forme de solidarité entre les différents usagers.
- ▶ Au niveau environnemental, les prélèvements (toutes ressources confondues) baissent depuis 2003. En effet, en **2003**, les prélèvements totaux pour l'eau potable étaient de **130 Mm³** dans les nappes profondes contre **120 Mm³ en 2010** soit une baisse de **8%**. L'empreinte par habitant sur la ressource eau potable⁴³ est passée de **93 m³/an en 2003** à **80 m³/an en 2010** soit une baisse de **14%**. L'objectif du second SAGE est d'atteindre une empreinte par habitant de 75 m³/an d'ici la fin du second SAGE soit une baisse supplémentaire de 6%.

Ces différents succès expliquent pourquoi les orientations du second SAGE sont très proches de celles du premier SAGE. Un nouvel enjeu est néanmoins apparu et il n'est pour l'instant pas bien documenté : il s'agit du déficit d'eau occasionné par des résurgences plus faibles à la surface. La mise en péril des milieux superficiels n'est pas encore précisément identifiée.

Malgré ce retour très positif, certains obstacles ont été rencontrés et il a fallu les dépasser. Dans le cas de la Gironde, ces obstacles concernaient essentiellement la

⁴³ L'empreinte par habitant sur la ressource eau potable correspond au poids en prélèvement d'un habitant, toutes ressources confondues. C'est cet indicateur qui permet de suivre l'efficacité de la politique d'économies d'eau.

difficile acceptation d'une nouvelle réglementation par des acteurs institutionnels présents sur le territoire avant l'émergence du SAGE.

- ▶ Lors de la mise en œuvre du SAGE, les services de l'Etat n'étaient pas confiants dans l'intervention du SMEGREG dans l'exercice de leur pouvoir de police. Le syndicat n'a pas de pouvoir de sanction, mais il peut relever les comportements illégaux et les rapporter à la police de l'eau. Cela concernait la veille mise en œuvre pour vérifier que les mesures de gestion décidées collectivement étaient effectivement appliquées. Cette **légère résistance** s'est atténuée avec le temps et l'apprentissage de la démarche de SAGE. Elle a progressivement été remplacée par une **adhésion totale** puisque le travail du SMEGREG complétait le travail des services de l'Etat.
- ▶ Les documents d'urbanisme ne prenaient pas correctement en compte l'approvisionnement en eau potable et annonçaient de très fortes ambitions en matière de croissance démographique⁴⁴. Pour être efficacement mise en place, **la procédure de SAGE doit être conduite parallèlement aux autres schémas d'aménagement du territoire**. Cela nécessite de la part de l'animateur de la démarche de SAGE (en l'occurrence le SMEGREG), un travail conjoint avec les autres syndicats du territoire.

L'analyse des résultats obtenus lors du premier SAGE et des obstacles qui ont été surmontés permet de souligner les conditions de réussite d'une telle démarche du point de vue des acteurs locaux :

- ▶ **Le constat et le diagnostic** relatifs à la surexploitation de la ressource doivent être **partagés par tous les acteurs**. Obtenir un tel consensus n'est possible qu'en intégrant dès le début de la démarche les enjeux économiques et sociaux. Cette intégration nécessite un important travail de concertation avec les acteurs locaux. Ces derniers ne doivent pas être stigmatisés : c'est en comprenant les raisons de la surexploitation des ressources que les démarches peuvent être engagées. Cela permet de gagner la confiance des usagers qui ne se sentent pas victimes de la démarche.
- ▶ L'objectif environnemental visé s'inscrit ainsi dans les meilleures conditions économiques et sociales possibles.
- ▶ **La solution technique de développement de ressources en eau supplémentaires ne doit être envisagée qu'en dernier recours**. La création de nouvelles infrastructures donc la mise en place de substitution de la

⁴⁴ Les documents d'urbanisme comme les SCoT (Schémas de Cohérence Territoriale) doivent être rendus compatibles avec les SAGE d'après l'article L111-1-1 du code de l'urbanisme.

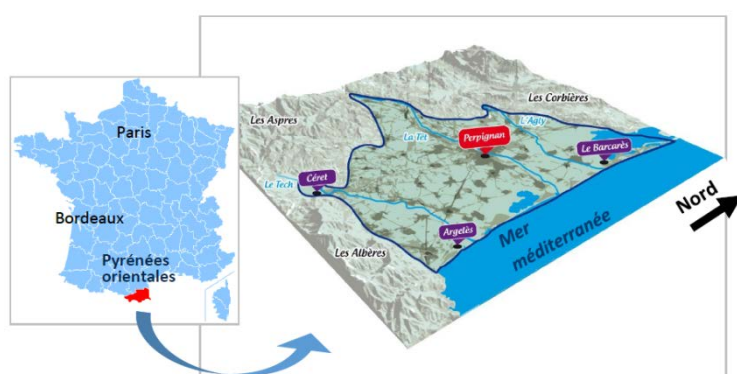
ressource n'est que la dernière étape de la démarche. Le coût de telles dispositions est très important et les externalités environnementales toujours négatives. Il faut donc au préalable agir sérieusement sur la demande via les économies d'eau.

Cas n°2.4 - La Nappe du Roussillon

1. Le contexte

Les nappes de la plaine du Roussillon se situent dans le département des Pyrénées orientales, dans le sud de la France. Elles s'étendent de l'ouest du département jusqu'à la mer méditerranée sur une superficie de 900 km² (cf. Figure 52).

Figure 52 : Localisation des nappes de la plaine du Roussillon



(Source : Syndicat mixte des nappes de la plaine du Roussillon)

On peut distinguer **deux unités hydrogéologiques** productives distinctes. La plus récente date du **quaternaire**. Composée d'alluvions, l'aquifère affleure sur 500 des 900 km² de la plaine roussillonnaise. Il est de **faible profondeur et épaisseur** (soit à quelques mètres du sol et base ne dépassant pas 30 m de profondeur sauf en bordure littorale). Sa perméabilité et son coefficient d'emménagement sont élevés, les nappes y sont faciles à exploiter mais vulnérables aux activités polluantes et à l'intrusion d'eau saumâtre.

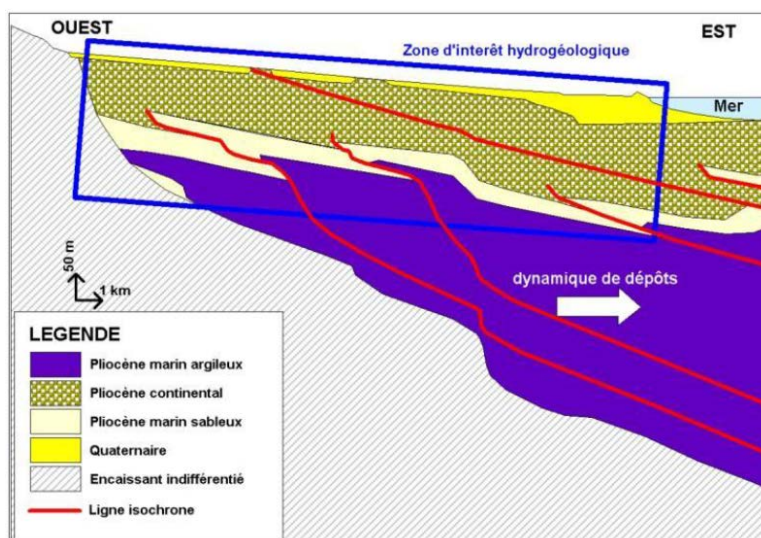
La seconde unité date du **Pliocène**. Les aquifères productifs correspondent au Pliocène continental en surface (noyé dans une matrice argilo-sableuse) et au Pliocène marin-sableux. Cette unité remplit l'intégralité du bassin et peut affleurer quand l'aquifère alluvial n'est pas présent. La structure de ces deux unités est présentée dans la Figure 53.

L'aquifère du quaternaire est libre. Il est principalement alimenté par les eaux superficielles et les cours d'eau et la mer constituent l'exutoire naturel. Le niveau des nappes dépend fortement du niveau des cours d'eau.

Les aquifères du Pliocène sont essentiellement captifs. Ils sont alimentés par infiltration des eaux superficielles au niveau des zones d'affleurement et par drainance à partir des nappes du quaternaire. Les exutoires correspondent principalement aux prélèvements anthropiques et de manière marginale aux nappes du quaternaire par drainance ascendante.

L'alimentation globale du système Plio-quaternaire avoisinerait les **70 Mm³/an** (dont près de **50 Mm³ pour les nappes du Quaternaire**). Les nappes Pliocène seraient alimentées par les nappes du quaternaire pour 5 Mm³, 16,5 Mm³ proviendraient de l'infiltration directe des pluies et 2,8 Mm³ du karst des Corbières soit un **total de 25 Mm³**.

Figure 53 : Coupe géologique schématique des aquifères plio-quaternaires de la plaine du Roussillon



(Source : SAGE « Nappes plio-quaternaires de la plaine du Roussillon », 2013. D'après Aunay, 2007)

En 2010, les volumes prélevés pour l'alimentation en eau potable, l'agriculture, l'industrie et l'usage domestique (forages individuels) sont estimés à **81,4 Mm³**. Cela représenteraient 115% du volume de recharge de la nappe, ce qui illustre dès à présent le problème de surexploitation de la nappe. Cette estimation est obtenue à partir de l'étude « volumes prélevables » qui est en cours de finalisation (donnée obtenue auprès de Hichem Tachrift).

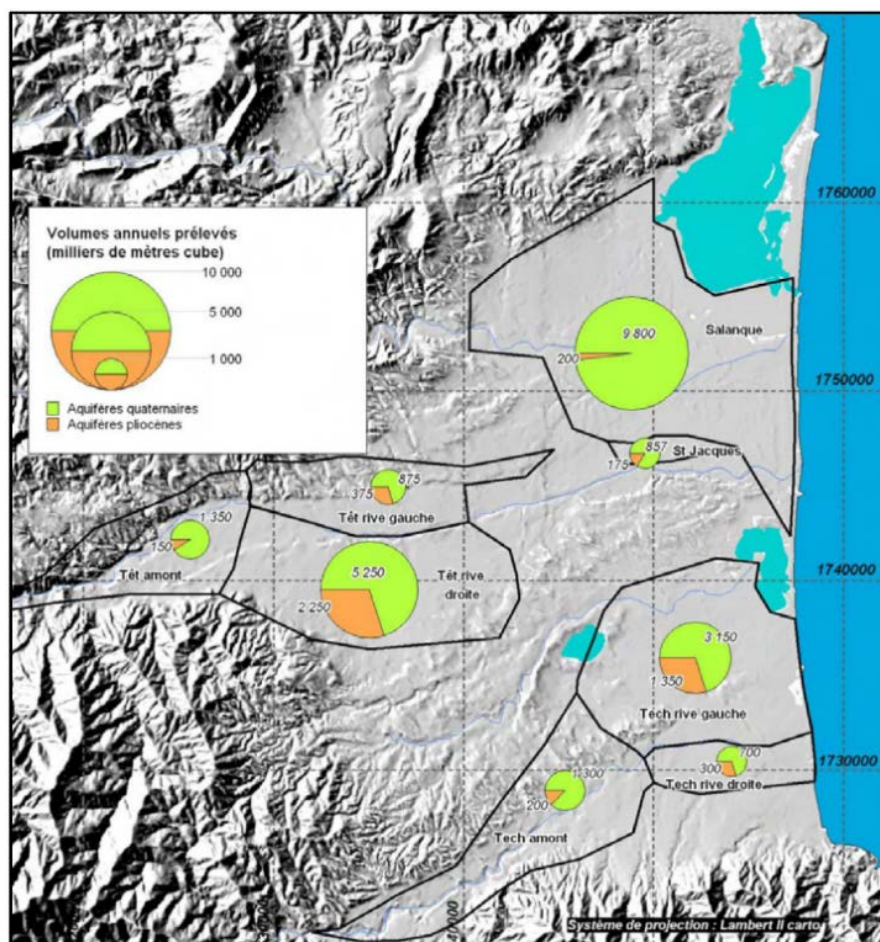
Le principal usage concerne l'alimentation en eau potable qui représente environ la moitié des volumes prélevés, soit **41,9 Mm³ en 2010** (Etude « volumes prélevables »). Ces volumes sont fortement corrélés au nombre d'habitants. Ainsi, la

croissance démographique qui a été de 1,3% par an entre 1999 et 2009 dans les Pyrénées-Orientales (INSEE, 2012) explique l'augmentation continue des prélèvements dans les nappes plio-quaternaires du Roussillon.

Concernant l'agriculture, la SAU (Surface Agricole Utile) de la plaine roussillonnaise représente **45 000 ha** dont **12 700 ha irrigués** (Etat initial du SAGE, 2012). Il a été estimé en 2010 que **33,1 Mm³** sont prélevés pour l'irrigation dont 14,3 millions dans les nappes profondes. Ces estimations, pour l'année 2003, sont présentées par secteur et pour chaque aquifère sur la Figure 54. Les principales cultures irriguées sont les vergers (50%), le maraichage (25%) et les prairies (15%). La vigne, qui représente 50% de la SAU n'est que marginalement irriguée (Etat initial du SAGE, 2012).

Enfin, il est intéressant de noter qu'il existe un certain nombre de forages individuels dont les prélèvements sont estimés à **4,6 Mm³** en 2010. L'usage de l'eau par les industries et le secteur touristique est moindre puisque les prélèvements représentent respectivement 0,8 Mm³ et 1 Mm³ en 2010.

Figure 54 : Estimation des volumes annuels prélevés pour l'irrigation, par secteur et pour chaque type d'aquifère



(Source : Aunay, 2007. D'après « Accord cadre », 2003)

2. Emergence du problème et premières mesures

La mise en place d'un SAGE pour répondre au déséquilibre quantitatif des nappes

La faible profondeur de la nappe du quaternaire a rendu l'exploitation des ressources en eau souterraines possible dès le début du XIX^{ème} siècle : les premiers forages artésiens sont datés de 1829 (site nappes-roussillon.fr). Ce n'est cependant qu'après la fin de la seconde guerre mondiale que l'exploitation des ressources a fortement augmenté, pour faire face à l'augmentation démographique due à l'exode rural d'après-guerre. L'arrivée des rapatriés d'Algérie au début des années 1960 participe aussi à l'augmentation des besoins en eau potable.

Les premières études sur les nappes débutent à la même période et s'étendent jusqu'aux années 1980. La caractérisation des aquifères et le suivi de la ressource permettent de mettre en place de nouveaux forages pour l'eau potable.

La volonté locale de gérer les nappes apparaît tardivement sur le territoire puisqu'il faut attendre 1998 pour l'initiation de la démarche. C'est Christian Bourquin, alors élu Président du Conseil Général des Pyrénées Orientales qui s'intéresse à la situation des aquifères et promet de mettre en place un syndicat de gestion des nappes. Un diagnostic est engagé pour évaluer l'état des nappes et aboutir à un constat partagé sur leur état qualitatif et quantitatif. Le diagnostic est réalisé conjointement par la Chambre d'Agriculture, la Chambre de Commerce et d'Industrie, le Conseil Général et les Services de l'Etat. La procédure est fortement soutenue par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée.

En **2003**, le diagnostic est rendu public et **les nappes du Pliocène sont classées en ZRE**. La forte sollicitation de la nappe provoque un déséquilibre quantitatif et entraîne le risque d'intrusion de biseau salé. C'est cette conclusion qui motive la mise en place d'un SAGE pour les nappes du Roussillon.

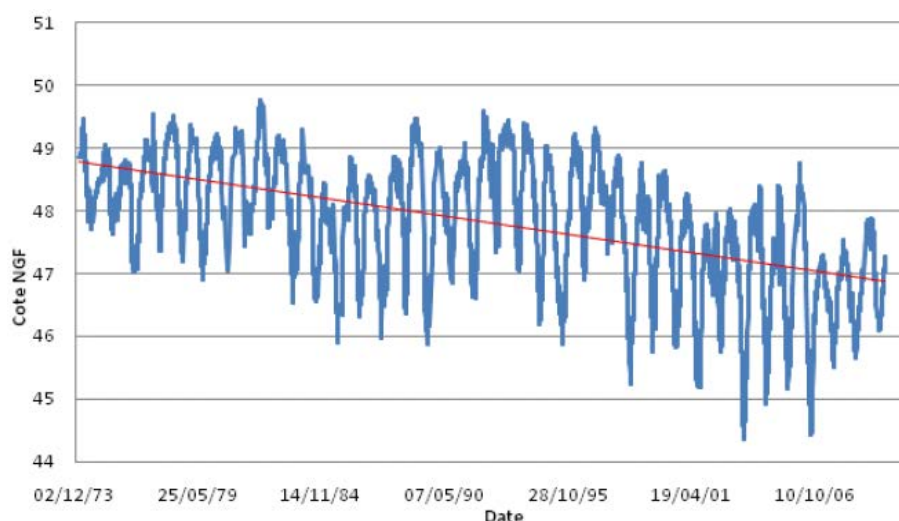
Le Conseil Général travaille alors à la création de la structure de gestion. Le processus prend du temps car l'adhésion des différentes communes est ralentie par les fortes tensions politiques que connaît le territoire. Le syndicat voit le jour cinq ans plus tard, en 2008 et la CLE est formée. **L'élaboration du SAGE commence en 2010**, parallèlement au classement des nappes du quaternaire en ZRE.

L'état d'avancement du SAGE

L'état initial du SAGE est validé par la CLE le 3 juillet 2012. L'évolution quantitative des ressources y est analysée en utilisant les données acquises depuis la fin des

années 1970. Sur le long terme, il existe cinq piézomètres du suivi pour les nappes du quaternaire mais l'étude de la variation du niveau de la nappe ne permet pas de déterminer une tendance générale. En revanche, l'étude de la piézométrie pour les nappes profondes montre une tendance générale à la baisse comme l'illustre la figure suivante.

Figure 55 : Chronique piézométrique de l'ouvrage de Perpignan suivi depuis 1973 : en rouge tendance obtenue par régression linéaire



(Source : *Etat initial du SAGE*, 2012)

Le scénario tendanciel a été validé fin 2013. Le syndicat travaille à l'élaboration de la stratégie tandis que l'étude « volumes prélevables » est en cours de finalisation. Il n'est donc pas possible de décrire l'instrument mis en place mais la démarche est bien engagée et il est possible d'apprécier les obstacles déjà rencontrés et les stratégies mises en place pour les dépasser.

3. Evaluation de la démarche

Les obstacles rencontrés dans l'élaboration du SAGE des nappes du Roussillon sont proches de ceux rencontrés dans le cas de l'Astien. Là aussi, le SAGE semble être une procédure lourde à mettre en place et ralentie par la réticence des usagers. Par ailleurs, le nombre important de SAGE existant déjà pour les masses d'eau superficielles et les contrats de milieux sur le territoire ne facilite pas la compréhension de la démarche par les élus.

Le SAGE : Une démarche riche, structurée par une ossature complexe

Le cadre très formel de la procédure de SAGE impose un cahier des charges strict et un travail rédactionnel contraignant. Ces mêmes conditions rendent possible l'étude détaillée du territoire et des ressources et permettent de faire connaître la démarche auprès des acteurs locaux.

Des différences sont apparues entre les approches des Agence de l'Eau Adour Garonne et Rhône Méditerranée. En effet, bien que l'exercice demandé aux différents syndicats soit le même, il semble que l'Agence de l'Eau Adour Garonne, dans le cas des nappes de Gironde, a privilégié la rapidité d'exécution des documents pour mettre en œuvre le SAGE alors que l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée ne souhaite pas précipiter l'élaboration et favorise la rédaction de documents très détaillés pour les cas du Roussillon et de l'Astien. C'est cette distinction dans l'approche qui explique, en partie, pourquoi l'élaboration du SAGE est beaucoup plus longue dans ces deux derniers cas que pour la Gironde.

De la même manière que cela a été décrit dans le cas de l'Astien, l'élaboration n'est pas facilitée par la réticence des usagers.

Le refus de déclarer les forages : une récusation culturelle

Dans les Pyrénées Orientales, l'eau a toujours été gratuite et elle est considérée comme appartenant au propriétaire sus-jacent. Les agriculteurs ne conçoivent pas les déclarations d'ouvrages et de prélèvements comme étant légitimes, ils ne souhaitent pas rendre compte de leurs prélèvements et sont réticents à payer les redevances à l'Agence de l'Eau. Dans ces conditions, les déclarations sont marginales : en 2010, les prélèvements agricoles ont été évalués à **33,1 Mm³** et seulement **8 Mm³** ont été déclarés.

Ce comportement entraîne la faiblesse des redevances perçues par l'Agence de l'Eau mais aussi, et surtout, une difficulté à suivre les prélèvements et la surexploitation des ressources.

C'est le dialogue et les échanges entre le syndicat et la profession agricole qui permet de mettre en confiance les agriculteurs pour leur faire comprendre l'intérêt de la démarche. En effet, les agriculteurs sont les premiers intéressés par la situation des ressources en eau souterraines, facteur dont dépend le résultat de leur activité. **L'utilité de la procédure doit être assimilée** : les bénéfices retirés seront plus grands que les contraintes et la déclaration est essentielle pour le suivi de la ressource. Elle ne doit pas être perçue comme une perte de liberté : **la viabilité de l'exploitation dépend de la disponibilité de la ressource sur long terme**. Il est possible de faire émerger cette prise de conscience grâce à la présence d'animateurs sur le terrain, relais entre les agriculteurs et le syndicat. Par ailleurs, à l'heure actuelle, la difficile application de la réglementation s'explique aussi par le

manque de moyens de la Police de l'Eau pour faire face à ce comportement répandu chez les agriculteurs.

Le nombre important de démarches de gestion de l'eau et d'aménagement du territoire constitue un frein à la compréhension de la démarche

La plaine du Roussillon concentre quatre démarches de SAGE : nappes du Roussillon, Tech-Albères, de l'Etang de Salse Leucate, d'Agly. Deux contrats de milieux sont en cours d'élaboration : Etang de Canet Saint-Nazaire et Têt et Bourdigou. Enfin, deux SCoT sont présents : plaine du Roussillon et littoral Sud.

Ce grand nombre de démarches est parfois un facteur expliquant le manque de suivi de chacune des démarches par les élus locaux. La quantité d'information à relayer est importante et il leur est parfois difficile de faire remonter toutes les informations communiquées durant les réunions.

Ce problème de **diffusion de l'information** constitue un frein à la compréhension de la démarche à l'échelle du territoire. Cela peut être limité grâce au relai informationnel que constitue le syndicat.

L'élaboration du SAGE constitue un premier défi, avant même la mise en place de la procédure. C'est durant cette étape d'études, de dialogues et de rédaction que les différents problèmes doivent être soulevés et surmontés afin de permettre l'application de la démarche dans les meilleures conditions. La réussite dépend en grande partie des choix faits durant l'élaboration et de l'acceptation de ces choix par les usagers qui seront les acteurs premiers de la démarche et les garants de son succès.

Cette analyse des obstacles rencontrés pendant l'élaboration du SAGE des nappes du Roussillon permet de formuler des conseils pour l'initiation d'une démarche similaire.

- ▶ La **création d'une structure** qui porte et anime la démarche. En plus d'élaborer le SAGE, le Syndicat Mixte pour la protection et la gestion des nappes souterraines de la plaine du Roussillon constitue un **relais essentiel à la diffusion de l'information** sur le territoire. C'est aussi une structure qui connaît bien le contexte local et ses problématiques.
- ▶ **L'instauration d'une atmosphère de confiance** entre les différents acteurs du territoire concernés par la gestion des ressources en eau souterraines. Les réunions de concertation entre les représentants des différents usagers et la diffusion de l'information à tous les usagers de la ressource permettent d'installer ce climat de confiance. Par ailleurs, la proposition d'actions pratiques aux différents usagers permet de concrétiser la démarche qui sera mieux comprise et acceptée.

Confrontation de la démarche de SAGE aux principes de conception d'Ostrom

La France a mis en place une gestion décentralisée par bassin versant dès 1964 et a instauré les SDAGE et SAGE en 1992, huit ans avant la politique de gestion des ressources par « masses d'eau » définie par la DCE. La démarche a eu le temps d'évoluer pour dépasser les obstacles rencontrés et devenir plus efficace. En la comparant aux principes définis par Ostrom, il semble qu'elle satisfait la majorité des principes définis. Le tableau 11 confronte la démarche de SAGE à chaque principe. La colonne de droite justifie le choix de conformité du SAGE aux principes.

Tableau 11 : Confrontation de la gestion de l'eau par le SAGE aux principes de conception d'Ostrom

Définition claire des usages et des limites de la ressource (frontière géographique et droits d'eau) 1	Oui	Détermination du périmètre du SAGE et des volumes prélevables pour chaque usage et par usager
Adaptation des règles de gouvernance aux conditions locales 2	Partiel	Structure porteuse (syndicat) et instance de concertation (CLE) locales mais cadre national très imposant
Participation des membres à la définition de règles communes 3	Partiel	Concertation et approbation du schéma par les représentants des acteurs locaux mais cadre national rigide
Surveillance du respect des règles par les usagers eux-mêmes ou leurs représentants leur rendant des comptes 4	Non	La police de l'eau est un service déconcentré de l'Etat. Pas d'autocontrôle
Sanctions graduelles en cas de non-respect des règles 5	Oui	Sanctions proportionnelles au délit
Accès facile et local à des mécanismes de résolution des conflits 6	Variable	Dépend du SAGE : Oui quand le SAGE a réussi à asseoir son autorité
Droit des usagers d'élaborer leurs propres institutions sans remise en cause par un gouvernement externe 7	Partiel	Mécanisme d'approbation du SAGE centralisé
Pour les communs de grande taille : organisation des activités de gouvernance sur plusieurs niveaux imbriqués 8	Oui	Les SAGE sont inclus dans les SDAGE et plusieurs SAGE peuvent coexister dans le même territoire

Le formalisme avancé de la démarche de SAGE est structurant et permet le respect des principes 1, 5 et 8 d'Ostrom. Il y a en revanche des limites à ce cadrage.

- Les principes 2, 3 et 7 ne sont que **partiellement respectés**. En effet, le cadre national qui définit les objectifs et les moyens de mise en œuvre des SAGE est relativement rigide. L'adaptation des règles de gouvernance aux

conditions locales (**principe 2**) ainsi que la participation des membres à la définition des règles communes (**principe 3**) sont souvent contraintes par des obligations légales qui ne reflètent pas toujours les nécessités du territoire. Ainsi, de nombreuses étapes dans l'élaboration du SAGE sont requises alors qu'elles ne sont pas toujours nécessaires à la réussite du projet. Leurs modalités d'application peuvent être discutées, mais doivent rester conformes aux attentes de l'agence de l'eau, puisque le projet de SAGE est ensuite validé en Comité de bassin. De la même façon, l'instauration des SAGE peut être requise par les SDAGE et donc émaner « du haut ». Le droit d'élaborer des institutions sans remise en cause par un gouvernement extérieur (**principe 7**) peut se transformer en obligation lorsque les acteurs du territoire ne considèrent pas la nécessité d'un SAGE et estiment que la gestion des nappes peut être effectuée sans cet outil. C'est le cas notamment de l'Astien où les contrats de nappe préalables au SAGE constituaient un outil efficace de gestion. L'obligation d'élaborer un SAGE a donc, dès le début de la procédure, constitué un frein à l'acceptation de la démarche par les acteurs locaux.

- **Le principe 6 est le seul qui peut varier en fonction du territoire du SAGE.** La CLE est le lieu privilégié pour la résolution locale et facile des conflits. Cependant, lorsqu'au sein de la CLE, il y a des désaccords entre différents membres, la résolution du conflit peut être longue et complexe. Par ailleurs, la présence de lobbies forts sur le territoire ne rend pas la résolution du conflit aisée. C'est ce qui explique pourquoi la résolution des conflits est plus facile en Gironde et en Beauce que dans l'Astien et le Roussillon. Pour la Gironde, l'utilisation agricole de l'eau est très marginale : les lobbies agricoles ne s'opposent pas aux décisions de la CLE. Dans le cas de la Beauce, ce sont les agriculteurs qui ont été demandeurs d'un outil de gestion ; il n'y a donc pas de tension au sein de la CLE. Pour ce qui est de l'Astien et du Roussillon, le lobby agricole est plus réfractaire à la démarche. Ce manque de confiance se traduit par des relations conflictuelles entre les membres de la CLE et donc des mécanismes de résolution des conflits complexes. Cela illustre le fait que **la mise en place d'un même instrument dans différents contextes peut déboucher sur des résultats nuancés** en fonction des usages qui sont faits de l'eau mais aussi de la culture au niveau du territoire.
- **Un seul principe n'est pas respecté** avec la démarche de SAGE. Il s'agit du **principe 4** relatif à la surveillance et au respect des règles. C'est la police de l'eau, un service déconcentré de l'Etat qui s'occupe des contrôles des ouvrages et prélèvements. Lorsque les usagers sont nombreux sur le territoire et réfractaires à la démarche, ce service peut vite manquer de moyens humains et financiers mobilisables et les contrôles ne sont pas assez nombreux. La mise en place de l'autocontrôle responsabiliserait davantage les usagers. Cela permettrait de gagner leur confiance et, selon Ostrom, cela

limiterait les fraudes. Bien que ce principe ne soit pas appliqué en Gironde et en Beauce, cette situation n'est pas perçue comme un problème. Une fois de plus, cela s'explique par l'acceptation de la démarche par la plupart des usagers et donc une infraction aux règles limitée. Par ailleurs, en Gironde, le nombre d'utilisateurs concernés par la démarche n'est pas très élevé, cela permet un contrôle plus aisé par la police de l'eau.

En conclusion, l'outil SAGE est conforme pour trois des principes de conception d'Ostrom et partiellement conforme pour trois autres principes. Le cadrage de la démarche permet une connaissance poussée du territoire et une bonne compréhension des enjeux. Par ailleurs, le temps passé sur ces étapes facilite le consensus autour des problèmes de gestion à prendre en compte dans la stratégie du schéma. Toutefois, sa mise en œuvre est plus ou moins aisée selon les contextes. Cela s'explique par l'acceptation des utilisateurs qui reste le facteur essentiel de la réussite du SAGE. En effet, c'est cette condition qui permet la résolution des conflits d'usage (principe 4) malgré l'absence d'autocontrôle (principe 6). Le plus grand levier d'action, qui a été cité par la totalité des personnes interrogées reste la communication, le dialogue et l'inscription de la démarche dans le long terme car **une démarche réussie est une démarche qui réunit le maximum d'acteurs autour d'un projet commun.**

Cas n°3 – Le bassin hydrogéologique d’Azraq (Jordanie)

Éléments de contexte sur la gestion de l’eau en Jordanie

1. Le défi de l’eau en Jordanie

La Jordanie est l’un des pays les plus pauvres en eau de la planète. Avec une **disponibilité de 135 m³ par personne et par an en 2011**, le pays fait face à un véritable défi pour répondre à la demande⁴⁵ et cette pénurie s’aggrave d’année en année puisqu’en 1990, la disponibilité était de 224 m³ par personne et par an (MWI, 2009). L’augmentation des besoins, due à l’intensification de l’agriculture et à la croissance démographique⁴⁶ pourrait faire chuter ce chiffre à 90 m³ en 2025 si aucune mesure n’est prise. C’est pour répondre à cette situation de crise que le gouvernement jordanien a élaboré une stratégie nationale de l’eau « **Water for life** » pour les années **2008 à 2022**. Les deux grands axes de la stratégie concernent la gestion de la demande en eau et l’utilisation de ressources non conventionnelles.

- ▶ La **gestion de la demande en eau** vise principalement la profession agricole via une **utilisation plus raisonnée** de la ressource et une meilleure valorisation de l’eau utilisée.
- ▶ L’**augmentation de l’offre** se fait essentiellement grâce aux grands projets. Un projet de prélèvement dans la nappe profonde de Disi, à la frontière saoudienne, s’est achevé récemment. Ce projet a permis d’augmenter l’offre en eau d’Amman et du Nord d’un volume de 100 millions de m³. A l’avenir, l’augmentation de l’offre en eau se fera essentiellement par dessalement, notamment par le projet Mer Rouge – Mer Morte. Le secteur agricole pourra compter sur la réutilisation des eaux usées domestiques (et notamment du volume supplémentaire d’eaux usées traitées liées à l’augmentation de l’offre en eau du pays) afin de soulager le milieu des prélèvements excessifs actuels.

⁴⁵ L’ONU a établi le seuil de rareté absolue d’eau à 500 m³ par personne et par an.

⁴⁶ La croissance démographique en Jordanie s’explique essentiellement par le solde migratoire avec l’arrivée massive de réfugiés syriens. Depuis le début du conflit en 2011, il est estimé que près de 600 000 réfugiés sont arrivés en Jordanie. Cela représente une augmentation de la population de près de 10% en quelques années dans un pays qui ne comptait que 6 560 000 habitants en 2013 .

2. La gestion de l’eau en Jordanie

Les principales lois en matière de gestion de l’eau

- ▶ La principale loi en matière de gestion des ressources en eau souterraines est la **loi sur le contrôle des eaux souterraines de 2002** (Underground Water Control by-law No.85). Cette loi introduit un système de taxation volumétrique pour les irrigants. Les tarifs sont en dinar par mètre cube d’eau prélevée et sont peu incitatifs aux économies d’eau. Il y a en effet trois paliers et le premier palier est gratuit (de 0 à 150 000 m³ d’eau prélevée par an).
- ▶ **L’amendement de la loi de 2002 en 2010** a augmenté les tarifs et a diminué le volume correspondant à la première tranche gratuite, qui est passé 50 000 m³.
- ▶ L’organisation institutionnelle de la gestion de l’eau : Constitué en 1988 pour permettre une gestion intégrée des ressources en eau, le **Ministère de l’Eau et de l’Irrigation** (MWI) jordanien définit la politique du secteur de l’eau et les plans d’investissement. Au sein du MWI, l’autorité jordanienne de l’eau (WAJ) assure la gestion de l’eau et de l’assainissement avec une distribution directe ou par l’intermédiaire de trois sociétés de distribution à autonomie de gestion. Par ailleurs, le pouvoir du ministère est déconcentré dans chacun des 12 gouvernorats, à la WAJ. Traditionnellement, la majorité de l’irrigation se situe dans la vallée du Jourdain. C’est pour cela que la gestion de l’irrigation est principalement du ressort de la Jordan Valley Authority, qui est placé sous la tutelle du MWI.

Le Ministère de l’Eau et de l’Irrigation souhaite mettre en place une gestion plus décentralisée des ressources en eau souterraines à travers le pays. Un bassin hydrogéologique sert de zone pilote pour mettre en place une telle gestion ; il s’agit du bassin des hauts plateaux d’Azraq. Le volume maximum durablement prélevable dans le bassin était dépassé de **222% en 2010** (MWI, 2010), ce qui justifie la nécessité de changer les modalités de gestion qui ne font pas leurs preuves aujourd’hui.

Le bassin hydrogéologique d’Azraq

Le bassin d’Azraq se situe au nord de la Jordanie (cf. Figure 56), dans une dépression tectonique (graben) entre les failles de Fuluk et du wadi Sirhan (d’orientation NO-SE), au niveau des hauts plateaux, à une altitude comprise entre 500 et 1234 m. Il s’étend sur quatre gouvernorats : Al Mafraq, Az Zarqa, Amman et

Maan (cf. Figure 58). Sa superficie est de **12 200 km²** : environ 94% du bassin hydrogéologique se situe en territoire jordanien, 5% en Syrie (au nord) et 1% en Arabie Saoudite (à l’est).

Figure 56 : Localisation du Bassin d’Azraq

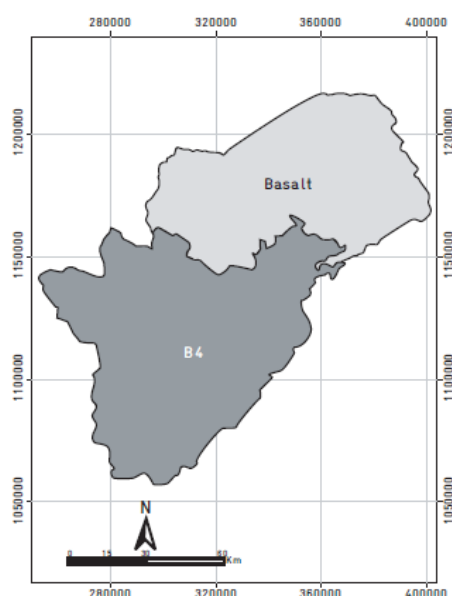


(Source : El-Naqa, 2010)

1. Les caractéristiques hydrogéologiques du bassin

L’affleurement dans le bassin permet de distinguer deux zones : au nord, **l’affleurement basaltique** qui date du **quaternaire** et au sud **l’affleurement B4 composé de chaille et de calcaire** (cf. Figure 57). Ces deux zones sont séparées par des marnes qui forment un aquitard⁴⁷ faiblement transmissif : il y a peu d’échanges entre les aquifères des deux zones.

⁴⁷ Un aquitard est une formation géologique peu perméable, ne permettant pas l’extraction d’eau.

Figure 57 : Zones du bassin d’Azraq selon les formations de l’affleurement

(Source : Hamdan, 2011)

Les Wadis (vallées) environnants apportent de l'eau de manière intermittente, en hiver, au cœur de ce graben, où se situe cet aquitard. Les eaux souterraines suivaient au début des années 80s le même chemin, en direction du centre de la dépression tectonique. L'aquitard opérait alors comme un bassin endoréique⁴⁸ collectant les flux d'eau provenant des wadis proches et des aquifères régionaux.

Trois aquifères sont présents dans le bassin :

- ▶ **L'aquifère le plus en surface est libre.** La qualité de l'eau est bonne et les coûts de forage sont faibles (la profondeur varie de quelques mètres à 30m). Cet aquifère constitue l'aquifère le plus exploité.
- ▶ **L'aquifère du milieu est présent à plus de 600 m de profondeur** et la qualité de l'eau est mauvaise à cause de la forte concentration en solides dissous (les taux de sels sont compris entre 600 et 1500 mg.L⁻¹ d'eau⁴⁹).
- ▶ L'aquifère le plus profond se situe entre 800 et 900 m de profondeur. La salinité et les coûts d'extraction sont importants.

L'aire de recharge s'étend au Nord jusqu'en Syrie. La recharge se fait principalement grâce aux précipitations, qui connaissent de grandes disparités géographiques : entre 80 et 150 mm en Jordanie alors qu'elles peuvent atteindre 500 mm dans les montagnes syriennes. Du fait du fort taux d'évaporation lors du ruissellement, le taux

⁴⁸ Un bassin endoréique est un bassin clos retenant les eaux (superficielles ou non) dans une dépression fermée.

⁴⁹ On considère qu'une eau est « douce » si elle contient moins de 1000 mg de sel par litre d'eau.

de recharge correspond à 3% des précipitations. Par ailleurs, le stockage de l’eau est limité à cause de la nature du sol (faible porosité et formations peu épaisses). Ainsi, la quantité d’eau prélevable est estimée entre 20 à 24 MCM/an. Elle concerne l’aquifère de surface qui est le seul exploitable.

Les précipitations permettraient une recharge annuelle de l’ordre de 42 Mm³ dans l’ensemble du bassin dont 38 Mm³ pour l’aquifère basaltique et 4 Mm³ pour l’aquifère C4.

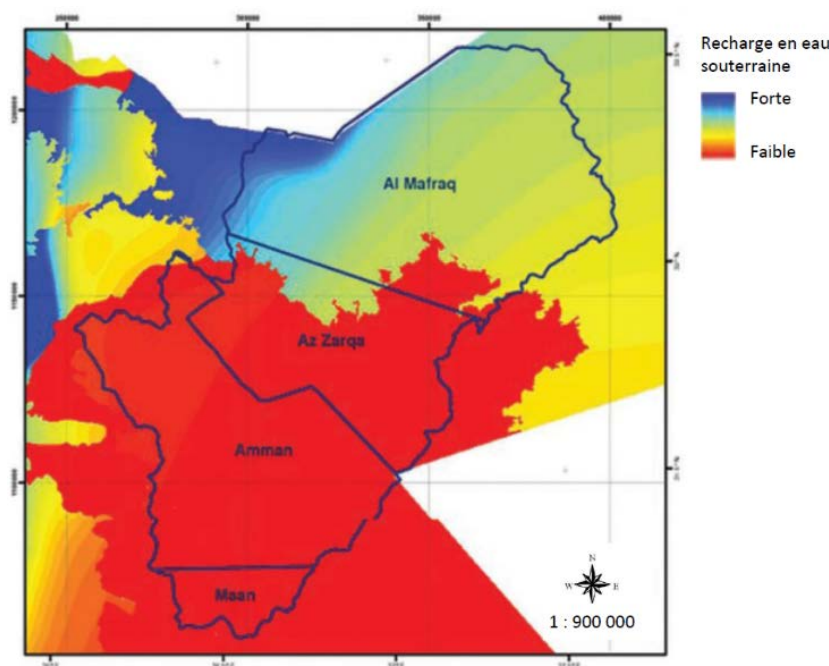
Pour l’aquifère basaltique :

- ▶ 20 Mm³ sont apportés par les précipitations locales, en Jordanie ;
- ▶ 18 Mm³ seraient drainés depuis la Syrie. Ce chiffre est à considérer avec prudence puisque de nombreuses sources sont aujourd’hui asséchées en Syrie.

Pour l’aquifère C4, le volume est apporté par les précipitations locales ; il y a peu d’échanges entre les deux zones du bassin à cause de l’aquitard marneux qui gêne le drainage.

La quantité d’eau prélevable (24 Mm³) correspond au volume de recharge annuelle auquel est soustrait le volume de décharge annuelle, qui correspond au volume nécessaire pour garantir un bon état des milieux de surface.

Figure 58 : Distribution des recharges des nappes dans le bassin d’Azraq

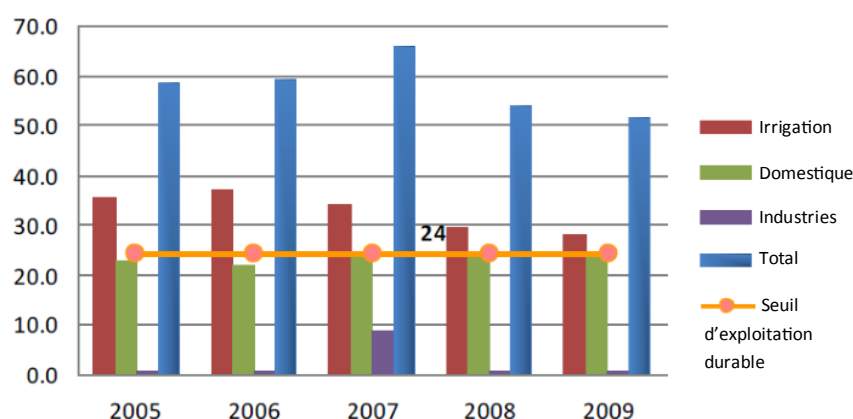


(Source : Hubert, 2010)

2. Principaux usages de l’eau

En 2009, la quantité totale d’eau extraite des nappes du bassin d’Azraq est de **53,2 Mm³** (Jordan Department of statistics, 2010). La même année, les principaux usages sont l’irrigation (**27,5 Mm³** soit 52% du total prélevé) et l’eau potable (**25,2 Mm³** soit 47% du total prélevé). Une faible part de l’eau est utilisée pour l’industrie (0,53 Mm³) et 0,02 Mm³ sont acheminés dans les gouvernorats voisins. La répartition des usages est représentée dans la Figure 59.

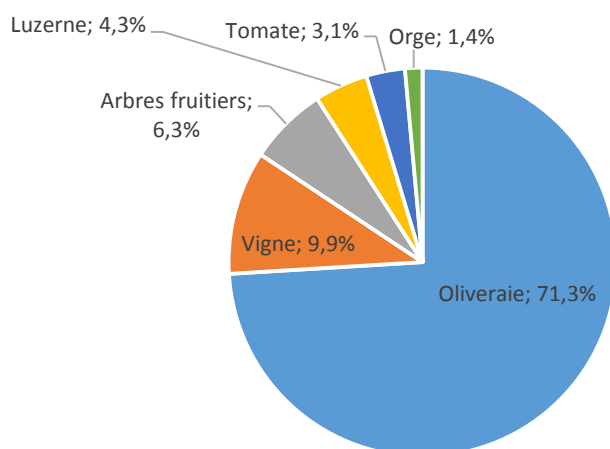
Figure 59 : Volumes prélevés, par secteur, dans le bassin d’Azraq (en millions de m³) entre 2005 et 2009



(Source : MWI, 2010)

En 2011, **115 km²** de cultures étaient irriguées dans le bassin d’Azraq (Abu-Awwad & Blair, 2013) dont majoritairement les oliveraies. La répartition de la SAU irriguée du bassin est présentée sur la Figure 60.

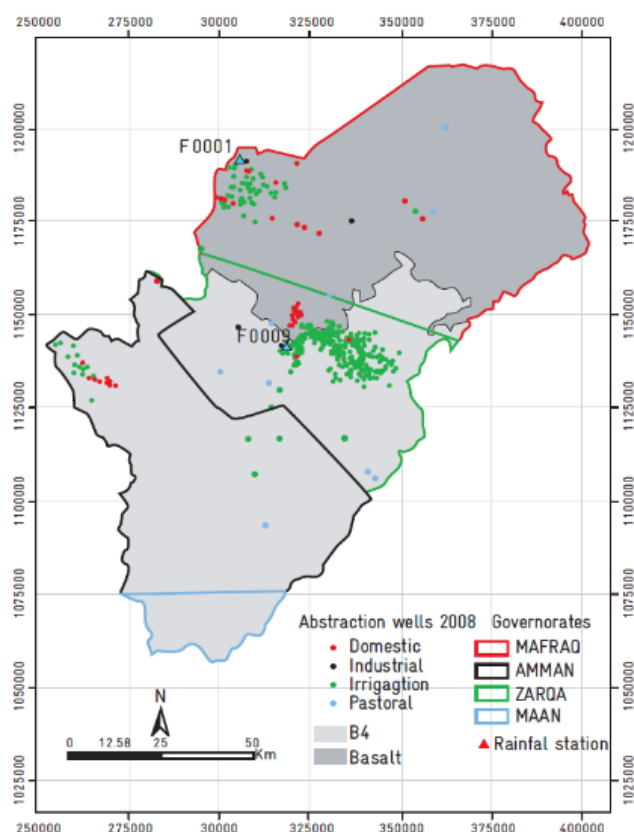
Figure 60 : Répartition de la SAU irriguée dans le bassin d’Azraq



(Source : D’après Abu-Awwad & Blair, 2013)

En 2010, le nombre de forages utilisés pour l’irrigation est estimé à 507 contre seulement 44 dénombrés pour l’approvisionnement en eau potable. Les forages se concentrent au centre du bassin et au nord-ouest (cf. Figure 61). Les forages pour l’irrigation sont situés essentiellement dans la zone de l’affleurement B4, la zone où la recharge des aquifères est la moins importante.

Figure 61 : Localisation des forages, par usage, dans le bassin d’Azraq



(Source : Hamdan, 2010)

Emergence du problème et premières mesures

Les premiers puits sont creusés à Azraq dans les années 1930 mais l’irrigation ne se développe pas avant les années 1960 marquées par l’arrivée des pompes dans la région. Les terres sont alors relativement peu chères et peuvent être acquises selon la tradition bédouine du « wa’d el jad ».. Cette acquisition foncière traditionnelle prévoit, qu’après une dizaine d’années d’exploitation informelle des terres avec des cultures pérennes, l’agriculteur peut légaliser sa propriété en allant voir les autorités (Mesnil & Habjoka, 2012). La somme à payer n’est pas très élevée puisque dans les

années 1970 pour acquérir un hectare de terre il fallait déboursier entre 150 et 200 dinars jordaniens⁵⁰ (Demilecamps & Sartawi, 2010). Par ailleurs, les terres sont très fertiles ; l’essence, l’électricité et certaines semences sont subventionnées par l’Etat. L’agriculture est très rentable à cette période que l’on appelle la « Grande Révolution Verte ».

Lorsque les prélèvements pour l’eau potable ont commencé dans les années 80s, l’agriculture s’était tellement développée depuis les années 60s qu’elle prélevait déjà l’équivalent de la recharge naturelle des 20 MCM/an. Ainsi, dès 1981 et la construction du champ captant pour l’eau potable, le volume provenant des résurgences dans l’oasis d’Azraq a commencé à diminuer, passant de 16 MCM/an à 14 MCM/an. Cette baisse de volume est le symptôme d’une baisse continue des niveaux piézométriques (cf. Figure 63) jusqu’à l’assèchement total des résurgences et de l’oasis associé en 1993.

De plus, parallèlement au développement du champ captant à destination de l’eau potable, le nombre de fermes prélevant dans la nappe d’Azraq a augmenté, passant de 117 fermes en 1980 à 481 fermes en 2009.

Du fait de la proximité entre la nappe saline au niveau du graben (salinisation par infiltration au travers des dépôts sédimentaires du graben) et de la nappe d’eau douce, la surexploitation des puits du champ captant a conduit à un déplacement du biseau salé. Ceci est exacerbé par l’aggravation de la situation. Il sera l’objet d’un suivi en temps réel par sondes en 2015.

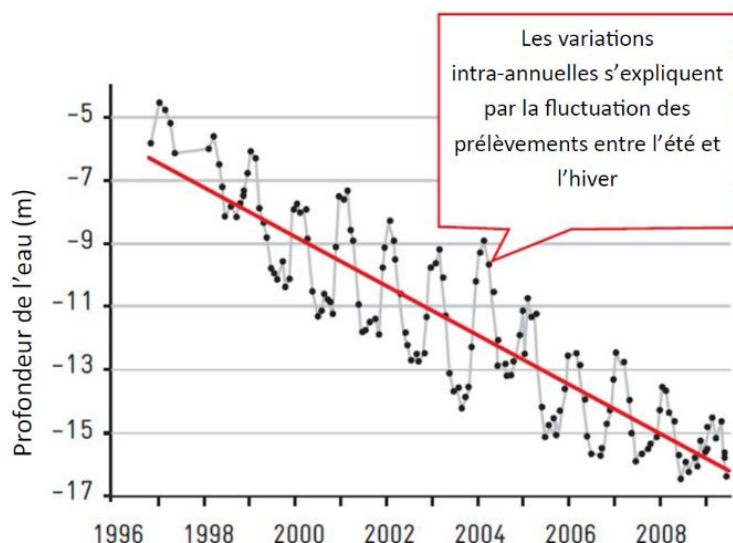
Cette succession d’évènements initie la mise en place de mesures pour réguler l’exploitation de l’eau souterraine.

Le Ministère de l’Eau et de l’Irrigation publie en 2002 une loi nationale pour contrôler les prélèvements en eau souterraine. Cette loi introduit une **taxation volumétrique par palier**. Les taxations sont plus importantes pour les préleveurs qui exploitent des forages non déclarés. Ces derniers doivent aussi s’acquitter **d’amendes proportionnelles à la profondeur de l’ouvrage**. Les amendes sont envoyées par l’Autorité de l’Eau en Jordanie mais peu de préleveurs les payent. D’après les entretiens menés en 2010 dans le cadre de l’étude sur la situation agricole dans le bassin d’Azraq (Demilecamps & Sartawi, 2010), de nombreux agriculteurs ne font pas le lien entre les pénuries d’eau et l’usage excessif de l’eau d’irrigation. Ces derniers refusent souvent de payer les redevances car ils considèrent que la ressource devrait être en libre accès.

Afin de faire respecter la loi promulguée en 2002, il apparaît nécessaire de provoquer une prise de conscience chez les préleveurs et ce travail est envisagé par une gestion décentralisée dans le bassin d’Azraq.

⁵⁰ Le dinar jordanien a actuellement à peu près la même valeur que l’euro : 1 dinar jordanien vaut 1,02 euros.

Figure 62 : Suivi du niveau piézométrique du puits F1014 (donnée du Ministère de l’Eau et de l’Irrigation) entre 1996 et 2008



(Source : Habjoka & Mesnil, 2012)

Description de l'instrument mis en place

1. Le forum de l'eau des hauts plateaux

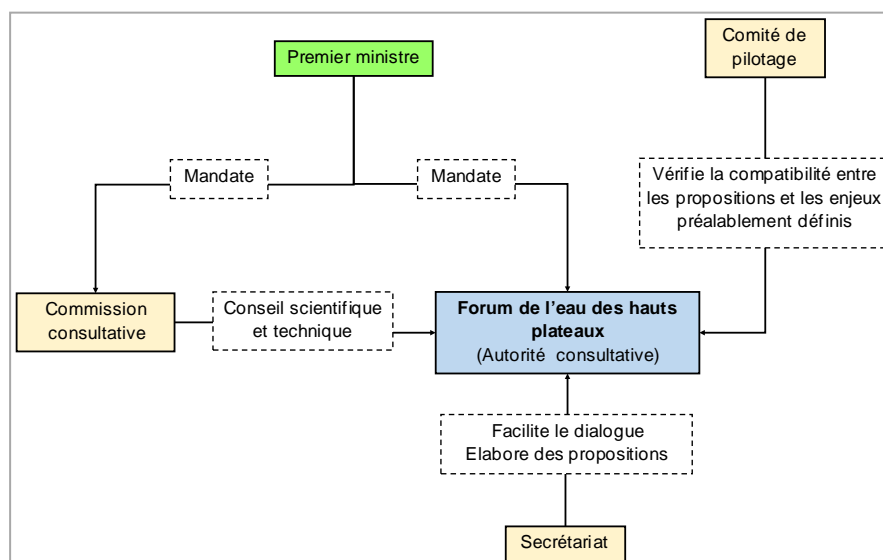
Le plan de gestion des eaux souterraines pour le bassin d’Azraq a été élaboré par le forum de l’eau des hauts plateaux (*Highland Water Forum*) entre les années 2010 et 2013, avec l’appui de la coopération allemande et de la France. Pour élaborer le plan d’action, une **autorité consultative de 60 membres** a été mise en place avec des représentants des usagers, des représentants des communautés locales, des représentants locaux du gouvernement, des ingénieurs environnementaux et des ONG. Les représentants des usagers de l’eau d’Azraq ont été élus en 2009 afin que leur présence soit légitime aux yeux de tous les usagers du bassin.

La concertation avait lieu entre cette autorité et trois autres organes :

- ▶ **Le secrétariat** : composé de la GIZ (Agence de coopération internationale allemande) et d’un assistant technique de la coopération française ;
- ▶ **La commission consultative** : composée d’Universités, d’ONG, de donateurs etc. ;
- ▶ **Le comité de pilotage** : composé d’organisations gouvernementales, d’instituts de recherche, de donateurs, d’ONG etc.

Par ailleurs, le forum était **mandaté par le premier ministre** comme l’illustre la Figure 63 qui montre les principaux rôles et relations entre ces différents organes.

Figure 63 : Organisation structurelle du forum de l’eau des hauts plateaux



(Source : d’après Secretariat of the Highland Water Forum, 2013)

2. Le plan d’action de la gestion des eaux souterraines à Azraq

► Lois et régulation

Les outils économiques mis en place pour la Gestion de la Demande en Eau (GDE) dans le bassin d’Azraq sont les mêmes qu’au niveau national : une taxation des volumes prélevés avec trois paliers. Les paliers sont différents de ceux de la réglementation nationale. Les irrigants qui n’ont pas déclaré leur forage payent des taxes plus importantes (le volume est déterminé en fonction de la superficie des cultures). Ces derniers payent aussi une amende proportionnelle à la profondeur de l’ouvrage comme l’illustre le Tableau 12.

Tableau 12 : Taxes et amendes appliquées dans le bassin d'Azraq pour les prélèvements en eau souterraine

Quantité d'eau pompée	Amendement de 2010	Forages déclarés
0m ³ - 50000m ³	Gratuit	
50000m ³ -100000m ³	0,020 JD/m ³	
plus de 100000m ³	0,100 JD/m ³	Forages non déclarés
Quantité d'eau pompée	Amendement de 2010	
0m ³ - 100000m ³	0.050 JD/m ³	
100000m ³ - 150000m ³	0.070 JD/m ³	
150000m ³ -200000m ³	0.100 JD/m ³	Profondeur du puits
plus de 200000m ³	0.100 JD/m ³	
Profondeur du puits	Amende par m de profondeur	
moins de 50 m	30 JD	
De 50 à 100 m	40 JD	
De 100 à 150 m	50 JD	
De 150 à 200 m	100 JD	
Plus de 200 m	150 JD	

(Source : d'après Demilecamps, Sartawi, 2010)

De nombreux outils en plus de cette réglementation ont été prévus par le plan d'action. Ils sont résumés dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Outils prévus dans le plan d'action

Types d'action	Actions prévues
Efficacité de l'eau	Remplacement de cultures actuelles par des cultures moins consommatrices en eau
	Amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation
	Utilisation de ressources en eau alternatives (ex. eaux usées après traitement)
Opportunité de revenus alternatifs	Mécanisme de compensation mis en place pour racheter les fermes non rentables
	Développement d'activités alternatives : tourisme, production d'énergies solaires, ...
Prise de conscience de la rareté de la ressource	Au niveau du public jordanien et des décideurs
	Au niveau municipal via l'utilisation de ressources non conventionnelles

(Source: Secretariat of the Highland Water Forum, 2013)

En supplément de ces outils mis en place dans le cadre du HWF, il est prévu de réserver 1 Mm³/an pour alimenter la zone humide d’Azraq, qui est une réserve ornithologique. La surexploitation des ressources du bassin d’Azraq ont perturbé le fonctionnement hydrologique naturel de cette zone humide. Elle était menacée d’assèchement. Etant donnés les conflits d’usage autour de ce bassin, il a récemment été décidé de substituer en partie ce volume réservé par des eaux usées traitées provenant de la station d’épuration d’Azraq, qui est en construction. Cette substitution (totale à terme) a pour but de réserver au maximum les volumes d’eau souterraine pour l’approvisionnement en eau potable.

Evaluation de l’instrument

Le forum avait pour objectif d’élaborer un plan d’action pour la gestion des ressources en eau souterraines mettant en place une gestion décentralisée et adaptée au territoire.

1. La difficile conciliation avec les enjeux nationaux

La mise en place de la gestion décentralisée a été gênée par la réticence des pouvoirs publics à s’écarter de la stratégie nationale de l’eau. Le comité de pilotage, constitué d’organisations gouvernementales, vérifiait la compatibilité du plan d’actions local à la stratégie nationale. Cela a entraîné une difficulté à impliquer les usagers puisque la stratégie nationale n’introduit pas ce principe. Par ailleurs, pour des raisons politiques et stratégiques, l’alimentation en eau potable n’est pas prise en compte dans le plan d’actions local. En effet, l’usage « alimentation en eau potable » est considéré comme prioritaire par les autorités d’un pays comme la Jordanie qui fait partie des pays soumis à un des plus forts stress hydriques au monde. Ce principe de priorisation est clairement mis en avant dans les différents documents stratégiques élaborés par le gouvernement jordanien et notamment « Water for life ». Par ailleurs, une grande partie des nouveaux usagers « eau potable » sont des réfugiés syriens et l’évocation de cette problématique n’était pas souhaitée durant le forum, car la priorisation de l’approvisionnement en eau potable est incontournable.

- **Le plan d’action local est similaire à la stratégie nationale.** Cette stratégie prévoyait la révision de la loi sur les ressources en eau souterraines de 2002 pour abolir la gratuité des prélèvements en dessous d’un certain volume exploité afin de limiter les prélèvements. Toutefois, la révision de la loi, en 2010 n’a pas suivi cette recommandation et les prélèvements sont encore gratuits en dessous de 50 000 m³ prélevés par an pour les forages déclarés.

Le suivi strict de la réglementation nationale ne prévoit pas la mise en place de mesures réellement incitatives. Par ailleurs, le manque de concertation avec les usagers pour définir les règles de gestion constitue un obstacle à l’appropriation de la démarche par les acteurs locaux.

- Le forum s’est mis en place sous la tutelle du premier ministre. Le comité de pilotage qui vérifiait la conformité des actions proposées avec les enjeux initiaux, comportait des organisations gouvernementales. Cette hiérarchisation a **limité la redistribution du pouvoir aux usagers** pour la gestion de l’eau dans les hauts plateaux. La stratégie nationale de l’eau précise bien la création d’un conseil de l’eau qui comporte entre autres des usagers. Cependant, ce conseil a le rôle d’une commission consultative qui analyse et promeut les réglementations nationales au niveau local. L’implication de la commission se limite à un rôle de conseiller et ne comprend pas de gestion opérationnelle de la ressource.

Si les usagers ont pu participer à l’élaboration du plan d’action, cela était toutefois strictement encadré par les pouvoirs publics et la gestion qui découlera de ce plan ne sera sans doute pas décentralisée mais déconcentrée avec la participation des usagers via une commission consultative.

- **L’alimentation en eau potable était un sujet « sensible » lors du forum.** Près de la moitié des prélèvements de l’eau dans la région d’Azraq concernent l’alimentation en eau potable, or, cet usage n’est pas pris en compte dans le plan d’action qui se focalise sur les prélèvements agricoles. Des ouvrages sont construits dans le nord du pays pour approvisionner en eau potable les nombreux réfugiés syriens qui affluent en Jordanie tous les jours. La présence de ces réfugiés, qui pourrait perdurer, risque d’être source de tension dans un pays faisant face à un déficit hydrique important. L’alimentation en eau potable de ces populations est aujourd’hui gérée par des ONGs comme Mercy Corp et Oxfam France qui creusent des forages pour permettre aux populations d’avoir un accès à l’eau potable.

La Jordanie a fait le choix comme de nombreux pays dans le monde de définir l’approvisionnement en eau potable comme l’usage prioritaire. Ce choix justifié a des conséquences importantes dans un pays soumis à un très fort stress hydrique. En effet, en situation de rareté de la ressource, les conflits d’usage et les externalités associées sont significatifs. Ainsi, dans le cas du bassin d’Azraq où 15 M3/an sont prélevés pour l’eau potable, alors que la recharge annuelle pour la stabilisation de la nappe au niveau actuel est estimée à 24 Mm3/an, cela reviendrait à limiter les prélèvements agricoles à 9 Mm3/an, contre 27 Mm3/an actuellement.

Mais limiter drastiquement les volumes prélevés par l’agriculture en un laps de temps aussi court semble opérationnellement impossible et les conséquences associées,

sans réflexion sur les changements sociétaux associés (changement d’assolement ou changement de secteur à Azraq) seraient dramatiques.

Face à cette difficile équation, le Ministère de l’eau a mené plusieurs réflexions stratégiques qui consistent en :

- Une réallocation des ressources en eau afin d’alimenter en eau potable les régions les plus peuplées (à la fois par les jordaniens et les réfugiés), soit les gouvernorats du Nord ;
- Substituer autant que possible les eaux souterraines surexploitées par des eaux de surface ;
- Substituer pour l’irrigation l’eau fraîche par des eaux usées traitées, autant que possible, ce qui est prévu à Azraq pour la préservation de la zone humide.

On l’a vu, depuis 2011, près de 600 000 réfugiés sont arrivés en Jordanie. La situation de ces nouvelles populations pourrait perdurer et l’alimentation en eau potable de ces populations représente un usage prioritaire. La prise en compte des réfugiés syriens est donc essentielle dans les réflexions stratégiques du Ministère de l’eau.

2. La réticence des usagers s’est fortement atténuée grâce au forum

Les agriculteurs du bassin sont profondément dépendants de l’eau, qui constitue un intrant indispensable à la production et à la survie de l’exploitation. Ces usagers sont les premiers touchés par la situation de surexploitation actuelle et les plus impactés par les actions proposées. Faire émerger une prise de conscience sur la surexploitation de la ressource n’est pas aisé mais, le forum de l’eau a été un succès pour ce qui est de la compréhension de la situation par les agriculteurs du bassin. Les représentants des usagers ont pu relayer l’information et les participants au forum ont visité de nombreuses exploitations pour susciter une vision partagée du problème de surexploitation. Par ailleurs, la formulation de propositions concrètes permettant aux agriculteurs de ne pas voir leurs revenus s’effondrer à cause de la diminution de leurs prélèvements a permis une plus grande acceptation. Les opportunités de revenus alternatifs (tourisme, développement de l’énergie solaire, etc.) et les mécanismes de compensation sont les deux éléments les plus importants ayant permis cette acceptation. Pour l’instant à l’état de projet, il est difficile de faire un bilan de ces propositions.

Cette avancée est très importante. Elle permettra à l’avenir de mettre en place un **meilleur suivi de la ressource**. En effet, la connaissance des points de prélèvements et des volumes prélevés est indispensable pour mettre en place une

gestion efficace. La compréhension de la démarche et la confiance des usagers permettra d’accéder plus facilement aux informations concernant les forages et les quantités prélevées.

Confrontation de la démarche aux principes énoncés par Ostrom

Le plan d’action élaboré lors du forum n’est pas finalisé : les conditions d’application et les modalités de financement ne sont pas déterminées. La démarche n’étant pas aboutie, il est trop tôt pour confronter les principes d’Ostrom à un mécanisme de gestion qui n’est pas encore en place. En revanche, il est possible d’analyser le processus et la démarche suivie à travers les principes d’Ostrom (cf. Tableau 14)

Tableau 14 : Confrontation de la gestion de l’eau proposée pour Azraq aux principes de conception d’Ostrom

Définition claire des usages et des limites de la ressource (frontière géographique et droits d'eau)	1	Oui pour les limites physiques mais il n'y a pas de détermination des droits d'eau
Adaptation des règles de gouvernance aux conditions locales	2	Bonne prise en compte du secteur agricole mais pas de l'eau potable
Participation des membres à la définition de règles communes	3	Concertation mais aucun pouvoir décisionnel
Surveillance du respect des règles par les usagers eux-mêmes ou leurs représentants leur rendant des comptes	4	Surveillance par l'Autorité de l'Eau. Pas de pouvoir pour les usagers
Sanctions graduelles en cas de non-respect des règles	5	Amendes progressives mais non incitatives (non perçues)
Accès facile et local à des mécanismes de résolution des conflits	6	Pas de structure locale pour l'instant
Droit des usagers d'élaborer leurs propres institutions sans remise en cause par un gouvernement externe	7	Pas le droit de constituer des associations ayant un rôle dans la gestion opérationnelle
Pour les communs de grande taille : organisation des activités de gouvernance sur plusieurs niveaux imbriqués	8	Pas de définition, pour l'instant, du rôle des usagers dans la gestion de l'eau au niveau du bassin

La lecture du tableau montre que la conception du plan d’action s’inscrit dans la lignée de ce qu’a proposé Ostrom mais ne respecte pas tous les principes. Cela s’explique par les obstacles rencontrés lors du forum de l’eau : le plan d’action est une déclinaison de la stratégie nationale et doit être mieux adapté à la situation locale.

L’état d’avancement de la gestion des eaux souterraines dans le bassin d’Azraq fait ressortir que la majorité des principes pourra être atteinte en fonction des décisions futures. Seul le principe 2 sera difficilement atteint si la situation concernant les

réfugiés syriens n’évolue pas et dans la mesure où les nécessités d’usage prioritaire de l’eau potable prévalent.

Les principes pouvant être atteints

Le principe 7 n’est pas respecté à l’heure actuelle. Les représentants des usagers ont été sollicités lors du forum de l’eau pour l’établissement du plan d’action mais, il est inscrit dans la stratégie nationale de l’eau que ces derniers ne peuvent pas avoir un rôle décisionnel dans la gestion opérationnelle de la ressource. Cela va directement à l’encontre du principe 7 : **droit des usagers d’élaborer leurs propres institutions sans remise en cause par un gouvernement extérieur**. Le respect de ce principe ne peut se faire qu’à la suite d’une réforme de la stratégie nationale et semble être un préalable au respect de la majorité des principes d’Ostrom. En effet, les droits des usagers en matière de gestion de l’eau dans le bassin ne sont pas encore définis et, de cela dépend le suivi des principes 1, 4, 5, 6 et 8.

- ▶ **L’organisation des activités de gouvernance sur plusieurs niveaux imbriqués** (principe 8) dépend directement du droit des usagers d’élaborer leurs propres institutions : le principe 8 ne pourra être respecté sans l’application du principe 7.
- ▶ **La surveillance du respect des règles** (principe 4) se fait aujourd’hui par l’Autorité de l’Eau de chacun des quatre gouvernorats du bassin hydrographique (Al Mafraq, Az Zarqa, Amman et Maan, cf. Figure 61). C’est une surveillance déconcentrée qui n’inclut ni les usagers ni leurs représentants. S’il est accordé aux usagers le droit de s’organiser en une association avec un rôle dans la gestion opérationnelle de la ressource alors, il pourra y avoir mise en place d’un processus d’autocontrôle. Cela renforcera le rôle de police de l’Autorité de l’eau qui manque de moyens humains pour surveiller l’ensemble des exploitations du bassin. Néanmoins, le MWI a renforcé sa législation concernant la gestion de l’eau : plus de 800 forages illégaux ont été fermés et une peine de prison est désormais prévue dans la loi pour les prélèvements illégaux de grande envergure. Les actions en justice à l’encontre des fraudeurs sont également plus fréquentes. De nombreux forages illégaux persistent, mais les efforts vont dans le sens d’un meilleur respect des règles.

Une meilleure surveillance du respect des règles permet par ailleurs de délimiter plus clairement les différents usages et usagers de la ressource et d’interdire, ou régulariser sous condition, les usages illégaux. Cet inventaire est un préalable à la **définition des droits d’eau**, principe 1 de conception d’Ostrom.

- **L’accès facile et local à des mécanismes de résolution des conflits** (principe 6) n’est pas possible avec l’organisation institutionnelle actuelle de la gestion de l’eau dans le bassin. En effet, la seule structure qui permette de résoudre les conflits est l’Autorité de l’eau. Le fait que cette structure soit un organisme d’Etat ne rassure pas les usagers qui ont peur des sanctions et amendes et ne souhaitent pas résoudre leurs conflits par ce biais. La mise en place d’une association d’usagers permettrait de séparer les fonctions de concertation et de contrôle/sanction et de mettre en œuvre une concertation entre acteurs locaux, qui connaissent le bassin, ses problématiques et qui défendent l’intérêt du territoire sans parti pris pour la politique nationale.

Par ailleurs, la délégation d’un pouvoir judiciaire à l’association d’usagers comme cela a pu être fait en Espagne⁵¹, pourrait être une solution pour renforcer le rôle des usagers. Il faudrait, dans cette perspective, s’assurer de la compatibilité des statuts de l’association avec les structures sociales locales afin qu’elle remplisse son rôle sans risque d’accaparement. Cette solution permettrait aux membres de **définir des règles communes** (principe 3) et d’instaurer des **amendes graduelles** (principe 5), plus adaptées aux infractions et dissuasives. Ces amendes seraient sans doute plus facilement acceptées qu’à l’heure actuelle puisqu’elles seraient distribuées par les usagers eux-mêmes ou des juges leurs rendant des comptes.

Si les modalités de mise en place du plan d’action ne sont pas encore définies, les mesures à mettre en œuvre ont, elles été déterminées (cf. Tableau 13). Ces mesures ne répondent pas aux principes d’Ostrom et, le plan d’actions étant défini, il semble difficile de faire marche arrière à l’heure actuelle.

Le principe 2 ne peut être atteint sans l’élaboration d’un nouveau plan d’action pour le bassin d’Azraq qui concilie les usages d’eau potable et d’irrigation

En conclusion, la mise en place d’une gestion décentralisée dans le bassin d’Azraq se heurte à la difficulté à concilier l’usage prioritaire d’eau potable, sous maîtrise d’ouvrage nationale, et les usages locaux.

La situation a récemment fortement évolué avec la mise en exploitation du système d’adduction de Disi qui alimente Amman, avec une extension prévue vers Zarqa. Grâce à cette nouvelle ressource, le refoulement de l’eau d’Azraq vers Amman a pu être interrompu, et son usage peut être réservé à la consommation locale dans la zone de Zarqa notamment, où elle peut être mélangée aux volumes transférés depuis Disi. Ce contexte, et celui de la substitution du volume réservée à la zone humide par de l’eau usée traitée, pourrait constituer une opportunité de figer les volumes respectifs d’usage local pour l’eau potable d’une part et l’irrigation d’autre

⁵¹ Se référer au cas espagnol de La Mancha de l’est, décrit dans le paragraphe 0

part. Cette démarche, associée à celle d’acquisition d’un équipement pour un suivi hydrogéologique plus précis, constituerait une bonne base pour un contrat de nappe.

Comme mentionné plus haut, le bassin d’Azraq sera équipé en 2015, de sondes permettant le suivi en temps réel des niveaux piézométriques d’une part et du déplacement du biseau salé d’autre part. Ces sondes permettront de finaliser la compréhension de la nappe d’Azraq. Elles pourront également permettre une gestion en temps réel des usages de la nappe afin d’éviter sa dégradation irréversible par intrusion saline.

Cas n°4 – La nappe de la Mancha Occidentale (Espagne)

Éléments de contexte sur la gestion des eaux souterraines en Espagne

La gestion des eaux de surface en Espagne s'effectue depuis longtemps de manière concertée et décentralisée. L'illustration la plus typique est celle du tribunal de l'eau de Valence. Cette institution, qui existe depuis le XII^{ème} siècle est constituée de représentants des usagers ; elle est chargée de régler les différends entre les irrigants. La gestion des ressources en eau souterraines, exploitées intensivement depuis la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, est beaucoup plus récente. Jusqu'en 1985, c'est le régime de propriété privée qui s'appliquait à l'eau souterraine : les propriétaires terriens possédaient les ressources sous-jacentes. 1985 est l'année de la promulgation de la loi sur l'eau espagnole qui a introduit les principes généraux de la gestion actuelle.

1. Les principes fondamentaux de la gestion de l'eau en Espagne

La loi sur l'eau « **Ley de Aguas** » promulguée le 2 Août 1985 a défini les principes de la gestion de l'eau par bassins versants. Cette gestion est mise en œuvre par les agences de bassin qui sont des organismes autonomes, opérant à l'échelle des districts hydrographiques en collaboration avec les usagers.

Depuis cette loi, **les eaux souterraines sont incluses dans le domaine public**. Tous les propriétaires de forages dont l'ouvrage a été mis en place après cette date ont dû le déclarer auprès de l'agence de bassin et faire une demande de concession. La concession est octroyée pour une durée déterminée, variable selon la nature de l'usage. Elle définit les quantités d'eau prélevables qui sont susceptibles d'être modifiées par l'agence de bassin en fonction de l'état de la ressource. Cependant, la loi souligne que les propriétaires dont le forage était préexistant peuvent conserver leur droit de propriété privée pendant une durée de 50 ans, période à l'issue de laquelle l'ouvrage sera converti en concession publique. Cette souplesse de la loi a induit un effet pervers : considérant le manque de recensement des forages, certains nouveaux propriétaires ont pu déclarer avoir un forage avant 1985. Ils ont ainsi légalisé leur ouvrage sans les contraintes de la concession.

2. La DCE et sa transposition dans la législation espagnole

En Espagne, comme en France, la réglementation nationale est encadrée par les directives européennes. La Directive Cadre sur l'Eau⁵² fixe les obligations de résultat des pays membres pour l'état chimique, qualitatif et quantitatif des masses d'eau. La DCE a été transposée en droit national le 30 décembre 2003.

Conformément à la Directive européenne, la gestion de l'eau en Espagne est décentralisée et le découpage du pays se fait par grand district hydrographique. L'Espagne est un Etat fédéral et la responsabilité de la gestion de l'eau dépend de la localisation du district hydrographique. Lorsque le bassin est entièrement localisé dans une communauté autonome⁵³, la gestion est sous la responsabilité totale du gouvernement de la communauté autonome et l'agence de bassin est appelée **Administration Hydraulique**. Lorsque le bassin est partagé entre plusieurs communautés autonomes, la gestion dépend du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Environnement et l'organisme de gestion (agence de bassin) est appelé **Confédération Hydrographique**. Ces deux organismes, Administration Hydraulique et Confédération Hydrographique ont les mêmes fonctions et les mêmes responsabilités. La gestion de l'eau, au niveau local, est opérée par les agences de bassin et les associations d'usagers.

- ▶ Le pouvoir de ces **agences de bassin** est important. Ce sont elles qui élaborent, suivent et révisent le plan hydrographique du bassin⁵⁴. Elles assurent la police de l'eau et octroient les différents permis nécessaires pour exploiter la ressource.
- ▶ La gestion de l'eau se fait en collaboration avec les **communautés d'usagers** qui ont l'obligation de gérer collectivement les eaux superficielles et souterraines qu'elles partagent. La loi de 1985 oblige tous les utilisateurs partageant une même concession (c.-à-d., un même permis d'exploitation) à se regrouper en « communauté d'usagers » ou « communautés d'irrigants » (lorsque toute l'eau est utilisée pour l'irrigation). La tâche première de ces communautés est de répartir la quantité d'eau concédée à l'ensemble des utilisateurs, décision soumise à l'approbation de la confédération hydrographique.

⁵² Voir le cas français

⁵³ Entité régionale bénéficiant d'un certain niveau d'autonomie par rapport à l'Etat

⁵⁴ Le Plan Hydrographique du Bassin est l'équivalent du SDAGE français. C'est un document de planification qui fixe les grandes orientations de la gestion de l'eau dans le territoire en fonction des objectifs qu'il définit.

3. La gestion des masses d'eau souterraines en déficit quantitatif

Dans chacun des grands districts hydrographiques, la gestion de l'eau doit poursuivre les objectifs fixés par la DCE. Sur les 699 masses d'eau souterraines espagnoles, 259 sont concernées par le risque de non-atteinte des objectifs de bon état en 2015 (soit 39%) dont **89** pour des raisons quantitatives (soit **13%**). Lorsque les aquifères risquent de ne pas atteindre le bon état, ils peuvent être classés, en accord avec la loi sur l'eau de 1985, en surexploitation. Actuellement, seuls **16 aquifères sont déclarés en surexploitation** (sur 89 qui ont un risque de non atteinte du bon état quantitatif⁵⁵). Cela implique des mesures obligatoires à prendre. Les plus importantes sont les suivantes :

- ▶ Les agences de bassin doivent élaborer, suivre et réviser le plan de gestion et déterminer les volumes prélevables par usage et par usager.
- ▶ Aucun nouveau permis de prélèvement ne peut être autorisé.
- ▶ Tous les usagers de la ressource ont l'obligation de s'organiser en Associations d'Usagers des Eaux Souterraines (CUAS). Les CUAS coopèrent avec les agences de bassin pour l'élaboration et la mise en place du plan de gestion.

Toutefois, l'avancement des mesures de gestion à prendre est très lent. En 2008, pour les 16 aquifères classés en surexploitation, seules cinq associations d'usagers ont été constituées et trois plans de gestion élaborés (Molinero et al.).

L'aquifère de La Mancha occidentale fait partie des aquifères classés en surexploitation : provisoirement en 1987 puis de façon permanente en 1994. L'analyse de la délicate gestion de cet aquifère sera complétée par une comparaison entre ce cas et celui de La Mancha de l'Est où une gestion efficace a été mise en place.

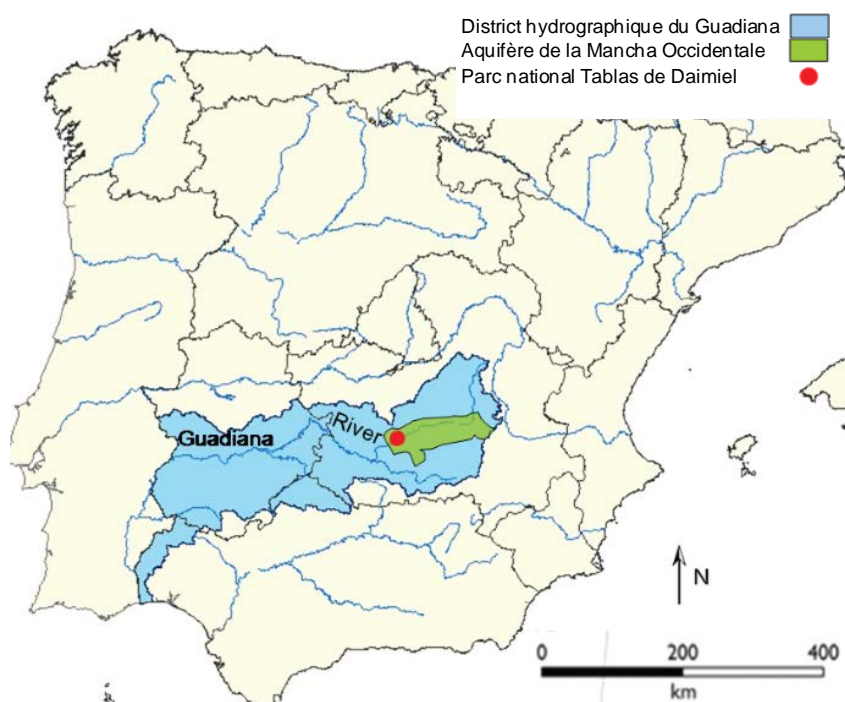
Le bassin hydrogéologique de La Mancha occidentale

Le bassin de La Mancha occidentale se situe dans le centre de l'Espagne, dans le district hydrographique du Guadiana (cf. Figure 64). Ce district hydrographique est situé dans les communautés autonomes de Castilla-La-Mancha, Extremadura et Andalous. L'agence de bassin qui gère le district et donc l'aquifère de La Mancha

⁵⁵ Lorsque la surexploitation concerne des aquifères dont le lien direct avec les eaux superficielles est faible, les impacts environnementaux de la surexploitation ne sont pas visibles à court terme et les risques de déséquilibre quantitatif à long terme ne sont pas toujours pris en compte. Cela explique pourquoi de nombreux aquifères ne sont pas aujourd'hui classés en surexploitation, notamment dans le sud-ouest de l'Espagne (Molinero et al.).

occidentale est la confédération hydrographique du Guadiana. Le territoire de la nappe couvre **5 500 km²**, répartis entre les provinces de Ciudad Real, de Cuenca et d'Albacete. La capacité naturelle de stockage de l'aquifère a été estimée à **12 000 Mm³** avant le début des prélèvements massifs dans les années 1960.

Figure 64 : Localisation de l'aquifère de La Mancha occidentale

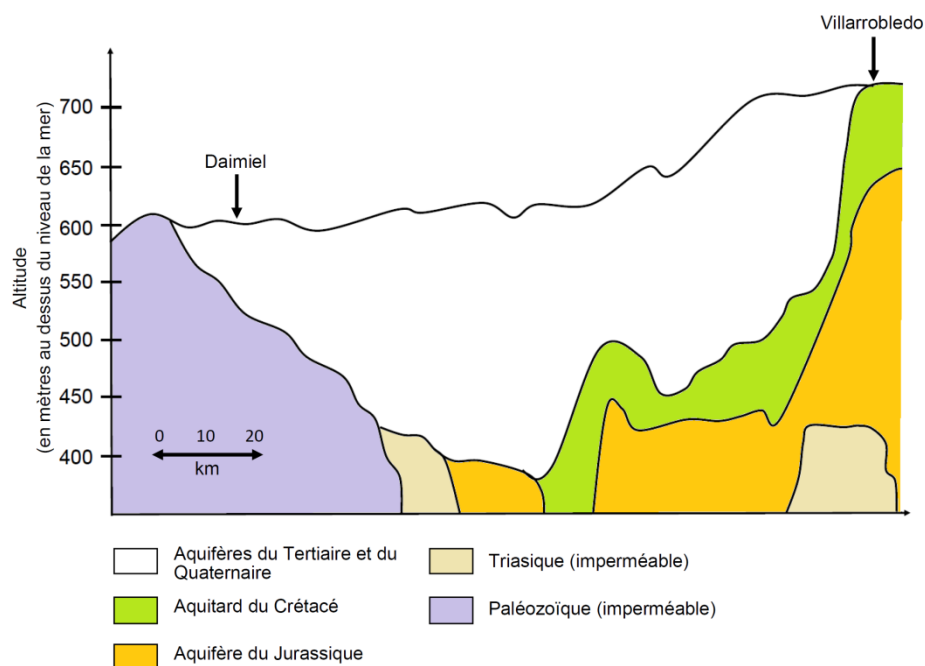


(Source : Zorrilla, 2009)

Deux aquifères sont présents dans le bassin. Le premier aquifère est libre. Il constitue l'aquifère le plus exploité. Les formations géologiques datent du Miocène et il est composé essentiellement de marne et de calcaire. Le second aquifère, plus en profondeur date du Jurassique. Il est composé de calcaire et de dolomite.

Les deux aquifères sont séparés par un aquitard du Crétacé. Composé de calcaire, cette formation est faiblement transmissive et rend l'aquifère du Jurassique semi-captif. Les différentes couches géologiques sont représentées sur la Figure 65.

Figure 65 : Section hydrogéologique de la plaine de La Mancha

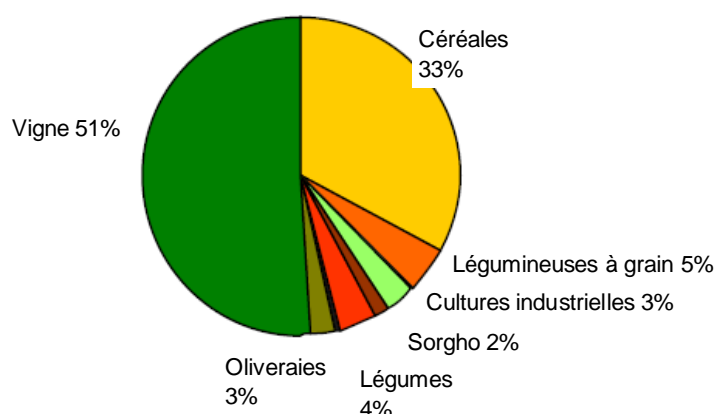


(Source : d'après Martinez-Santos et al., 2008)

Le climat de la région est **semi-aride**. La pluviométrie est d'en moyenne **415 mm/an**. Les variations intra-annuelles et interannuelles sont très importantes. La recharge de la nappe superficielle se fait principalement par infiltration efficace et dépend directement des précipitations. **60 Mm³** sont aussi apportés par drainage à partir d'un aquifère au sud de l'aquifère de La Mancha : l'aquifère Campo de Montiel (Martínez-Santos, 2010). Le volume prélevable de l'aquifère a été estimé à **360 Mm³** (Esteban, 2010). La nappe superficielle est fortement liée aux eaux de surface via les zones humides qui constituent l'exutoire naturel.

300 000 personnes vivent dans le périmètre de la nappe. Cela représente une densité de population d'environ 54 habitants/km². La principale activité économique est l'agriculture : **17 000 exploitants** sont enregistrés dans des communautés d'irrigants (Lopez-Gunn, 2001) et **120 000 hectares** en moyenne sont irrigués depuis la fin des années 1980 (cf. Figure 69). La répartition de la SAU irriguée est présentée dans la Figure 66.

Figure 66 : Répartition de la SAU irriguée dans la région de La Mancha



(Source : Aldaya, 2009)

Emergence du problème

L'aide au développement incontrôlé des forages (d'après Closas, 2014)

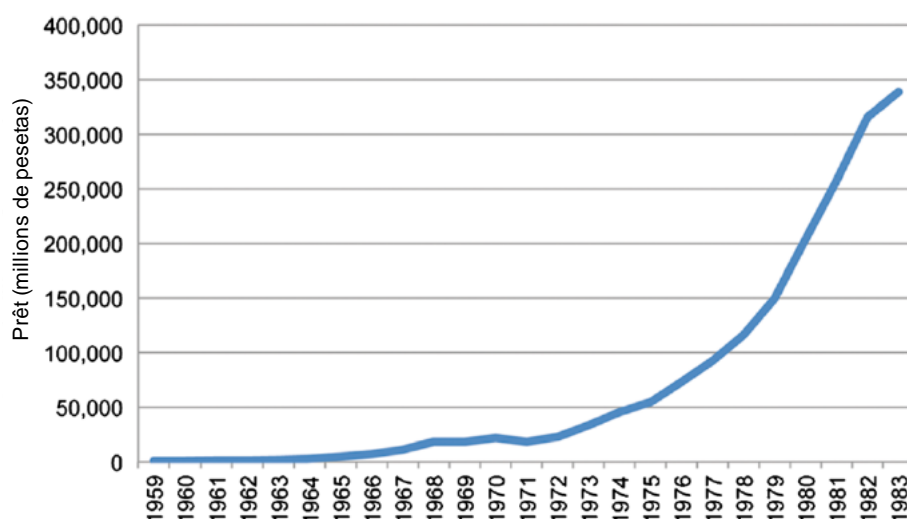
Traditionnellement, l'irrigation dans la région de La Mancha se faisait au moyen de la noria⁵⁶. La profondeur des puits n'excédait pas trente mètres et le débit d'extraction était faible : environ 1,75 L par seconde.

Après l'arrivée du général Franco au pouvoir en 1939, l'amélioration des techniques d'irrigation fait partie de la politique nationale de développement de certains territoires où les taux de chômage sont importants. L'Institut National de Colonisation (INC) est alors chargé de repeupler certains territoires du pays avec de fervents défenseurs du régime. L'INC choisit des territoires propices à l'agriculture et le territoire de La Mancha en fait partie. L'INC sélectionne ensuite des agriculteurs en fonction de leur engagement auprès du parti et de leurs caractéristiques physiques et psychologiques. Les personnes répondant positivement aux différents critères se voient offrir des terres, du matériel et du bétail. De nombreuses familles sont ainsi placées dans le bassin de La Mancha occidentale. Les nouvelles communautés créées dans ce cadre bénéficient de techniques modernes pour extraire l'eau plus profondément et avec un débit supérieur mais les autres agriculteurs de la région continuent d'utiliser la noria traditionnelle. Jusqu'à la mort du général en 1975, cette stratégie est développée et seule une partie des agriculteurs ont les moyens de développer leur exploitation : les prélèvements sont soutenable pour l'environnement.

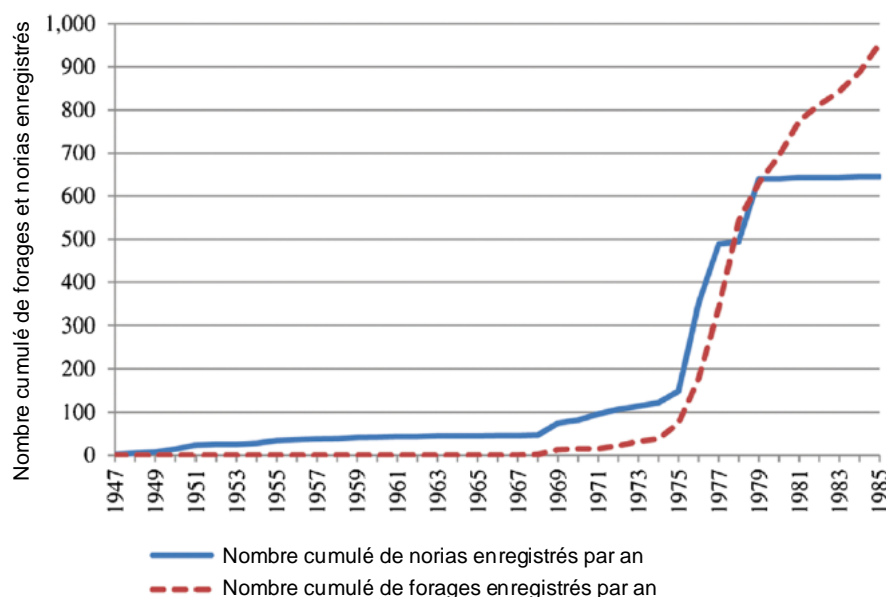
⁵⁶ Ancêtre des pompes hydrauliques modernes, la noria est une roue à ailettes utilisée pour faire remonter l'eau des puits. Initialement activée par des bêtes de trait, la roue est activée à l'aide de petits moteurs à partir des années 1950.

Le point d'inflexion a lieu en 1975 : la colonisation franquiste directe est remplacée par des crédits accordés aux agriculteurs pour le développement de l'irrigation privée qui leur permet d'investir dans des techniques de forage plus performantes (cf. Figure 67). L'année 1975 marque le début de la course au pompage dans l'aquifère de La Mancha occidentale. Le nombre de forages et de norias augmente très rapidement jusqu'au début des années 1980. Consécutivement, le niveau piézométrique de la nappe superficielle diminue et la noria ne suffit plus pour extraire l'eau qui jusqu'à présent était présente à quelques mètres sous le sol. A partir de 1980, la noria traditionnelle doit être abandonnée et les forages continuent de se développer. La Figure 68 illustre cette tendance pour la ville de Manzanares. La superficie des terres irriguées passe de **30 000 ha en 1975** à **120 000 ha à la fin des années 1980** (cf. Figure 69).

Figure 67 : Evolution des prêts accordés par les caisses d'épargne rurales aux agriculteurs entre 1959 et 1983



(Source : Closas, 2014)

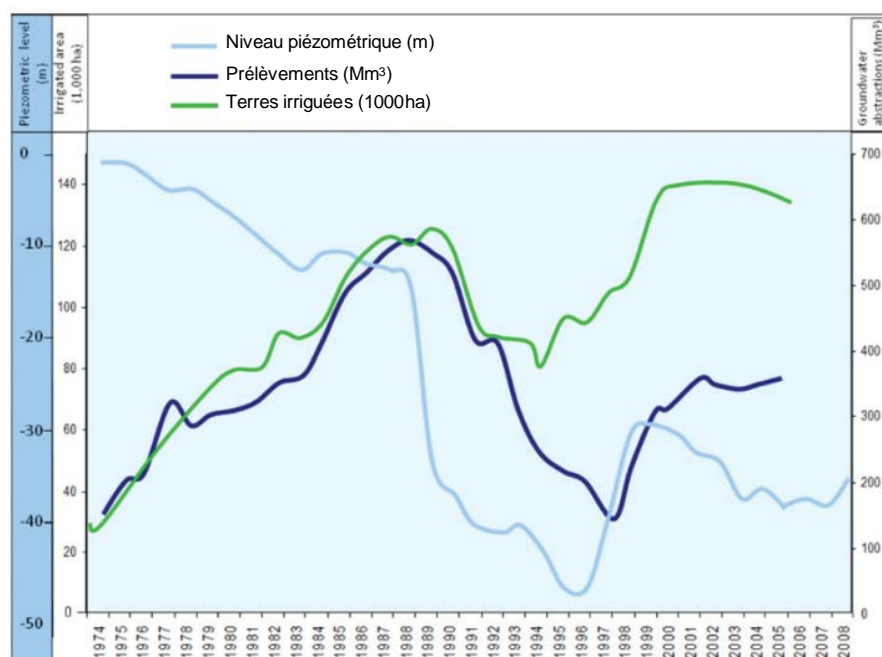
Figure 68 : Nombre cumulé des norias et forages à Manzanares entre 1947 et 1985

(Source : Closas, 2014)

La catastrophe écologique liée à la surexploitation de la nappe

Le territoire est réputé pour la zone humide qu'il abrite, classée réserve de biosphère en 1980. Le **parc national Tablas de Daimiel**, cœur de la réserve a été déclaré zone humide d'importance internationale par la convention de Ramsar en 1982. L'existence de ces zones humides est intimement liée au niveau de la nappe superficielle qui affleure. Le niveau piézométrique de la nappe est inversement proportionnel à l'intensité des prélèvements et chute de 50m entre 1975 et 1995 (cf. Figure 69) : les zones humides ne sont plus alimentées par les résurgences et s'assèchent.

Figure 69 : Evolution du niveau piézométrique, des prélèvements et des superficies irriguées entre 1974 et 2008 dans le bassin de La Mancha occidentale



(Source : Zorilla, 2009)

Cette analyse historique de la surexploitation des eaux souterraines dans le bassin de La Mancha occidentale est importante pour comprendre pourquoi les différentes gestions mises en place dans le bassin n'ont pas été concluantes. La course au pompage dans le cas de l'aquifère de La Mancha occidentale constitue l'aboutissement d'une politique de développement agricole rapide et rentable à court terme. La prise de conscience de la surexploitation n'est pas facile dans un tel contexte historique.

Les différentes démarches mises en place

La loi sur l'eau de 1985 permet aux gouvernements régionaux de mettre en place des quotas pour les prélèvements lorsque la ressource est surexploitée. Cette mesure a été appliquée dans le district du Guadiana à partir de 1991. La consommation moyenne d'un hectare irrigué est de 4 200 m³ à Castilla La Mancha (CHG, 2005) et les quotas alloués sont bien inférieurs aux concessions d'usage : la dotation d'eau est de 1 200 m³/ha pour les exploitations de plus de 80 ha, 2 000 m³/ha pour les exploitations de 30 à 80 ha et 2 640 m³/ha pour les exploitations de moins de 30 ha.

1. Les paiements compensatoires

Suite au mécontentement général et au non-respect des quotas mis en place en 1991, le gouvernement régional décide de mettre en place des paiements compensatoires pour les pertes de revenus associées aux diminutions des prélèvements. Ce programme d'aides agri-environnementales à l'économie d'eau (*Plan de compensación de rentas o Plan de humedales*) est mis en place de 1993 à 2002. Le plan est actualisé de 2003 à 2007. La compensation se fait sur la base du volontariat et les fonds proviennent de l'Union Européenne. Pour recevoir la compensation, les agriculteurs doivent utiliser moins d'eau, abandonner les cultures gourmandes en eau et réduire leur utilisation d'engrais et de pesticides.

Entre 1993 et 2001, les compensations se font en fonction du niveau de réduction de la consommation d'eau par hectare. Le coût total de la mesure est très important : 180 millions d'euros. A partir de 2003, les modalités d'attribution des compensations changent. Les compensations se font encore en fonction du niveau de la réduction de la consommation en eau mais il y a aussi trois paliers dégressifs en fonction de la superficie de l'exploitation. Ce changement de critères permet de diminuer les coûts de la mesure. Les montants des compensations (en €/ha) sont donnés à titre indicatif dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Evolution du programme de compensations agroenvironnementales dans l'aquifère de La Mancha occidentale

Réduction de la consommation d'eau	Paiements compensatoires (en €/ha)			
	1993	1997	2001	2003-2006
50%	156	164	179	1-40ha : 209 40-80ha : 125 >80ha : 63
70%	258	271	296	-
100%	360	379	414	1-40ha : 518 40-80ha : 311 >80ha : 155

(Source : Blanco, 2007)

Lors du premier programme, le pourcentage de réduction que les agriculteurs préfèrent est 70%. En effet, que la réduction soit de 50% ou 70% ne change pas grand-chose dans les pratiques culturales : l'irrigation de manière sélective est possible et les paiements compensatoires sont intéressants (Blanco, 2007). A partir de 2003, la tranche de réduction de 70% n'existe plus et les paiements pour la tranche de 50% sont bien inférieurs, surtout pour les grandes exploitations (cf. Tableau 15). Un choix s'impose alors aux agriculteurs : ne plus demander de

compensations et revenir à une irrigation intensive, recevoir des compensations bien inférieures, ou encore, arrêter totalement les prélèvements. Ce changement de critères est très critiqué par les agriculteurs qui voient leurs revenus diminuer.

Le programme d'aides agri-environnementales à l'économie d'eau devait être un programme ponctuel permettant aux agriculteurs de s'adapter à la mise en place des quotas. Le programme a permis la réduction des prélèvements mais le niveau de la nappe a continué de baisser à cause des fortes sécheresses du début des années 1990 (cf. Figure 69). Il a recommencé à augmenter vers la fin des années 1990 grâce aux fortes précipitations et au programme de compensations. Cependant, **le programme n'a pas été efficace sur le long terme** puisque quand les paiements compensatoires ont été arrêtés, à partir du début des années 2000, les agriculteurs ont recommencé à prélever massivement dans la nappe.

Parallèlement à la mise en place des paiements, la nappe est déclarée surexploitée en 1993 mais les implications de cette déclaration ne sont pas toutes suivies : il y a bien la création d'une communauté d'usagers de l'eau souterraine mais de nouveaux forages sont creusés et les puits existants sont approfondis pour aller chercher l'eau toujours plus profondément. C'est face à ce constat que le gouvernement régional a décidé de mettre en place un nouveau plan de gestion : le plan spécial du haut Guadiana.

2. Le plan spécial du haut Guadiana

Le plan est élaboré pour l'aquifère de La Mancha occidentale afin de faire face à la surexploitation des eaux souterraines : il faut limiter les prélèvements agricoles à 200 Mm³/an et restaurer les zones humides. Par ailleurs, le plan est élaboré dans le cadre de la DCE, afin d'atteindre le bon état quantitatif des masses d'eau souterraine et le bon état écologique des zones humides. Le programme de mesures doit s'appliquer de 2008 à 2027 et, les principaux points sont les suivants :

- ▶ Exécution de la loi de 1985 : Inclure les eaux souterraines dans le domaine public et distribuer des licences aux usagers.
- ▶ Réallocation des droits d'eau en fonction des superficies d'exploitations, des cultures...
- ▶ Acquisition de droits d'eau auprès des usagers (70% pour l'environnement et 30% pour réallouer les droits d'eau aux usagers)
- ▶ Programme d'éducation à l'environnement
- ▶ Programme de gestion et contrôle des mesures

Le budget prévisionnel pour les vingt ans du programme était de 5 milliards d'euros. Financé par le gouvernement central et sans aide de l'UE, sa mise en place n'était

pas réalisable dans le contexte de la crise économique en Espagne et il a été abandonné en 2012. Cependant, **l'acquisition de droits d'eau a tout de même été mise en place entre 2008 et 2012.**

L'acquisition des droits d'eau s'est faite au prix de **5 €/m³ d'eau**, principalement auprès des viticulteurs.. Les droits acquis pour alléger la pression exercée sur l'environnement ont permis l'économie directe de **2,6 Mm³ d'eau**. Cependant, les économies les plus importantes ont été indirectes. En effet, les usagers souhaitant profiter de la réallocation des droits d'eau ont dû régulariser leurs ouvrages et leurs prélèvements. Cette régularisation a représenté une avancée très importante : les usagers disposaient d'un droit légal d'usage de l'eau, ce qui a limité les infractions et les surexploitations de la ressource. L'estimation des économies réalisées grâce à la régularisation des ouvrages est de **31,4 Mm³**. Cela reste inférieur à l'acquisition totale des droits d'eau qui était prévue pour préserver l'environnement : **64 Mm³**.

Le niveau piézométrique de l'aquifère a fortement augmenté à partir de 2011. Cela est dû à l'application du plan mais aussi aux fortes précipitations des années précédentes. Le résultat sur la zone humide « Tablas de Daimiel » a été très positif : complètement asséchée, la zone humide a recouvert 2000 ha (Lopez-Gunn, 2012). L'amélioration rapide de la situation reste à relativiser : elle n'est pas uniquement la conséquence d'une baisse significative des prélèvements mais aussi d'une pluviométrie importante.

Les résultats du Plan du Haut Guadiana sont mitigés : les actions mises en place ont porté leurs fruits mais peu de mesures ont pu être appliquées à cause de leur coût démesuré. Le plan n'a pas pu être conduit entièrement, notamment du fait de son ambition de vouloir régler tous les problèmes en même temps. Un nouveau plan est en train d'être élaboré. Il s'agit du plan de gestion du district du Guadiana qui devrait être mis en place en 2015 sur une période de 6 ans.

3. Le Plan de Gestion du district du Guadiana

Ce plan de gestion, approuvé par le Décret Royal 354/2013 du 17 mai 2013 n'est pas à l'échelle de la nappe mais à l'échelle du district hydrographique du Guadiana (équivalent du SDAGE français).

Trois axes seront développés dans ce plan de gestion (Confederacion Hidrografica del Guadiana) :

- ▶ **Le Plan Hydrologique.** Pour les eaux souterraines, les objectifs de ce plan seront de prévenir la détérioration des masses d'eau, d'atteindre le bon état des masses d'eau selon les critères de la DCE, de prévenir et limiter la contamination des masses d'eau par les polluants.
- ▶ Le Plan Spécial de gestion de la Sécheresse.

- Le Plan de Gestion du Risque Inondation.

Chacun de ces plans comportera un programme de mesures et sera soumis à enquête publique. Par ailleurs une évaluation environnementale est prévue d'octobre 2014 à juin 2015, elle aussi sera soumise à consultation publique et permettra de modifier si nécessaire les différents plans de gestion.

Evaluation des démarches

Les différentes démarches mises en place ont temporairement participé à l'élévation du niveau piézométrique de la nappe mais elles n'ont pas été concluantes. L'analyse des obstacles rencontrés lors de leur élaboration permet de comprendre pourquoi.

1. Des changements brutaux de paradigmes

L'analyse historique de la gestion de l'eau dans l'aquifère montre que l'exploitation des ressources en eau souterraines a, dans un premier temps été fortement encouragée⁵⁷. Dans les années 1970, la volonté de l'Espagne était de développer l'économie et l'utilisation des ressources en eau souterraines permettait de développer une agriculture intensive qui pourrait résister aux années sèches. La prise de conscience des enjeux environnementaux au début des années 1990 avec notamment l'assèchement des zones humides mais surtout l'augmentation des coûts de prélèvements et de forage entraîne la mise en place de mesures censées inverser la tendance. Cependant, ce **changement est brutal** et n'est pas compris par les usagers qui bénéficiaient jusqu'alors de l'appui de l'Etat.

La compréhension et l'acceptation de ces changements ne peuvent se faire qu'à travers le dialogue avec les agriculteurs mais, dans un bassin qui compte 17 000 agriculteurs, il est **impossible de faire du cas par cas** et de rencontrer l'ensemble des agriculteurs. Cette difficulté est accentuée par la diversité des exploitations dans le bassin (cultures et tailles très variées).

2. Le manque de confiance des usagers

Une des conséquences importantes de la perte de revenus associée à la diminution de l'utilisation des ressources en eau souterraines est que les agriculteurs ne rentabilisent plus le matériel coûteux d'irrigation dont ils ont fait l'acquisition grâce aux prêts accordés par l'Etat (cf. Figure 67). **Cette situation leur semble inacceptable.**

⁵⁷ Se référer au 0 Emergence du problème

Le manque de confiance des usagers n'est pas facilité par la création de l'Association d'Usagers des Eaux Souterraines suite à la déclaration de surexploitation de la nappe en 1993. En effet, la création de l'association est obligatoire, elle n'est pas le fruit de la volonté des irrigants à s'organiser, c'est une contrainte plus qu'une occasion d'exercer un pouvoir. Par ailleurs, la confédération hydrographique du Guadiana est très réticente à la formation de cette association puisqu'elle souhaitait garder la mainmise sur l'organisation de la gestion de l'eau. Elle ne reconnaît pas son statut avant 2003 (alors que cela est obligatoire de par la loi). De leur côté, les usagers ne souhaitent pas dénoncer les préleveurs illégaux.

La mise en place de mesures très contraignantes et l'absence de collaboration entre la confédération hydrographique et l'association d'usagers ne permet pas une gestion concertée de la ressource.

3. Des programmes de mesures très coûteux, inadaptés à la situation économique du pays

Suite aux changements brutaux de politique en matière d'irrigation et afin de provoquer l'acceptation de ces changements au sein du monde agricole, le premier programme de compensation a été très généreux. Cependant, le programme n'était pas viable sur le long terme et il a fallu diminuer le montant des aides dans le cadre du deuxième programme. Mise en place pour accompagner la politique régionale de quotas, cette stratégie permettait de compenser les pertes de revenus mais ne mettait pas en place de mesures pour la reconversion des agriculteurs et/ou le développement d'activités alternatives pour recevoir des revenus complémentaires. Le programme ne comportait pas de changements structurels et aurait nécessité un financement permanent. C'est ce dernier point qui a été à l'origine de son échec : la diminution des compensations s'est directement traduite en une perte de revenus des agriculteurs et a été très mal accueillie.

Le plan spécial du Haut Guadiana prévoyait, entre autres, des mesures pour rééquilibrer les droits d'eau et mettre en place une irrigation plus durable. Cependant, les coûts disproportionnés associés au programme (5 milliards d'euros) n'ont pas permis de le mener à bien.

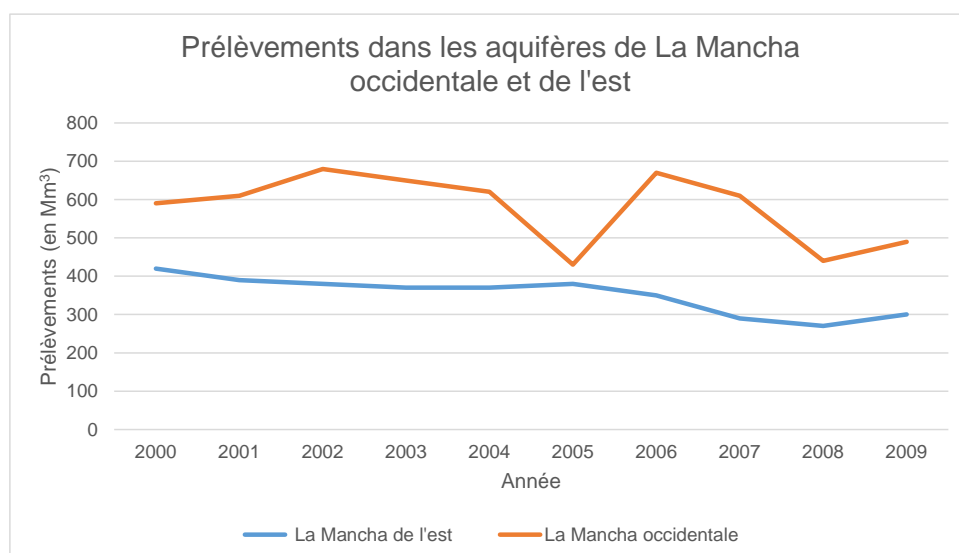
La gestion des ressources en eau souterraines dans l'aquifère de La Mancha occidentale demeure problématique. Il est intéressant de noter que la situation est tout autre dans l'aquifère de La Mancha de l'est. La comparaison de ces deux cas au regard des principes d'Ostrom permet de comprendre quelles peuvent être les différences en termes de choix de gestion qui expliquent la réussite ou l'échec de la démarche.

Confrontation de la démarche aux principes énoncés par Ostrom

1. Comparaison des deux cas

Les prélèvements en eau souterraine dans l'aquifère de La Mancha de l'est se sont stabilisés depuis le début des années 2000 à un niveau proche du volume durablement exploitable qui est de **250 Mm³** (Esteban, 2010). Contrairement à cela, les prélèvements annuels dans l'aquifère de La Mancha occidentale sont bien supérieurs au niveau de rendement durable (**360 Mm³**) et varient fortement en fonction de la pluviométrie annuelle (cf. Figure 70).

Figure 70 : Prélèvements dans les aquifères de La Mancha occidentale et La Mancha de l'est entre 2000 et 2009 en millions de mètres cubes



(Source : d'après Esteban, 2010)

Cette différence s'explique notamment par les choix de gestion qui ont été faits dans chacun des aquifères. La comparaison de la gestion dans les deux aquifères montre que la majorité des principes est respectée pour La Mancha de l'est (sept sur huit) contrairement à La Mancha occidentale où aucun principe n'est pleinement respecté (cf. Tableau 16).

Tableau 16 : Confrontation des principes d'Ostrom à la gestion appliquée dans la Mancha occidentale et dans la Mancha de l'est

Principes d'Ostrom	Mancha occidentale	Mancha de l'est
Définition claire des usages et des limites de la ressource (frontière géographique et droits d'eau) 1	Oui pour les frontières. Non pour les droits d'eau : des milliers d'utilisateurs illégaux Remarque : 17 000 adhérents	Oui Remarque : 658 membres
Adaptation des règles de gouvernance aux conditions locales 2	Non, pas de plan de gestion élaboré au niveau local	Non, pas de plan de gestion élaboré au niveau local
Participation des membres à la définition de règles communes 3	Non, les utilisateurs sont peu impliqués dans les décisions clés	Oui, les utilisateurs sont impliqués dans certaines décisions clés
Surveillance du respect des règles par les utilisateurs eux-mêmes ou leurs représentants leur rendant des comptes 4	Non, surveillance par la confédération hydrographique et seulement 4 gardes pour les 17 000 adhérents aux associations d'utilisateurs	Oui, pas de compteurs, utilisation de l'imagerie satellitaire. Gestion par la confédération hydrographique <u>et</u> les associations d'utilisateurs
Sanctions graduelles en cas de non-respect des règles 5	Non	Oui, mises en place par l'association d'utilisateurs
Accès facile et local à des mécanismes de résolution des conflits 6	Non, présence d'un corps judiciaire dans l'association mais n'est pas habilité à prononcer un jugement	Oui, présence d'un corps judiciaire dans l'association habilité à prononcer un jugement
Droit des utilisateurs d'élaborer leurs propres institutions sans remise en cause par un gouvernement externe 7	Plus ou moins, il a fallu 10 ans à la confédération hydrographique pour ne plus être réticente vis-à-vis de l'association d'utilisateurs	Oui, c'est la confédération hydrographique qui a encouragé la formation de l'association d'utilisateurs
Pour les communes de grande taille : organisation des activités de gouvernance sur plusieurs niveaux imbriqués 8	Non	Oui

(Source : à partir de Lopez-Gunn, 2003 et Ross, 2010)

La principale différence entre les deux cas tient à la **nature de l'association d'utilisateurs et ses rapports avec la confédération hydrographique**.

- L'association d'utilisateurs dans l'aquifère de La Mancha occidentale a une structure fédérale et regroupe les représentants de vingt communautés d'irrigants. L'aquifère de La Mancha de l'est comporte un conseil central de l'irrigation qui regroupe une plus grande diversité d'utilisateurs. Elle comporte des agriculteurs, des communautés d'irrigants, des sociétés de transformation, des services d'approvisionnement en eau potable et des industries. Elle est plus représentative des différents usages de l'eau souterraine sur le territoire. Elle est composée de 658 membres.
- La formation de l'association d'utilisateurs dans l'aquifère de La Mancha occidentale a été requise par la loi sur l'eau de 1985 après déclaration de

surexploitation de la nappe en 1993. C'est une **obligation légale** et la confédération hydrographique était réticente à cette formation. De son côté, l'association d'usagers de La Mancha de l'est a été constituée grâce à la volonté des différents usagers et avec le soutien de la confédération hydrographique du Júcar⁵⁸ : les usagers ont utilisé le **droit d'élaborer leur propre institution** sans remise en cause d'un gouvernement extérieur (principe 7). Cette différence est cruciale puisque dans le premier cas, l'exigence de la constitution de l'association a été vue comme une contrainte par les usagers alors que dans le second cas, la création de l'association d'usagers a responsabilisé les usagers et leur a permis de prendre part à la gestion de l'eau souterraine.

Les deux territoires ont abordé le problème de la surexploitation de manière différente : pour la Mancha de l'est, il y a eu une prise de conscience et la mise en place d'une gestion de type « bottom-up ». A l'inverse, pour la Mancha occidentale, la gestion instaurée a été de type « top-down » et s'est donc imposée aux usagers. La différence dans l'approche est cruciale puisqu'elle pose les bases de la gestion locale et explique pourquoi les principes 1, 3, 4 et 6 sont respectés dans le cas de La Mancha de l'est et pas dans le cas de La Mancha occidentale.

- ▶ Pour La Mancha occidentale, la **définition des droits d'eau** (principe 1) n'est pas respectée. En effet, si la création de nouveaux forages est interdite, seuls les usagers ayant demandé des aides agri-environnementales et ayant participé au programme de réallocation des droits d'eau se sont sentis obligés de déclarer leurs forages et il reste des milliers d'usagers illégaux sur le territoire. Le principe est respecté dans le cas de La Mancha de l'est où l'association d'usagers a procédé en 2003 - en collaboration avec la confédération hydrographique - à l'inventaire des forages et usagers illégaux.
- ▶ Les usagers de l'aquifère de La Mancha de l'est participent aux décisions concernant **l'allocation de la ressource**. Leur décision est approuvée par la confédération hydrographique mais ce sont eux qui déterminent les quantités d'eau par culture et par hectare. Contrairement à cela, pour l'aquifère de La Mancha occidentale, la décision est prise par la confédération hydrographique qui opère à l'échelle du district hydrographique et non à l'échelle locale.
- ▶ L'impossibilité de définir les droits d'eau se répercute sur la **surveillance du respect des règles** (principe 4). En effet, pour définir si un usager respecte les règles établies, il faut au préalable savoir si il a le droit de prélever et dans quelles conditions. La confédération hydrographique de La Mancha de l'est a délégué une partie de ses compétences en matière de surveillance à l'association d'usagers contrairement à La Mancha occidentale où la

⁵⁸ Les deux aquifères n'appartiennent pas au même district hydrographique.

confédération hydrographique manque de moyens : elle ne comportait que quatre gardes pour surveiller l'ensemble du territoire en 2003 (Lopez-Gunn, 2003).

- L'impossibilité de définir les droits d'eau se répercute aussi sur **l'accès facile et local à des mécanismes de résolution des conflits** (principe 6). Dans chacun des cas, il y a la présence d'un corps judiciaire dans l'association. Cependant, ce dernier n'est habilité à distribuer des **amendes graduelles en cas de non-respect des règles** (principe 5) que pour l'aquifère de La Mancha de l'est. Tant que les droits d'eau ne sont pas définis, il est impossible pour le corps judiciaire de La Mancha occidentale de se prononcer sur le respect de règles qui, bien que définies « sur le papier », ne sont pas satisfaites pour la majorité des usagers.

Pour l'aquifère de La Mancha de l'est, le seul principe qui n'est – au moins formellement - pas respecté est le principe 2 relatif à l'adaptation des règles de gouvernance aux conditions locales. On peut considérer que ce principe n'est pas respecté puisque les règles sont établies à l'échelle nationale et au niveau du district hydrographique. Il n'y a en effet pas de plan de gestion mis en place au niveau de l'aquifère. Cependant, le fait que les usagers participent à la détermination des quotas (respect du principe 3) explique pourquoi la gestion est un succès dans ce territoire.

2. Les apports de la confrontation aux principes d'Ostrom

Les principales différences entre les deux situations sont les suivantes :

- **En termes de taille de la nappe**: L'aquifère de La Mancha de l'est est plus grand : 8 500 km² contre 5 500 km² pour l'aquifère de La Mancha occidentale.
- **En termes de nombres d'usagers** : Il y a au moins dix fois plus d'irrigants dans l'aquifère de La Mancha occidentale : environ 17 000 contre un peu plus de 1 000 pour l'aquifère de La Mancha de l'est (Lopez-Gunn, 2003).
- **En termes de choix de gestion locale** : Pour La Mancha de l'est, la constitution de l'association d'usagers a été volontaire et soutenue par la confédération hydrographique. Pour La Mancha occidentale, la constitution a été forcée et non soutenue par la confédération hydrographique. La gestion dans La Mancha de l'est est donc participative avec un nombre d'usagers permettant une meilleure diffusion de l'information.

En Mancha occidentale, il n'est pas possible de revenir sur la constitution de l'association et il faut aujourd'hui **regagner la confiance** des usagers et **renouer le dialogue** entre la confédération hydrographique et l'association. Les principales recommandations pour la mise en œuvre d'une gestion plus efficace sont les suivantes :

- ▶ Le prérequis essentiel à une bonne gestion est le **recensement de tous les usagers et usages de l'eau** afin de définir correctement les droits d'eau sur le territoire. La confédération hydrographique du Guadiana pourrait s'inspirer de la stratégie développée par la confédération du Júcar qui a travaillé avec l'association d'usagers. Le nombre de personnes impliquées dans la régularisation est plus important et le travail de recensement des ouvrages est plus accepté par les usagers lorsqu'il est réalisé par leurs pairs. Cela permettrait notamment de limiter les obstacles liés à la réticence des usagers et au manque de moyens de la confédération hydrographique.
- ▶ La confédération hydrographique du Guadiana devra, de manière progressive, **déléguer une partie de son pouvoir** et de ses compétences, que ce soit pour les choix de gestion ou le suivi de la ressource.
- ▶ La délégation du pouvoir et l'émergence d'un consensus quant à l'état des ressources dans l'aquifère de La Mancha occidentale semble difficile aujourd'hui. Le nombre important d'usagers est un obstacle à la diffusion de l'information et à l'implication de chacun. Il faudrait sans doute **repenser la territorialisation de la gestion de la ressource** en prenant en compte, à la fois (i) l'échelle de la nappe, qui est essentielle pour comprendre le fonctionnement de la ressource dans sa globalité mais également (ii) une échelle plus petite pour favoriser l'implication des usagers dans la mise en œuvre de la politique locale de l'eau. Planifier la gestion avec chacune des vingt communautés d'irrigants plutôt qu'avec l'ensemble de ces communautés aux enjeux différents, permettrait de mettre en place des mesures plus adaptées au territoire et sans doute plus acceptées par les usagers.

Cas n°5 – Le bassin du Souss Massa (Maroc)

La gestion des eaux souterraines au Maroc

Au Maroc, la gestion de l'eau s'effectue de manière intégrée et décentralisée. Elle prend en compte l'ensemble des ressources superficielles et souterraines sur un territoire hydrographique cohérent pour définir des orientations et mesures de gestion. De nombreux acteurs sont impliqués dans la gestion de l'eau. Les principaux sont décrits ci-dessous.

1. Les acteurs de la gestion de l'eau au Maroc

► Les instances nationales

La politique sectorielle de l'eau est élaborée à la fois par le Ministère en charge de l'irrigation, l'actuel **Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime** et le Ministère en charge du domaine hydraulique public, l'actuel **Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement**. Une instance consultative, le **Conseil supérieur de l'eau et du climat** a été mise en place afin de permettre l'élaboration d'une politique concertée entre les deux ministères. Ainsi, le Conseil supérieur de l'eau valide les plans nationaux en matière de gestion de l'eau. Il est composé de représentants de l'Etat, d'établissements publics, de représentants des usagers, des assemblées préfectorales, d'établissements d'enseignement supérieur et de l'ingénierie nationale.

Deux autres instances consultatives ont été mises en place afin de permettre l'élaboration d'une politique intégrée de la gestion de l'eau. Il s'agit du **Conseil national de l'environnement** et des **Commissions préfectorales et provinciales de l'eau**.

► Les instances opérant à l'échelle du bassin versant

Les **Agences de Bassin Hydrauliques** (ABH) sont des établissements publics sous tutelle du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. Ces agences planifient et opèrent la gestion de l'eau au niveau des bassins hydrauliques. Leurs ressources financières sont apportées par les redevances d'utilisation du domaine public hydraulique auxquelles sont soumis les usagers de la ressource.

Les **Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole** (ORMVA) sont des établissements publics sous tutelle du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime. Ces offices gèrent les ressources en eau à usage agricole,

l'aménagement hydro-agricole des terres irrigables et la mise en valeur agricole des territoires à fort potentiel agricole.

► La police de l'eau

Les **ABH** et les officiers de police judiciaire marocains partagent la fonction de police de l'eau. Les agents ont le droit d'accéder et d'inspecter toutes les installations (captages, forages et puits) et peuvent verbaliser et transmettre les PV aux autorités compétentes.

► Au niveau local

Les **collectivités locales** sont chargées de la distribution de l'eau potable ainsi que de la collecte et du traitement des eaux usées.

Les **Associations d'Usagers de l'Eau Agricole** (AUEA) sont constituées afin de répartir équitablement l'eau entre irrigants. Elles sont aussi un lieu privilégié pour la résolution des conflits.

La gestion actuelle de l'eau au Maroc a été institutionnalisée par la loi sur l'eau 10-95, promulguée le 15 juillet 1995 par le roi Hassan II.

2. La loi sur l'eau 10-95

Cette loi complète et renforce les lois antérieures relatives à la gestion de l'eau. La loi sur l'eau 10-95 met en place le cadre pour une gestion intégrée, décentralisée, concertée et participative des ressources en eau à l'échelle du pays. Elle renforce les principes du « préleveur-payeur » et du « pollueur-payeur » afin de financer les actions relatives à la gestion et la préservation des ressources. Par ailleurs, différents articles mettent en avant la nécessité de valoriser les ressources en eau et de les protéger contre la surexploitation et la pollution. Les deux principales dispositions de la loi régissant la gestion actuelle des ressources sont décrites ci-dessous.

- **Les principes de domanialité publique sont réaffirmés.** Les ressources hydriques du pays (superficielles et souterraines) sont la propriété de l'Etat qui peut ainsi réguler l'accès à la ressource. L'Etat délivre des autorisations de prélèvement ou des concessions aux usagers qui souhaitent disposer de la ressource.

L'autorisation concerne la réalisation de forages pour capter les eaux souterraines et l'exécution de tout ouvrage réalisé pour utiliser les eaux du domaine public hydraulique. L'autorisation est délivrée par l'ABH compétente et elle fixe la durée de l'autorisation ainsi que les volumes moyens et débits maximums annuels autorisés.

La concession concerne les aménagements des sources minérales et thermales, l'aménagement d'ouvrages destinés à la protection contre les inondations mais aussi à la production d'hydroélectricité. La concession est délivrée par l'autorité gouvernementale chargée de l'eau.

Le principe de domanialité publique s'oppose au droit coutumier marocain selon lequel l'eau utilisée pour créer de la richesse appartient au propriétaire sus-jacent. Une disposition a donc été mise en place pour reconnaître le droit coutumier chez les usagers demandeurs. Cependant, lesdits usagers ne peuvent disposer librement de la ressource puisqu'ils doivent respecter les contraintes imposées par les documents de planification et les dispositions préfectorales.

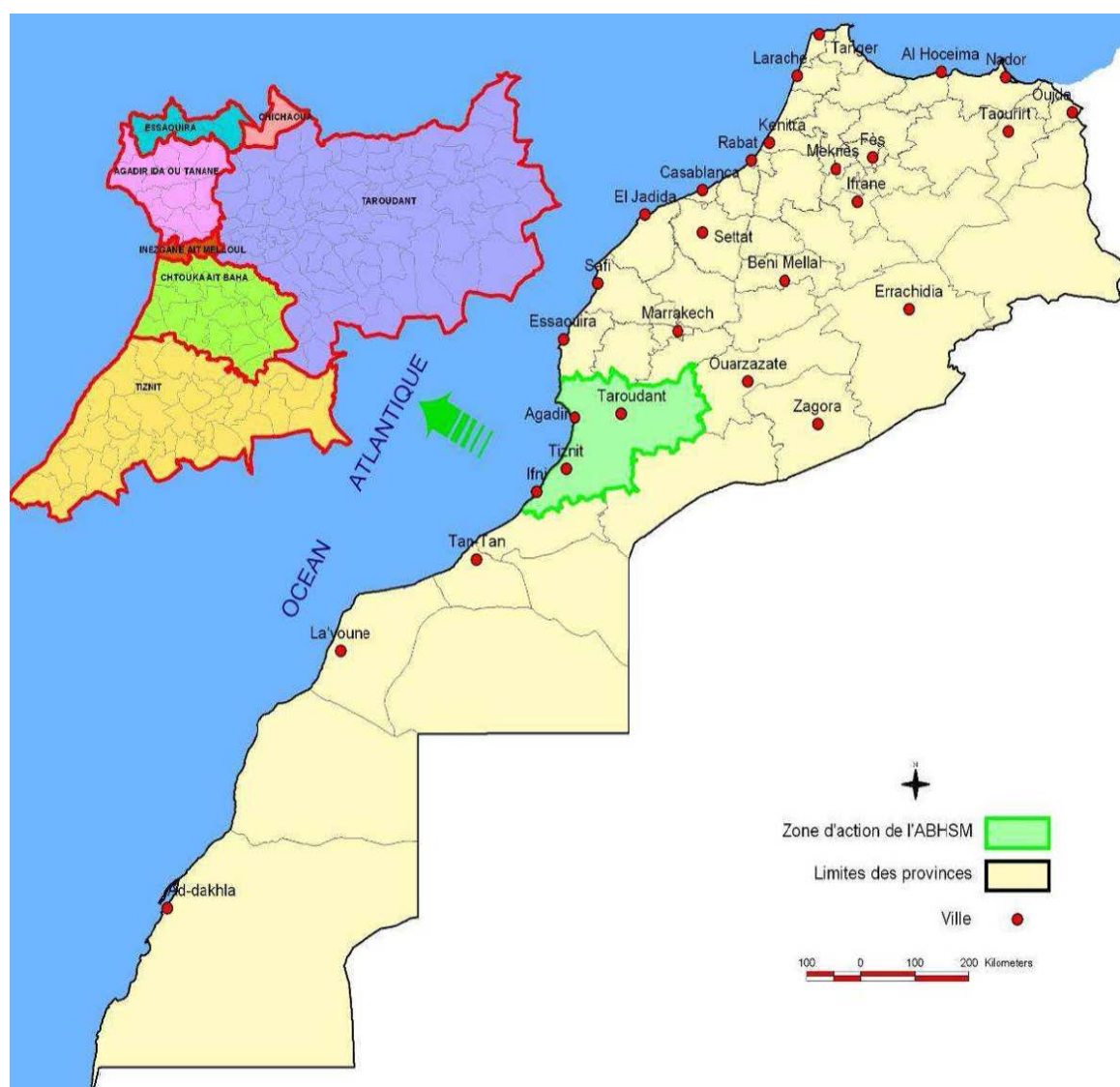
- **Les documents de planification, les PDAIRE (Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau), ont un caractère obligatoire**, dès lors qu'ils ont été approuvés par le Conseil Supérieur de l'Eau. Ces documents, élaborés par les ABH s'imposent au droit coutumier et aux décisions administratives concernant l'aménagement du territoire.

Caractéristiques du bassin Sous-Massa

1. Le bassin hydraulique du Souss-Massa

La superficie du bassin hydraulique du Sous Massa est de **27 880 km²**. La zone s'étend sur la région d'Agadir, Taroudant et Tiznit (cf. Figure 71). La demande totale en eau dans le bassin est de **1074 Mm³** dont **994 Mm³** pour le secteur agricole (Agro Concept, BRLi, 2012) soit 93%.

Figure 71 : Localisation du bassin hydraulique du Souss-Massa



(Source : ABH Souss-Massa)

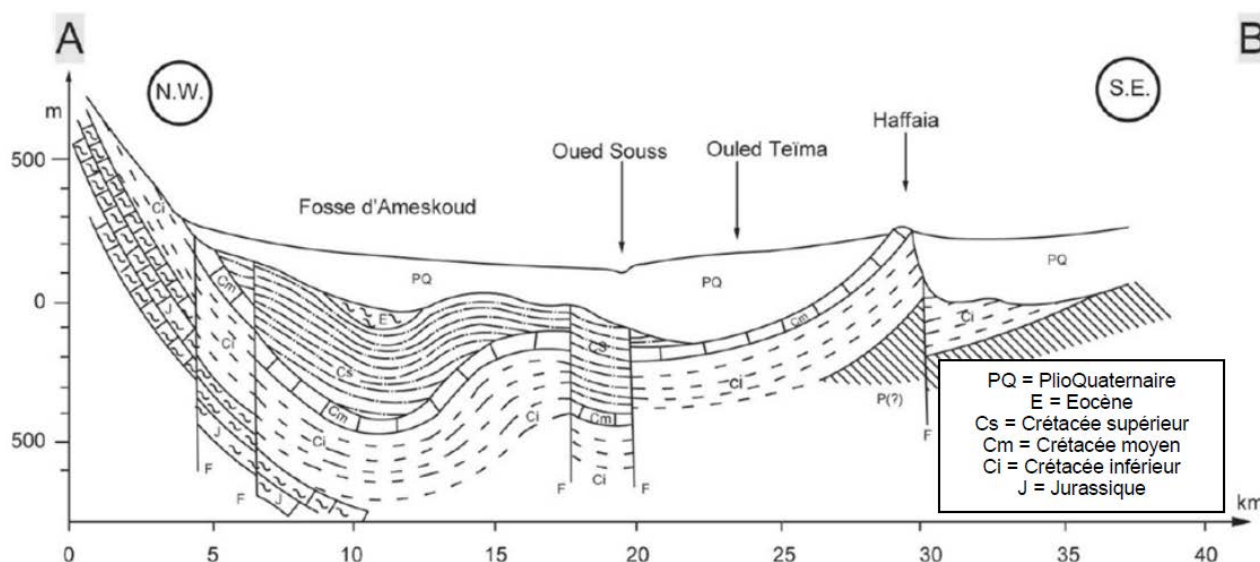
Dans le bassin du Souss-Massa, 70% des ressources en eau utilisées proviennent de nappes. Différents bassins hydrogéologiques sont présents dans le territoire mais deux nappes se distinguent par les volumes prélevés.

► La nappe du Souss

La superficie du bassin est de **4150 km²**. Il est limité au nord par le Haut Atlas, au sud par l'Anti-Atlas et à l'ouest par l'océan Atlantique. Les formations géologiques de l'aquifère sont datées de l'Eocène au Plioquaternaire. Une coupe géologique simplifiée de la plaine du Souss est présentée sur la Figure 72. Cette nappe représente la source majeure d'eau pour le territoire puisque le volume prélevé tous les ans avoisine les **650 Mm³** (source ABHSM) soit 60% de l'eau totale prélevée dans le bassin du Souss-Massa.

La recharge de l'aquifère se fait essentiellement par infiltration directe de la pluie, par infiltration dans le lit des oueds, par échange avec les aquifères adjacents et par retour des eaux d'irrigation. Les variations interannuelles de la recharge de l'aquifère sont très importantes. Ainsi, la recharge moyenne entre 1976 et 2007 est de **320 Mm³** avec un minimum de 108 Mm³ en 1994 et un maximum de 870 Mm³ en 1996. (ABH Souss-Massa, 2006)

Figure 72 : Coupe géologique simplifiée de la plaine du Souss



(Source : Boutaleb et al.)

► La nappe du Chtouka

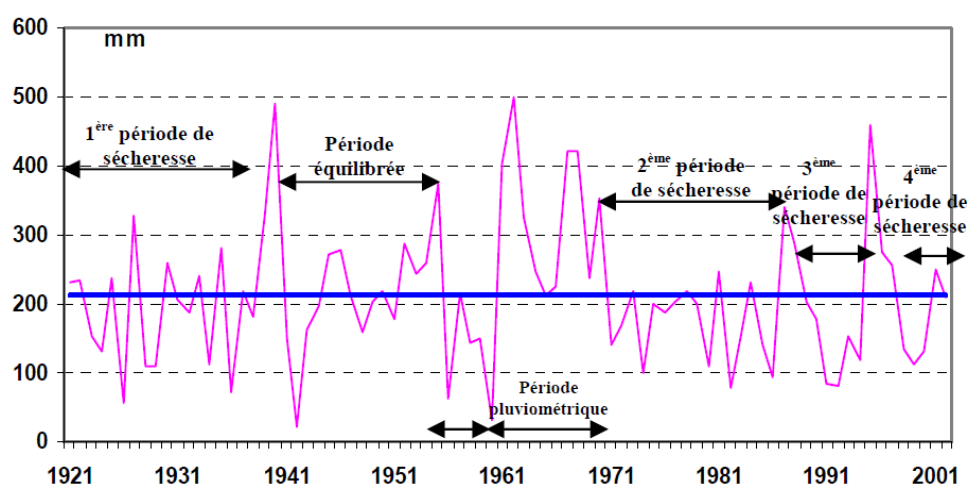
La superficie du bassin est de **1250 km²**. La nappe se situe au sud-ouest de la nappe du Souss au niveau de la plaine du Chtouka. Elle est limitée à l'est par l'Anti-Atlas, au sud par l'oued Massa et à l'ouest par l'océan Atlantique. **100 Mm³** en moyenne sont prélevés tous les ans dans la nappe du Chtouka.

La recharge de l'aquifère se fait essentiellement par infiltration des eaux de pluie, drainance ascendante à partir des nappes profondes et infiltration des eaux d'irrigation. Les variations interannuelles de la recharge de l'aquifère sont très importantes. Ainsi, la recharge moyenne entre 1972 et 2007 est d'environ **41 Mm³** avec un minimum de 26 Mm³ en 1972 et un maximum de 68 Mm³ en 1996. (ABH Souss-Massa, 2006)

Le climat de la région est aride à semi-aride. Les températures annuelles moyennes varient de 14 °C sur le Haut-Atlas au Nord à 20 °C sur l'Anti-Atlas au Sud. Les températures journalières minimales peuvent atteindre -3 °C et les températures maximales 49 °C. Par ailleurs, les précipitations sont très variables dans le bassin : les précipitations moyennes sont de l'ordre de 280 mm dans le Souss, 265 mm dans le Massa, 390 mm dans le bassin du Tamraght et 370 mm dans le bassin du Tamri.

Les variabilités interannuelles sont, elles-aussi très fortes, comme l'illustre la Figure 73 qui montre les précipitations moyennes annuelles entre 1921 et 2001 dans le bassin. Certaines années, les précipitations sont inférieures à 100 mm alors que d'autres années, elles sont proches de 500 mm. Par ailleurs, on remarque sur le graphique que les périodes de sécheresse sont plus rapprochées depuis le début des années 1970. Le pic observé entre 1991 et 2001 correspond à l'année 1996. Cette année de forte pluviométrie a grandement participé à la recharge des aquifères.

Figure 73 : Pluviométrie moyenne observée dans le bassin du Souss-Massa



(Source : Ministère chargé de l'eau marocain)

2. Les usages de l'eau

L'agriculture constitue l'activité économique principale de la région. Le potentiel en terres irrigables représente **250 000 ha**. Sur la période 2001-2002 à 2010-2011, **123 000 ha en moyenne sont effectivement irrigués** dans les plaines du Souss et du Massa, soit environ 60% du potentiel irrigable (Agro Concept, BRLi, 2012). L'agrumiculture et le maraîchage primeur sont très développés dans le bassin et forment un secteur essentiel à l'économie du Maroc puisqu'ils contribuent à plus de 50% de la production nationale et du volume des exportations.

Les pratiques agricoles sont très diversifiées dans le bassin, les différents types d'exploitations sont présentés dans le Tableau 17.

Tableau 17 : Types d'exploitations rencontrées dans le bassin du Souss-Massa

Types d'exploitation	Estimation en proportion dans le Souss Massa
Type 1 : Exploitations traditionnelles	28,1%
Type 2 : Exploitations familiales diversifiées	18,8%
Type 3 : Grandes exploitations arboricoles	19,0%
Type 4 : Serristes	4,4%
Type 5 : Maraichers de plein champ	5,8%
Type 6 : Grands éleveurs	10,8%
Type 7 : Arboriculteurs capitalistes	13,1%

(Source : Agroconcept/BRLi)

Emergence du problème et premières mesures

1. La surexploitation des aquifères

Les politiques de développement de l'irrigation

Le développement des techniques d'irrigation moderne dans les années 1940 a entraîné l'acquisition de nombreux hectares de terre par les colons pour la culture de la tomate et des agrumes. L'année 1956 marque la fin du protectorat mais la logique de développement agricole continue, développement justifié par la création de richesse et la réduction de la pauvreté. L'acquisition de terres, la construction de nouveaux forages et les volumes prélevés ne sont que marginalement contrôlés malgré la législation déjà existante⁵⁹. En effet, la politique sectorielle de l'eau est élaborée à la fois par le Ministère en charge de l'irrigation et le Ministère en charge du domaine hydraulique public. Les intérêts parfois divergents des deux Ministères peuvent compliquer l'élaboration d'une politique de l'eau coordonnée au Maroc et la législation n'est que partiellement respectée par les usagers.

La fin de l'irrigation traditionnelle

La superficie des terres irriguées de manière traditionnelle dans les années 1950 est estimée à 15 000 ha dans le bassin (Dijon 1969 cité par DRPE, 1990). L'agriculture traditionnelle dans le bassin du Souss-Massa est composée principalement de

⁵⁹ Le Maroc s'est doté d'une législation relative aux ressources en eau dès le début du XX^{ème} siècle. Depuis 1925, toutes les ressources en eau, qu'elles soient superficielles ou souterraines sont incluses dans le domaine public. Cela signifie que les usagers doivent demander des concessions ou des autorisations de prélèvements. A la même époque, une police des eaux est mise en place afin de faire respecter la législation en vigueur.

céréaliculture. L'irrigation est marginale et, lorsqu'elle est pratiquée, de petites superficies sont concernées (généralement moins de 1 ha) où sont produits des légumes, des olives mais aussi des amandes pour l'autoconsommation.

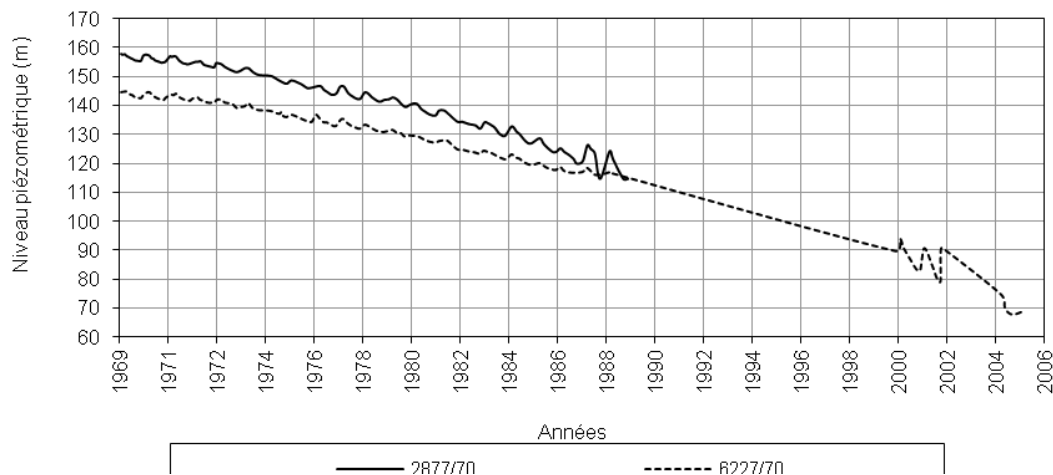
L'arrivée des motopompes à partir des années 1940 permet aux colons de puiser l'eau plus profondément et en plus grande quantité. L'agrumiculture se développe alors pour faire du commerce à l'export. L'irrigation traditionnelle se maintient cependant jusqu'à la fin des années 1970. Le même phénomène que pour l'aquifère de La Mancha occidentale s'est produit (cf. Cas n°4 : Emergence du problème) : l'irrigation traditionnelle à l'aide de la noria a perduré tant que la profondeur de la nappe l'a permis. La baisse du niveau piézométrique associée aux prélèvements de plus en plus importants n'a plus autorisé, au début des années 1980 la continuation de ce mode d'irrigation.

Face à la raréfaction des ressources en eau, les stratégies de chacun divergent. Un désengagement de l'agriculture (agriculture résiliente, voire abandon) ou une modification des assolements (réduction des superficies irriguées et changement des systèmes de production) peuvent être constatés de même qu'une recherche de ressources en eau alternatives se traduisant par des surinvestissements massifs pour une course au pompage ou une mobilité foncière.

La baisse importante des niveaux piézométriques

L'augmentation des prélèvements associée à la diminution de la recharge due aux périodes de sécheresse que le bassin a connues depuis le début des années 1970 (cf. Figure 73) a entraîné une baisse importante des niveaux piézométriques des nappes du Souss et du Chtouka.

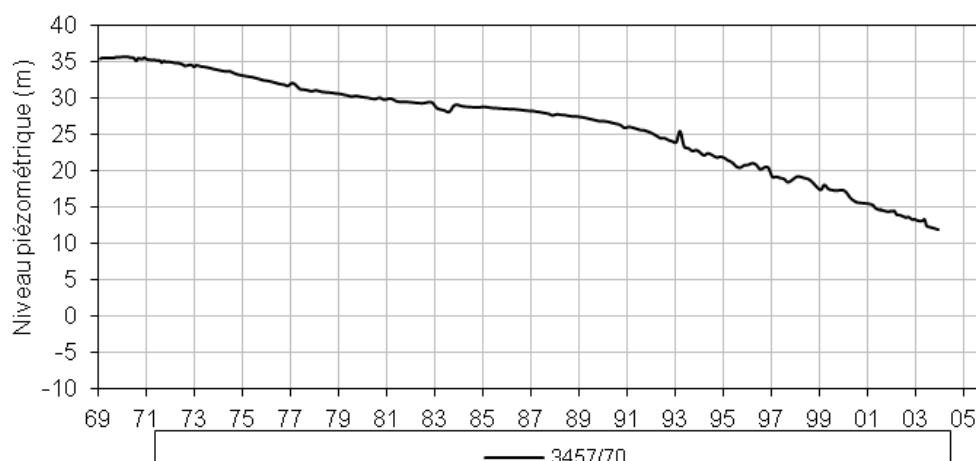
- ▶ Nappe du Souss
 - Souss amont : Baisse du niveau piézométrique de 15 m entre 1990 et 2006
 - Souss moyen : Chute du niveau piézométrique d'environ 70 m entre 1969 et 2006 (cf. Figure 74)
 - Souss aval : Baisse du niveau piézométrique d'environ 12 m entre 1969 et 2006

Figure 74 : Evolution piézométrique dans le Souss moyen (Guerdiane-Ouled Teïma)

(Source : PDAIRE Souss-Massa)

► Nappe du Chtouka

- Secteur nord-ouest : Baisse du niveau piézométrique d'environ 20 m entre 1969 et 2006
- Secteur de Biougra : Baisse du niveau piézométrique d'environ 25 m entre 1969 et 2005 (cf. Figure 75)
- Secteur au sud du périmètre de Massa : Stabilité du niveau piézométrique

Figure 75 : Evolution piézométrique dans le secteur de Biougra, Chtouka

(Source : PDAIRE Souss-Massa)

L'étude de l'ABH du Souss-Massa réalisée pour la révision du PDAIRE montre que le déstockage annuel des nappes est compris entre **100 et 350 Mm³/an** dans le cas du Souss et avoisine les **60 Mm³/an** pour la nappe de Chtouka. Ces nappes sont des

nappes littorales et sont en contact direct avec des nappes d'eau salée. Tant que la quantité d'eau douce dans l'aquifère reste suffisante, l'eau salée n'avance pas dans les terres. Cependant, la baisse importante des niveaux piézométriques peut provoquer la rupture de l'équilibre eau douce/eau salée au niveau du littoral et entraîner l'avancée du biseau salé à l'intérieur des terres. Cette avancée risque, à terme, d'engendrer une intrusion saline dans les zones de pompage qui rendrait impossible tout prélèvement agricole et aurait donc des impacts économiques catastrophiques à l'échelle locale mais aussi nationale.

2. Les premières mesures mises en place

La volonté de développer l'irrigation dans le pays s'est concrétisée en une **politique de l'offre**. En 1974, le roi Hassan II annonce l'ambition d'irriguer un million d'hectares de terres grâce à la création de 15 grands barrages à travers le pays. Pour ce faire, des **études de schémas directeurs d'aménagement des ressources hydriques** sont réalisées pour les principaux bassins versants. Ces études prospectives planifient les besoins et les ressources disponibles sur 10 ans afin de cibler les investissements à réaliser pour répondre à la demande.

La crise économique que connaît le pays au début des années 1980 lance des débats sur les modalités de recouvrement des coûts de développement du secteur de l'eau. Des dispositions sont prises pour financer ce développement notamment avec des « redevances prélèvements » mais elles ne peuvent être appliquées puisque les usagers ne déclarent pas leurs forages. Par ailleurs, ces derniers ne sont pas incités à les déclarer puisque les subventions qu'ils reçoivent du secteur agricole ne sont pas soumises à déclaration des forages. Les désaccords que connaissent le Ministère en charge de l'irrigation et le Ministère en charge du domaine l'hydraulique gênent l'application de la politique. C'est **la loi sur l'eau 10-95** qui institutionnalise la gestion de l'eau afin de limiter les blocages rencontrés entre les différents ministères et renforcer les outils de planification de la gestion de l'eau.

- ▶ le **Conseil supérieur de l'eau et du climat** est mis en place afin de permettre l'élaboration d'une politique concertée entre les deux ministères.
- ▶ **Les PDAIRE** sont rendus obligatoires. Ces plans sont élaborés dans le but d'évaluer, planifier et gérer les ressources en eau à l'échelle du bassin hydrographique. Ils sont conçus et mis en œuvre par les ABH.

Les PDAIRE doivent être approuvés par les différents départements ministériels et, malgré la mise en place du Conseil supérieur de l'eau et du climat, les compromis sont difficilement trouvés. Ce conflit empêche les révisions nécessaires du PDAIRE et donc sa mise en œuvre. Par ailleurs, le PDAIRE est censé avoir une portée juridique mais ce n'est pas possible tant que son contenu n'est pas actualisé.

La mobilisation importante des ressources en eau s'est faite dans le but de développer l'agriculture, secteur indispensable à la sécurisation alimentaire et au développement économique du pays. Cependant, ces mêmes prélèvements incontrôlés pourraient, à terme, engendrer les effets inverses. En effet, l'assèchement des nappes - principales ressources exploitées - entraînera la perte de nombreux emplois dans le secteur agricole et les petits exploitants seront les premiers impactés. Par ailleurs, l'intrusion saline représente un grand danger puisque les ressources souterraines ne seront plus exploitables du tout. C'est à la vue de ces risques qu'une nouvelle approche a émergé et que de nouvelles démarches sont mises en place à partir du début des années 2000.

Les démarches actuellement mises en place

1. Le programme national de protection des ressources en eau souterraines

La **Stratégie Nationale de l'Eau** au Maroc comporte trois piliers : la gestion de l'offre en eau, la gestion de la demande et la préservation de la ressource et des milieux. Le **programme actuel de protection des ressources en eau souterraines** s'appuie sur la GDE pour définir les objectifs à atteindre. Ce programme complète ainsi les démarches de gestion de l'offre qui ont pour but de mobiliser des ressources supplémentaires conventionnelles (barrages) et non conventionnelles (dessalement de l'eau de mer, réutilisation des eaux usées).

Quatre principaux objectifs sont définis dans le programme : le renforcement du système de contrôle, la limitation des prélèvements dans la nappe, le renforcement du suivi des nappes et le renforcement de la coordination.

► Renforcement du système de contrôle

Toutes les parties prenantes doivent être impliquées dans le contrôle et les moyens nécessaires à un contrôle efficace doivent leur être octroyés. Ainsi, la police de l'eau doit être renforcée et l'autocontrôle doit être mis en place. Par ailleurs, les collectivités et les autorités judiciaires doivent être impliquées.

► Limitation des prélèvements dans les nappes

Des mesures réglementaires, tarifaires et techniques sont proposées pour limiter les prélèvements. Au niveau réglementaire, la mise en place effective de périmètres d'interdiction de prélèvements pour les nappes surexploitées et de périmètres de sauvegarde pour les nappes en voie de surexploitation constitue un moyen efficace de lutter contre la surexploitation. Par ailleurs, l'instauration d'un permis de foreur permettra de professionnaliser l'activité et de limiter les forages illégaux et sauvages. La législation déjà existante instaurait des redevances pour l'utilisation des eaux

souterraines. La régularisation des forages existants et le renforcement des systèmes de contrôle permettront d'appliquer cette législation. Par ailleurs, les nouvelles autorisations demandées ne sauront être accordées sans une analyse fine des usages prévus de l'eau et des techniques d'irrigation utilisées.

► **Renforcement du suivi des nappes**

Le suivi des niveaux piézométriques des nappes doit être renforcé afin de mieux connaître l'état quantitatif des nappes. La déclaration des forages, la pose systématique de compteurs et le renforcement des systèmes de contrôle permettront d'instaurer un suivi efficace. Par ailleurs, l'adhésion des usagers à la démarche est essentielle.

► **Renforcement de la coordination**

La coordination entre les différentes parties prenantes est essentielle pour que la gestion de la ressource soit concertée. Toutes doivent être impliquées dans la gestion des nappes.

Le programme national de protection des ressources en eau souterraines est en accord avec la stratégie nationale de développement agricole : le **Plan Maroc Vert**. Publié en 2009, ce plan annonce les ambitions de développement agricole pour les 15 prochaines années, développement agricole qui constituera le principal levier d'action pour le développement économique du pays. Le plan souligne l'importance de préserver les ressources en eau souterraines afin de pérenniser l'agriculture dans le pays. La stratégie nationale de développement agricole est ainsi modifiée : il ne s'agit plus de développer une agriculture à tout prix mais de développer une agriculture durable, soutenable du point de vue environnemental générant des externalités sociales et économiques positives.

Pour atteindre ces objectifs, la mise en place d'une gestion locale, décentralisée et participative des ressources en eau souterraines est nécessaire. Les contrats de nappe représentent alors l'instrument le plus adapté pour assurer une telle gestion.

2. Les contrats de nappe

Les contrats de nappe « première génération » (d'après Agro Concept et BRLi, 2012)

Les contrats de nappe pour le bassin du Souss-Massa ont été initiés en 2004. Une convention cadre tripartite a été signée entre les ministères concernés, les collectivités locales et les représentants des associations professionnelles agricoles. Les différents accords trouvés répondaient aux objectifs du programme national décrit ci-dessus mais les conventions partielles, nécessaires pour mettre en œuvre la convention cadre n'ont pas été signées. Plusieurs raisons expliquent cet échec et notamment :

- ▶ La proposition de mettre en place des compteurs à chaque point de prélèvement a été acceptée par les associations professionnelles sous condition de mobiliser des ressources additionnelles. Le retard dans la mobilisation de ces ressources s'est traduit par un report dans la mise en place des compteurs.
- ▶ La régularisation des forages exige une demande d'autorisation de la part de chaque usager et les formalités administratives sont très lourdes. La réalisation d'une demande par chacun des usagers a été rendue possible par une simplification de la démarche.
- ▶ La pluviométrie des années qui ont suivi la signature de la convention cadre a été favorable et le plan a été perçu comme étant moins essentiel.
- ▶ Si dans la convention cadre les ministères s'accordaient sur le principe de l'augmentation des redevances, le montant n'a pas fait l'objet d'un accord. Par ailleurs, aucun dispositif n'avait été prévu pour collecter les redevances alors que les paiements spontanés sont très rares. L'établissement d'une zone de protection sur les nappes du Chtouka et du Souss, demandé par l'ABH, n'a pas non plus été accordé.

Ces différents points illustrent l'insuffisance du cadre institutionnel pour mettre en œuvre la convention. Afin de progresser sur les modalités de gestion des eaux souterraines, un atelier national a été organisé à Skhirat en mars 2014⁶⁰. Cet atelier a réuni les différentes parties prenantes de la gestion de l'eau au Maroc afin de formuler les conditions nécessaires à l'établissement des contrats de nappe au Maroc. Par ailleurs, l'ouverture de l'atelier a été marquée par les discours du Ministre de l'Agriculture et de la Pêche Maritime et de la Ministre chargée de l'eau, déléguée auprès du Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. Cette introduction a mis en exergue la nécessité d'instaurer un nouveau mode de gouvernance pour les ressources en eau souterraines via les contrats de nappe. Leur mise en œuvre est programmée pour 2015. L'engagement mutuel des deux ministres a constitué une base essentielle à la tenue de l'atelier.

3. Les contrats de nappe « deuxième génération »

Plusieurs propositions opérationnelles ont été faites durant l'atelier afin de construire un cadre solide pour l'élaboration des contrats de nappe.

Le programme national de protection des ressources en eau souterraines a été présenté en début d'atelier par la Direction de la Recherche et de la Planification de

⁶⁰ Voir <http://beta.cmimarseille.org/highlights/cmi-support-groundwater-resources-management-morocco-%E2%80%93-skhirat>

l'Eau (DRPE), du Ministère chargé de l'eau. Ce programme pose les principales conditions de réussite des contrats de nappe. Lors de cette même présentation, la DRPE a annoncé le changement de composition du Comité de pilotage des contrats de nappe. Initialement, l'arbitrage était conduit au niveau du département ministériel en charge de l'irrigation et du département en charge du domaine hydraulique. L'éloignement des réalités locales et les tensions entre les différents ministères ne permettaient pas d'aboutir à un consensus. La DRPE a donc annoncé que cette compétence, cruciale pour l'obtention d'un accord et la signature du contrat va être déléguée au gouverneur qui dépend du ministère de l'intérieur.

Par ailleurs, l'échec des premiers contrats de nappes a été analysé dans l'étude AgroConcept/BRLi de 2012, financée par l'AFD et le Plan Bleu, sur la gestion de la demande en eau dans le bassin du Souss-Massa. L'analyse des obstacles rencontrés permet la formulation de conditions de réussite. Le respect de ces conditions de réussite est difficile actuellement en raison du cadre réglementaire. Ainsi, **les propositions les plus importantes lors de l'atelier concernent la réforme de la loi 10-95 ou la promulgation de nouvelles lois** afin que les conditions suivantes soient remplies.

- ▶ **La redistribution du pouvoir et l'engagement des usagers se fait en application du principe de subsidiarité.** Pour que cela soit possible, il faut faire évoluer le statut juridique des usagers. Ils doivent avoir la possibilité de participer à la gestion de la ressource, au contrôle et à la collecte des redevances. Par ailleurs, les règles établies doivent être conformes au PDAIRE.
- ▶ **L'Etat doit faciliter la régularisation des forages non déclarés.** Le contrat de nappe doit inclure la totalité des usagers et cela n'est pas possible aujourd'hui. Pour cause, 70% des points de prélèvements sont illégaux donc non parties prenantes du processus⁶¹.
- ▶ **Le contrat de nappe doit être rendu opposable.**

Cependant la réforme de la loi prend du temps et **la mise en place de contrats de nappes apparaît d'ores et déjà possible dans le cadre actuel.** Des solutions de court terme ont ainsi été proposées. Les usagers pourront travailler dans le cadre de comités ad hoc mis en place par les agences de bassin et le processus sera

⁶¹ L'effet vertueux de la régularisation est en effet de permettre que tous les usagers puissent être soumis aux obligations de déclaration, de contrôle des prélèvements et de paiement des redevances, et impliqués dans une gestion collective le cas échéant. Toutefois, la régularisation doit être maniée avec beaucoup de précaution car elle peut conduire à des effets pervers et à une grave surexploitation : si les mesures de contrôle qui doivent impérativement l'accompagner ne sont pas mises en place et si, en conséquence, elle doit être répétée, voire reconduite périodiquement et sans contreparties suffisantes de la part des usagers, ceux-ci sont alors clairement incités à multiplier les forages illégaux, dans l'attente de la prochaine campagne de régularisation. La fermeture des forages non déclarés est aussi une option.

accompagné par des circulaires interministérielles. Des décrets de protection des nappes permettront de faire respecter les prescriptions du contrat en attendant qu'il soit rendu opposable.

La première convention cadre avait été signée par toutes les parties mais l'accord reposait sur le fait que de nouvelles ressources allaient être mobilisées. Lors de l'atelier, il a été rappelé **que le contrat doit se baser sur une stratégie « donnant-donnant »** : les enjeux et les objectifs sont définis par les usagers mais la mobilisation massive de ressources nouvelles n'est pas envisageable.

Confrontation aux principes d'ostrom

Bien que les contrats de nappe ne soient pas encore mis en place au Maroc, les tables rondes de l'atelier, alimentées par l'étude sur le Souss Massa et par d'autres travaux réalisés notamment avec concours de la GIZ, ont permis l'émergence d'une vision partagée quant aux préalables à satisfaire en amont du contrat, à son contenu minimum et au suivi après sa mise en place pour assurer son efficacité. Le cadre présenté constitue donc un idéal à atteindre qui remplit les conditions d'Ostrom pour la mise en place d'une gestion locale, décentralisée et participative des ressources en eau souterraines. En revanche, les contrats de nappe devant être mis en place à partir de 2015, il est donc intéressant de voir, pour chacun des principes, les actions qu'il reste à mettre en œuvre pour atteindre l'idéal présenté (cf. Tableau 18). Dans la colonne de gauche, sont présentés les sept principes de conception d'Ostrom. La colonne de droite comporte les actions à mettre en œuvre.

Tableau 18 : Actions à mettre en œuvre pour respecter chacun des principes d'Ostrom

Définition claire des usages et des limites de la ressource (frontière géographique et droits d'eau) 1	<ul style="list-style-type: none"> • Interdiction ou régularisation des forages non déclarés pour que le contrat de nappe inclue la totalité des usagers. • Inventaire des usages et des points de prélèvement • Mesure du volume prélevé pour chacun des usages/
Adaptation des règles de gouvernance aux conditions locales 2	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des enjeux et objectifs du contrat de nappe par les usagers pour que le contrat soit adapté aux conditions locales • Penser le contrat à l'échelle de la nappe mais aussi à une échelle plus petite pour représenter les catégories d'usagers • Evaluation du poids socio-économique de chaque usage
Participation des membres à la définition de règles communes 3	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des enjeux et objectifs du contrat de nappe par les usagers
Surveillance du respect des règles par les usagers eux-mêmes ou leurs représentants leur rendant des comptes 4	<ul style="list-style-type: none"> • Associer les usagers à la surveillance du respect des règles par un processus d'autocontrôle • Mise en place d'un dispositif pour collecter les redevances
Sanctions graduelles en cas de non-respect des règles 5	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction de sanctions progressives • Formation des juges au Code de l'Eau
Accès facile et local à des mécanismes de résolution des conflits 6	<ul style="list-style-type: none"> • Subdivision du contrat à une échelle plus petite pour faciliter la résolution des conflits
Droit des usagers d'élaborer leurs propres institutions sans remise en cause par un gouvernement externe 7	<ul style="list-style-type: none"> • Création de comités ad-hoc à court terme et révision de la loi pour faire évoluer le statut juridique des usagers
Pour les communs de grande taille : organisation des activités de gouvernance sur plusieurs niveaux imbriqués 8	<ul style="list-style-type: none"> • Penser le contrat à l'échelle de la nappe mais aussi à une échelle plus petite pour représenter les catégories d'usagers

La lecture du tableau montre que les actions à mettre en œuvre doivent aboutir à l'appropriation de la démarche de contrat de nappes par les usagers. Leur rôle dans la gestion des ressources en eau souterraines doit être valorisé. Pour ce faire, c'est une stratégie « donnant-donnant » qui est envisagée. Cette stratégie donne à la fois des droits et des devoirs, que ce soit aux usagers mais aussi aux représentants de l'Etat.

- ▶ L'attribution de droits aux usagers exige la délégation de compétences de la part de l'Etat qui reconnaît le rôle essentiel des usagers dans la gestion. Cela passe par la réforme de la loi.
- ▶ Les usagers doivent se responsabiliser dans la gestion des ressources en régularisant leurs forages et en respectant la réglementation.
- ▶ L'ABH a un rôle de facilitateur. Elle doit permettre le dialogue entre les différents acteurs de la gestion de l'eau, orienter et aider les acteurs pour la mise en place d'une gestion efficace.

Cas n°6 : La nappe de Bissis Oued El Akarit (Tunisie)

Les eaux souterraines en Tunisie : situation et enjeux

C'est dans un contexte de rareté de la ressource en eau que la Tunisie a connu au cours des dernières décennies de profondes transformations marquées par un niveau très élevé de mobilisation de l'eau qui dépasse les 90% des ressources potentielles : utilisation des meilleurs sites de grands barrages et de retenues collinaires, exploitation poussée des nappes souterraines de surface et profondes⁶², recours accru aux eaux non conventionnelles. Aujourd'hui, les prélèvements en eau approchent l'ordre de grandeur des ressources et les coûts marginaux de fourniture d'eau augmentent et commencent à dépasser les avantages économiques offerts par les usages les moins productifs. Cela se traduit par une interdépendance accrue entre les différents secteurs d'usages et par des risques d'apparition de conflits potentiels en perspective: l'eau devient un facteur limitant global du développement.

Prenant conscience des enjeux liés à l'approvisionnement en eau, la Tunisie a évolué progressivement d'une politique fondée sur l'offre, avec un effort permanent de mobilisation des ressources en eau, à une gestion par la demande. Il s'agit, en réalité, d'une politique qui vise en première étape la rationalisation des usages en réduisant les consommations, mais tout en continuant à mener de front le développement de ressources supplémentaires.

1. Prélèvements et usages des eaux souterraines

► Données générales sur les ressources en eau en Tunisie

Les ressources potentielles en eau sont évaluées à **4 855 Millions de m³/an**, dont 2 700 Mm³/an constituent les ruissellements moyens et **2 155 Mm³ les eaux souterraines**, soit 44% des ressources mobilisables.

Le total des prélèvements sur les ressources en eau atteint 2 640 Mm³ en 2010, dont 540 Mm³ ont été alloués à l'eau potable (55% en eau de surface et 45% en eau souterraine) et 2 100 Mm³ à l'irrigation. Les eaux utilisées pour l'irrigation proviennent pour 75% des eaux souterraines, pour 23% des eaux de surface, et pour 2% de la réutilisation des eaux usées traitées. La majeure partie de la demande en eau émane des zones côtières Est à grande densité de population, et certains des

⁶² La distinction entre nappe phréatique (ou de surface) et nappe profonde est basée sur la profondeur par rapport au niveau du sol. De 0 à 50 m, la nappe est considérée de surface ; en deçà la nappe est dite profonde.

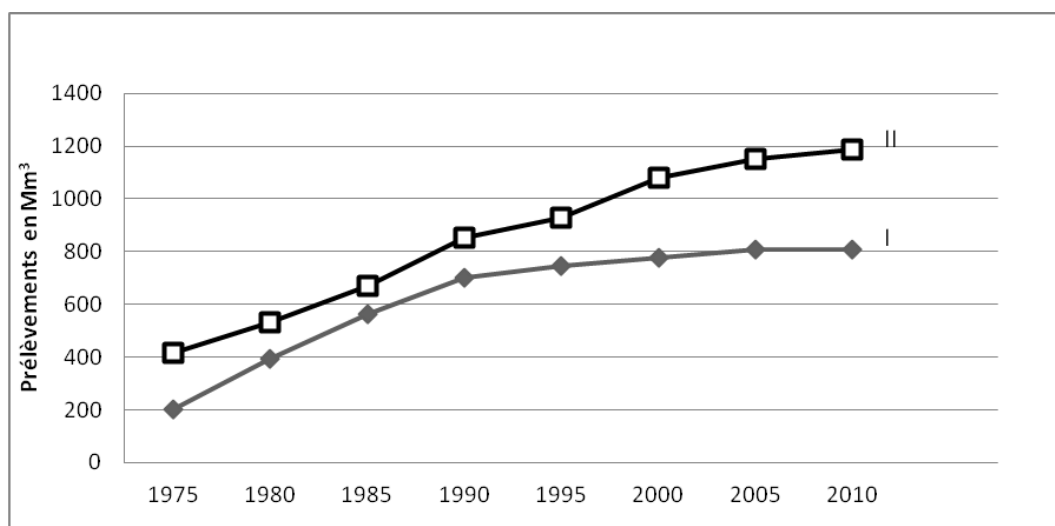
principaux périmètres irrigués sont situés loin des grands gisements de ressources en eau du pays. Ces zones côtières utilisent plus d'eau qu'elles n'en disposent, ce qui les amène à importer de l'eau d'autres régions du Nord mieux pourvues : le pays entier est, en réalité, marqué par de longs transferts d'eau d'Ouest et du Nord vers l'Est au moins pour l'eau potable.

► Evolution des prélèvements depuis le début des années 1980

L'exploitation dans les nappes profondes a progressé de 535 Mm³ en 1980 à 1 150 Mm³ en 2005 et à environ **1 205 Mm³ en 2010**, soit un taux de croissance annuel de l'ordre de 2.7% (cf. Figure 76). Le nombre de forages réalisés de 1991 à 2010 s'élève à environ 9 300 forages soit près de 465 forages par an en moyenne.

En ce qui concerne les nappes phréatiques, le volume total exploité est passé de 395 Mm³ en 1980 avec 23 000 puits équipés en matériel de pompage, à **810 Mm³ en 2010** avec environ 100 000 puits équipés.

Figure 76 : Evolution sous forme graphique des prélèvements dans les nappes phréatiques (I) et les nappes profondes (II)



(Source : DGRE)

► Usages principaux des ressources en eau souterraines

Les usages sont multiples et couvrent une part importante des besoins des différentes activités socio-économiques. 2 015 Mm³ ont été prélevés en 2010 au profit des divers secteurs dont 60% sur les nappes profondes et 40% sur les nappes phréatiques (cf. Tableau 19). La même année, 93% des ressources souterraines potentielles sont réellement exploitées ; et l'on approche ainsi une situation de saturation assez critique.

Tableau 19 : Evolution des prélèvements d'eau souterraine par usage entre 1990 et 2010

Année	1990 En Mm ³	2000 En Mm ³	2010 En Mm ³
A- Total des ressources souterraines exploitables	1 840	2 135	2 165
Prélèvements «irrigation»	1 335	1 610	1 705
Prélèvements «eau potable»	150	175	250
Prélèvements « Industries » non raccordées aux réseaux publics	60	70	55
Prélèvements secteur «touristique»	5	5	5
B- Total des ressources exploitées	1 550	1860	2 015
Taux d'exploitation en % (B/A)	84%	87%	93%

(Source : DGRE)

2. La problématique de l'exploitation intensive des nappes

Les efforts d'investissement dans l'aménagement hydro-agricole, engagés de façon continue pendant les cinq dernières décennies en vue de développer et d'étendre l'agriculture irriguée dans les diverses régions du pays, avaient en réalité un double objectif à caractère socio-économique : amélioration du niveau de sécurité alimentaire au niveau national et soutien des revenus des petits agriculteurs dans des régions rurales souvent démunies. Cette situation a entraîné une demande en eau agricole de plus en plus importante dans certaines régions et en conséquence une tendance à l'exploitation intensive des ressources en eau, notamment des ressources souterraines phréatiques facilement accessibles.

Les conséquences sur les nappes de cette exploitation intensive sont présentées ci-dessous, pour les nappes profondes et les nappes phréatiques.

► Les nappes profondes

Une forte sollicitation des nappes profondes, dont les ressources exploitables sont estimées à 1410 Mm³, se manifeste depuis dix ans. Cette sollicitation fait suite au développement de plusieurs projets d'eau potable et d'irrigation à caractère public et à l'autorisation accordée pour quelques captages à caractère privé. Vu le contrôle assez serré de la création des forages dans les nappes profondes assuré par l'Administration, le phénomène de surexploitation reste néanmoins exceptionnel. Des signes inquiétants sont en train de se manifester dans environ 30 nappes profondes d'inégale importance, dans lesquelles l'indice d'exploitation⁶³ commence à devenir supérieur à 1 d'une manière quasi permanente. Sur le plan régional, ce phénomène

⁶³ L'indice d'exploitation le est le rapport entre la moyenne du volume des ressources réellement exploitées et le volume des ressources exploitables.

est assez significatif dans les gouvernorats du Nord-est ($I_e = 1.66$), du Centre-ouest ($I_e = 1.32$) et enfin du Sud-ouest ($I_e = 1.96$), région la plus affectée et où la ressource n'est pas renouvelable. Pour ce dernier, la « ruée » sur la ressource par des forages individuels illicites destinés à la création de palmeraies a été menée au vu et au su de tous depuis les années 1990, devant une Administration normalement vigilante et soudainement neutralisée.

Globalement, pour l'ensemble du pays, le potentiel de ressources relatives aux nappes profondes en surexploitation est de 315 Mm^3 , les volumes exploités sont de 530 Mm^3 (dont 340 Mm^3 dans le Sud-ouest), soit un **indice d'exploitation moyen de l'ordre de 1,68**.

► Les nappes phréatiques

La surexploitation des nappes phréatiques, dont les ressources exploitables de façon durable sont estimées à 745 Mm^3 , est relativement plus préoccupante. Le chiffre agrégé de surexploitation de 70 Mm^3 (écart arithmétique entre volume exploité : 810 Mm^3 et 745 Mm^3 volume exploitable) est évidemment trompeur, puisque certaines nappes surexploitées le sont très fortement, et certaines autres conservent un excédent. La situation régionalisée des nappes phréatiques surexploitées est présentée dans le Tableau 20 :

Tableau 20 : les nappes phréatiques en état de surexploitation

Région naturelles	Nombre de nappes phréatiques surexploitées	Déficit (Mm^3/an)
Nord	11	88
Centre	33	88
Sud	16	17
Total	60	193

(Source : DGRE, 2005)

Les ressources réellement exploitées des nappes en situation de surexploitation sont évaluées en 2005 à 548 Mm^3 sur un volume renouvelable potentiel de l'ordre de 355 Mm^3 , soit un déficit de 193 Mm^3 et un **indice moyen d'exploitation de l'ordre de $I_e = 1.55$** . Néanmoins, cet indice d'exploitation varie entre $I_e = 1.1$ (côte orientale du Cap Bon) et $I_e = 2.6$ (Djebeniana-Sfax).

Éléments de contexte sur la gestion des eaux souterraines en Tunisie

1. Le cadre légal de la gestion de l'eau en Tunisie

Le Code des Eaux

En Tunisie, l'instrument juridique fondamental pour la gestion de l'eau est le **Code des Eaux promulgué en 1975** [Loi 75-16 du 31 mars 1975, modifiée par la Loi 87-35 du 6 Juillet 1987, complétée par la Loi 88-94 du 2 Août 1988, modifiée par la Loi 2001-116 du 26 Novembre 2001 ainsi que par le Décret 2001-2606 du 9 Novembre 2001]. Tout en s'inspirant des principes du droit musulman et du droit coutumier, ainsi que des réformes du droit des eaux introduites par le protectorat depuis la fin du XIX^{ème} Siècle et le début du XX^{ème} Siècle, ce Code a introduit les dispositions fondamentales suivantes :

- ▶ **La domanialité publique des ressources en eau.** Certains droits traditionnels de propriété individuelle de l'eau ont été reconvertis en droits d'usage. Le Code énonce en effet que l'ensemble des ressources en eau de surface et souterraines appartiennent désormais au domaine public et ne peuvent faire l'objet d'aucune appropriation privée, comme le précise l'article-3 du Code : « Le domaine public hydraulique est inaliénable et imprescriptible ».
- ▶ **Le rôle prépondérant de l'Administration** dans la planification, la mobilisation, le contrôle et le suivi intégré de l'utilisation des eaux sur les aspects aussi bien quantitatifs que qualitatifs : prélèvement, consommation, périmètres d'aménagement et d'utilisation des eaux, périmètres de sauvegarde ou d'interdiction, rejets, etc.
- ▶ **Le principe de la valorisation maximale du mètre cube d'eau** est adopté à l'échelle du pays et pour les différents secteurs d'usage. Le Code prévoit à cet effet des dispositions visant à promouvoir la conservation de l'eau et son efficience, en évitant le gaspillage et la dégradation de la ressource.
- ▶ **La protection de l'environnement hydrique**, en interdisant toute action pouvant causer de manière directe et indirecte la pollution des milieux hydriques et en prévoyant plusieurs mesures de conservation du Domaine Public Hydraulique (DPH) et de protection de la qualité des eaux. De même, la réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles est encouragée.
- ▶ **Le principe de la participation directe du secteur privé** dans la gestion des ressources en eau non conventionnelles est retenu, bien que d'une manière restrictive (traitement des eaux usées, dessalement des eaux saumâtres ou marines).

- **La possibilité d'autogestion des ressources hydrauliques** dans un cadre associatif est permise.

Les principaux acteurs de la gestion de l'eau

Au niveau national

- Depuis 1975, c'est le **Ministère de l'Agriculture** qui est en charge de la gestion du DPH. Ce dernier est assisté par deux commissions : le **Conseil National de l'Eau** et la **Commission du DPH**. Au sein même du Ministère de l'Agriculture, plusieurs directions techniques interviennent pour la gestion du DPH, dont les plus importantes sont :
 - **La Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE)** qui assure la gestion courante de l'exploitation du DPH, notamment la délivrance des différentes autorisations d'exploitation et d'utilisation des eaux, ainsi que la gestion des réseaux de mesure et d'observation relatifs aux ressources en eau (pluviométrie, hydrométrie, piézométrie, suivi de la qualité de l'eau) ;
 - **La Direction Générale des Barrages et Grands Travaux Hydrauliques (DG BGTH)** pour l'étude et l'exploitation des barrages, l'exécution des barrages collinaires, etc.
 - **La Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (DGGREE)** pour la mise en place de la politique d'aménagement des périmètres irrigués, d'alimentation en eau potable en milieu rural, de la promotion de l'économie de l'eau et de la gestion associative des systèmes d'eau.
- Si la plus grande composante du DPH est supervisée par les services du Ministère de l'Agriculture, il faut signaler l'intervention du **Ministère chargé de l'Environnement** (Le Ministère de l'Équipement et de l'Environnement à partir de 2012) par le biais de **l'Agence Nationale de la Protection de l'Environnement (ANPE)** et **l'Office National de l'Assainissement** (pour le contrôle de la pollution et la gestion des services de l'assainissement urbain).

Au niveau de chaque Gouvernorat, le Commissariat Régional au Développement Agricole (CRDA), établissement à caractère administratif doté de l'autonomie financière, est chargé de l'application de la politique du Ministère de l'Agriculture à l'échelle de chaque Gouvernorat.

C'est le Code des Eaux de 1975 qui introduit les éléments relatifs à la gestion des ressources en eau souterraines. Les principaux éléments sont donnés ci-dessous :

- ▶ Les eaux souterraines appartiennent au DPH.
- ▶ Hors périmètres de sauvegarde ou d'interdiction, les ouvrages en nappes phréatiques sont soumis au régime de la déclaration, les autres étant soumis au régime de l'autorisation assortie d'une concession.
- ▶ Une redevance est instituée sur les prélèvements.
- ▶ Des **périmètres de sauvegarde** sont institués lorsque « les conditions d'exploitation [...] risquent de mettre en danger la conservation quantitative et qualitative des eaux ». Dans ce cas, toute recherche ou exploitation reste soumise à une autorisation préalable. Des **périmètres d'interdiction** sont aussi déclarés lorsque « la conservation ou la qualité des eaux sont mises en danger par le degré d'exploitation ». Dans ce cas, l'Etat autorise toute modification sur les ouvrages existants mais peut limiter leur débit, voire l'annuler.

Il est important de noter que les dispositions du Code des Eaux relatives à ces périmètres de protection ne sont pas souvent respectées. Les services chargés de la gestion administrative du DPH au sein du Ministère de l'Agriculture et les forces de l'ordre placées sous l'autorité du Ministère de l'Intérieur ne semblent pas travailler en synergie.

A l'échelon du gouvernorat, le **CRDA** abrite des agents assermentés chargés de la Police des Eaux. La faiblesse des moyens humains et budgétaires alloués au CRDA entraînent des difficultés croissantes à inventorier précisément les prélèvements dans un contexte général souvent laxiste (approfondissements non déclarés des ouvrages existants, création non déclarée d'ouvrages nouveaux en nappes phréatiques, absence de moyens de mesure, dépassement des volumes autorisés par la concession, etc.). Ces phénomènes ont été exacerbés après les événements révolutionnaires de janvier 2011, les administrations publiques ont une présence et une activité bien plus faible dans les zones rurales et les agressions du DPH deviennent de plus en plus fréquentes. Par ailleurs, les sanctions administratives ou judiciaires prévues par le Code des Eaux sont non dissuasives et le soutien des autorités politiques locales pour l'exercice des tâches de contrôle et pour l'application des sanctions administratives est peu ferme.

Sur le plan local, les **associations d'usagers de l'eau** commencent à prendre de l'importance, notamment pour la concertation et gestion participative des nappes.

Les éléments de gestion des ressources en eau souterraines présentés ci-dessus illustrent les contraintes et problématiques de gestion du DPH en Tunisie. Pour y

remédier, un projet de refonte du Code des Eaux⁶⁴ est actuellement en phase d'approbation sur le plan politique.

2. Les stratégies nationales de gestion de la demande en eau

L'exploitation des ressources hydrauliques conventionnelles est déjà assez avancée en Tunisie et il est prévu que la demande en eau (eau potable, irrigation, industrie, tourisme, etc.) associée à la croissance démographique et l'amélioration du niveau de vie risque de dépasser l'offre. Consciente de ce problème, la Tunisie s'est engagée à développer une stratégie axée sur la gestion de la demande et l'adoption d'un système de planification intégrée. Les principaux points de cette stratégie sont présentés ci-dessous.

Les mécanismes économiques

► Redevances domaniales

La réglementation tunisienne relative au DPH stipule que les autorisations et les concessions non déclarées d'utilité publique donnent lieu, au profit de l'Etat, à une redevance calculée sur la base du volume d'eau pouvant être prélevé et appliquée quel que soit l'usage de l'eau. Cependant, le niveau de paiement de ces redevances domaniales par les utilisateurs de puits, forages et captages individuels ou collectifs est très bas. Les recettes encaissées à ce titre par l'Etat sont très faibles, entre 5 et 10% des montants théoriques sur les eaux souterraines, et ce, à cause des faibles capacités de recouvrement du Bureau d'Inventaire des Ressources Hydrauliques (BIRH). Par ailleurs, la redevance est actuellement fixée à un niveau très raisonnable, qui n'est pas assez élevé pour inciter aux économies d'eau. Le tarif est ainsi de 0.002 DT/m³ d'eau à usage agricole et 0.005 DT/m³ pour les autres usages.

► Tarification de l'eau d'irrigation

Une action de renforcement de la tarification de l'eau d'irrigation dans les projets publics, y compris ceux approvisionnés par les eaux souterraines profondes, a été engagée pendant notamment les années 1990 et 2000, et ce sous le triple aspect de la transparence du prix de revient, de la souplesse (tarification régionalisée, variation selon la vocation des périmètres irrigués et du coût de l'eau, etc.) et des objectifs nationaux connexes (sécurité alimentaire). De 1990 à 2000, une augmentation régulière des tarifs de l'eau a été réalisée au rythme de 9% par an en termes réels. Parallèlement à ces dispositions, un effort considérable a été déployé pour

⁶⁴ « Etude de révision et d'aménagement du Code des Eaux », CNEA, 2011

généraliser les systèmes de comptage au niveau des exploitations agricoles irriguées.

L'augmentation totale des tarifs a atteint environ 400% entre 1990 et 2003 et a servi à recouvrer une part importante des accroissements des frais d'exploitation et de maintenance des systèmes d'eau. Le taux de recouvrement est ainsi passé, pour la même période, de 57% à 90% avec une temporisation à partir de 2003.

La politique d'augmentation continue des tarifs n'a pas été facilement acceptée et la réticence des irrigants a parfois été grande. Certaines actions d'accompagnement telles que l'instauration des tarifs préférentiels pour les cultures céréalières et fourragères de faible valeur ajoutée (rabattement de 50% des tarifs normaux, prix constant de 20 mil./m³ pour les eaux usées traitées, etc.), la libéralisation des prix des productions irriguées et la sensibilisation des irrigants à l'économie de l'eau à la parcelle ont permis de modérer progressivement cette réticence.

Les mesures techniques

► Amélioration des techniques d'irrigation

Le **Programme National d'Economie d'Eau d'irrigation** (PNEE) a connu un élan considérable à partir de 1995, favorisé par la décision politique relative à l'augmentation de la prime d'investissement accordée aux équipements d'irrigation modernes (40 à 60% du coût des investissements). De même, ce programme a été appuyé par diverses campagnes de sensibilisation et de vulgarisation de masse en rapport avec la préservation de l'eau d'irrigation. Eu égard aux problèmes parfois complexes de l'utilisation de l'eau agricole, des progrès relativement importants ont été enregistrés grâce au programme en question :

- En matière de modernisation des équipements et de l'utilisation des procédés d'économie d'eau à la parcelle, le taux d'équipement est passé d'environ 37% de la superficie totale irriguée du pays en 1995 à 83% en 2009.
- La demande globale de l'eau d'irrigation s'est stabilisée à un niveau moyen de l'ordre de 2.1 milliards de m³, ce qui correspond en tendance et compte tenu de l'extension continue des superficies irriguées à une baisse moyenne de la consommation unitaire de l'ordre de 120 m³/an d'eau à l'hectare au niveau national.
- L'indicateur de rentabilité adopté est le délai de retour sur l'investissement relatif aux équipements d'irrigation. Il s'établit à 3 années pour les cultures maraîchères et à 2 années pour l'arboriculture fruitière.

► La recharge artificielle des nappes

Au cours de l'année 2011, la recharge artificielle des nappes a touché 20 nappes, sur un total de 28 nappes concernées par les projets de recharge sur 70 nappes en état de surexploitation. Les types d'ouvrages de recharge sont très nombreux et comprennent les bassins, les puits, les lits d'oueds, les ouvrages d'épandage des crues, les anciennes carrières. La même année, un volume de 38,4 Mm³ a été destiné à la recharge. Les sources d'alimentation sont présentées dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Volume rechargé par source d'eau

Sources d'approvisionnement	Volume rechargé (en Mm3)
Grands barrages	1,7 (4%)
Barrages collinaires	35,4 (92%)
Eaux usées traitées	1,3 (4%)
Total	38,4 (100%)

(Source : DGRE, 2012)

3. La mise en place de la gestion locale des nappes en Tunisie

Le contexte socio politique des années 1980 en Tunisie, et notamment le programme d'ajustement structurel visant le désengagement progressif de l'Etat, a été favorable à la décentralisation et à la promotion de la gestion autonome des ressources naturelles au moyen d'une participation plus active des groupements locaux à des fins multiples, y compris la planification et l'application des stratégies relatives à la gestion des ressources hydrauliques.

L'effort a commencé avec l'extension quasi générale des associations d'usagers dans les domaines publics de l'irrigation et de l'eau potable rurale. Concernant la gestion des ressources en eau souterraines, un début tardif, mais encore timide, se manifeste dans l'implication associative des irrigants.

Cette expérience de généralisation des associations d'usagers, qui n'est plus récente, montre que la prise en charge totale de **la gestion des systèmes d'eau par ces associations passe par certains préalables**, tels que la **sensibilisation** et la **formation des membres** des associations dans les divers domaines techniques, administratifs et financiers. Le soutien à ces associations nécessite encore un apport substantiel de savoir-faire des organismes publics, des relations avec les ONG qui seront en mesure de leur fournir le soutien voulu.

La stratégie de promotion des associations d'utilisateurs

La gestion communautaire des eaux, notamment souterraines, a une longue tradition en Tunisie puisque les premières associations créées en vue de gérer les eaux souterraines du sud du pays ont vu le jour entre 1912 et 1920. Cependant, la configuration moderne de la gestion communautaire des eaux remonte au début des années 1990 et le cadre juridique permettant l'organisation des utilisateurs de l'eau en groupements a vu sa dernière modification en 1999.

Ainsi, les associations d'utilisateurs actuelles, les **Groupements de Développement Agricole** (GDA) peuvent avoir de larges prérogatives dans la gestion des ressources en eau souterraines. L'instance chargée de la coordination des groupements au niveau de chaque gouvernorat du pays est la **Commission Consultative des Organismes Professionnels** dans le secteur de l'agriculture et de la pêche. Organismes sans but lucratif, les GDA sont en réalité dotés de la responsabilité civile et de l'autonomie financière et sont chargés, entre autres, de l'exploitation et de l'entretien des systèmes d'irrigation et d'eau potable mis à leur disposition par l'Etat. Dans le schéma ainsi créé, et conformément à sa politique de décentralisation, l'Administration devait garder un rôle centré sur :

- ▶ La planification,
- ▶ La coordination (gestion des allocations, arbitrage selon les priorités),
- ▶ La supervision et le contrôle, ainsi que l'encadrement et le renforcement des capacités, pour tous les aspects de la gestion de l'eau (techniques, financiers, administratifs...).

Selon le système d'évaluation de la DGGREE, la situation technique et financière des réseaux gérés par les GDA est très inégale, et les performances des GDA pour assurer une qualité de service raisonnable restent encore relativement mitigées : 20% des GDA sont jugés de bonne performance, 51% sont de moyenne performance, 17% de faible performance et 12% en cessation de fonctionnement pour des raisons techniques ou sociales variées. Les principaux points faibles dans la situation actuelle résident dans l'interventionnisme et l'ingérence des autorités politiques et administratives locales et dans le manque de capacités des GDA pour la gestion administrative et financière et pour effectuer l'entretien et la maintenance nécessaires des systèmes d'eau. Cette dernière carence est souvent liée à la capacité financière limitée des GDA pour payer les services externes, mais également au fait que les prestataires de maintenance et d'entretien ne sont pas nécessairement disponibles, notamment dans les régions intérieures où le marché est encore étroit pour ce genre de services. Divers projets d'assistance, d'appui et de recherche impulsés par des organisations de coopération (AFD, BAD, JIBIC, KfW, etc.) sont actuellement mis en place en vue de renforcer les acquis des GDA et assurer la « pérennisation » ou la durabilité des services qu'ils rendent.

La gestion participative des nappes

Forte de l'expérience acquise en matière de gestion associative des eaux de surface et souterraines profondes dans le cadre de projets d'irrigation et d'eau potable rurale, et notamment dans la gestion participative de la nappe phréatique de Bsissi-Oued El Akarit dans le Gouvernorat de Gabes (décrit ci-après), l'Administration a envisagé depuis quelques années de mettre en œuvre plusieurs projets de gestion participative de nappe qui s'orientent dans deux directions privilégiées : la sensibilisation des exploitants des puits sur certaines nappes en état de surexploitation pour les inciter à réduire leurs prélèvements et le renforcement de la gestion de l'offre par recharge artificielle de nappe surexploitée. En dehors de l'expérience de nappe de Bsissi, aucun des autres projets n'a acquis la maturité nécessaire et n'offre de résultats tangibles.

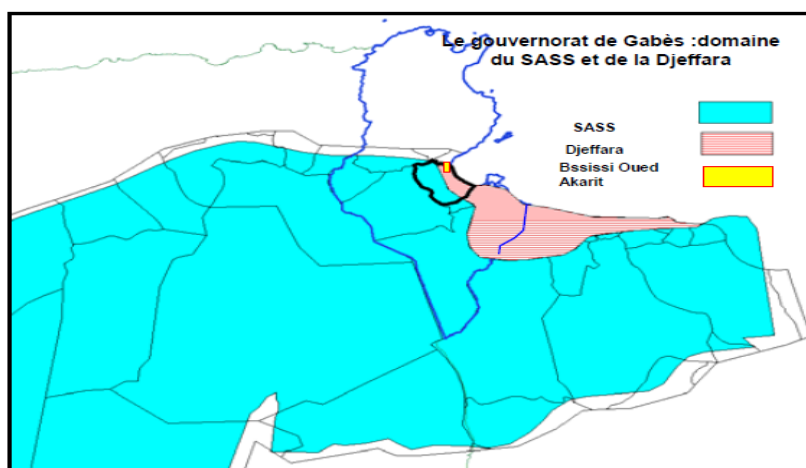
La gestion de la nappe de Bsissi Oued Al Akarit

1. Contexte

Sur le plan hydrogéologique, la zone de Bsissi-Oued El Akarit fait partie de la région de Gabes Nord. Elle est composée de deux nappes :

- ▶ **La nappe phréatique**, qui constitue un secteur de la nappe phréatique de Gabes Nord. Le potentiel des ressources, c'est-à-dire le volume de recharge est de **1,25 Mm³ /an**. La salinité de l'eau est globalement de 4 g/l. C'est une nappe côtière logée dans des formations sablo-argileuses du Plio-quaternaire. Elle est alimentée par l'infiltration des eaux pluviales, par la nappe profonde et par les eaux d'irrigation excédentaires des périmètres irrigués. Cette nappe est exploitée par des puits de surface. On dénombre 380 puits dont 364 sont équipés et 18 non exploités.
- ▶ **La nappe de Djeffara**, très peu renouvelable et en partage entre la Tunisie, l'Algérie et la Libye, est renfermée dans les sables miopliocènes entre 40 et 100 m de profondeur. La salinité est comprise entre 3,5 et 5 g/l. Le recours progressif au pompage a largement favorisé l'intensification de l'exploitation de la nappe depuis le début des années 1970. Les problèmes de la gestion des ressources en eau sont principalement liés à la baisse continue de l'artésianisme et aux risques d'une augmentation excessive de la salinité de l'eau. Les prélèvements de la nappe dans la région de Gabes ont **évolué de 1.30 Mm³ en 1970 à 2.8 Mm³ en 2004**.

Figure 77 : Situation de la nappe de Jeffara



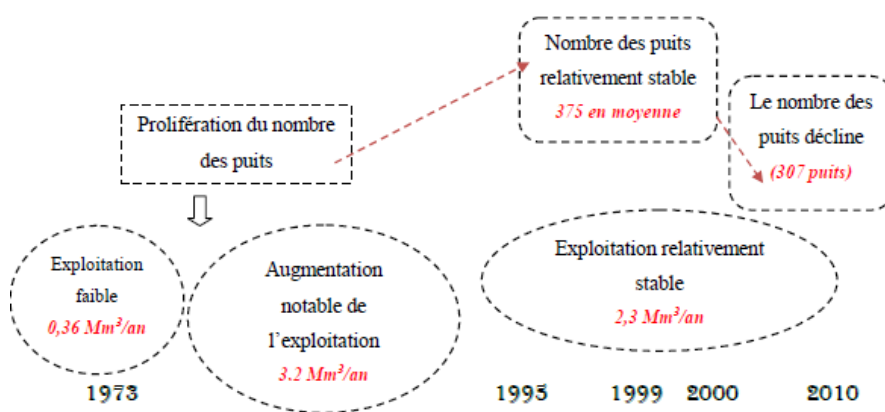
(Source : SCET, 2014)

La zone concernée couvrait une superficie géographique de 5 120 ha qui est réservée principalement aux activités agricoles. A titre indicatif, la superficie irriguée en 1998 était de 1 620 ha, pour une superficie culturale d'environ 2 600 ha, dont 905 ha en cultures maraichères d'hiver, 830 ha en cultures maraichères d'été, 195 ha en cultures industrielles (tabac), 110 ha en cultures fourragères et 565 ha en arboriculture.

2. Emergence du problème et premières mesures

Au début des années 1970, le développement de l'agriculture irriguée a entraîné une exploitation croissante de la ressource. L'aquifère étant, à cette époque, en libre accès, les prélèvements n'ont pas été maîtrisés. En une décennie, les volumes d'eau utilisés ont été multipliés par presque 10, s'établissant ainsi à **3,2 Mm³/an** au milieu des années 1980 (cf. Figure 78).

Figure 78 : Evolution des caractéristiques d'exploitation de la nappe de Bssisi

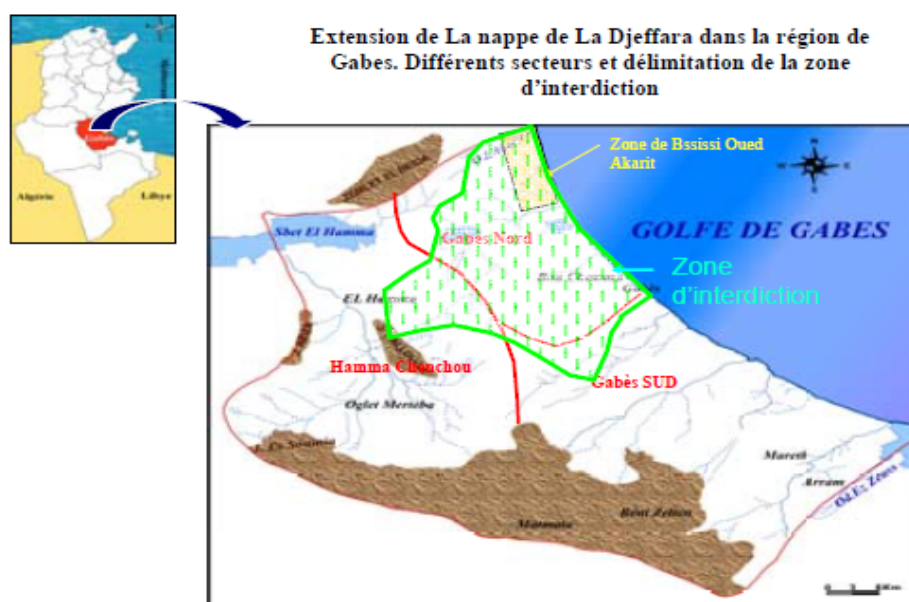


(Source : SCET, 2014)

Afin d'éviter une surexploitation chronique de la ressource, une zone d'interdiction a été délimitée en 1987 (cf. Figure 79). Le décret n° 87-480 de mars 1987, portant création d'un périmètre d'interdiction dans la région de Gabès Nord, a interdit toutes les interventions à l'intérieur de ce périmètre qui tendaient à intensifier le niveau d'exploitation de la nappe, notamment la création de nouveaux points d'eau par puits ou forages, les travaux d'équipement des puits et forages ayant pour effet d'accroître la quantité d'eau prélevée par des groupes motopompes, ainsi que les travaux d'approfondissement ou d'élargissement des puits ou forages tels qu'ils existaient à la date du décret en question.

Cette restriction a permis de réduire pour un temps les prélèvements dans la nappe, mais a également attisé les conflits entre usagers.

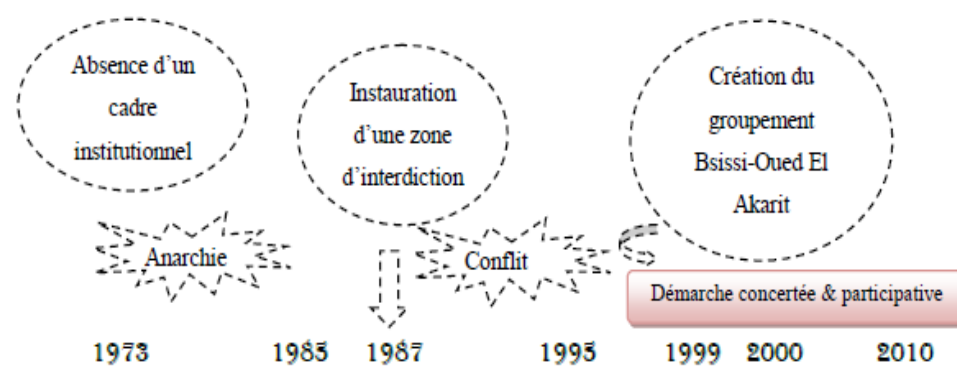
Figure 79 : Situation du périmètre d'interdiction de Bssiss- Oued El Akarit – Gabes



(Source : SCET, 2014)

Les réflexions autour de la mise en œuvre d'une gestion concertée ont émergé petit à petit et elles se sont concrétisées en 2000 par la création d'un GDA spécifique, le « **Groupe pour le Développement, la Surveillance et l'Exploitation de la Nappe de Bssiss-Oued El Akarit** ». Cette association d'usagers a pour fonction, entre autres, de surveiller les consommations d'eau des usagers en contrôlant les débits de pompage alloués et de suivre le niveau piézométrique de la nappe.

Figure 80 : Dynamique institutionnelle relative à la gestion participative de la nappe de Bsissi



(Source : SCET, 2014)

3. Description de l'instrument mis en place

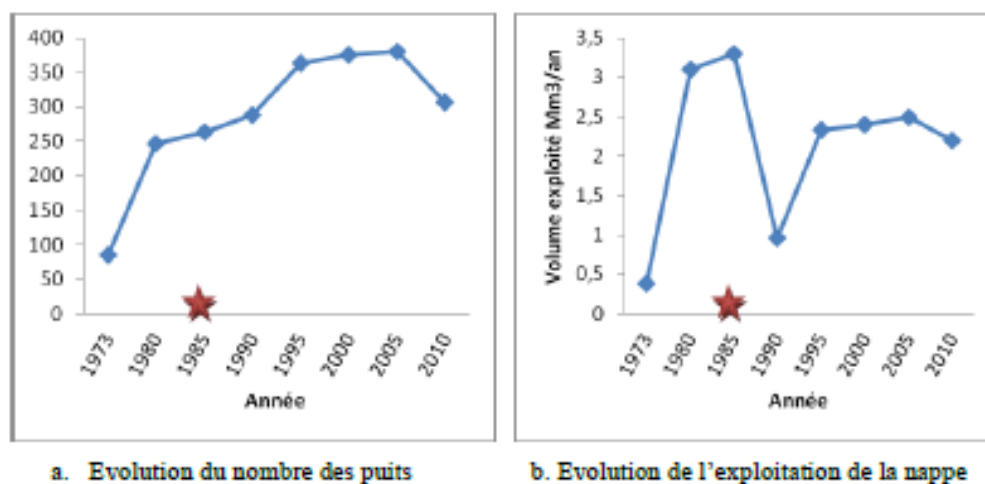
Le conseil d'administration du GDA est devenu l'interlocuteur et le porte-parole des agriculteurs de Bsissi et le défenseur de leurs intérêts, exerçant pleinement les prérogatives confiées par le statut général et le règlement intérieur de l'association. Parmi les activités du GDA, on recense en particulier : (i) la surveillance et le contrôle de l'activité de création des points d'eau à l'intérieur du périmètre d'intervention : seulement 8 forages « illicites » ont été créés durant la période 2000-2010 dont 5 ont été bouchés ; (ii) lors de la mise en place du GDA, un accord a été fait pour boucher 63 forages jugés en surnombre. Le CRDA de Gabès avec l'assistance du GDA de Bsissi-Oued El Akarit a déjà procédé au bouchage de 46 forages ; (iii) l'assistance aux adhérents dans l'instruction des demandes de remplacement des forages vétustes ou abandonnés : 12 forages ont déjà été remplacés ; (iv) l'aide apportée aux adhérents dans toutes les actions d'économie d'eau et d'électrification des forages, etc.

4. Confrontation aux principes d'Ostrom et évaluation de l'instrument

Le succès relatif de la gestion de la nappe de Bsissi

Les améliorations en termes de gestion de la ressource sont nombreuses : les puits illégaux sont rebouchés et la construction de nouveaux forages est gelée. Les résultats obtenus sont positifs : les volumes prélevés pour l'irrigation diminuent et les surfaces irriguées se sont réduites. En outre, les puits sont moins nombreux, à la fois sur le territoire de la nappe mais également dans l'ensemble de la région Gabes Nord (cf. Figure 81).

Figure 81 : Evolution de la situation d'exploitation de la nappe de Bissi suite aux différents développements institutionnels



(Source : SCET, 2014)

La confrontation aux principes d'Ostrom (cf. Tableau 22) montre que les principes sont respectés. Cependant, malgré le bon fonctionnement du GDA, le développement de l'association stagne depuis quelques années et notamment depuis les événements révolutionnaires de 2011. Cela se ressent notamment au niveau des volumes exploités qui sont toujours supérieurs au volume exploitable durablement (cf. Figure 81).

Tableau 22 : Confrontation de la gestion de la nappe de Bississ aux principes de conception d'Ostrom

Définition claire des usages et des limites de la ressource (frontière géographique et droits d'eau) 1	Oui	<u>Limites géographique</u> : limites de la nappe <u>Potentiel des ressources</u> : 1,25 Mm ³
Adaptation des règles de gouvernance aux conditions locales 2	Oui	Le GDA est une association d'utilisateurs adaptée aux spécificités locales
Participation des membres à la définition de règles communes 3	Oui	Gestion des allocations au niveau de l'administration du GDA
Surveillance du respect des règles par les utilisateurs eux-mêmes ou leurs représentants leur rendant des comptes 4	Oui	Surveillance des consommations d'eau et des forages par le GDA. Le GDA peut demander la fermeture ou le réaménagement d'installations non conformes
Sanctions graduelles en cas de non-respect des règles 5	Partiel	Les sanctions consistent essentiellement en la fermeture et le rebouchage des forages non conformes
Accès facile et local à des mécanismes de résolution des conflits 6	Oui	Le GDA est le porte parole et le défenseur des agriculteurs
Droit des utilisateurs d'élaborer leurs propres institutions sans remise en cause par un gouvernement externe 7	Oui	C'est la Commission Consultative des Organismes Professionnels dans le secteur de l'agriculture et de la pêche du Gouvernorat de Gabes qui a permis cette mise en place
Pour les communes de grande taille : organisation des activités de gouvernance sur plusieurs niveaux imbriqués 8	NA	

Une expérience encore unique en Tunisie

L'expérience de Bississ est positive mais demeure toutefois fragile et unique en Tunisie. Plusieurs recommandations peuvent être formulées dans la perspective d'une reproduction de cette expérience de gestion communautaire en Tunisie, en particulier :

- Réactualiser l'étude relative à la gestion des nappes phréatiques (Thème-4, Etude du Secteur de l'Eau, 1999) dont l'objectif était de développer les éléments d'une stratégie intégrée de gestion participative des nappes phréatiques en Tunisie. Cette reprise devra tenir compte de l'évolution actuelle de l'exploitation des nappes en surexploitation et des nouvelles conditions réglementaires qui seraient imposées par la rénovation du Code des Eaux.

- ▶ Développer un programme spécifique pour la gestion participative des nappes qui serait intégré à la politique nationale de promotion des GDA, tout en faisant adapter le cadre statutaire de manière à le rendre compatible avec les conditions de gestion des nappes.
- ▶ Définir clairement les missions et les activités de ces associations de nappe, en tenant compte d'un partage des rôles entre les différents acteurs locaux, régionaux et nationaux, ainsi que les moyens dont doivent disposer ces associations pour assurer leurs propres missions. Dans ce cadre, un modèle de « contrat de nappe » sera élaboré pour définir les relations contractuelles entre les différentes parties prenantes. En particulier, les associations de nappes pourront être dotées d'une délégation de pouvoir de police des eaux sur les nappes en vue de limiter les abus de certains usagers récalcitrants, de participer éventuellement aux charges nécessaires au suivi piézométrique et de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau.
- ▶ Concevoir des approches appropriées pour la participation effective des utilisateurs des nappes et des autres acteurs et élaborer des méthodes et des programmes de sensibilisation, d'animation et de formation au profit des représentants des élus locaux, des responsables des communautés de base, etc.
- ▶ Mettre au point des méthodes de suivi-évaluation des performances des associations de nappes. Réduire le rôle de ces associations à un auxiliaire de l'Administration ou à une simple « police des eaux » est de nature à compromettre leur existence sur le moyen et le long terme.

La mise en place d'un projet pilote à l'échelle nationale ou au niveau d'une région pour la promotion des associations de gestion participative de nappes est vivement recommandée pour la mise en pratique des orientations sus indiquées.

Evaluation de l'expérience tunisienne et recommandations générales

1. Bilan sur la situation en Tunisie

La Tunisie dispose actuellement d'une panoplie d'instruments de gestion de l'offre et de la demande ainsi que d'un arsenal juridique assez adapté, lesquels sont destinés à asseoir la gouvernance des ressources en eau souterraines. Les mécanismes de cette gouvernance sont à caractère institutionnel, technique, économique et environnemental.

D'une façon globale et en dehors de quelques foyers de surexploitation dans le Sud, les ressources souterraines profondes échappent actuellement aux grands risques de l'exploitation intensive. L'application assez stricte du régime d'autorisation et de

concession prévu par le Code des Eaux en est peut-être la raison principale. Quant aux nappes phréatiques en libre accès, elles sont plus fragiles, et subissent, d'une façon chronique pour certaines, une grave situation de surexploitation avec des risques socio-économiques et environnementaux importants sur le long terme.

Il est à remarquer, cependant, que la tendance globale à l'augmentation des prélèvements dans les nappes phréatiques ne semble pas irréversible. Le taux d'accroissement de ces prélèvements s'est légèrement infléchi au cours de la dernière décennie, ce qui reste à vérifier d'ailleurs au niveau de chacune des nappes.

Par ailleurs, la gestion locale mise en œuvre sur la nappe de Bississ, est un succès, notamment grâce à la bonne adéquation entre les GDA, les contrats de nappe et les instruments de maîtrise de la consommation agricole. Cette expérience peut servir de référentiel pour l'élaboration de nouveaux projets de contrat de nappe en Tunisie.

2. Les critiques sur l'expérience tunisienne

Malgré certains progrès enregistrés, l'expérience tunisienne soulève, néanmoins, les critiques suivantes :

- ▶ **Le manque de vision générale et de coordination entre les divers acteurs.** En effet, les différents instruments de gestion des eaux souterraines manquent de coordination, ils sont appliqués au gré des situations alors qu'ils devraient converger vers un objectif déterminé pour un aquifère donné. La mise en œuvre isolée des instruments de gestion est souvent improductive. Le développement agricole est soutenu par les services du Ministère de l'Agriculture (vulgarisation, crédit agricole, etc.) sans en mesurer les impacts sur les nappes. D'autres services chargés de l'eau du même Ministère agissent en dehors du programme de développement agricole et des contraintes socio-économiques des périmètres concernés. On oublie souvent que l'eau de la nappe est certes souterraine mais les causes de la surexploitation se retrouvent en réalité en dehors de la nappe et à la surface du sol agricole précisément. La réaction du système administratif envers la surexploitation survient après coup et a posteriori lorsque les dégâts commencent à s'extérioriser et qu'il est difficile d'inverser la tendance.
- ▶ Le grand problème ne réside pas uniquement dans les nappes actuellement surexploitées. Le véritable risque repose sur toutes les autres nappes, qui pourraient à terme, subir progressivement les méfaits de l'exploitation intensive. Deux types d'interventions ou de stratégies de gestion des ressources souterraines doivent donc être envisagés : l'un « curatif » pour les nappes affectées, l'autre « préventif » et anticipatif pour les nappes encore indemnes.

- ▶ Dans le même esprit que précédemment et en conformité avec l'article-16 du Code des Eaux, des « périmètres d'aménagement et d'utilisation des eaux » méritent d'être mis en place sur les nappes phréatiques les plus importantes, où les ressources en eau sont ou risquent d'être insuffisantes par rapport aux besoins actuels ou prioritaires programmés. Ces périmètres seront pris en considération dans le cadre de l'aménagement du territoire pour envisager de doter éventuellement les zones en difficulté d'autres activités qu'agricoles pour alléger les pressions sur les nappes. C'est le sens même du développement agricole et rural intégré. Au préalable, il est important de procéder à des études de modélisation de la nappe, d'informer les usagers sur l'évolution de la piézométrie et des risques encourus, d'œuvrer pour un consensus sur l'exploitation prévisionnelle de la nappe et la programmation de cette exploitation, etc.
- ▶ **Les mesures en rapport avec la gestion de l'offre sont très coûteuses en termes économiques.** Elles ne devraient être engagées que lorsque tous les autres mécanismes de gouvernance des eaux souterraines mentionnés plus haut sont mis en place. A défaut, elles perdent de leur efficacité et ne feront qu'amplifier les problèmes de l'exploitation intensive des nappes. Pour la gestion conjuguée, une meilleure gestion des deux sources souterraine et de surface disponibles doit être envisagée grâce à une utilisation adéquate de systèmes tarifaires et de redevances appropriés. Quant à la recharge artificielle des nappes, elle ne peut être considérée que d'une façon conjoncturelle pour un pays à ressources en eau limitées. Elle n'est à préconiser que pour accélérer la restauration d'une nappe affectée mais en phase de récupération dans laquelle les prélèvements sont déjà en diminution. La participation financière des bénéficiaires aux opérations de recharge est à envisager d'une manière effective pour une meilleure équité et pour que la recharge ne soit pas perçue comme une « récompense » à la dégradation des nappes.
- ▶ **La gestion communautaire et participative des nappes a trop tardé en Tunisie,** retard ne pouvant être justifié en face d'un développement important des associations d'usagers dans les diverses activités du secteur de l'eau. Certes, il faut agir où cela est possible, mais des situations propices existent particulièrement dans les zones côtières où plusieurs projets de gestion conjuguée sont réalisés et des GDA sont déjà fonctionnels pour gérer les infrastructures collectives. Un tel projet permettrait d'ouvrir la voie à un programme d'envergure nationale.
- ▶ **Au plan institutionnel, une structure particulière chargée de la gestion des nappes doit être mise en place au sein des CRDA,** capable de produire des approches régionales de gestion de nappes et notamment de la gestion participative et de coordonner entre les divers intervenants et acteurs locaux. La prise de conscience, la participation et la concertation sont à

développer non uniquement au profit des utilisateurs des nappes mais aussi pour les différents acteurs, quelle qu'en soit la position.

3. La Stratégie Nationale de Préservation des Eaux Souterraines

Actuellement, une Stratégie Nationale de Préservation des Eaux Souterraines, supervisée par la Direction Générale des Ressources en Eau, est en cours de mise en place. Elle fixe, pour le moyen terme, des objectifs d'efficience et de durabilité. Elle concerne les différents aspects de la préservation des ressources, prévoyant des actions techniques, institutionnelles et organisationnelles. Dans ce cadre, l'Etat maintiendra et renforcera son contrôle à travers un certain nombre de réformes indispensables : (i) la révision du Code des Eaux qui est le principal élément de cette réforme, laquelle comprendra des réformes institutionnelles pour mieux clarifier la mission des différents acteurs ; (ii) la mise en place de GDA de gestion de nappes souterraines ; (iii) le renforcement du contrôle de l'Etat et de la préservation des systèmes d'eau souterrains par l'instauration, entre autres, de périmètres de sauvegarde et d'interdiction des eaux souterraines ; (iv) la consolidation du réseau de contrôle, de suivi et de surveillance piézométrique, ainsi que le renforcement des laboratoires d'analyse pour le contrôle de la qualité des eaux souterraines ; (v) des investigations d'études qui seront menées afin de compléter et homogénéiser les bases de données ; (vi) le suivi et le contrôle de l'intrusion marine dans les nappes côtières ; (vii) l'évaluation de l'expérience tunisienne en matière de recharge artificielle, l'identification de tous les sites favorables à la recharge et les sources d'eau correspondantes ; etc.

Conclusion sur les études de cas

Le tableau suivant (cf. Tableau 23) résume les différentes questions clés rencontrées lors de la mise en place de la gestion pour chacun des cas étudiés⁶⁵. Pour chacune de ces questions, des propositions de solutions sont formulées dans la colonne de droite. Par ailleurs, le nombre de « X » représente l'acuité de la question : plus il y a de « X », plus elle est perçue comme importante par le gestionnaire.

⁶⁵ Pour le cas tunisien, les questions sont celles rencontrées de manière générale dans les différents bassins versants. Elles ne concernent pas spécifiquement la nappe de Bsissi.

Tableau 23 : Synthèse des questions rencontrées dans chacun des cas et proposition de solutions

Questions		Beauce	Gironde	Astien	Roussillon	Azraq	Raymond	La Mancha	Souss Massa	Tunisie	Solutions
Compréhension et appropriation de la démarche	Défiance des usagers	X		XXX	XXX	XXX	X	XXX	XXX	XXX	Campagnes d'information, présence d'acteurs relais, sensibilisation, concertation
	Réticence des services de l'Etat pour déléguer leur travail		X			XXX		XXX	XXX	X	Dialogue, réunions, partage des informations
	Non respect des règles de gestion de la ressource			X	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	Sensibilisation, contrôle et suivi effectifs
	Manque de coordination avec les autres réglementations locales		X			XXX		XX		XXX	Dialogue, réunions, partage des informations
Moyens de mise en œuvre de la démarche	Coût de la déclaration des forages			XXX	XXX			XX			Aides financières
	Non respect des règles de gestion de la ressource			X	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	Donner les moyens à l'autorité en charge du contrôle
	Connaissance lacunaire des prélèvements	X				XXX	XXX	XX	XXX	XXX	Investissements humain et matériel (compteurs, études, agents...)
Elaboration de la démarche	Lourdeur et lenteur de la démarche	X		XXX	X			XX			En fonction du contexte : renforcer l'animation, rassembler les acteurs autour de projets de plus court terme, disposer de moyens d'action suffisants...
	Difficultés rencontrées lors de l'élaboration d'un projet précurseur (coûts de transaction élevés et manque d'expérience, information imparfaite)	XX					XXX	XXX	XXX		<ul style="list-style-type: none"> - Elaboration d'une démarche étape par étape - Flexibilité pour ajuster la démarche - Mise en place de zones tests - Dans un premier temps, restriction du territoire de la démarche à une zone homogène du point de vue des acteurs qui le composent
	Démarche dictée par les instances de bassin			X	X	XX		XXX			Renforcer les initiatives locales pour valoriser le rôle des acteurs locaux dans la gestion des ressources en eau souterraines

L'analyse des questions rencontrées et des stratégies mises en place pour les traiter, ainsi que la comparaison des systèmes de gestion dans chacun des cas au regard des principes d'Ostrom permet de **formuler des conditions de réussite pour mettre en place une gestion efficace des ressources en eau souterraine** (cf. Tableau 24).

Ces conditions de réussite doivent être gardées à l'esprit durant l'élaboration de la démarche et représentent des conditions **nécessaires** pour faire de la mise en œuvre un succès.

Tableau 24 : Conditions de réussite pour la mise en place d'une gestion locale et décentralisée des ressources en eau souterraines

Conditions de réussite	Conseils pour le respect de ces conditions
Amélioration et diffusion des connaissances	Création d'une structure qui porte et anime la démarche : mobilisation des moyens humains et matériels
Mise en place d'une démarche réfléchie, non précipitée et qui s'inscrit dans la durée	
Sensibilisation des différentes parties prenantes et de leurs représentants (usagers, élus locaux...)	
Superficie du territoire et nombre d'usagers de la ressource compatibles avec la mise en place d'une gestion locale et participative	
Implication des acteurs concernés par la démarche : gestion participative	Neutralité de l'organe de décision : CLE, autorité consultative. Ne pas être influencé par des stratégies politiques intéressées
Gestion adaptée au contexte local : gestion décentralisée	
Conciliation des intérêts économiques et sociaux avec les enjeux environnementaux pour faciliter l'acceptation et l'efficacité de la démarche	
Relation de confiance : - entre les usagers - entre les usagers et la structure porteuse - entre l'Etat et la structure porteuse - etc.	
Gestion de la nappe cohérente avec la gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant	Dialogue entre les structures de gestion de l'eau et du territoire et les autres institutions pour avoir une démarche cohérente à l'échelle du territoire
Politique sectorielle et aménagement du territoire cohérents avec les potentialités des ressources souterraines	

Bibliographie

PARTIE A

1. Généralités

- AFD (2014) Synthèse de l'atelier national sur la gestion des eaux souterraines, 6 p.
- Altman E. (2007) La théorie des jeux non-coopératifs appliqués aux réseaux de communication, 26 p.
- Bchir M.A. et al. (2006) Pour une exploitation durable des nappes d'eau souterraine : une approche par les incitations, 11 p.
- BRLi/Agroconcept (2012) Gestion de la demande en eau : Etude de cas du Maroc, 226 p.
- CMI (2014) Approche économique sur la gestion des nappes souterraines, 12 p.
- Coase R. (1960) The Problem of Social Cost, *Journal of Law and Economics*, 3(1), pp.1-44.
- Dietz et al. The struggle to govern the Commons, *Science*, Vol. 302, (Déc. 2003) pp. 1907 – 1912.
- Guerrien, B. (2002) Dictionnaire d'analyse économique, 567 p.
- Hardin G., The Tragedy of Commons, *Science*, New Series, Vol. 162, No. 3859. (Dec. 13, 1968) pp. 1243-1248.
- Margat, J. et D. Vallée (2000) Water for the 21st Century: Vision to Action. Mediterranean vision on water, population and the environment, Global Water Partnership, Plan Bleu.
- Martin E. (2011) Modéliser les inefficacités de l'exploitation privée des ressources en eau souterraines ?, *Economie rurale*, No. 324 (Juill. Août 2011), pp. 50-59.
- Montginoul M. (2011) Quels outils pour connaître puis gérer les prélèvements individuels d'eau ? Réflexion à partir d'une revue de la littérature, *HTE*, No 248 (Mars – Juin 2011), pp. 87-88.
- Moreau et al. (2013) Justice sociale et allocation initiale des eaux souterraines, 5 p.
- Nations-Unies (2012) Managing Water under Uncertainty and Risk, The United Nations World Water Development Report 4, vol. 1, 909 p.
- Ostrom E. (2010) Gouvernance des biens communs. Pour une nouvelle approche des ressources naturelles. Révision scientifique de Laurent Baechler, 301 p.
- Shi et al., Assessment of deep groundwater overexploitation in the North China Plain, *Geoscience Frontiers*, No 2 (Août 2011) pp 593 – 598.
- Tucker A. W. (1983) A Two-Person Dilemma: the Prisoner's Dilemma. The Two-Year College Mathematics Journal, Vol. 14, No. 3 (Jun., 1983) pp. 228-232.
- Weinstein O. (2013) Comment comprendre les « communs » : Elinor Ostrom, la propriété et la nouvelle économie institutionnelle, *Revue de la régulation*, (en ligne) 14 / 2e semestre / Automne 2013.

2. Exemples présentés

Méditerranée

- Chohin-Kuper et al. (2002) Les outils économiques pour la gestion de la demande en eau en Méditerranée, 34 p.
- Plan Bleu (2012) Eau et changement climatique : quelle stratégie d'adaptation en Méditerranée ? Les notes du Plan bleu, n°23, 4 p.

Israël

Becker N. (2013) Water policy in Israel, 308 p.

Kislev Y. (2011) The water economy of Israel, 91 p.

Miguet M. (2011) L'eau en Israël : l'innovation pour répondre à une situation difficile, vers une indépendance de l'or bleu, 3 p.

Pays-Bas

Schuerhoff M. et al. (2012) The life and death of the Dutch groundwater tax, 14 p.

Zetland D. (2012) Institutions, transaction costs and the Dutch groundwater tax, 4 p.

Chili

Bauer C. (2004) Results of Chilean water markets: empirical research since 1990, *Water Resource Research*, Vol 40, Issue 9.

Petit O. (2004) La nouvelles économie des ressources et les marchés de l'eau : une perspective idéologique ?, *Vertigo*, Vol. 5, No. 2.

Petitjean O. (2004) "Les marches de l'eau" au Chili et ailleurs : <http://www.partagedeseaux.info/article97.html>.

PARTIE B

1. Cas n°1 : l'aquifère Raymond (Californie)

California Department of Water Resource (2004) California's Groundwater Bulletin 118: Raymond Groundwater Basin, 5p.

Geoscience Support Services, Inc (2004) Baseline Ground Water Assessment of the Raymond Basin – Final Report. Prepared for the Raymond Basin Management Board.

Institute of Water Research and Michigan State University (2007) Restoring Great Lakes Basin Water through the Use of Conservation Credits and Integrated Water Balance Analyssis System. Appendix H : Groundwater Law and regulated riparianism.

Krieger J., Harvey O. (1962) Ground Water Basin Management. *California Law Review*, Volume 50, Issue 1, 21p.

Metropolitan Water District of Southern California (2007) Groundwater Basin Reports: San Gabriel Valley Basins - Raymond Basin, 16p.

Ostrom E. (2010) Gouvernance des biens communs. Pour une nouvelle approche des ressources naturelles. Révision scientifique de Laurent Baechler, 301p.

Raymond Basin Management Board (2013) Annual Report : July 1,2012 – June 30, 2013.

Sawyers G. A primer on California water rights. University of California, Agricultural issues center, 12p.

United States Geological Survey (USGS) (2005) Grounwater Atlas of the United States, Coastal Basins Aquifers, Los Angeles Orange County Coastal Plain Aquifer System. Technical Bulletin Volume 4.

2. Cas n°2-1 : La nappe de Beauce (France)

Entretien avec Sophie Duruyver, animatrice du SAGE Nappe de Beauce, le 14/02/2014.

Agreste (2012) Centre, analyses et résultats. L'irrigation en Beauce, un facteur de production créateur de richesse, 6 p.

Bouarfa S. et al. (2011) Évaluation en partenariat des stratégies d'irrigation en cas de restriction des prélèvements dans la nappe de Beauce (France), 6 p.

BRGM (2006) Aquifères et eaux souterraines en France, Tome 1, pp.191-199.

COMITER Rivières Ile-de-France Nanterre (2010) SAGE de la nappe de Beauce et de ses milieux aquatiques associés, 26 p.

Groundwater (2011), Le SAGE Nappe de Beauce, 102 p.

SAGE Nappe de Beauce (2013) Règlement du SAGE, 38 p.

Rapport de présentation du SAGE Nappe de Beauce (2013) 20 p.

3. Cas n°2-2 : La nappe Astienne (France)

Entretien avec Véronique Dubois, Directrice du SMETA, le 04/03/2014.

Antea (2013) Etude de détermination du volume prélevable sur l'aquifère des sables astiens, 155 p.

Barbecot F (1999) Approche géochimique des mécanismes de salinisation des aquifères côtiers-chronologies 14C et 226Ra, Thèse de Doctorat, Université Paris-XI, 196 p.

Epices, ASca (2012) Evaluation de la politique des schémas d'aménagement et de gestion des eaux sur le bassin Rhône-Méditerranée, 214 p.

Onema (2012) Zoom sur la gestion patrimoniale des services publics d'eau et d'assainissement collectif, 4 p.

SAGE de la nappe astienne. Synthèse de l'état initial et du diagnostic, validée le 23 janvier 2012 par la CLE, 44 p.

SAGE de la nappe astienne. Etat initial. Validé le 23 janvier 2012 par la CLE, 185 p.

SAGE de la nappe astienne. Stratégies. Octobre 2013, version provisoire, 86 p.

4. Cas n°2-3 : Les nappes d'Aquitaine (France)

Entretien avec Bruno de Grissac, le 06/03/2014

BRGM (2006) Les nappes d'eau souterraines en Aquitaine, SGR Aquitaine, 23 p.

BRGM (2010) Utilisation du modèle nord aquitain (MONA) pour appuyer la définition des volumes prélevables dans les aquifères profonds du Nord du Bassin Aquitain, 259 p.

Nadeau E. (2011) En Gironde, la gestion durable de l'eau intégrera la dynamique des territoires. Les quatre pages Insee Aquitaine, n°197, décembre 2011, 6 p.

SAGE des nappes profondes de Gironde (approuvé par arrêté préfectoral le 18 juin 2013) Plan d'aménagement et de gestion durable de la ressource (PAGD), 148 p.

SAGE des nappes profondes de Gironde (approuvé par arrêté préfectoral le 18 juin 2013) Analyse économique sur la période 2003-2008, 71 p.

SAGE des nappes profondes de Gironde (1998) Etat des lieux, 86 p.

5. Cas n°2-4 : La nappe du Roussillon (France)

Entretien avec Hichrem Tachrift, le 11/03/2014.

AERMC, BRGM Languedoc Roussillon, Chambre d'agriculture Pyrénées Orientales, Conseil General Pyrénées Orientales (2003) Accord cadre pour la définition d'un programme global de protection et de gestion concertée des ressources en eau de l'ensemble aquifère multicouche plio-quaternaire de la plaine du Roussillon : connaissance des eaux souterraines de la plaine du Roussillon, 47 p.

Aunay B. (2007) Apport de la stratigraphie séquentielle à la gestion et à la modélisation des ressources en eau des aquifères côtiers, 370 p.

Epices & AScA (2012) Evaluation de la politique des schémas d'aménagement et de gestion des eaux sur le bassin Rhône-Méditerranée, rapport final, 214p.

Montginoul M, (2007) Quels instruments pour gérer les prélèvements diffus en France? Examen à partir de la nouvelle loi sur l'eau et d'enquêtes conduites dans la plaine du Roussillon. Gestion de la demande en eau en Méditerranée, progrès et politiques. 10p.

Montginoul M, Rinaudo J.D (2009) Quels instruments pour gérer les prélèvements individuels en eau souterraine. Economie rurale, numéro 310, La gestion de l'eau en France. pp.40-56.

SAGE des nappes de la plaine du Roussillon (2012) Diagnostic, validé le 10/10/2012. 91p.

SAGE des nappes de la plaine du Roussillon (2012) Etat initial, validé le 03/07/2012. 216p.

6. Cas N°3 : Le Bassin d'Azraq (Jordanie)

Abu-Awwad A., Blair S. (2013) Economic Efficiency of Water Use by Irrigated Crops in Al'Azraq Area. Jordan Journal of Agricultural Sciences, Volume 9, No4, pp. 525-543.

Azraq Groundwater Management Action Plan (2013) Cost Benefit Analysis.

Demilecamps C., Sartawi W. (2010) Farming in the desert, Analysis of the agricultural situation in Azraq Basin, 80 p.

El-Naqa A., Al-Shayeb A. (2008) Groundwater Protection and Management Strategy in Jordan.

El-Naqua (2010) Study of salt water intrusion in the Upper Aquifer in Azraq Basin, Amman : IUCN.

Habjoka N., Mesnil A. (2012) The Azraq Dilemma: Past, Present and Future Groundwater Management, 64 p.

Hamdan I. (2010) Hydrogeological and hydrological investigation for Azraq Basin – North East Jordan. Amman: Deutsche GIZ.

Huber, M. (2010) Development of a WEAP-Model for Azraq Basin, Jordan, Part 1 – Hydrology. Amman: MWI and GIZ.

Jordan Department of statistics (2012) Environment statistics for 2010, 243 p.

MWI (2009) Water for life, Jordan's Water Strategy 2008-2022, 70 p.

MWI (2010) Plan to reduce over-extraction of groundwater from Amman-Zarqa and Al-Azraq Basins, 72 p.

Secretariat of the Highland Water Forum (septembre 2013) Azraq Groundwater Management Action Plan, 31 p.

Bastien Lemaire, Philippe Bellot (Egis – ImaGeau) (2014), Enhancing sustainable groundwater management in an arid area by the application of real-time and high temporal monitoring schemes (AWSA well field in Azraq) – hydrogeological study, 63 p.

7. Cas n°4 : La nappe de la Mancha Occidentale

Aldaya M. et al. (2009) Incorporating the Water Footprint and Virtual Water into Policy: Reflections from the Mancha Occidental Region, Spain, 17p.

Blanco I. (2007) Analyse économique de politiques publiques pour la gestion durable des eaux souterraines : le cas de l'aquifère de la Mancha Occidentale (bassin du Guadiana-Espagne), 155p.

CHG (2005) Régimen de Explotación para el año 2006 de la Unidad Hidrogeológica de la Mancha Occidental y un perímetro adicional de la Unidad hidrogeológica de Siterra de Altamira. Madrid: Ministerio de Medio ambiente.

Closas A. (2014) Norias, boreholes and the role of the state during the groundwater 'silent revolution' in La Mancha, Spain. *Hydrogeology Journal*, 14p.

Confederacion Hidrografica del Guadiana (2013) Programa, Calendario, Estudio general sobre la demarcación y Fórmulas de consulta, 134p.

Esteban E. et Albiac J. (2010) Groundwater and ecosystems management: empirical findings from La Mancha aquifers. Working paper No 10/03, Department of Agricultural Economics, CITA-DGA, Zaragoza.

Lopez-Gunn E. et Hernandez Mora N. (2001) La gestion colectiva de la aguas subterraneas en la Mancha Oriental : analisis comparativo. *La Economia des agua subterranea y su gestion colectiva*. Madrid : fundacion Marcelino Botin, Ed. Mundiprensa. pp. 405-474.

Lopez-Gunn (2003) The role of collective action in water governance: a comparative study of groundwater user association in La Mancha aquifers in Spain. *IWRA, Water International*, Volume 28, number 3, September 2003, 13p.

Lopez-Gunn E. et al. (2011) The impossible dream? The upper Guadiana system: aligning changes in ecological systems with changes in social systems, 12p.

Lopez-Gunn E. et al. (2012) Tablas de Daimiel National Park and groundwater conflicts, 8p.

Martinez-Santos P. et al. (2008) Vulnerability assessment of groundwater resources: a modelling-based approach to the Mancha Occidental aquifer, Spain. *Environmental Modelling & Software* 23 (9),1145–1162.

Martínez-Santos P, Martínez-Alfaro PE (2010) Estimating groundwater withdrawals in areas of intensive agricultural pumping in central Spain. *Agr Water Manage* 98:172–181.

Molinero J. et al. Groundwater in Spain: Overview and management practices, 8p.

Rodriguez Cabellos J.A. The Upper Guadiana Case.

Ross A. et Martinez-Santos P. (2010) The challenge of collaborative groundwater governance: four case studies from Spain and Australia, 21p.

Zorrilla, P. (2009) *Análisis de la gestión del agua en el acuífero de la Mancha Occidental: construcción de una red bayesiana mediante procesos de participación pública*. Madrid: Departamento de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid. PhD, 355 pp.

8. Cas n°5 : Le bassin du Souss-Massa (Maroc)

ABH Souss-Massa (2006) *Etude de révision du Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau (PDAIRE) des Bassins du Souss Massa*. 13 Volumes.

Agro Concept, BRL ingénierie (2012) *Gestion de la demande en eau dans les pays du bassin méditerranéen - Exemple du Maroc – Cas d'étude du Souss-Massa (commandité par l'AFD et le Plan Bleu)*. 226p.

AFD, CMI, Plan Bleu & le Ministère chargé de l'Eau. *Atelier national sur la gestion des eaux souterraines au Maroc*, Skhirat les 26 et 27 mars 2014.

Boutaleb S., Bouchaou L., Hsissou Y., Tagma T. (2008) *Détermination des modalités de recharge des aquifères par le biais des traceurs chimiques et isotopiques. Cas de la zone de contact Haut Atlas occidental – Plaine du Souss (SW du Maroc)*, Estudios Geol., Vol. 64, n.º 1, 45-60, enero-junio 2008. ISSN: 0367-0449. 16p.

DRPE, 1990. *Etude du plan directeur intégré d'aménagement des eaux des bassins Souss et Massa. Sous mission IA, demande en eau Agriculture*. Administration de l'Hydraulique, Rabat, Rapport définitif, janvier 1990.

Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'eau. *Les bassins hydrauliques du Maroc : le bassin du Souss-Massa*. 20p.

9. Cas n°6 : La nappe de Bssiss Oued El Akarit (Tunisie)

A/DB-BA/D, 2011 : « Usages agricoles des eaux souterraines et initiatives de gestion au Maghreb : Défis et opportunités pour un usage durable des aquifères », Note Technique, 2011.

Agence Française de Développement, 2007 : « Governance of Renewable Natural resources- Concepts, Methods and Tools », Working Paper N) 47, Septembre 2007.

Banque Mondiale, 2003 : « Tunisie - Analyse de la performance environnementale » Report No TN-25566, 94p.

Banque Mondiale, 2007 : « République Tunisienne, Evaluation du coût de la dégradation de l'eau », Rapport N°38856-TN, 52p.

Besbes.M et al. (2003) : *Système Aquifère du Sahara Septentrional, Gestion commune d'un bassin transfrontière* ; Houille Blanche, N°5, 2003.

Besbes M., Chahed J., Hamdane A., 2007 : « Bilan intégral des ressources en eau, sécurité hydrique et sécurité alimentaire », Communication à l'Académie d'Agriculture. Paris, séance du 4.4.2007 consacrée à l'Avenir des Eaux Continentales.

Bchir M.A & al, 2006 : « Pour une utilisation durable des nappes d'eau souterraine : une approche par les incitations », Projet SIRMA, Marrakech.

BRLi/SCET, 2013, *La gestion de la demande en eau en Tunisie*.

Commission Européenne, 2009 : « Formulation d'un programme d'appui aux politiques publiques de gestion des ressources en eau pour le développement rural et agricole », CE- Agreco.

DGGTH- DGRE ,2000 : « Stratégie de long terme du secteur de l'eau en Tunisie 2030-Eau XXI » - Ministère de l'Agriculture. Tunis.

DGRE, 2005 : « Annuaire de l'exploitation des nappes profondes, 2005 », Ministère de l'Agriculture, Tunis.

DGRE, 2005 : « Situation de l'exploitation des nappes phréatiques, 2005 », Ministère de l'Agriculture, Tunis.

DGRE-BIRH, 2003 : « Annuaire de la qualité des eaux souterraines de la Tunisie », Ministère de l'Agriculture -Tunis.

DGRE/ Bechtel/SCET Tunisie, 1999 : :« Etude du secteur de l'eau », Ministère de l'Agriculture- Tunisie.

Feuillette, S., 2001 : « Vers une gestion de la demande sur une nappe en accès libre : exploration des interactions ressources-usages par les systèmes multi agents. Application à la nappe de Kairouan, Tunisie Centrale », Thèse de Doctorat, Université Montpellier II -France.

Hamdane. A. 2002 : « La stratégie nationale de l'économie d'eau en irrigation- Cas de la Tunisie », Forum de Fiuggi sur les avancées de la gestion de la demande en eau en Méditerranée -, Plan Bleu, Rome, Octobre 2002.

Hamdane.A, 2007: Tunisia National report on Monitoring progress and promotion of water demand management policies; Water demand management in the Mediterranean, progress and policies. Blue Plan, Zaragoza, March 2007.

Hamza. M, 2006 : « Ressources en eau de la Tunisie » DGRE, Janv.2006, Tunis.

INS, 2012: Annuaire statistique de la Tunisie, <http://www.ins.nat.tn>.

Khanfir R., El Echi M.L., Louati M., Marzouk A., Frigui H.L., Alouini A., 1998 : « EAU21 : Stratégie du secteur de l'eau en Tunisie à long terme 2030 ». Ministère de l'Agriculture.

Laghrissi H., 2013 : « Impact de la dynamique institutionnelle sur la gestion d'une nappe côtière souterraine : Bsissi – Oued El Akarit », Projet de fin d'études, Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne.

Mamou A. ,1997 : «Développement des ressources en eau en Tunisie, situation actuelle et perspectives. », Rapport de la direction générale des ressources en eau (DGRE).

Ministère de l'Agriculture – DGRE, 1999 : « Etude du Secteur de l'Eau : Rapport définitif », Juillet 1999, BECHTEL & SCET-Tunisie.

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable/ANPE, 2007 : « La Gestion durable des eaux », OTEDD-GTZ – 3 rapports.

MARH , 2005 : « Annuaire des statistiques agricoles » , Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, Tunisie.

Treyer S, 2002 : « Analyse des stratégies et perspectives de l'eau en Tunisie », 2 rapports, Plan Bleu -PNUE.

Situation de l'exploitation des nappes phréatiques- 2005, Direction Générale des Ressources en Eau- Ministère de l'agriculture.

Présentation de Mr Abidi Brahim et Mr Ghoudi Ridha relative à « la gestion participative des nappes souterraines surexploitées – Le cas du GDA de Bsissi-Oued El Akarit à Gabès », à l'atelier PAP-AGIR, les 27 et 28 juin 2011 à Hammamet.

Projet de fin d'études et présentation de Mlle Leghrissi Hafsia intitulés « Impact de la dynamique institutionnelle sur la gestion de la nappe côtière souterraine de Bsissi -Oued El Akarit », 2013, Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne- IRESA- Ministère de l'Agriculture de Tunisie.

Précédentes publications de la collection

Notes techniques n°1	Panorama des inégalités hommes – femmes dans le monde (Juin 2015)
Notes techniques n°2	La Commission du Mékong face à un tournant – Quelle place pour l'aide française (Septembre 2015)
Notes techniques n°3	Quelle efficacité environnementale de la certification pêche et aquaculture « durable » ? (Septembre 2015)
Notes techniques n°4	Vérité des prix ou socialisation de la couverture des coûts ? (Octobre 2015)
Notes techniques n°5	Accompagnement technique et renforcement des capacités : leçons de l'expérience (Octobre 2015)
Technical Reports n°6	Actors and networks of agroecology in the Greater Mekong Subregion (October 2015)
Technical Reports n°7	Creating Alliances to Accelerate Commercially Viable Sanitation (November 2015)
Notes techniques n°8	La recherche française sur l'éducation dans les pays en développement : un état des lieux (Novembre 2015)
Technical Reports n°9	Facilitating green skills and jobs in developing countries
Notes techniques n°10	Étude sur le développement de l'entrepreneuriat social à Madagascar
Notes techniques n°11	Ecole et Santé de la reproduction Une recherche-action dans les départements du Littoral et de l'Atlantique au Bénin (novembre 2014 – juillet 2015)

- | | |
|-------------------------------|---|
| Notes techniques n°12 | Observation spatiale pour l'agriculture en Afrique : potentiels et défis |
| Notes techniques n°13 | Améliorer la prise en compte de la nutrition dans les projets de développement rural et de santé |
| Notes techniques n°14 | Villes et stratégies climatiques : cinq cas d'études |
| Notes techniques n°15 | Jeunes femmes sahéliennes : dynamiques d'exclusion, moyen d'insertion |
| Technical Reports n°16 | Supporting Access to and Retention in Employment for Women by Enhancing Child Care Services in Turkey |
| Notes techniques n°17 | Méthode de suivi de l'impact climat des investissements (MRV) appliquée aux projets agricoles et forestiers des Banques Nationales de Développement |

Qu'est-ce que l'AFD ?

L'Agence Française de Développement (AFD), institution financière publique qui met en œuvre la politique définie par le gouvernement français, agit pour combattre la pauvreté et favoriser le développement durable.

Présente sur quatre continents à travers un réseau de 72 bureaux, l'AFD finance et accompagne des projets qui améliorent les conditions de vie des populations, soutiennent la croissance économique et protègent la planète.

En 2014, l'AFD a consacré 8,1 milliards d'euros au financement de projets dans les pays en développement et en faveur des Outre-mer.

Agence Française de Développement
5 rue Roland Barthes – 75598 Paris cedex 12
Tél : +33 1 53 44 48 86 – www.afd.fr

Conception et réalisation : Elsa MURAT, AFD