



**CIHEAM**

Centre International de Hautes Études  
Agronomiques Méditerranéennes



Groupe interacadémique  
pour le développement  
**Parmenides**

# **LA GESTION SOUTENABLE DES BASSINS VERSANTS MÉDITERRANÉENS FACE AUX DÉFIS DES CHANGEMENTS SOCIÉTAUX ET CLIMATIQUES**

**Conférence Parmenides IX**

**19-20-21 octobre 2021  
Institut CIHEAM Bari, Italie**

## Les défis climatiques rendent urgente une mobilisation des pays méditerranéens pour une gestion soutenable des eaux et des sols

Les 19-20-21 octobre 2021, le Groupe interacadémique pour le Développement (GID) et le Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEAM) ont organisé conjointement à l'institut CIHEAM Bari (Italie) la neuvième conférence Parmenides consacrée à « La gestion soutenable des bassins versants méditerranéens face aux défis des changements sociétaux et climatiques ». Elle a réuni une cinquantaine d'experts de haut niveau venus de onze pays du pourtour méditerranéen.

Une gestion active, concertée et durable des bassins versants drainés par les cours d'eau qui se jettent dans cette mer très vulnérable qu'est la Méditerranée, est plus que jamais indispensable, au moment où se font déjà ressentir les effets des changements climatiques : élévation des températures, allongement des saisons sèches, augmentation de l'évapotranspiration, fréquence accrue des événements météorologiques extrêmes. Cette gestion doit prendre impérativement en compte le complexe eau-sol qui est indissociable. À l'évidence, il n'y a pas de bonne gestion de l'eau sans maîtrise des sols quelle qu'en soit l'affectation (agriculture, nature, urbanisme, loisirs...) et pas de protection et de mise en valeur des sols sans ressource en eau.

### Des convergences fortes

Axés sur trois enjeux – à savoir la sécurité alimentaire (offre/demande de l'eau, transitions agroécologiques et systèmes agropastoraux...), les vulnérabilités (qualité des eaux, risques de crues soudaines...) et la gouvernance (dialogue entre parties prenantes, planifications, enjeux juridiques, économiques et financiers...) –, les débats ont fait notamment ressortir l'importance d'une vision intégratrice au niveau du bassin versant, articulée avec des politiques et des projets adaptés aux territoires, conçus et conduits en concertation étroite avec les communautés locales.

L'accent a également été mis sur les investissements d'adaptation pour les territoires, la nécessaire mise en œuvre des plans d'atténuation et sur la mise en place d'institutions disposant et partageant des données scientifiques.

## Une feuille de route à construire et une position commune pour le Forum mondial de l'Eau (Dakar 2022)

Le GID qui réunit actuellement une trentaine d'académies et instances nationales d'Europe et d'Afrique, et le CIHEAM, une organisation intergouvernementale dédiée à la coopération agricole, le développement rural et côtier durable en Méditerranée, ont décidé qu'un protocole d'accord serait élaboré entre les deux organismes pour transformer les recommandations du colloque en « feuille de route » et en programmation conjointe, en particulier dans les domaines de la recherche-formation, de la production et du partage de connaissances à destination d'un large public et du renforcement de capacité des acteurs de terrain. À l'issue de leurs travaux, les participants ont formulé des recommandations qui ont été portées au Forum mondial de l'Eau qui s'est tenu à Dakar (Sénégal) en mars 2022 et qui a placé le développement rural comme priorité.



# GID-CIHEAM Conférence Parménides IX Bari, Italie, 19-20-21 octobre 2021

## Note de cadrage de la conférence

Le Groupe interacadémique pour le Développement (GID) et le Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEAM) ont décidé d'organiser conjointement une conférence destinée aux pays du contour méditerranéen sur le thème : « La gestion soutenable des bassins versants méditerranéens face aux défis des changements sociétaux et climatiques ».

Affirmer qu'il y a une unité du bassin méditerranéen est une évidence. L'Histoire, pas toujours tranquille, depuis les Croisades jusqu'aux conflits entre l'Islam et la Chrétienté, en passant par les Barbaresques et, plus tard, les multiples influences de tel ou tel ensemble supranational, la culture commune forgée en Égypte, en Syrie puis en Grèce et à Rome, entretenue et développée au Moyen Âge grâce à l'essor de la civilisation arabe, reprise, affirmée et diffusée par l'Europe toute entière, les échanges commerciaux initiés par les Phéniciens, développés par les Carthaginois, plus tard par les Vénitiens, mondialisés dès le <sup>xix</sup><sup>e</sup> siècle grâce à l'ouverture du canal de Suez, les préoccupations communes relatives à l'environnement et à la protection de cette mer vulnérable qu'est la Méditerranée, tout confirme l'existence d'une communion d'intérêts de l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen, Portugal compris.

Or voici qu'en ce début du <sup>xxi</sup><sup>e</sup> siècle l'humanité est confrontée aux immenses défis que les développements démographiques, économiques, technologiques des deux derniers siècles ont su produire, sans toujours se préoccuper suffisamment de leurs conséquences sur les concentrations urbaines et littorales, sur les désertifications corrélatives, sur les modes de gouvernance des nations et des entités politiques d'ordre supérieur, sur les inégalités entre pays, et finalement sur les grands équilibres planétaires tels que le climat.

En peu de temps, au regard de l'histoire de l'humanité, on est passé de la civilisation du charbon et de la vapeur à celle du pétrole et de l'électricité, puis à celle du numérique et de la globalisation, avec une multiplication par 7 de la population mondiale. Le bassin méditerranéen est à l'avant-garde des difficultés de tous ordres, induites par les désordres liés à des développements exponentiels trop souvent mal contrôlés.

Cette année encore le pourtour méditerranéen a été affecté par de gigantesques incendies, souvent d'origine criminelle, et favorisés par le réchauffement climatique, qui nous rappellent le discours prophétique d'un président européen :

« Notre maison brûle et nous regardons ailleurs ». Les chercheurs nous donnent de bonnes raisons de penser que le bassin méditerranéen sera l'une des premières zones du monde à être affectée par les diverses conséquences des changements démographiques, sociaux, politiques et climatiques. Et l'eau, qui est à l'origine de l'apparition de la vie sur terre, est probablement le marqueur le plus spectaculaire de ces changements : montée du niveau de la mer, désertification, pluies torrentielles, épuisement des ressources, pollutions, pénurie alimentaire...

Il ne s'agit pas, bien sûr, de céder à la panique, mais de regarder les défis en face. Le meilleur moyen, c'est d'aller sur le terrain et, pour l'eau, dans les bassins versants, le meilleur niveau pour sa gestion rationnelle et prospective par les acteurs concernés. En même temps, convergence d'intérêts ne veut pas dire uniformité. Le bassin méditerranéen présente sur tous les plans, et en particulier sur les plans climatique et hydrologique, une très grande diversité de situations et d'expériences. De ce fait, tous les pays qui en font partie ont beaucoup à apprendre les uns des autres.

C'est la démarche que le GID et le CIHEAM proposent aux participants de la conférence Parménides de Bari. Après des exposés de cadrage généraux sur la notion de bassin versant, l'impact des changements climatiques sur l'hydrologie, la rareté de la ressource et l'aménagement du territoire, une première session consacrée à la sécurité alimentaire comportera quatre tables rondes sur la maîtrise de la demande, celle de l'offre, sur les transitions agroécologiques et les systèmes agropastoraux.

La deuxième session abordera la question des vulnérabilités à travers une première table ronde consacrée à la qualité des eaux, une deuxième table ronde autour des risques de crues soudaines et une troisième sur les indicateurs de vulnérabilités.

Enfin une troisième session traitera de la gouvernance, à travers des cas concrets, en insistant également sur le dialogue entre parties prenantes et en organisant un débat entre économistes et juristes de renommée mondiale sur les dimensions juridiques, économiques et financières d'une bonne gouvernance.

La session conclusive s'efforcera de faire la synthèse des travaux et de dégager des perspectives de coopération renforcée entre les pays du sud et du nord de la Méditerranée, notamment dans les domaines de la recherche, de la formation initiale et continue et des pratiques de gestion, à travers les outils existants ou, si nécessaire, des institutions nouvelles et partagées. Enfin, des propositions seront discutées et formulées pour adresser un message fort au Forum mondial de l'Eau qui se tiendra à Dakar en 2022.

## GID

Le Groupe interacadémique pour le Développement – GID – est une association internationale créée en 2007 par onze académies de l'Europe du Sud et du continent africain. Avec l'ambition de « mobiliser les savoirs au service d'un véritable codéveloppement euro-africain », le GID a réussi, depuis sa création, à fédérer une communauté active de partenaires des pays d'Europe, de Méditerranée et d'Afrique, axe géostratégique d'importance croissante.

Aucun autre réseau académique ne réalise aujourd'hui la combinaison des deux composantes interacadémiques opérée par le GID, l'une géographique, étendue à une trentaine d'académies d'Europe du Sud et de pays africains, et l'autre par les multiples domaines de compétences des académies qui le constituent (sciences, technologies, santé, agriculture, sciences humaines et sociales...).

Cette originalité rend le GID capable d'aborder les problèmes de développement dans leur complexité, avec l'indépendance de tout intérêt partisan que lui confère son statut académique, en se présentant comme un centre de réflexion, une force de propositions et un catalyseur d'actions.

[www.g-i-d.org](http://www.g-i-d.org)

## CIHEAM

Créé en 1962, le Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEAM) est une organisation intergouvernementale méditerranéenne composée de treize États membres (Albanie, Algérie, Égypte, Espagne, France, Grèce, Italie, Liban, Malte, Maroc, Portugal, Tunisie et Turquie). Le CIHEAM est doté de quatre instituts basés à Bari (Italie), Chania (Grèce), Montpellier (France) et Saragosse (Espagne) et d'un secrétariat général à Paris. Acteur de la coopération multilatérale dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des territoires ruraux, ses missions s'articulent autour de quatre objectifs :

- La protection de la planète, à travers la lutte contre toutes les formes de gaspillage y compris celle des savoir-faire et des connaissances ;
- La sécurité alimentaire et nutritionnelle en favorisant l'agriculture et l'alimentation durables ;
- Le développement inclusif en investissant dans les nouvelles générations et dans les territoires fragiles ;
- La prévention des crises et la résilience des territoires.

Ces quatre axes constituent les bases du plan d'action du CIHEAM pour la Méditerranée 2025 (PACMED 2025) qui s'inscrit dans l'Agenda 2030 pour le développement durable des Nations unies. Pour mener ces missions, le CIHEAM s'appuie sur les outils de la formation spécialisée, de la recherche en réseaux, de la coopération et de l'assistance technique, mais aussi sur le dialogue politique et les partenariats.

[www.ciheam.org](http://www.ciheam.org)



## Programme

Présentation .....	1
Note de recadrage .....	3

### *Discours d'accueil*

**Maurizio Raeli**, directeur du CIHEAM Bari, Italie

**Jacques Brulhet**, président de l'Académie d'agriculture de France ..... 10

### *Présentations de cadrage général*

**Pierre Gény**, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences d'outre-mer : « Le bassin versant, une vision intégratrice de l'espace » ..... 12

**Umberto Fratino**, professeur à l'école polytechnique de Bari : « Impact des changements climatiques sur les bassins versants méditerranéens » ..... 15

**Pierre Blanc**, professeur de géopolitique à Sciences Po Bordeaux :  
« Géopolitique de la rareté » ..... 16

**Hadrien Di Costanzo**, DemoMed : « Aménagement et démographie des bassins versants méditerranéens » ..... 21

## 19 octobre 2021 Session 1 - Tables rondes - Sécurité alimentaire

Modération : **Roberto Bassi**, Accademia Nazionale dei Lincei, Italie

**Guillaume Benoit**, Académie d'agriculture de France : « Sécurité alimentaire, terres et eau en Méditerranée : pour un "construire autrement" en six points »... 25

### *Table ronde 1.1 – Maîtrise de la demande*

**Ernan Friedler**, Faculté Technion International-Israel Institute of Technology, Israël ... 30

**Nicola Lamaddalena**, CIHEAM Bari, Italie ..... 31

**Céline Hugodot**, directrice de l'ASA du Canal de Gignac, France ..... 32

### *Table ronde 1.2 – Développement de l’offre*

Zakaria El Yacoubi, chef de division des ressources hydroagricoles, ministère de l’Agriculture du Maroc .....	33
André Bernard, président de la Chambre d’agriculture de la région PACA, France	
Francesca Portincasa, directrice d’Acquedotto Pugliese, Italie .....	34
Denis Lacroix, responsable Veille et prospective à la direction scientifique de l’Ifremer, France .....	35

### *Table ronde 1.3 – Transitions agroécologiques*

Bernard Hubert, Académie d’agriculture de France .....	38
Jean-Claude Quillet, Agridura, France .....	39
Zineb Benrahmoune Idrissi, Les Jardins de Zineb, Maroc.....	41

### *Table ronde 1.4 – Systèmes agropastoraux et érosion des sols*

Antonio López-Francos, CIHEAM Saragosse, Espagne .....	42
Abdallah Laouina, université Mohammed V, Maroc .....	43
Jamila Tarhouni, Institut national agronomique de Tunisie .....	46

## **20 octobre 2021** **Session 2 - Tables rondes - Vulnérabilités**

Modération : **Thierry Chambolle**, Académie des technologies, France

### *Table ronde 2.1 – Qualité des eaux, remontées salines, alcalinisation*

Guilhem Bourrié, Académie d’agriculture de France .....	47
Mohammed Hachicha, université de Carthage, Tunisie .....	50
Baelhadj Hamdi-Aïssa, université de Ouargla, Algérie.....	51
Manuel Sapiano, agence de l’Énergie et de l’Eau, Malte.....	56



### *Table ronde 2.2 – Crues soudaines, risques d’inondations*

Catherine Fouchier, INRAE Modélisation, France .....	57
Régis Thépot, expert senior Risques naturels, France .....	63
Mohammed Mastere, université de Rabat, Maroc.....	65

### *Table ronde 2.3 – Indicateurs de vulnérabilité de l’eau et du sol*

Fabienne Trolard, INRAE, France .....	67
Marco Marani, Accademia Nazionale dei Lincei, Italie .....	71
Pandi Zdruli, CIHEAM Bari, Italie.....	72

## 20 octobre 2021 Session 3 - Tables rondes - Gouvernance

Modération : Elen Lemaître-Curri, CIHEAM Montpellier, France

### *Table ronde 3.1 – Modèles de gouvernance, planification, partage d’expériences*

Alberto Montanari, université de Bologne, Italie.....	73
Anne Pressurot, agence de l’Eau Rhône-Méditerranée-Corse.....	75
Luigi Nardella, Consorzio per la Bonifica della Capitanata, Italie.....	76

### *Table ronde 3.2 – Dialogue des parties prenantes et planification participative*

Juan A. Sagardoy & Patrizia Pugliese, CIHEAM Bari, Italie.....	77
Caroline Lejars, directrice adjointe de l’UMR G-Eau, Cirad, France .....	79
Antoine Orsini, université de Corte, France.....	80

### *Table ronde 3.3 – Facteurs juridiques, économiques et financiers*

Omar Bessaoud, CIHEAM Montpellier, France.....	86
Monica Cardillo, maître de conférences à Limoges, France .....	88
Alessandra Scardigno, CIHEAM Bari, Italie.....	93
Fadi Georges Comair, président honoraire du REMOB, Liban.....	94
Romina Lorenzetti, ministère de l’Agriculture, Italie.....	100

# 21 octobre 2021

## Session 4 - Perspectives

Présidence : **Catherine Bréchnac**, vice-présidente du GID, France

### *Synthèses des travaux par les rapporteurs des trois sessions*

Session 1 – <b>Chariton Kalaitzidis</b> , CIHEAM Chania, Grèce.....	103
Session 2 – <b>Abdelouahid Fouial</b> , CIHEAM Bari, Italie .....	107
Session 3 – <b>Yasmine Seghirate El Guerrab</b> , secrétariat général du CIHEAM, France....	110

### *Propositions pour le Forum mondial de l'Eau 2022*

<b>Guy Fradin</b> , Académie d'agriculture de France.....	113
---	-----

### *Conclusions*

<b>Plácido Plaza</b> , secrétaire général du CIHEAM, France.....	116
<b>Michèle Gendreau-Massaloux</b> , vice-présidente du GID.....	118
Déclaration commune GID/CIHEAM.....	121
Liste des participants .....	124





## JACQUES BRULHET

Président de l'Académie d'agriculture de France

Mesdames et Messieurs les Présidents et Directeurs,  
Chers Collègues, Confrères et Amis,

Je tiens tout d'abord à vous présenter les excuses de François Guinot, le président du GID, souffrant, qui n'a pas pu nous rejoindre à Bari aujourd'hui. Nous le saluons et nous lui souhaitons un prompt rétablissement.

Je suis très heureux d'être avec vous ce matin, pour lancer cette Conférence Parmenides consacrée à la gestion des bassins versants. C'est un sujet majeur que nous évoquons au GID avec le président Guinot depuis plus de trois ans, et la tenue de cette réunion, aujourd'hui, nous réjouit. Et un grand merci au CIHEAM pour son accueil chaleureux dans ce superbe campus de Bari.

Permettez-moi à cette tribune d'aller au-delà des quelques mots habituels de bienvenue, d'abord pour adresser mes vifs remerciements à toute l'équipe qui a participé à la préparation de cet événement : au CIHEAM d'abord, avec Plácido Plaza, Yasmine Seghirate et Nicola Lamaddalena, vers qui vont toutes nos sincères pensées de sympathie ; au GID ensuite, avec Tsiory Razafindrabe et Chloé, et merci aux participants d'un comité d'experts – dont plusieurs confrères de l'Académie d'agriculture – qui s'est réuni depuis plusieurs mois. Je tiens à mentionner de façon spéciale Thierry Chambolle, de l'Académie des technologies, avec qui j'ai été en parfaite complicité pour préparer cette conférence, et ce depuis près d'un an.

Avec le CIHEAM, pourquoi avons-nous voulu organiser cet événement, et pourquoi avons-nous choisi ce thème de la gestion soutenable des bassins versants méditerranéens ? Je rappelle que le GID est particulièrement attaché aux questions qui touchent la Méditerranée, notamment pour concevoir les Conférences Parmenides dont c'est la neuvième édition. La Méditerranée est l'un des principaux creusets de l'humanité, mais c'est aussi aujourd'hui un laboratoire du futur, à l'avant-garde des difficultés qui nous attendent. Et Bari est aussi l'implantation du plus important centre du CIHEAM. Bari est véritablement au centre de la Méditerranée, pratiquement à équidistance de Gibraltar et du canal de Suez : c'est le « Bari-centre » !

Dans cet espace commun qu'est la Méditerranée, les défis sont énormes : défi alimentaire croisant le défi démographique ; défi économique et défi technologique ; défis climatiques et sociétaux enfin. Tous seront au cœur de nos travaux.

Alors que faire face à ces défis ? C'est bien sûr l'objet de ces trois jours de conférence, que nous vous proposons, en accord avec Thierry Chambolle, d'organiser en trois parties :

- Après ces discours de bienvenue, nous aurons quatre présentations de cadrage général, pour brosser un tableau de notre problématique ;
- Viendront ensuite trois sessions techniques, successivement consacrées à la sécurité alimentaire, à la vulnérabilité des bassins versants et à leur gouvernance ;
- Les conclusions seront présentées le dernier jour, avec une synthèse des travaux et des propositions de perspectives et d'actions concrètes, ce qui est un point essentiel pour le président Guinot.

Cette dernière partie sera très importante, et nous essayerons ensemble de dégager des recommandations dans les domaines de la recherche, de la formation, et dans la structuration des outils de réflexion. Je sais déjà que nos travaux animeront le Sommet mondial de l'Eau à Dakar en mars 2022. Les trois sessions techniques comporteront dix tables rondes. L'ensemble de notre conférence mobilise ainsi une cinquantaine d'experts de onze pays.

J'ai enfin un message plus personnel à délivrer à cette tribune. Je souhaite en effet développer les relations et les travaux entre le GID et le CIHEAM. Cette première collaboration montre combien nos deux structures sont complémentaires. Le GID a l'ambition de « mobiliser les savoirs au service d'un véritable codéveloppement euro-africain », avec une trentaine d'académies d'Europe, de Méditerranée et d'Afrique, qui regroupent de très nombreuses disciplines. De son côté le CIHEAM, avec sa structure intergouvernementale, a des objectifs très proches. C'est un acteur de la coopération multilatérale dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et des territoires ruraux.

Entre GID et CIHEAM, après cette première réflexion sur les bassins versants, les sujets d'intérêt, de synergie et de partage sont nombreux. Je n'en citerai que quelques-uns : l'avenir de la forêt méditerranéenne, la promotion des réussites agricoles, la préservation du patrimoine naturel, la gestion des petites îles méditerranéennes...

Alors favorisons et développons ensemble nos échanges, et conjuguons nos talents pour les rendre plus féconds.

Je souhaite plein succès à cette Conférence GID-CIHEAM Parmenides IX.



## PIERRE GÉNY

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences d'outre-mer, France

### LE BASSIN VERSANT, UNE VISION INTÉGRATRICE DE L'ESPACE

À la lecture du titre que j'ai voulu donner à cette intervention, vous me jugerez un peu présomptueux et vous aurez certainement raison. Homme tombé dans l'Eau durant mes études – comme cela doit être le cas de vous tous –, nous nous sommes attachés à traiter de cet élément majeur, source et sécurité de tout le vivant, et dont le bassin versant est considéré souvent comme une simple extension de son champ d'étude.

Et pourtant le bassin versant – dont je rappelle la définition basique en langue française : « Espace géographique alimentant un cours d'eau et drainé par celui-ci » – est beaucoup plus que cela. Toutes les eaux dans cet espace s'écoulent et convergent vers un même point de sortie – dénommé « exutoire » – dont on peut préciser les limites que sont les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. Outre le fait que ces définitions ne sont pas connues du grand public et que seules les catastrophes par manque ou excès d'eau nous en rappellent l'existence, peut-être y a-t-il lieu de rappeler que ces bassins versants ont également des rôles hors du régime hydrologique.

La notion de bassin versant est ancienne, établie par des générations de géographes et d'hydrologues, mais on peut affirmer que ce sont les catastrophes – anciennes ou récentes – qui ont mis à l'ordre du jour la présence et le rôle des émissaires, représentant l'embouchure des bassins versants – hormis les bassins endoréiques notamment présents en Tunisie. Ce dernier point peut justifier une approche particulière, tout comme les transferts d'un bassin versant à l'autre qui modifient souvent, de manière profonde, la vocation de ceux-ci.

Nous allons, durant ces travaux, parler de bassins versants bien individualisés et circonscrits, qui aboutissent dans la Méditerranée. Cela ne vient-il pas à supposer que l'ensemble des bassins versants constitue de manière absolue le complet rivage de la mer, rassemblant des terres sans émissaires toujours caractéristiques et pourtant rejetant sous diverses formes le résultat de la pluviométrie ?

En traitant de ces exemples bien individualisés, c'est la Méditerranée que nous analysons, y compris dans les cas précis des approvisionnements de sources sous-marines qui révèlent que l'émissaire pénien est complété par un émissaire souterrain. Les chotts, les sebkhas et les cuvettes endoréiques, tout comme les dérivations organisées par l'homme d'un bassin versant à un autre, modifient évidemment les études à entreprendre.

Le bassin versant – non le fait même de la géomorphologie et donc du relief qui le cerne – a aussi eu et possède encore une forte implication pour les populations. La présence de l'eau, depuis les premiers âges de l'humanité, a fait l'objet d'une volonté possessive très forte, ce qui dans bien des cas a transformé un bassin versant individualisé en une possession exclusive, défendue, et construit une solidarité entre ceux qui l'occupent et même ont structuré les familles.

Lorsque les lignes de crêtes sont très abruptes, on constate la création d'isolats humains bien caractérisés et les populations qui y séjournent ont une cohésion très forte, dont l'eau partagée forme le lien. L'exemple de la tempête Alex (septembre-octobre 2020) et de ses dégâts sur les vallées de la Roya, de la Vésubie et de la Tinée, ont donné un éclairage subit sur l'isolement de ces bassins versants et sur la profonde solidarité des populations. Cette solidarité et ces transmissions familiales sont souvent liées à la vie dans un même bassin versant : j'ai pu constater, dans l'ouest du Massif central, des familles demeurant de préférence dans le même bassin versant d'une petite rivière – sans désir d'aller dans une autre vallée –, ancrage matérialisé par un moulin à farine. Au-delà, c'était « l'ailleurs », c'est-à-dire un peu « l'étranger »... une représentation du monde encore valable au milieu du xx<sup>e</sup> siècle.

L'autorité publique s'est également beaucoup investie dans le traitement des émissaires principaux de certains bassins versants partagés entre plusieurs nations : cela nécessita des accords de gestion. La dérivation d'une partie de la ressource en eau par un autre bassin versant implique évidemment une étude complète du bassin. Dans ce symposium, les modifications qu'apporte – directement ou non – l'activité humaine ou naturelle au bassin, seront naturellement traitées.

L'urbanisation, les déboisements et suppressions de haies, l'exploitation des carrières et des sablières, l'imperméabilisation des sols... tout cela modifie non seulement l'émissaire, mais également la réponse de l'ensemble du bassin à ce même émissaire.

S'il m'est autorisé de formuler une recommandation, ce serait que soit mis en place un véritable suivi des bassins versants, une supervision intégrale des modifications, tant en surface qu'en profondeur, qu'elles soient de la main de l'homme ou les conséquences d'accidents naturels. Cette recommandation, maintes fois décriée, a pourtant sa place dans la perspective affirmée des changements climatiques.

J'ai évoqué les sols de plus en plus imperméabilisés, du fait des constructions, des serres et peut-être des champs de panneaux solaires. Je pourrais aussi évoquer la géologie et ce, à deux niveaux : au niveau historique avec les captures d'émissaires, les moraines glaciaires créatrices de lac, les gouffres entraînant des pertes importantes. Mais la géologie ne se limite pas à l'étude du passé : les phénomènes actuels – érosions et dégâts sismiques – jouent des rôles importants dans les modifications des bassins versants, entraînant, là encore, pertes et captures.

Le bassin versant se montre en cela tel qu'il est : un morceau individualisé de l'espace géographique, soumis et intégré, subissant les modifications que lui imposent l'homme et les éléments naturels. Seule une gestion intégrée, permettant d'optimiser les paramètres basés sur une parfaite connaissance des intervenants, nous permettra d'éviter les catastrophes et de cadrer les interventions imprévues, comme le sont les grands incendies. Les études comparatives et les résultats obtenus peuvent aussi guider les actions de contrôle et de développement.



## UMBERTO FRATINO

Professeur à l'école polytechnique de Bari,  
Italie



### IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES BASSINS VERSANTS MÉDITERRANÉENS

#### *Résumé*

The Mediterranean is home to more than 510 million people and this region is warming 20% faster than the global average. By 2050, water demand is projected to double or even triple. The related impacts will exert additional pressure on already strained ecosystems and on vulnerable economies and societies. Many areas, mainly coastal zones, face heightened disaster risks, including flooding and erosion, and the salinization of river deltas and aquifers that sustain food security and livelihoods. Water resources in the Mediterranean are scarce. They are limited, unevenly distributed and often mismatching human and environmental needs. Three quarters of the resource are located in the northern Mediterranean while three quarters of the needs are in the south and east. Consequently, 180 million people in the southern and eastern Mediterranean countries suffer from water scarcity. On the other hand, northern countries face additional risks in flood prone areas where urban settlements are rapidly increasing. Climate change, in interaction with other drivers (demographic and socio-economic developments), has mainly negative consequences for the water cycle in the Mediterranean, including reduced runoff and groundwater recharge, increased crop water requirements, increased conflicts among users, and increased risk of overexploitation and degradation.





## PIERRE BLANC

Professeur de géopolitique à Bordeaux,  
chercheur au LAM (CNRS/ Sciences Po) et  
rédacteur en chef de *Confluences Méditerranée*

### GÉOPOLITIQUE DE LA RARETÉ

L'eau est loin d'être neutre en matière géopolitique. D'une part, la sécurité hydrique et alimentaire n'est pas sans effets sur la stabilité politique des États. Mieux, l'irrigation conditionne aussi leur puissance en tant que leur capacité alimentaire peut être un vecteur d'influence sur d'autres ou, au minimum, qu'elle les conduit à limiter leur dépendance aux autres. D'autre part, l'eau est un puissant vecteur d'aménagement de l'espace, particulièrement en zone aride où, en tant que facteur limitant, elle conditionne encore plus les implantations humaines. Enfin, l'eau revêt une autre dimension géopolitique en tant qu'elle peut être disputée, là encore surtout en contexte de rareté.

Cette dimension géopolitique de l'eau est particulièrement effective en Méditerranée, car non seulement il s'agit d'une région à forte résonance conflictuelle, mais elle peut être rare en maints endroits, ce qui décuple ainsi son importance en termes de sécurité vs puissance, d'aménagements et de rivalités. Dans l'ensemble du bassin méditerranéen, trois blocs se détachent en matière de disponibilité hydrique. Un gradient de disponibilité se dessine ainsi de l'est du bassin – de loin le moins bien doté – au nord – beaucoup mieux loti – en passant par le Maghreb, qui se situe dans une position intermédiaire. Indexée sur la rareté, l'intensité géopolitique de l'eau est donc calquée sur ce gradient.

Puissance vs sécurité, contrôle de l'espace et rivalités hydropolitiques : c'est à ce triptyque que l'intervention sur la géopolitique de la rareté a été consacrée.

### L'eau, la puissance et la sécurité

Parce qu'elle est au cœur des principaux besoins humains (s'hydrater et assurer son hygiène, se nourrir et disposer d'énergie), l'eau est centrale dans le contrat social. L'eau potable est un vecteur essentiel de la sécurité humaine et de la stabilité des États. Est-il étonnant qu'à l'échelle du monde, les pays de l'est du bassin de la Méditerranée et de l'Afrique du Nord consacrent la plus grande part de leur PIB aux adductions ? L'importance de l'eau potable dans la sécurité humaine et la stabilité politique est rappelée encore de nos jours avec des mobilisations

cet été 2021 en Algérie. L'hydroélectricité n'est pas neutre non plus, même si sa dimension géopolitique de fabrique de la puissance est plus anecdotique dans la région : d'une part dans les pays où l'eau est abondante – par exemple au nord du bassin –, l'hydroélectricité n'est souvent que marginale dans le mix énergétique, tandis que sur les autres rives l'hydroélectricité est limitée par la rareté de l'eau, en sachant que la topographie peut aussi en limiter la production. Des pays comme l'Égypte ou la Syrie ont quand même pu en faire un élément de leur indépendance énergétique, du moins dans le discours.

En revanche, l'eau pour l'irrigation a nettement été un attribut de la recherche de sécurité et de puissance. En permettant d'élever la productivité, l'eau est d'abord un moteur de la sécurité alimentaire. Aussi bien directement, car elle facilite ainsi l'accroissement de la disponibilité alimentaire, qu'indirectement car, en favorisant l'accroissement du revenu des agriculteurs, leur accès s'en trouve facilité. Plus que cela, l'irrigation est un vecteur de puissance, celle-ci étant définissable comme une capacité à peser sur d'autres, ou au moins comme une capacité à ne pas trop dépendre d'un autre. Partant de cette définition, constatons que la puissance peut être indexée sur l'agriculture. Le *food power* américain, pendant la guerre froide, l'a particulièrement montré. Les destinataires de l'aide alimentaire, provenant des plaines irriguées américaines, étaient d'autant mieux servis qu'ils répondaient à l'objectif d'endiguement de l'URSS. La région méditerranéenne illustre particulièrement ce lien entre l'eau et le couple sécurité/puissance. Déjà dans le cadre de la négociation de certaines frontières dans les pays du Levant après la Première Guerre mondiale, la maîtrise de bassins hydrographiques à des fins de sécurisation de l'irrigation a été revendiquée par les partisans du Grand Liban ou les sionistes. Ensuite, après les indépendances, nombre de pays ont opté pour le développement de l'agriculture irriguée comme garant de leur indépendance alimentaire. On était alors dans la recherche de la sécurité alimentaire par l'autosuffisance. Ceci est particulièrement vrai dans le cas de la Syrie, qui se considérait comme un pays du front contre Israël. Ne pouvant pas dépendre des États-Unis, alliés d'Israël, le pouvoir baasiste a donc misé sur d'importants aménagements hydroagricoles sur l'Oronte et l'Euphrate, tout en encourageant les prélèvements de l'eau dans le sous-sol. On retrouve ceci en Égypte, en Libye et au Maroc, où l'eau a été mobilisée à des fins de sécurisation productive, voire d'indépendance. Néanmoins ces choix n'ont pas été vraiment gagnants. Non seulement la dépendance est demeurée importante, ne serait-ce que parce que la population a fortement augmenté – par exemple en Égypte où l'on a assisté à un quintuplement de la population entre 1950 et 2021 – mais cet activisme hydraulique a finalement aggravé la rareté de l'eau. Par exemple, quand la Syrie a été affectée par une sécheresse (2006-2010) – dont on a pu dire, sans doute hâtivement, qu'elle avait pu être une des causes de la révolution de 2011 –, les pompes étaient déjà hypothéqués du fait de l'effondrement des nappes, inhérents aux choix politiques qui avaient été opérés.

Certes l'émancipation politique par l'autosuffisance alimentaire basée sur l'irrigation n'est plus de mise dans la région. Tous les pays du sud et de l'est de la Méditerranée (PSEM) ont ainsi basculé vers un modèle agricole d'extraversion commerciale, fondé sur les avantages comparatifs. Mais pour autant, ceci n'est pas la garantie d'un meilleur usage de l'eau. En particulier car les investisseurs en agriculture, qui entrent de plain-pied dans cette nouvelle orientation et qui sont en quête d'un retour rapide sur investissements, ne sont pas toujours engagés dans la gestion d'une ressource qu'ils peuvent voir comme momentanée. Cependant, c'est tout un travail d'investigation qu'il faudrait désormais mener pour mesurer cela.

## L'eau, la fabrique et le contrôle du territoire

L'agriculture ne produit pas seulement l'alimentation dont les populations ont besoin. Elle est un puissant vecteur d'aménagement de l'espace car, entre le paysan, le paysage et le pays, il y a bien plus qu'une communauté sémantique riche de signification : le premier est celui qui façonne en grande partie les deux autres. L'agriculture peut de la sorte revêtir une dimension géopolitique, en tant qu'elle est au cœur de la fabrique de l'espace habité et qu'elle en permet le contrôle. Là encore, l'Est de la Méditerranée offre le plus d'exemples frappants de ce phénomène. Ainsi, sur l'île de Chypre, après l'intervention turque à l'été 1974 qui les a délogés du Nord, la mobilisation de l'eau par les Chypriotes grecs leur a permis de se relocaliser au Sud et de cultiver une zone qui avait été moins développée. Exemple plus connu, l'établissement du Yishouv sioniste avant 1948, puis du territoire d'Israël, s'est opéré grâce à la mobilisation de l'eau, particulièrement pour faciliter une agriculture de conquête spatiale. Même après la guerre des Six Jours en 1967, la politique coloniale en Cisjordanie et à Gaza était le fait d'une agriculture irriguée, organisée autour des structures collectives de type *moshav* (coopérative) ou *kibboutz* (ferme collective). En Égypte, l'agriculture irriguée a aussi cette fonction stratégique. Depuis la révolution nassérienne, ce pays n'a de cesse d'élargir ses surfaces agricoles dans le delta, le Nord Sinäi et le désert libyque pour désengorger la vallée du Nil. L'objectif du Caire est aussi de fixer les populations nomades ou semi-nomades qui inquiètent le pouvoir central, à l'instar de certains secteurs nomades du Sinäi qui ont fait allégeance à Daech. En fait, l'Égypte essaie de reproduire ce que les Britanniques ont fait en Iraq et en Jordanie durant la période des mandats : sédentariser les populations afin de mieux les contrôler. Et c'est toujours par la mobilisation de l'eau qu'ils ont cherché à le faire.

Ailleurs dans le bassin méditerranéen on retrouve cette dimension. En Algérie des adductions sont développées à grande échelle entre Aïn-Salah et Tamanrasset, afin de soutenir la dynamisation de cette région frontalière très stratégique. De même, que serait le Sud de l'Espagne sans ce réseau de grandes adductions qui a transformé son paysage et permis le développement d'une agriculture parmi les plus intensives en Europe ?

## L'eau et le conflit

Ces fonctions géopolitiques de l'eau (puissance vs sécurité et territorialisation) ne sont possibles qu'au moyen d'une politique d'équipement ambitieuse et de forts prélèvements qui aiguïssent la conflictualité régionale, du moins quand l'eau est rare et partagée. Ainsi les situations diffèrent d'un bloc à l'autre du bassin. Cette conflictualité est moindre au Maghreb où les bassins hydrographiques sont moins partagés, et encore plus sur la rive nord du bassin où, non seulement les bassins hydrographiques sont également moins partagés mais l'eau y est globalement plus abondante. La conflictualité hydropolitique est telle à l'est du bassin que d'aucuns ont évoqué les guerres de l'eau pour la caractériser. Plutôt que de guerres de l'eau – qui n'ont d'ailleurs pas été attestées –, je préfère parler de violences hydrauliques. J'en propose une théorie en cinq points :

1. La violence hydraulique est l'usage par un acteur A d'un rapport de force (*vis* en latin, éponyme de violence), rarement directement mais plutôt sous la forme dissuasive, pour priver un acteur B d'une partie de son usage.
2. La violence hydraulique concerne tous les usages mais l'irrigation est la plus concernée.
3. Cette hydrohégémonie n'est pas liée à la géographie mais aux rapports de forces.
4. Le droit international de l'eau, défini par une convention onusienne de 1997, n'est pas opposable à certains pays, dès lors qu'ils n'en sont pas signataires. Or les pays qui pourraient être condamnés par l'usage de ce droit – en l'occurrence la Turquie, Israël et l'Égypte – n'ont pas paraphé cette convention.
5. En l'absence d'un droit opposable, on assiste à une opposition entre argument historique (le droit de première appropriation) et argument géographique (le principe de souveraineté territoriale absolue).

Ces conflits concernent au moins trois bassins : sur le bassin du Jourdain où Israël a établi une hydrohégémonie au détriment du Liban, de la Syrie, mais surtout des territoires palestiniens qui ne peuvent utiliser que 20% de l'eau de leur sous-sol, quand Israël utilise le reste. Il en est de même avec l'Euphrate et le Tigre, pour lesquels s'opposent d'un côté la Turquie – véritable château d'eau du bassin dotée d'une réelle puissance militaire –, et de l'autre les pays d'aval, la Syrie et l'Iraq. Pour l'heure, avec quelque 500 000 hectares irrigués dans le cadre du projet d'Anatolie du Sud-Est (GAP), Ankara est loin d'avoir atteint son objectif de 1,7 million d'hectares. Un projet turc qui ne manque pas d'inquiéter ses voisins, il est vrai en proie actuellement à d'autres sujets de préoccupation.

Concernant le Nil, la situation est également source d'inquiétude, surtout pour l'Égypte qui a longtemps agi en État hydrohégémonique en dépit de sa position en aval du bassin. Alors qu'il se trouve en pleine mutation interne, le pays se voit contesté à l'extérieur, notamment par l'Éthiopie – véritable château du Nil composé

du Nil Bleu, du Sobat et de l'Atbara – qui s'est lancée dans la construction du grand barrage de la Renaissance en 2011. Profitant du chaos en Égypte – lié à la révolution de la place Tahrir –, l'Éthiopie a fait de ce projet un vecteur essentiel de son affirmation sur la scène régionale. La production d'électricité à grande échelle devrait faciliter son industrialisation, mais aussi son rayonnement à l'extérieur, ne serait-ce qu'en devenant un fournisseur important d'énergie.

Mais ce projet de barrage sur le Nil Bleu lui vaut le courroux de l'Égypte qui s'est arrogé le contrôle du Nil depuis 1959 dans le cadre d'un accord signé avec le Soudan. Ces deux pays disposaient d'un droit de veto sur les aménagements en amont, qui leur ôtait toute crainte de les voir se développer. Dès 2010, l'Éthiopie a toutefois remis en question cet accord en agrégeant autour d'elle les pays d'amont du Nil Blanc. Depuis, le conflit n'a cessé de se tendre entre Addis-Abeba et Le Caire, le Soudan ayant penché du côté de l'Éthiopie. Pour l'heure, la diplomatie américaine, très active dans ce dossier depuis 2019, n'a en rien abouti. Après des négociations directes à New York en janvier 2020, les positions demeurent les mêmes : l'Égypte voudrait que le barrage soit rempli lentement pour ménager le débit en aval et ainsi protéger son agriculture, tandis que l'Éthiopie souhaite un remplissage rapide pour que l'ouvrage devienne rapidement opérationnel.

## Conclusion

Dans ce tour d'horizon, nous avons donc pu montrer de forts contrastes entre les rives en matière de rareté de l'eau, ce qui rend l'intensité géopolitique de cette ressource plus ou moins forte d'une rive à l'autre. Nonobstant cette rareté contrastée, aucun pays n'échappe aux effets du changement climatique. Les pays de l'est du bassin montrent bien ce qu'il peut advenir dès lors que la ressource est sous tension. De ce fait une nouvelle révolution hydraulique s'avère nécessaire partout, surtout quand les politiques de l'offre ont atteint leurs limites en matière de mobilisation de l'eau conventionnelle. Après des décennies de missions hydrauliques qui ont vu les États construire de grandes adductions – et parfois pour certains se construire aussi en partie au travers d'elles –, la politique de gestion de la demande s'impose comme une priorité. Dans ce cadre de recherche d'optimisation de la ressource, le bassin versant s'offre comme un territoire adapté. C'est un lieu de gouvernance efficace dès lors que règne la transparence et la concertation entre acteurs. Cette réussite renvoie ainsi à la nature politique des espaces en question, la politique de l'offre ne s'accommodant pas d'un cadre autoritaire et prédateur. À l'échelle plus globale, c'est l'espace méditerranéen qui doit être pensé comme un méta-bassin versant à organiser, notamment en termes de complémentarité agricole.



## HADRIEN DI COSTANZO

Université d'Avignon, DemoMed, France

### AMÉNAGEMENT ET DÉMOGRAPHIE DES BASSINS VERSANTS MÉDITERRANÉENS

The Mediterranean climate as determined by the Kopën-Geiger classification (Beck *et al.*, 2018) (Csa and Csb) concerns a significant part of the surface area of Mediterranean territories. It is found in particular along the Mediterranean coastline, in the Iberian Peninsula, on the Maghreb coastline, in Turkey, in Greece. This climate is characterized by a structural scarcity of water from late spring to early fall. This is explained by a potential evapotranspiration higher than the rainfall during the summer period. This hydric situation, qualified as climatic aridity in the sense of De Martonne (1926), is much more marked in the south of the Mediterranean basin. The summer aridity is mainly dictated by the latitudinal displacement of the subsidence band of Hadley cells. These cells facilitate anticyclonic blocking situations during the northern summer in the northern hemisphere. In addition to this seasonal process, there is a continental, latitudinal and altitudinal gradient that explains the geography of aridity around the Mediterranean. The aridity of the climate dictates the hydrological regimes of the Mediterranean watersheds (Struglia *et al.*, 2004). In the whole area, the Mediterranean basins of Northern Europe are the most productive (representing about 70% of Mediterranean flows). Those of North Africa and the eastern shore are very little productive (together representing about 30% of Mediterranean flows). They follow a hydrological regime influenced by an aridity of desert and steppe climates that lasts longer during the year. Among the most productive Mediterranean watersheds in low water periods are the Ebro (between 500 and 1,000 m<sup>3</sup>/s), the Rhone (between 1,000 and 1,500 m<sup>3</sup>/s), the Po (between 1,000 and 1,500 m<sup>3</sup>/s) and the Nile (between 1,500 and 1,800 m<sup>3</sup>/s). The high altitude upstream of these Mediterranean watersheds allows a significant water supply all year round.

The Mediterranean area is identified as one of the most sensitive regions to the effects of climate change (IPCC, 2021). It is defined by Giorgi (2006) as a Hot Spot of climate change. In a context of global warming (0.5°C additional on average on the Mediterranean rim between 1951 and 2005) (Lionello *et al.*, 2012) and increasing *per capita* water consumption (positive population growth and increasing

tourist attractiveness) the pressure on water resources has very increased in the Mediterranean area during the twentieth century. Projections on temperature change predict an increase of about 2.5 °C for the end of the century accompanied by a decrease in precipitation around 40% from 2050 (Millano *et al.*, 2013). Controlling water consumption is therefore paramount, especially during low water periods. These changes should not be without consequences for the evolution of the flows of Mediterranean watersheds (Vicente-Serrano *et al.*, 2014). If the lack of water persists, it can quickly paralyze the good functioning of a territory: agricultural losses, decreases in hydroelectric production, forest fires, etc. (Whilite, 2000). Reducing the problem to a water deficit is not enough to properly alert politicians. It seems to us necessary to consider both the available water resource and the anthropic demand (Martin *et al.*, 2020); in other words, to consider the water stress (environmental supply *versus* social demand). One way to estimate it at the regional level is to use the population proxy.

The population of the Mediterranean states grew strongly between 1950 and 2020 (about 2% per year). According to national data released by the United Nations (UN), the population of the Mediterranean states would have increased from 200,000,000 inhabitants in 1950 to over 500,000,000 in 2020. This strong increase in population during the second half of the twentieth century is explained by the demographic transition model. The decrease in fertility and the increase in life expectancy at birth have not evolved in a homogeneous manner throughout the Mediterranean region. Schematically, the countries on the northern shore reached their pseudo equilibrium between 1970 and 1990. It is in the process of being completed for the southern shore, but with more singular behavior than that observed on the northern shore. For some countries, such as Algeria, Egypt and Israel, post-transitional states with a still high birth rate persist. These demographic transitions do not yet appear to be complete. They may, moreover, reflect a counter-demographic transition with a continuing high birth rate or even an increase in the birth rate. In fact, it is this southern shore that has been the main source of population growth since the 1950s. It still maintains it today, although it is slowing down (2.5% per year at the beginning of the second half of the 20th century to 1% per year from the 1990s). Conversely, on the northern shore, growth rates are currently tending towards 0. With regard to projections, according to the median scenarios of the UN projections, the population should decrease on the north shore (about 50,000,000 inhabitants) and increase on the south shore (about 250,000,000 inhabitants). In the case of a demographic transition similar to the north for the southern shore, 200,000,000 additional inhabitants are expected as of 2050 in the Mediterranean. On the scale of the Mediterranean catchment areas, densification has been taking place since the 1970s in the Mediterranean catchment areas that are already dense, such as the Italian catchment areas, the French coastline, the Nile delta and the coastline of the eastern shore. This trend population growth must also be crossed with the tourist arrivals which during the summer period can increase the local population in the Mediterranean catchment

areas. The global share of tourist arrivals in the Mediterranean represents 30% of global arrivals and grew strongly between 1995 and 2014 (3.6% per year) (UNWTO). It is mainly driven by the developed countries of the northern shore which captures about 90% of tourist flows. From the 2000s, a share of these flows began to be captured by the emerging economies (over 70% of tourist flows for the developed economies).

Solutions for monitoring the water stress can be put into practice more locally. The difficulties of measuring this water stress on a local scale are similar to those experienced on a regional scale. Even today, a precise measurement of the water stress is impossible. In the case of the Mediterranean Gardon watershed (sub-basin of the Rhône), preliminary work carried out in the framework of the thesis: « De l'impluviosité à la sécheresse dans le Sud-Est de la France : entre aridité et tension sur la ressource en eau », showed the insufficiency of available data to calculate the water stress (Martin *et al.*, 2020). It must be estimated through different proxies of water deficit and consumption. Approximating this water stress while integrating the uncertainty in the calculation (quality of measurements, proxies, etc.) seems possible by using a probabilistic approach called Bayesian network. The purpose of this approach is to clarify the situation from the information we have on the Mediterranean catchment area in order to better pilot water resource management policies (prefectoral decree, hydraulic developments, etc.)

In sum, water resources around the Mediterranean have decreased during the twentieth century. On the other hand, the population has grown rapidly until the 1990s and remains sustained. This increase in population combined with an increase in tourism concentrated during the arid period raises the question of maintaining access to water without an explosion of conflicts of use. In the medium and long term, aridity is expected to increase much more than what was observed in the last century and the population is expected to increase by 200,000,000 inhabitants according to UN scenarios. If the water stress is expected to increase, the main challenge is to accurately measure this pressure. This requires a better knowledge of water consumption in the Mediterranean catchment areas and a better understanding of hydrological processes in periods of drought to quantify the resource.

## Références

- Beck, H. *et al.*, "Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution", *Scientific Data*, 5(1), 180214, October 2018.
- De Martonne, E., « Aréisme et indice d'aridité », *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. 82, pp. 1395-1398, 1926.
- Giorgi, F., "Climate change hot-spots", *Geophysical Research Letters*, 33(8), April 2006.
- Lionello, P. *et al.*, "Introduction: Mediterranean Climate - Background Information", in *The Climate of the Mediterranean Region*, Elsevier, 2012, pp. xxxv-xc.



Martin, P., Di Costanzo, H. & Canovas, I., « Aridité et sécheresse : heuristique d'une modélisation parétienne et bayésienne de la tension sur la ressource en eau dans le sud-est de la France », *Journal International Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement*, 5(2), 2020.

Milano, M. et al., "Current state of Mediterranean water resources and future trends under climatic and anthropogenic changes", *Hydrological Sciences Journal*, 58(3), pp. 498-518, 2013.

Struglia, M. V., Mariotti, A., Filograsso, A., "River Discharge into the Mediterranean Sea: Climatology and Aspects of the Observed Variability", *Journal of Climate*, vol. 17, n°24, pp. 4740-4751, December 2004.

Vicente-Serrano, S. M. et al., "Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe", *Environmental Research Letters*, vol. 9, n°4, 2014.

Wilhite, D. A., "Chapter 1 Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions", *Drought Mitigation Center Faculty Publications*, 69, 2000.



Barrage de Sénéchas © Photo BRL - E. Vuillemeret



## GUILLAUME BENOIT

Membre de l'Académie d'agriculture de France, vice-président du Plan Bleu pour l'environnement et le développement en Méditerranée

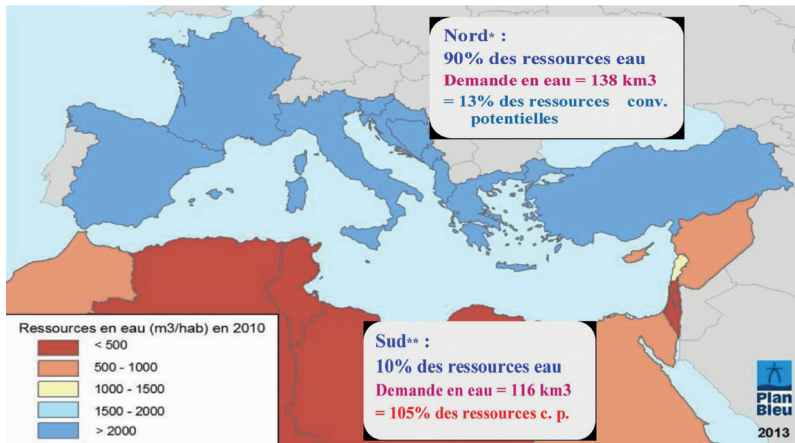
### SÉCURITÉ ALIMENTAIRE, TERRES ET EAU EN MÉDITERRANÉE : POUR UN « CONSTRUIRE AUTREMENT » EN SIX POINTS

La sécurité alimentaire en Méditerranée, par son lien structurel avec l'eau et la terre, est menacée de longue date. Quelles en sont les raisons majeures ? En quoi le changement climatique vient-il aggraver tous les risques ? Comment réussir les nécessaires transitions ? C'est avec mon œil d'ancien directeur du Plan Bleu et de rapporteur général des séminaires SESAME (*cf. infra*) que j'introduirai cette session du Parménides.

#### Un espace et un environnement contraints, mis en valeur et dégradés

Espace « dévoré par la montagne » (F. Braudel), difficile d'accès, pauvre en terres facilement cultivables et riches en grands paysages agro-sylvo-pastoraux, le monde méditerranéen est soumis à de forts stress et insécurités hydriques. Aménagé de longue date pour le rendre habitable aux hommes, cet espace a pour lui une grande diversité de savoir-faire, de produits et de paysages construits avec le temps. La gestion de l'eau en biens communs à l'échelle des bassins « déversants » (les canaux) y est très ancienne. L'hydraulique agricole et l'irrigation, fruits de mises en valeur organisées par les États ou par les communautés rurales, y sont depuis toujours d'importance stratégique pour la sécurité alimentaire.

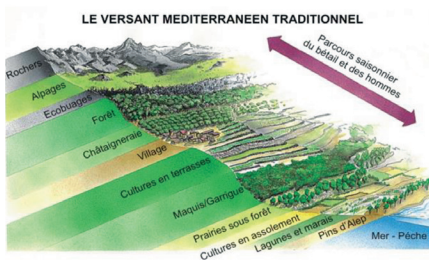
L'eau en Méditerranée est une ressource inégalement répartie dans le temps mais aussi dans l'espace. Les pays de la rive Nord, y compris la Turquie, disposent de neuf fois plus de ressources renouvelables conventionnelles que ceux de la rive Sud (du Maroc à la Syrie) et ne prélèvent (tous usages) que 13 % de leurs ressources. Rien à voir donc – sauf localement : Malte, Chypre, Andalousie... – avec une rive Sud et Est qui, encore en forte croissance démographique, prélève l'équivalent de 105 % de ses ressources conventionnelles potentielles et surexploite ses nappes parfois de plus de 30 % au-dessus de leur recharge annuelle.



Les sols agricoles, dégradés de longue date (Antiquité) par le travail agressif des sols et par le défaut de conservation ou de drainage, souffrent de l'érosion hydrique et éolienne ou de la salinisation. Les pertes de carbone organique (et donc de fertilité) cumulées dans le temps sont massives. Avec la mondialisation non régulée (mise en concurrence frontale avec des producteurs de grands pays exportateurs, forte littoralisation) et le défaut de politiques publiques adaptées aux enjeux, l'espace rural et l'environnement sont à la peine :

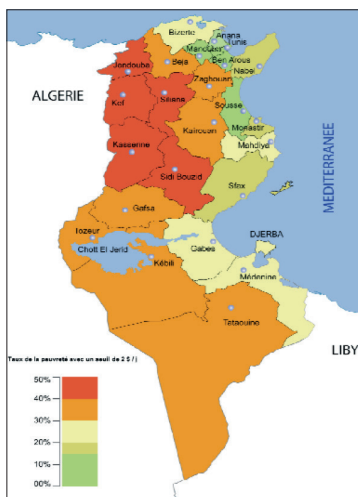
- Pauvreté et mal-développement rural au Sud avec des conséquences lourdes en termes de déséquilibre territorial, de surpâturages et de dégradations de l'agroécosystème ;
- Déprise agricole et pastorale au Nord (et parfois aussi au Sud), pertes de savoir-faire ;
- Pertes d'une part croissante des meilleures terres agricoles par étalement urbain, y compris de terres équipées pour l'irrigation à grands frais publics.

Toutes ces évolutions impactent négativement les « paysages méditerranéens », le cycle de l'eau (faible infiltration, étiages plus sévères, risques accrus d'inondations dévastatrices) et, bien entendu, la sécurité alimentaire.



## Le changement climatique accroît les risques d'insécurité hydrique et alimentaire

La dégradation des sols et de la fertilité, la forte érosion, la littoralisation et le mal-développement rural, le peu de terres disponibles et la pauvreté physique en eau croissante (au Sud) ont des conséquences lourdes sur la sécurité alimentaire. Le changement climatique vient amplifier tous les risques, dont « la perte de revenus ruraux suite à un accès insuffisant à l'eau d'irrigation et à la diminution de la productivité agricole », ainsi que « la rupture des systèmes alimentaires suite à la variabilité des pluies et aux sécheresses », deux des huit grands risques pour l'humanité identifiés avec une « confiance élevée » par le GIEC dans son 5<sup>e</sup> rapport.



Le Sud et l'Est de la Méditerranée seront les plus impactés, notamment le Maghreb déjà confronté à une forte baisse de l'hydraulicité (30% au Maroc) et où des baisses de PIB ainsi que de fortes canicules sont annoncées. Que deviendront les populations les plus vulnérables, sachant que depuis vingt ans :

- la sous-alimentation au Moyen-Orient comme en Afrique du Nord a augmenté alors qu'elle s'est au contraire réduite en Amérique latine et en Asie du Sud et de l'Est ;
- l'insécurité alimentaire des ruraux montagnards, partout dans le monde en développement, s'est fortement dégradée ?

La question de l'insécurité alimentaire est donc aussi une question territoriale. Comment ne pas y voir la conséquence d'une marginalisation sociale et politique d'une grande partie du monde rural, un grave défaut de politique d'aménagement du territoire ?

La rive Nord n'est pas à l'abri. La dégradation du bilan hydrique P-ETP (pluies – évapotranspiration potentielle) a déjà pour conséquence la baisse de la productivité fourragère et des revenus des éleveurs (cf. étude Climfourrel), ainsi que des pertes d'aptitude à la culture seulement en sec. Même la vigne, plante pourtant résistante à la sécheresse, doit aujourd'hui recourir de plus en plus à une irrigation de résilience.

Au-delà des enjeux d'accès à l'alimentation, de stabilité et de développement rural, la sécurité alimentaire sera aussi menacée dans sa première dimension : celle de la disponibilité. La dépendance aux importations des pays méditerranéens – déjà forte pour tous les pays riverains, sauf la France et la Turquie –, devrait en effet encore s'accroître, notamment au Maghreb : de 50% aujourd'hui (calcul en calories), elle pourrait passer à 70% à l'horizon 2050.

## **Vers une Méditerranée durable : un « penser et construire autrement » en six points**

Faire face à la crise systémique actuelle et à la montée des risques impose de penser et de construire autrement. Il nous faut identifier des réponses et stratégies alternatives et interroger le comment de leur mise en œuvre. La plateforme de réflexion Nord-Sud SESAME (Séminaires Eau et Sécurité Alimentaire en Afrique de l'Ouest et en Méditerranée) initiée en 2013 par les conseils généraux des ministères de l'Agriculture de France et du Maroc ainsi que par l'AFD, va « de la science à la politique en passant par le terrain » et y apporte une contribution précieuse (<https://urlz.fr/gH2R>). On soulignera les six points suivants :

1. La question de l'eau ne peut être dissociée de celle, liée, des sols et de la transition agroécologique. Des savoir-faire anciens et des systèmes de production innovants, agricoles, pastoraux et agro-sylvo-pastoraux, sont à même de conserver et d'améliorer les sols et d'y renforcer le stockage de l'eau et du carbone et donc la fertilité. Les progrès en termes de résilience, de productivité de l'eau, d'amélioration des conditions de vie et des revenus, d'arrêt de l'érosion, d'amélioration du cycle de l'eau (réduction des pertes par évaporation, meilleure infiltration et recharge des nappes, réduction des risques d'inondation...) et de la biodiversité, ou encore de lutte contre la dérive climatique peuvent être considérables. Les techniques traditionnelles de collecte des eaux de pluie, les agricultures régénératives de conservation des sols (ACS), l'agroforesterie, l'amélioration des pâturages par recours à des légumineuses méditerranéennes biodiverses, font partie des réponses à promouvoir à grande échelle.

2. Une mutation est nécessaire dans les montagnes rurales pauvres du Sud méditerranéen (les châteaux d'eau) confrontées au cercle vicieux de la pauvreté, du surpâturage et de la dégradation de l'écosystème. Un scénario à double gain, pour l'amont et pour l'aval, pourrait avoir des impacts positifs majeurs sur la ressource en eau en période d'étiage, et contribuer à la double sécurité hydrique et alimentaire des pays.

3. Le renforcement de la ressource en eau peut contribuer puissamment à la sécurisation de l'agriculture et de l'alimentation ainsi qu'à répondre aux autres nouveaux besoins en eau, dont la préservation des milieux par le soutien d'étiage. La plus grande erreur serait d'opposer les solutions. Il nous faut à la fois transformer nos systèmes de production, les rendre plus économes en eau, et, partout où c'est possible dans de bonnes conditions environnementales, renforcer la ressource en eau par de nouveaux stockages, transferts, et par la réutilisation des eaux usées traitées.

4. Redonner de la cohérence et de l'efficacité à l'action publique et privée impose de « sortir des silos » et de passer à des politiques territorialisées, à des planifications et à des « projets de territoires » visant l'atteinte croisée et conjointe des ODD (objectifs de développement durable) n°2 (agriculture durable, faim zéro) et 1 (élimination de la pauvreté), 6 (eau), 13 (action climatique) et 15 (vie terrestre).

5. Des transitions réussies à grande échelle supposent une volonté politique forte et des moyens d'action appropriés, y compris en termes d'animation du développement rural, d'aides aux investissements et à la transition agroécologique et de paiements pour services environnementaux (PSE).

6. Il nous faut raisonner nos interrelations (amont/aval, villes/campagnes, pays riches/pauvres en eau) en termes de solutions. Les territoires méditerranéens n'ont pas assez d'eau et/ou de terres pour nourrir seuls leurs populations. Dans un monde incertain et dangereux, les pays et territoires voisins plus riches en ressources naturelles devront s'attacher à les mobiliser pour contribuer à sécuriser les approvisionnements à long terme d'une Méditerranée structurellement déficitaire. Le développement de l'irrigation et la transition agroécologique et rurale de l'Afrique subsaharienne sont des questions déterminantes. Il en va de l'équilibre et de la stabilité de l'Afrique mais aussi de la Méditerranée et de l'Europe.



## ERAN FRIEDLER

Faculté Technion International-Israel Institute of Technology, Haïfa, Israël

### *Résumé*

The Mediterranean region suffers from water scarcity already today. Today's water scarcity is expected to rise due to the continual trends of population growth, increasing urbanization and climate change effects. Natural water resources in the region are already exploited to their maximum, and in some cases even more. Thus, in order ensure water needs of people and agricultural activities (to ascertain food security) in the coming future, a new way of thinking towards sustainable use is much needed.

In my talk I will present several pathways of using alternative water sources as means to reduce potable water use, enhance water availability, and water use in a more sustainable way. I will concentrate on two main approaches: centralized and de-centralized (distribution).

1. Centralized approach – Collection of municipal wastewaters through the sewer network, treatment in a wastewater treatment plant and reuse for agricultural irrigation or through a dedicated distribution system for non-potable uses in urban areas.

2. Decentralized (distributed) approach – Use of alternative water sources such as rainwater harvesting from roofs, greywater reuse, storm water harvesting. These can be implemented either on onsite or cluster scale.

By integrating both decentralised and centralised approached as appropriate depending on local conditions the benefits of both can be maximized in keeping people wellbeing while concurrently enhancing sustainability.

NICOLA LAMADDALENA

CIHEAM Bari, Italie

## WATER EFFICIENCY, WATER PRODUCTIVITY AND WATER SAVING: AGRONOMIC AND ENGINEERING ASPECTS

### *Résumé*

Improving water use efficiency is primordial in Med countries. The increasing demographic trends, the reduction of rainfall, the increasing of temperature, the increasing of extreme events and the advance of the desertification, exacerbated by the effects of climate change, are increasing the pressure on the scarce water resource. With most of the available fresh water deployed for irrigation, increasing water use efficiency from the source to the farm is a priority. Very often efficiency at farm level remains very poor as many farmers apply surface irrigation methods with considerable leaching fractions.

This situation leads to either: *(i)* important water volumes discharged in drainage canals and reused for irrigation, or *(ii)* important water volumes discharged into the groundwater. In the first case, this approach on one hand allows to achieve high irrigation efficiency at basin level; on the other hand, causes the detriment of water quality with all the associated negative impacts on health and environment. In case of water withdrawn from wells, the excess of volumes goes back to the groundwater but it must be repumped to be reused, with very important energy consumption. Accounting for the above, new technologies can be used to reduce water withdrawals without affecting crop yields. So, water productivity could be increased. Modelling can be very helpful for a better use of new technologies. Finally, appropriate capacity development strategies and institutional approaches should be well selected and combined with the technical approaches.





## CÉLINE HUGODOT

Directrice de l'ASA du Canal de Gignac, France

### PLAN D'ACTION DE L'ASSOCIATION SYNDICALE DE PROPRIÉTAIRES DU CANAL DE GIGNAC (ASA)

#### Résumé

L'ASA du Canal de Gignac est une association syndicale de propriétaires ayant pour objet la gestion d'un canal dérivé du fleuve Hérault, pour la desserte en eau brute de propriétés, dont la vocation est essentiellement agricole. L'ASA du Canal de Gignac a été créée en 1879, initialement pour permettre à la profession viticole de lutter contre le phylloxera. En cent quarante ans, les ouvrages gravitaires de l'ASA ont permis de façonner le territoire et les paysages, en apportant de l'eau brute sur des terres qui n'y auraient pas accès autrement. Actuellement, le périmètre syndical s'étend sur 3 200 ha environ et 17 communes, dans la moyenne vallée de l'Hérault. Quatre mille trois cents propriétaires sont membres de l'ASA, dont environ mille huit cents sont des agriculteurs professionnels. La viticulture est la culture dominante. Les autres cultures présentes sur le périmètre sont : le maraîchage, l'arboriculture et la production de semences. Les ouvrages desservent également des usagers urbains (arrosage de jardins) en lien avec l'extension des centres urbains sur des parcelles historiquement agricoles et inscrites au périmètre. En 2006, face aux mutations du territoire, à l'évolution des besoins des usagers et à la nécessité d'un partage de l'eau consensuel, l'ASA s'est engagée dans une démarche Contrat de Canal, afin de bâtir un plan d'actions pluriannuel, concerté avec vingt-quatre acteurs du territoire (financeurs, police de l'eau, organismes de gestion de l'eau, communes, représentants des usagers et des milieux...). Ce plan a permis de définir une vision partagée de la gestion de l'eau brute sur le territoire, dans le cadre de l'adaptation des ouvrages de l'ASA aux enjeux du XXI<sup>e</sup> siècle, avec le double objectif de réduire l'impact quantitatif des prélèvements de l'ASA sur la ressource, tout en améliorant les conditions d'utilisation de l'eau par les usagers (irrigation localisée, aide pilotage des arrosages...). Quinze ans après le démarrage de la démarche, les premiers résultats sont visibles et permettent d'envisager de nouveaux projets d'extension, en conformité avec les objectifs de gestion quantitative du bassin versant.

## ZAKARIA EL YACOUBI

Chef de division des ressources hydroagricoles,  
ministère de l'Agriculture du Maroc

### LE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER ET LA GESTION CONJOINTE DES RESSOURCES EN EAU POUR UNE GESTION SOUTENABLE DES BASSINS VERSANTS – CAS DU SOUSS MASSA AU MAROC

#### *Résumé*

Le bassin hydraulique du Souss Massa constitue l'une des régions les plus riches et les plus dynamiques du Maroc, avec une diversité d'acteurs et d'usages de l'eau. L'agriculture est toutefois le moteur essentiel de la demande en eau à l'échelle de la zone, grâce notamment au développement des cultures de maraîchage primeur, destiné essentiellement à l'export. La poursuite de ce développement doit impérativement relever le défi majeur qui réside dans le déséquilibre entre l'offre et la demande en eau et une surexploitation de la nappe de Chtouka, qui enregistre un déficit de plus de 90 Mm<sup>3</sup> par an. Les mesures prises jusqu'à présent pour enrayer la surexploitation de cette nappe sont largement insuffisantes pour garantir un développement durable.

Conscients de ce constat, les différents partenaires impliqués dans la gestion des ressources en eau de ce bassin se sont mis d'accord pour coordonner leurs actions afin de remédier à cette situation préoccupante. Il s'agit d'un modèle innovant, qui combine :

- la construction d'une unité de dessalement de l'eau de mer de 400 000 m<sup>3</sup>/j, en partenariat public/privé, pour sécuriser l'irrigation des 15 000 ha de cultures à haute valeur ajoutée de la zone de Chtouka, et substituer ainsi une partie des prélèvements d'eau de la nappe ;
- la mise en place d'un contrat de gestion de la nappe de Chtouka avec une reconnaissance globale des puits existants (régularisation d'ensemble) et une gestion par des quotas de prélèvements d'eau par hectare.

Ce contrat de gestion de la nappe s'est appuyé sur l'implication de l'ensemble des usagers et la mobilisation d'un partenaire privé pour l'équipement des puits par des compteurs en télérelève et le suivi des prélèvements d'eau souterraine par rapport aux quotas. Ce qui permettra de maintenir l'irrigation dans cette région dépendant fortement de l'agriculture, tout en préservant la nappe souterraine.

## FRANCESCA PORTINCASA

Directrice d'Acquedotto Pugliese, Italie

### WATER RESOURCES ISSUES IN SOUTHERN ITALY

#### *Résumé*

The main challenge that should be tackled urgently by decision-makers, is the provision of sufficient water resources to meet the water needs of all the territories in the medium and long term for the various uses (drinking, agricultural and industrial). In fact, the demographic scenarios and the climate change effect on a global scale, which are outlined for the next decades, highlight the need to preserve the current sources of water supply in such a way to allow a sustainable use over time, both from a qualitative point of view, i.e., protection from pollution, and from a quantitative point of view: i.e., *(i)* reduction of water losses, *(ii)* optimization of uses, and *(iii)* a decisive push to reuse treated wastewater which requires a path of evolution and innovation by the agricultural sector, also in light of what provided for by the recent EU Regulation no. 741/2020. At the same time there is a need to search for new sources of water supply to ensure the satisfaction of a growing need. This is even more urgent for southern Italy which, due to its orographic characteristics, has sources of water supply that are not homogeneously distributed throughout the territory, with a concentration in inland and Apennine areas. As result, large water transfers within regions and between regions is needed.

## DENIS LACROIX

Responsable Veille et prospective à la direction scientifique de l'Ifremer, France



### SYSTÈMES AGROPASTORAUX ET ÉROSION DES SOLS : CAS DES TERRES SUBMERSIBLES

#### Introduction

Le changement climatique est maintenant une réalité acceptée par la majorité des décideurs et de l'opinion publique. Mais si certaines de ses conséquences, comme les vagues de chaleur ou la fonte des glaciers, apparaissent bien associées à ce changement, la montée du niveau de la mer n'est pas toujours considérée comme un autre de ses effets. Pourtant cette élévation apparaît aujourd'hui comme une des conséquences majeures du changement climatique, même si son ampleur et ses impacts à terme restent difficiles à quantifier et à placer dans le temps. Il est donc utile d'essayer de clarifier les données de cet enjeu, car si les impacts de cette élévation sont encore faibles aujourd'hui, la majorité des projections portent à penser que l'accroissement du niveau de la mer va s'accélérer pendant des décennies, voire des siècles. De fait, l'interface terre-mer – pris au sens large – est un espace d'autant plus fragile qu'il est proche du niveau de la mer. Or le développement des activités humaines est facilité par l'accessibilité par la mer et la disponibilité de zones planes constructibles. Les premiers ports étaient sur des côtes rocheuses, avec des rades naturelles faciles à défendre avec des fortifications élevées (Marseille, Gênes, Constantinople, Alger...). Mais la maritimisation de l'économie à partir du <sup>xvi</sup><sup>e</sup> siècle a conduit à développer les ports à grande échelle, ainsi que toutes les activités associées, dans des zones côtières basses. Aujourd'hui, cet avantage est devenu une vulnérabilité. De nombreux grands ports dans le monde, et les grandes villes qui se sont développées autour, ont déjà entrepris des travaux de protection contre la submersion et les inondations (Londres, Rotterdam, Bangkok...) et certains pourraient même être relocalisés dans leur ensemble, comme Jakarta. Le croisement de ces deux dynamiques – celle de la hausse inexorable du niveau de la mer et celle de la croissance continue des activités humaines dans les zones basses côtières – constitue donc un enjeu majeur avant même la fin de ce siècle et encore plus au-delà de 2100.

## La montée du niveau de la mer impacte les plaines agricoles côtières

La mesure de la montée du niveau de la mer et l'étude des phénomènes qui sont impliqués dans son équilibre dynamique n'ont cessé de se perfectionner depuis un siècle, en complément des études sur la température. De nombreux capteurs ont été mis au point – des satellites aux flotteurs *in situ* – sur toutes les côtes du monde, y compris en Antarctique. En parallèle, des programmes de traitement des données et de modélisation ont permis d'intégrer des masses croissantes d'informations en synthèses assez précises et de faire des projections sur les décennies à venir, avec des marges d'incertitude acceptables pour les décideurs.

Le dernier rapport du GIEC donne une fourchette d'élévation du niveau moyen de la mer allant de 29 à 110 cm selon les hypothèses minimales ou maximales de réchauffement climatique (Oppenheimer *et al.*, 2019). Mais la valeur haute des projections (+110 cm) pourrait être dépassée, surtout si la fonte des calottes glaciaires devait continuer à s'accélérer (Bamber *et al.*, 2019). Ces projections ont été longtemps négligées par la plupart des pays pour des raisons d'inertie politique et d'opposition des intérêts économiques. Mais elles ont été peu à peu prises au sérieux, au fil des conférences internationales sur le climat et des observations des dérèglements climatiques. Cet enjeu concerne directement l'Europe car nombre de plaines basses agricoles et grands deltas sont déjà affectés : Rhône, Pô, Rhin-Meuse, Tamise...

### Des enjeux de salinisation et d'agriculture

Cet espace côtier au sens large, caractérisé par une forte concentration de population et une croissance urbaine et économique rapide, concentre aussi les incertitudes et les risques. Associée à la réduction des apports en eaux douces – notamment dans de nombreux pays subtropicaux –, la submersion des terres basses s'accompagne d'une salinisation croissante des sols et des nappes phréatiques (Hereher, 2010). Ainsi ce phénomène, observé depuis trente ans dans le bas delta du Nil en Égypte, comme dans la plupart des deltas d'Asie – notamment celui du Mékong –, a fait disparaître de vastes zones de production agricole, en riziculture principalement. *A contrario*, il a permis à l'aquaculture en eau saumâtre de se développer à grande échelle, avec une progression sur la période de 100 000 à 1 000 000 tonnes. Les effets de l'élévation annoncée du niveau de la mer ne se limiteront pas à la frange littorale. Ils se feront de plus en plus sentir à l'intérieur des terres, par exemple par une difficulté accrue d'écoulement des eaux, augmentant les surfaces inondées et donc les dégâts lors des crues, ou une modification de l'hydromorphologie des fleuves dont le profil en long sera recalé par des dépôts de sédiments, modifiant les écosystèmes aquatiques et la sécurité de certains ouvrages hydrauliques. De même, l'apparition de vastes zones humides – voire de lagunes ou lacs saumâtres – de plus en plus à l'intérieur des terres, pourrait avoir

des conséquences en termes de pathologie humaine, notamment en matière de maladies à vecteur, comme les moustiques.

Des centaines de millions de personnes, ainsi que toute l'économie littorale associée, sont déjà concernées par la montée du niveau marin. Cependant, les contrastes sont forts entre les pays riches – comme les Pays-Bas – et les pays pauvres – comme le Bangladesh –, ce qui sera une source supplémentaire de migrations massives si cela n'est pas anticipé. Dans la pratique, le plus souvent, il ne s'agit pas de dresser un mur, mais de conserver une interface vivante avec la mer et de restructurer les espaces côtiers dans la profondeur. À l'échelle d'une commune comme à celle d'un État et des organisations internationales, les décisions finales sont le plus souvent des compromis, avec une grande difficulté d'estimation du ratio coûts/bénéfices sur le long terme.

### **L'intérêt d'une approche prospective**

Comment concevoir le littoral anthropisé sur le long terme, sous la menace croissante de la montée du niveau de la mer, au moins jusqu'à 2100, en prenant en compte les risques de « tempête parfaite » (conjonction de toutes les menaces potentielles) sur au moins certains points du littoral ? Comment garder compatibles l'expansion des activités maritimes et la sécurité et la pérennité des milieux ? Les échelles de perturbation de l'environnement liées à la montée de la mer sont si considérables qu'elles font apparaître de forts besoins en connaissances dans de nombreux compartiments de recherche. Se projeter à 2100 est donc devenu nécessaire pour décider de manière pertinente à l'horizon 2030.

La prospective irrigue déjà la planification à moyen terme de diverses activités maritimes. Mais la gestion durable du littoral face à un changement aussi global que la montée du niveau de la mer ne pourra émerger sans démarche collaborative alliant sciences économiques et sociales, technologies et projection de choix de gouvernance dans de nombreux domaines : environnement, société, économie, urbanisation, industries, tourisme... et en croisant les apports des diverses disciplines. De fait, l'adaptation au changement global, dont la dimension marine, constitue déjà un des plus importants thèmes de recherche à l'échelle européenne. Ce changement impose donc de restructurer à un horizon au moins de moyen terme les activités humaines sur les terres basses côtières (Pioch, 2017). Cette évolution sera d'autant plus durable et sûre qu'elle sera anticipée, planifiée et accompagnée.



## BERNARD HUBERT

Académie d'agriculture de France

### LA TRANSITION AGROÉCOLOGIQUE : DES PRINCIPES PLUTÔT QU'UN MODÈLE

#### Résumé

L'agroécologie fournit un cadre général, une vision du futur de l'agriculture, un ensemble de principes alternatifs aux modèles de production dominants aujourd'hui. Plus qu'une option supplémentaire à caractériser et labelliser, c'est une dynamique pour une transition vers de nouvelles formes d'exercice des activités agricoles, de rapports aux ressources naturelles et au territoire, au monde du vivant et, partant, de nouvelles relations entre les agriculteurs et la société dans son ensemble.

Des priorités de recherche ont ainsi été identifiées, mobilisant des collectifs inter et transdisciplinaires. Elles font ressortir la nécessaire vision systémique. D'un point de vue agronomique *stricto sensu*, c'est la conception de rotations plus variées et plus longues, d'associations d'espèces cultivées, le déploiement de la protection intégrée des cultures, une meilleure connaissance des interactions biotiques, les techniques de travail et de non-travail des sols, la diversification des espèces cultivées, la recherche d'une meilleure résistance aux maladies en diversifiant les sources génétiques et de variétés valorisant mieux les interactions avec le microbiote rhizosphérique, les associations agriculture/élevage, au sein des exploitations comme à l'échelle locale, avec la notion de bassins de production.

**JEAN-CLAUDE QUILLET**

Agridura, France



## LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE DE L'AGRICULTURE EN MÉDITERRANÉE

J'espère vous apporter des éléments de gestion des sols afin de préserver les bassins versants méditerranéens qui alimentent les retenues collinaires puis les grands barrages, comme en Tunisie, pays que je connais bien pour avoir participé au développement d'un projet écologique en semis sous couvert végétal de 1999 à 2005.

Les problèmes majeurs du bassin méditerranéen sont l'érosion des sols, la perte de la fertilité et de réserve en eau, en surface comme en profondeur, par une infiltration très réduite à cause du travail du sol. L'eau roule sur le sol travaillé, très sec, emporte les particules fines d'argile et limons fins qui vont remplir les retenues collinaires et les barrages de sédiments, dont certains sont déjà comblés aux trois quarts.

La transition mécanique du travail conventionnel du sol au semis sous couvert végétal (SCV) peut être très courte, dès la première année sur les résidus de cultures, sans aucun travail du sol si celui-ci est bien nivelé. Si le sol est trop chaotique (trous, bosses), il conviendrait de faire un nivelage avant le semis, pour que la profondeur de celui-ci soit régulière.

La transition biologique est plus longue, mais formidable. Le SCV doit se pratiquer tous les ans. Au fil des ans, la macrofaune monte en quantité et diversité (vers de terre, carabes, araignées, staphylins, coccinelles, etc.). La microbiologie augmente aussi comme la matière organique (MO). Un équilibre champignons du sol/bactéries se met en place et la pression des maladies fongiques des blés diminue fortement. Les plantes sont plus résilientes aux maladies et au stress hydrique. Les rendements sont supérieurs d'1 T/ha en céréales. L'augmentation de la biodiversité de la masse microbienne passe de 180 g/kg à 880 g/kg en vingt-cinq ans. Ce sont des effets immédiats du passage en SCV.

Une diminution de 50% de consommation de carburant sur l'ensemble de la culture, ainsi que du temps de travail en main-d'œuvre, de matériel de traction et



la suppression des outils du travail du sol permettent de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de moitié. Le dégagement de CO<sub>2</sub> du sol est proportionnel à la profondeur travaillée. On constate également une diminution de 20% des engrais azotés, phosphore, potasse. La qualité des grains est également supérieure :

- sur le poids de 1 000 grains (mesuré sur blé dur en Tunisie) ;
- sur le poids spécifique ;
- 8 à 10% d'amidon en plus (mesuré sur blé tendre en France) ;
- sans résidus de pesticides (inférieur à 0,01 ppm) ;
- 0,5 à 1 point de protéines en plus (en France) ;
- l'indice de chute d'Hagberg ne diminue pas avec les pluies pendant la récolte.

Le taux de matière organique est en constante augmentation (vingt-cinq ans et plus). La MO est plus concentrée en surface ; elle protège ainsi le sol de l'érosion et de la surchauffe et engendre un effet filtre sur l'eau qui la traverse en profondeur avec moins de ruissellements. Pour conclure, en ACS, l'agriculteur devient un acteur de la régénération de son outil de travail – le sol – en stoppant l'érosion, la désertification, la perte de fertilité et de biodiversité. Dans certaines régions, il faudra planter des arbres, des haies pour paysager la campagne et booster la biodiversité.

L'agriculteur pourra mieux supporter les aléas climatiques qui sont devenus plus fréquents avec des périodes de sécheresse et de pluies de plus en plus longues et intenses. La résilience du système SCV réduit également les pertes de rendement. L'agriculteur pourra ainsi maintenir, voire augmenter sa production de céréales pour participer à l'alimentation de la population européenne et mondiale, qui est en constante augmentation.

Bruxelles a publié le 31 juillet 2021 un rapport du Centre de recherche commun : "Modelling environmental and climatic ambition in the agricultural sector with the CAPRI model". Dans le modèle CAPRI, il est prévu :

1. 25% de surfaces agricoles en agriculture biologique ;
2. 10% de la surface agricole en haute diversité paysagère ;
3. de réduire de 50% les pertes de nutriments du sol. Or avec l'agriculture biologique c'est impossible. Le SCV peut le faire à 80-95% ;
4. de réduire de 20% les engrais, ce qui est possible en SCV ;
5. de réduire de 50% les pesticides ;
6. de réduire de 50% les antimicrobiens vétérinaires.

Ce modèle provoquerait 12% de réduction de la production alimentaire et une perte de revenus de l'agriculteur de 16%. Seul le système d'agriculture en SCV sera capable de compenser cette perte. Il ne reste que huit années, il faut donc démarrer maintenant. Avec le SCV, certaines cultures Clearfield, le glyphosate, la biodiversité, la rotation des cultures permettra de tenir les objectifs principaux (n°3, 4, 5, 6).

## ZINEB BENRAHMOUNE IDRISI

Les Jardins de Zineb, Maroc



### LES JARDINS DE ZINEB

#### *Résumé*

Partage d'une expérience qui dure depuis plus de vingt ans dans l'arrière-pays semi-aride de la région de Rabat-Salé. Un projet agroécologique dans une démarche systémique et globale visant la durabilité de l'humain et de la Terre : agroforesterie, réhabilitation et maintien du sol vivant, biodiversité cultivée et naturelle, techniques diverses de récupération des eaux pluviales et d'économie d'eau, économie circulaire sociale et solidaire... sont au rendez-vous selon un design et une gouvernance adaptée avec une claire définition des responsabilités.



## ANTONIO LÓPEZ-FRANCOS

CIHEAM Saragosse, Espagne

### IMPORTANCE ET POTENTIEL DE LA COOPÉRATION SCIENTIFIQUE, DE LA FORMATION ET DE L'ÉCHANGE DE CONNAISSANCES DANS LE DOMAINE DES SYSTÈMES AGROPASTORAUX

#### Résumé

What we are doing in the area of agro-pastoral systems (or extensive livestock systems in general). Since more than 30 years, we have promoted and animated a couple of FAO-CIHEAM Networks directly related with agro-pastoralism: the Network on Sheep and Goats and the Network on Pastures and Forages. These networks gather many experts (mainly researchers, but also development practitioners) and have been organizing meetings periodically since many years ago, with no interruption (although financial resources are really scarce, something that talks in favor of the interest of these networks for people). The networks have evolved in terms of the topics they tackle with, but undoubtedly production systems sustainability has always been their main orientation. A recent example of a tangible result of the network is the publication of the proceedings of the last Meeting held in Morocco in 2019 (*Options méditerranéennes*, A 125). Besides these meetings, the networks have been the origin of some of our advanced training courses for professionals, and also of some research project proposals (we are currently working to submit one)... In brief, the experience of the networks can illustrate the importance of tissuing relations among the experts of the Mediterranean countries sharing similar concerns and interests.

What are the current areas of interest in agro-pastoral systems, plus some conclusions from the networks. Why we should continue promoting extensive livestock (traditionally neglected due to its poor economic return) in our Mediterranean rural areas, are there options for halting systems abandonment or mutations which lead to vegetation and land degradation? Last, in my opinion (maybe I am biased due to close contact with people working on the topic), currently there is some momentum to put these systems in the policy dialogue, so we need to push networking and to build capacities of young professionals that are showing interest to devote their efforts to the innovation and the support of agro-pastoralism.

## ABDALLAH LAQUINA

Professeur de géomorphologie à l'université Mohammed V de Rabat, titulaire de la chaire Unesco « Gestion de l'environnement et développement durable », Maroc

### GESTION DURABLE DES BASSINS VERSANTS D'AMONT ET RÉDUCTION DES RISQUES EN AVAL : LE CAS DES MONTAGNES ET PIÉMONTES AU MAROC

La problématique traitée par ce papier couvre à la fois celle du déficit structurel en eau, celle des excès pluviométriques et hydrologiques instantanés et celle des perspectives de développement global de la montagne marocaine, dans un contexte de rareté des ressources et de renforcement du stress hydrique en relation avec le changement climatique.

Au Maroc, la montagne joue le rôle de conservatoire de ressources, de produits de qualité, de savoir-faire, d'ingéniosité technique et de solidarité sociale ; c'est le château d'eau qui régularise les écoulements majeurs – dans les nappes karstiques et les retenues de barrages – et protège les piémonts et les grandes plaines fluviales vis-à-vis des inondations des oueds. Mais c'est un espace resté en marge du développement qu'ont connu le littoral et les plaines, car malgré plusieurs programmes sectoriels destinés au développement du monde rural, les zones de montagne n'ont pas connu une amélioration suffisante des conditions de vie des populations et ont maintenu un niveau de précarité sociale préoccupant.

En même temps, la dynamique environnementale reste caractérisée par une dégradation en action, dont l'illustration est la régularisation hydrique en baisse, malgré les gros efforts d'équipement. Avec le changement climatique, cette situation risque de se compliquer, avec notamment l'aggravation de la vulnérabilité du fait de l'accentuation de magnitude des aléas. Dans ces milieux, les cas de bonne gestion des terres et de leur couverture végétale assurent une production régulée d'eau et permettent d'éviter les effets d'érosion, d'envasement des retenues et de crue en aval. En revanche, dans plusieurs chaînes de montagne marocaines, l'exploitation abusive des ressources naturelles est la cause de phénomènes multiples de dégradation. Le déséquilibre climatique et hydrique, tel que l'indiquent les projections, aura alors un double effet de réduction, des débits et de la biomasse, et entraînera une exagération de magnitude des événements extrêmes, avec ce que cela peut avoir comme effets destructeurs.

Les efforts de Gestion durable des Eaux et des Terres (GDET) des montagnes et des terrains de collines accidentées permettent de garantir la sauvegarde des ressources en eau en aval et la durabilité des aménagements hydrauliques réalisés à un coût élevé. Des mesures hydrologiques réalisées à l'échelle de la parcelle et sur microbassin, ou utilisant diverses techniques – notamment le suivi des états de surface des sols et du couvert végétal, la simulation de pluies sur microparcelles et le suivi hydrologique de microbassins – montrent clairement l'intérêt hydrique et morphosédimentaire des dispositifs de gestion conservatoire des eaux et des sols.

Il est donc nécessaire de prendre en compte ces efforts dans la planification des affectations hydriques, notamment en vue de réduire l'inégalité très forte d'affectation entre l'amont et l'aval. Car, dans le contexte du changement climatique, l'irrigation, limitée trop souvent à un appoint d'eau en montagne, devient une condition de base pour l'amélioration des couverts végétaux et de la biomasse, afin de garantir plus d'efficacité aux aménagements de GDET et pour rehausser les rendements et donc intéresser les acteurs locaux à s'impliquer dans ces efforts d'aménagement.

Les dispositifs de GDET peuvent être, notamment dans les régions de vieille paysannerie, des éléments du patrimoine à sauvegarder et à valoriser, car ils représentent une composante de la diversité territoriale, paysagère et culturelle. Leur exploitation touristique et éducative est une opportunité non négligeable.

Ils méritent d'être enrichis et renforcés, pour constituer une base d'aménagement futur à étendre à des terroirs non encore aménagés, grâce au développement de techniques améliorées et avec l'utilisation de moyens mécaniques modernes, diminuant la pénibilité de leur mise en place et de leur entretien. Les aménagements existants ont en effet souvent été réalisés à l'origine grâce à des générations d'efforts et d'actions manuelles, dans un contexte d'entraide, qu'il est difficile de reproduire.

Le paiement du service environnemental de gestion conservatoire devient donc totalement justifié et le partage plus équilibré de l'eau avec l'amont totalement légitime. Le concept d'eau verte, actuellement discuté, permet de justifier de tels choix pour un grand nombre de bassins versants marocains.

## Conclusion

Le développement durable de la montagne signifie l'instauration d'une sécurité alimentaire – même si elle n'est que relative –, d'un équilibre écologique des sols, de la biomasse et de la biodiversité et d'un bilan hydrique caractérisé par la disponibilité de l'eau en réponse aux besoins, ainsi que par l'avantage aux processus modérés sur les mécanismes de déstabilisation.

Cette dynamique environnementale aura pour corollaire une amélioration des revenus, dans un contexte de renouvellement des systèmes de production et

d'exploitation des ressources, ce qui permettrait un développement rural, condition essentielle pour la viabilité de ces systèmes et leur renouvellement. On avancerait ainsi en même temps dans l'acquisition de capacités d'application de techniques avancées de gestion de l'eau et des terres. Le développement humain permettrait quant à lui d'obtenir les conditions d'implication des utilisateurs des ressources. Cela aidera à les mobiliser en tant qu'acteurs, en possession de la capacité de négocier les solutions les plus pertinentes en matière d'adaptation au changement climatique. On pourra même obtenir leur participation à l'effort d'atténuation, pour lequel le Maroc a fait le choix d'apparaître comme un partenaire modèle. Par exemple, une bonne gestion de la matière organique des sols permettrait à la fois de relever les rendements, la capacité de stockage d'eau dans le sol, et de réduire la part des ruissellements sauvages, responsables de dégâts en aval. Ce choix de séquestration supplémentaire de carbone dans le sol constitue une intervention majeure pour compenser les émissions de gaz à effet de serre. La restauration des terres dégradées, par la réduction des prélèvements de biomasse, aurait ainsi l'effet double d'adaptation et d'atténuation.



**JAMILA TARHOUNI**

Institut national agronomique de Tunisie

**AGROPASTORAL SYSTEM AND SOILS RELATION IN SEMI-ARID  
CONDITION: FROM LOCAL TO LARGE SCALES EFFECTS**

*Résumé*

Mutual effects between agropastoral systems and soil are well proved by recent research and studies. These effects can be positive or negative as well at local or regional depending on the land use and management that affect soils properties and functions and, consequently, the agropastoral system state. Various factors may determine these effects among them forest harvesting, watershed management, the agropastoral practices as well as the soils properties and functions; climate conditions would be aggrieving factors in the global change context. In this presentation, the effects between agropastoral systems and soils erosion will be discussed based on real cases analysis in semi-arid and arid lands and using local and large-scale approach.

## GUILHEM BOURRIÉ

Pédologue et géochimiste, membre de l'Académie d'agriculture de France



### QUALITÉ DES EAUX, REMONTÉES SALINES, ALCALINISATION, SUREXPLOITATION DES NAPPES : L'APPORT DE LA GÉOCHIMIE DES SOLS ET DES EAUX

« Le premier des biens est l'eau », Pindare, *Première Olympique*, 1.

Dans le bassin méditerranéen, le changement climatique se traduit par l'augmentation de l'évaporation, la remontée du niveau marin et du niveau de base des fleuves et l'accentuation des phénomènes extrêmes. Le risque existe de voir se dégrader les ressources en sol et en eau, avec la pénétration du biseau salin dans les plaines littorales fertiles et l'extension des zones hydromorphes. L'irrégularité des pluies conduit à irriguer, mais l'irrigation sans drainage génère la salinisation des sols. La réhabilitation des sols salés est possible mais coûteuse. D'un autre côté, les populations méditerranéennes sont accoutumées à des climats très variables et ont mis au point des techniques adaptées. En climat plus aride, l'agriculture oasisienne est une des réponses, mais elle est aujourd'hui en péril. L'irrigation est essentiellement raisonnée pour satisfaire aux besoins quantitatifs des cultures. Or, l'étude de la qualité de l'eau a permis de développer des concepts géochimiques, fondés sur la thermodynamique d'équilibre ou hors d'équilibre, et les bilans de protons, tels que l'alcalinité résiduelle et les fonctions analogues. Ils permettent de montrer que le système sol/eau évolue par une suite de bifurcations. Une bonne gestion de l'irrigation et du système de culture doit éviter que le système sol/eau s'engage dans la voie alcaline, qui mène à l'augmentation du pH et de la concentration en sodium. Un des leviers est l'acidification *via* l'effet rhizosphère et l'emploi d'engrais azotés acidifiants. La prise en compte des nutriments apportés par l'eau d'irrigation permet des économies d'intrants et, bien conduite, l'irrigation protège les sols et évite la surexploitation des nappes profondes, à condition que l'utilisation locale soit replacée dans le contexte régional hydrogéologique, ce à quoi contribuent également les concepts et outils de la géochimie, notamment isotopique.



## L'alcalinité et l'évolution du système sol/eau comme une suite de bifurcations

Lorsque les eaux se concentrent par évaporation, elles arrivent à saturation avec une suite de minéraux qui précipitent successivement et toujours dans le même ordre : calcite, gypse, argile magnésienne ou carbonate de magnésium ; puis les sels proprement dits : chlorures, sulfates ou carbonates de sodium, potassium et magnésium. Chaque fois que la solution arrive à saturation – par exemple le gypse (sulfate de calcium) –, le produit des concentrations en calcium et sulfate est limité par la solubilité : la concentration en calcium augmente et la concentration en sulfate diminue, ou l'inverse. Le système va alors bifurquer selon l'état de départ : s'il y a plus de calcium au départ, le calcium domine ; sinon c'est le sulfate. Dans le cas de la calcite, la concentration en carbonate est liée au pH et c'est l'alcalinité qu'il faut considérer. L'alcalinité, à la différence du sulfate, n'est pas une concentration, essentiellement positive, mais une différence algébrique entre somme des concentrations de bases faibles et concentration en protons. Elle peut donc être positive, négative ou nulle. Une solution de base diluée a une alcalinité positive ; en se concentrant elle devient une solution de base concentrée et le pH augmente. Une solution d'acide dilué devient de même une solution d'acide concentrée et son pH diminue. Une solution de sels neutres (gypse, halite) a une alcalinité nulle et son pH ne change pas. L'alcalinité se mesure facilement par titration avec un acide fort. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité est en général positive. On trouve des eaux d'alcalinité négative dans le cas particulier d'eaux issues de l'oxydation des sulfures, tels que la pyrite, qui produit de l'acide sulfurique, par exemple dans la réoxydation des mangroves. À chaque bifurcation, on peut définir une grandeur déduite de l'alcalinité en soustrayant la concentration de l'élément contrôlé – par exemple le calcium –, dite alcalinité résiduelle calcite, et qui a les mêmes propriétés pour prédire le sens de variation du pH. On retrouve ainsi les trois voies d'évolution géochimique : voie sulfatée acide si l'alcalinité est négative ; voie saline neutre si l'alcalinité est positive, mais l'alcalinité résiduelle calcite négative ; voie alcaline si l'alcalinité et l'alcalinité résiduelle calcite sont toutes les deux positives.

Il faut éviter que le système sol/eau s'engage dans la voie alcaline, qui conduit à des pH très élevés et des concentrations en sodium élevées, d'où une attaque alcaline des argiles, une dégradation des propriétés physiques et une stérilisation des sols. Le levier disponible repose sur l'effet acidifiant du gaz carbonique produit par l'oxydation de la matière organique des sols et sur l'effet rhizosphère. Lorsque la tendance à l'acidification l'emporte – ce qui est le cas en climat pluvieux au nord de la Méditerranée –, l'alcalinité apportée par l'eau d'irrigation tamponne le pH et limite la décarbonatation. Lorsque l'évaporation favorise l'augmentation du pH – ce qui est le cas au sud de la Méditerranée –, on peut jouer sur l'effet rhizosphère : la pompe à protons racinaire acidifie son environnement lorsqu'elle absorbe plus de cations que d'anions, ce qui est le cas général, et est accentué lorsque l'azote est apporté sous forme ammoniacale.

## L'eau d'irrigation apporte des nutriments qu'il faut prendre en compte

C'est le cas du sulfate et du magnésium et d'une grande part du phosphore et du potassium. L'apport d'azote, en revanche, est en général négligeable. En conditions salées, les plantes peuvent souffrir de la concentration en sodium ou de la baisse de l'activité de l'eau (effet osmotique). L'irrigation bien conduite tamponne les sols contre les variations de pH, maintient la fertilité, empêche le phosphore de contribuer à l'eutrophisation en le rétrogradant sous forme de phosphate de calcium, qui peut se redissoudre ultérieurement.

Le Sodium Adsorption Ratio (SAR) n'est pas une bonne clé pour estimer le risque de dégradation des propriétés physiques des sols. L'échange du calcium et du sodium sur les argiles gonflantes n'obéit pas à un simple équilibre d'échanges d'ions, du fait de phénomènes de séparation des ions (démixtion des phases solides) connu depuis longtemps. Le SAR n'est donc pas un bon estimateur du pourcentage de sodium échangeable. De ce fait une concentration en calcium modérée suffit à prévenir le risque. D'où l'inutilité d'apports massifs de gypse. L'essentiel est d'éviter que le système sol/eau s'engage dans la voie alcaline comme expliqué ci-dessus.

Les eaux de compositions différentes réagissent quand – et seulement quand – elles se mélangent ou entrent en contact avec des terrains différents. C'est le cas des eaux de nappes profondes qui remontent par artésianisme ou drainance verticale, du Continental Terminal ou du Continental Intercalaire. En traversant de nouveaux terrains, elles les dissolvent en partie et de nouveaux minéraux précipitent. La géochimie isotopique combinée avec la géochimie minérale permet d'identifier les réactions qualitativement et quantitativement. Ceci permet d'évaluer les risques de surexploitation des nappes peu renouvelables.

### Pour en savoir plus

Bourrié, Guilhem, Salhi, Nassira, Slimani, Rabia, Douaoui, Abdelkader, Hamdi-Aïssa, Baelhadj, Mohammed, Gihan, Trolard, Fabienne, « Chapitre 2. L'irrigation, la qualité de l'eau et des sols » dans Bourrié, Guilhem (dir.), *Les sols au cœur de la zone critique 4 - Qualité de l'eau*, ISTE Éditions, Londres, 2018, pp. 81-133.

Bourrié, Guilhem, « Les sels dans les déserts » dans Joly, Fernand, Bourrié, Guilhem (dir.), *L'Homme et les déserts 2*, ISTE Éditions, 2022, pp. 155-173.

## MOHAMMED HACHICHA

Professeur, directeur du laboratoire de recherche Valorisation des eaux non conventionnelles, université de Carthage, Institut national de recherche en Génie rural, Eaux et Forêts, Tunisie

### WATER AND SALT REGIMES UNDER IRRIGATION WITH BRACKISH/ SALINE WATER IN TUNISIAN SEMI-ARID CONTEXT

#### *Résumé*

Under climate change and in the absence of appropriate irrigation management, the use of brackish/saline water leads to a considerable salt soil accumulation that causes damage to the agricultural productivity, lead to soil and groundwater properties degradation. Thus, good knowledge of saltwater dynamics associated with appropriate management practices are required to ensure sustainability of saline irrigation. Tunisia is among semi-arid regions having long experience in using saline water for irrigation. Now, saline water management should require the adoption of new tools and innovative water management practices.



## BAELHADJ HAMDI-AÏSSA

Professeur en agronomie, pédologie, spécialiste des sols arides et de l'agriculture saharienne, enseignant chercheur à l'université de Ouargla, Algérie



## L'AGROSYSTÈME OASIEN FACE AUX DÉFIS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

### Introduction

L'Afrique du Nord, région Sud méditerranéenne, se caractérise par une grande diversité d'écosystèmes, liée à son histoire et à l'existence de conditions différentes entre ses bassins versants. L'harmonie initiale entre l'homme et la nature est perturbée par de fortes migrations vers le littoral, conduisant à l'artificialisation des terres, à la réduction des zones naturelles, à l'altération des paysages et à l'augmentation des conflits liés à la surexploitation des ressources naturelles (sols et eau).

Aujourd'hui, il y a urgence à gérer durablement ces ressources, les biens et services écosystémiques qu'ils fournissent pour répondre aux enjeux liés principalement : (i) à la sécurité alimentaire ; (ii) aux ressources en eau ; (iii) à l'adaptation aux changements climatiques ; (iv) à la santé humaine ; (v) et à la préservation du patrimoine biologique.

Dans les régions arides méditerranéennes, depuis des millénaires et sous différentes formes, les hommes ont créé des milieux favorables à la vie et à une aridoculture adaptée et durable, conséquence de l'amélioration de l'humidité du milieu et l'augmentation assez significative et progressive de la fertilité du sol.

Valorisant des potentialités et des ressources d'un milieu saharien et périsaharien très sévère et très hostile, l'agroécosystème oasis (Figure 1) joue un rôle déterminant par la multitude des services écosystémiques qu'il fournit. Cependant, ce capital oasis est méconnu et ne cesse d'être menacé par les activités humaines.

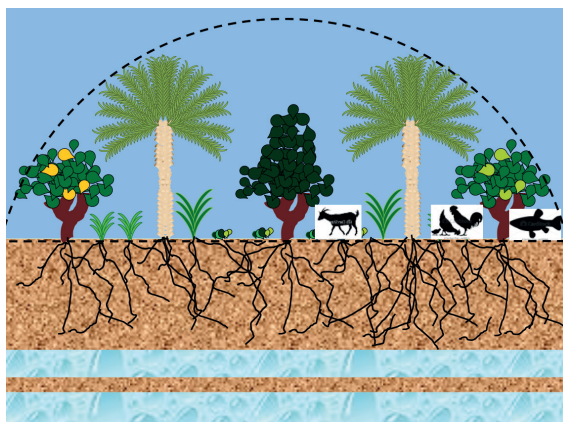


Figure 1. Structure de l'agrosystème oasien en étages de polyculture (le microclimat oasien réduit les températures, limite d'évapotranspiration et économise l'eau).

## L'oasis, un agrosystème à multiple services écosystémiques

En cohérence avec le cadre conceptuel de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (Millennium Ecosystem Assessment – MEA, 2005), la classification des services écosystémiques (SE) repose sur quatre grands types de SE majeurs : 1) les « SE d'approvisionnement » représentent la production nutritionnelle, matérielle ou énergétique de l'écosystème ; 2) les « SE de régulation » correspondent aux processus écologiques contribuant à l'activité régulatrice des écosystèmes ; 3) les « SE culturels » permettent aux hommes de dériver des avantages non matériels récréatifs ; 4) les « SE de soutien » sous-tendent les autres SE, par exemple la formation des sols, le cycle des nutriments, les habitats procurant tout ce qui est nécessaire à une plante ou un animal pour survivre. Ils ne sont pas directement utilisés par l'homme. Ces SE sont mis en relation avec une représentation symétrique des « constituants du bien-être » en quatre catégories : a) Sécurité ; b) Matériels de base pour une vie meilleure ; c) Santé ; d) Bonnes relations sociales. Des éléments de synthèse (Figures 2 et 3) sur les relations entre services écosystémiques et bien-être sont mis en œuvre, reposant sur des exemples concrets dans les oasis pour envisager un modèle d'évaluation des services écosystémiques rendus par les agrosystèmes oasiens. L'évaluation des SE constitue un outil d'aide à la décision dans les projets de mise en valeur des oasis et les actions de sensibilisation à leur protection (Zitouni *et al.*, 2017).


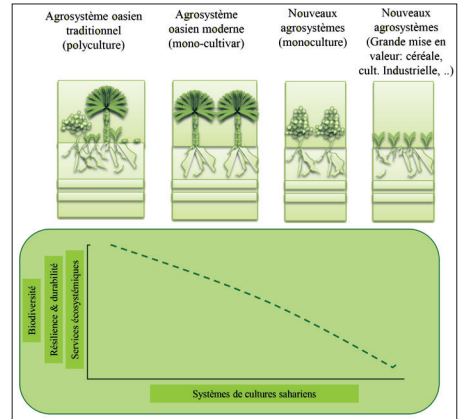
<b>S.E. Régulation</b> - Micro-climat oasien - Anti-poussières sahariennes - Equilibre écologique - Epuration de l'eau - Control de l'érosion (fixation de dunes, ...) - Lutte contre la desertification		<b>S.E. Approvisionnement</b> - Alimentation (date, produits végétale et animale...), eau potable, ... - Produits de terroirs - Bois et énergie - Sous produits du palmier
<b>S.E. Socioculturels</b> - Spirituel - Fortes cohésion ocale - Heritage culturel et patrimoine - Education et art - Espace de loisir - Beauté du paysage - Systèmes ingénieux de partage de l'eau et des systèmes de culture - Agro-éco-tourisme solidaire - Savoir et savoir faire paysan		<b>S.E. Soutien</b> - Cycle biogéochimiques des éléments nutritifs - Qualité et santé du sol - Producteurs primaires - Biodiversité et agrobiodiversité (>1000 cultivars de palmiers...) - Agroécologie, agroforesterie - Séquestration du carbone

Figure 2 (gauche). Gamme de services écosystémiques (SE) identifiés dans l'agrosystème oasien.  
 Figure 3 (droite). Résiliences des différents systèmes de cultures sahariens.



## Gestion de l'eau et du sol dans l'oasis

Dans les agrosystèmes oasiens, l'eau et le sol (quantité, qualité et fonctions) jouent un rôle déterminant par la multitude des services écosystémiques qu'ils fournissent. Dès la genèse de l'agriculture oasienne – depuis plusieurs centaines d'années –, la maîtrise de l'eau est apparue comme une évidence et la gestion hydro-pédo-climatique s'est développée de manière quasi contemporaine avec les systèmes agricoles. L'Oasien est ingénieux, il a inventé un système agraire unique par sa performance et sa résilience (gestion des crues, partage des eaux, captage et recharge des nappes aquifères, préservation de la qualité de l'eau, conservation du sol, lutte contre l'érosion et la sédimentation, maîtrise de la salinisation, etc.), le système social et les savoir-faire associés. Ainsi, l'oasis est considérée comme modèle d'une agriculture résiliente au changement climatique, classé par la FAO depuis 2011 parmi les systèmes ingénieux du patrimoine agricole mondial (GIAHS).

Cependant, dans cet agrosystème vulnérable, la salinisation primaire et/ou secondaire (liée à l'irrigation) rend ce milieu édaphique stressant aux cultures. Elle résulte souvent d'une mauvaise gestion du bilan de l'eau et des sels du complexe hydroédaphique dans l'espace et dans le temps. Le défi majeur est de maintenir l'équilibre du complexe hydroédaphique en conditions généralement salines, « agriculture saline ». Les équations générales relatives au bilan des sels à considérer sont (Bourrié *et al.*, 2018) (Figure 4) :

$$Sp + Si + \Delta Sr + Sd + Sf = Sdw + Sc + Sppt$$

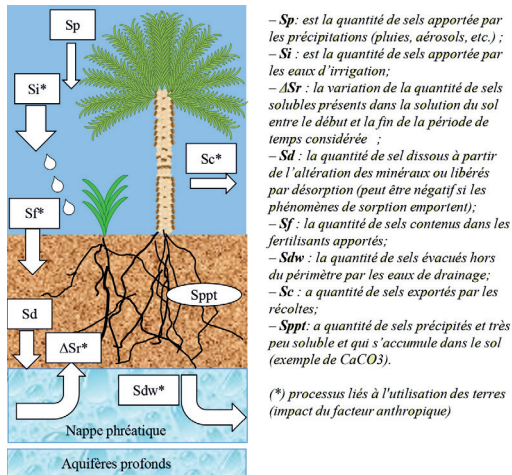


Figure 4. Bilan des sels dans le complexe hydroédaphique (Bourrié et al., 2018) (modifié).

## L'oasis, modèle de l'agroécologie

Les oasis sont une création ingénieuse de l'homme. Comme tous les agroécosystèmes traditionnels caractérisés par une agriculture paysanne, sans ou très peu d'intrants chimiques et par la pratique de polyculture multivariétale. Elles montrent ainsi un niveau d'agrobiodiversité remarquable. Le système s'appuie principalement sur la culture du palmier dattier (phœniciculture), « pilier de l'agriculture oasienne » (Benzouche, 2017). Elle réduit l'évaporation de l'eau et permet la culture en sous-étages d'autres cultures (Figures 1 et 3). Les investigations entreprises dans les oasis du Sud du Maghreb ont révélé l'existence de plus de mille cultivars du dattier et des dizaines d'espèces et de variétés locales cultivées (maraîchères, fruitières, céréalières, fourragères, condimentaires, etc.). En effet, le système agit en tant que tel, il répond ainsi au concept de « l'agroforesterie » et assure un couvert végétal permanent et une protection contre l'érosion du sol. Il constitue un microclimat favorable au développement d'une flore et d'une faune sauvage très diversifiées. Dans la pratique de l'agriculture oasienne, les déchets organiques (sous-produits des palmiers dattiers et d'autres cultures) sont valorisés après compostage, principalement pour améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol et comme sources de nutriments aux cultures.

L'élevage est une composante essentielle de l'oasis, il est généralement de type familial, valorisant de façon optimale des races locales (ovins et caprins) ; avec l'introduction récente de la pisciculture, il participe à la production de biens et services de nourriture d'origine animale. En plus, il garantit par sa production de fumier le maintien de la fertilité des sols. Dans les oasis sahariennes, le développement de l'élevage camelin périodique, tant pour l'approvisionnement en lait qu'en viande, a bouleversé les antiques liens sociaux entre nomades et sédentaires.

Les sols, bien que soumis à des stress salin et hydrique, offrent un biotope favorable au développement d'une biomasse microbienne très diversifiée. Ils se sont révélés relativement riches en actinomycètes, parfois réputés rares de par le monde, et de surcroît producteurs d'antibiotiques. Les espèces microbiennes présentes dans le sol affectent nettement son fonctionnement. Au-delà, la composition des communautés et surtout sa diversité fonctionnelle déterminent de nombreux processus clés, comme le recyclage de la matière organique « turnover », la minéralisation des nutriments, la séquestration du carbone et la structuration du sol. Ces processus sont à la base des services écosystémiques importants comme la production de la matière végétale, la fertilité des sols ou la stabilité des écosystèmes face au changement climatique.

## Conclusion

Malgré les avancées considérables dans la connaissance agronomique, écologique, économique et sociale, les services écosystémiques rendus par l'agrosystème oasien restent encore mal décrits, mal connus et l'information à leur sujet demeure très fragmentée. Cependant, le système continue d'être une source d'inspiration dans le domaine de la gestion sociale et économique de l'eau, de la diversification des systèmes de culture étroitement organisés autour du palmier dattier (Bessaoud, 2020). Le système a su traverser le temps, montrant sa résilience au changement climatique. Moderniser l'agroécosystème oasien en introduisant des nouvelles technologies (énergies propres, valorisation de la biomasse) et le gérer suivant les principes de l'agroécologie offrent une riche opportunité pour la sécurité alimentaire et le développement économique et social des populations du Sud du Maghreb.

## Références

- Benziouche, Salah Eddine, « L'agriculture biologique, un outil de développement de la filière dattes dans la région des Zibans en Algérie », *Cahiers Agricultures*, vol. 26, n°3, 2017.
- Bessaoud, Omar, *Une agriculture saharienne sans les Oasiens ?* Alger, Arak Éditions, 2020.
- Bourrié, Guilhem, Salhi, Nassira, Slimani, Rabia, Douaoui, Abdelkader, Hamdi-Aïssa, Baelhadj, Mohammed, Gihan, Trolard, Fabienne, « Chapitre 2. L'irrigation, la qualité de l'eau et des sols » dans Bourrié, Guilhem (dir.), *Les sols au cœur de la zone critique 4 - Qualité de l'eau*, ISTE Éditions, Londres, 2018, pp. 81-133.
- Millennium Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Washington D.C., Island Press, 2005.
- Zitouni, Hatem, Ben Chaaben, Sameh, Ben Maachia, Sihem, Khaldi, Rabeb, Zougari, Boutheina, Dhaouadi, Latifa, « Évaluation quantitative et qualitative des services environnementaux et de la résilience de l'oasis historique de Gafsa (projet) », Association pour la sauvegarde de la Médina de Gafsa & World Agriculture Heritage Foundation, 2017.





## MANUEL SAPIANO

Chef de l'unité Eau à l'agence de l'Énergie et de l'Eau, Malte

### MANAGING A VULNERABLE GROUNDWATER RESOURCE – MALTA

#### *Résumé*

Malta's semi-arid Mediterranean climate and geomorphology precludes the development of economically exploitable surface water resources.

The islands' groundwater resources, in particular the main sea-level aquifer systems, are therefore the only naturally renewable resource of freshwater present on the island. Groundwater within these aquifer systems is in lateral and vertical contact with seawater, and hence highly vulnerable to sea-water intrusion in response to abstraction.

Malta's policies for the water sector therefore take into consideration the sustainable use of groundwater resources within a comprehensive management framework based on the conjunctive use of water supply diversification and demand management measures. This strategy aims to enable the effective use of groundwater, protecting its qualitative characteristics and therefore ensuring its sustainable use in the future.

## CATHERINE FOUCHIER

Chercheuse au sein de l'équipe Risques hydrométéorologiques de l'INRAE (UMR RECOVER), France



# MODÉLISATION HYDROLOGIQUE POUR LE TEMPS RÉEL : ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES

## Introduction

En France, les crues rapides sont à l'origine d'une part très significative des dommages subis, tant sur le plan humain que matériel. Générées par des pluies intenses, ces crues se manifestent au sein de petits bassins versants, caractérisées par des temps de réaction courts et, très souvent, l'absence de mesures de débit. Sans informations sur les débits, la seule donnée d'entrée pour prévoir ces crues est alors la pluie et, en particulier, l'information fournie par les radars météorologiques.

L'équipe Risques hydrométéorologique de l'Irstea Aix-en-Provence travaille depuis plusieurs années à une meilleure anticipation de ce type d'événement sur les bassins versants non instrumentés, notamment en intégrant dans ses modèles hydrologiques les informations des radars météorologiques. Ces travaux ont conduit à la mise au point, dès 2003, de la méthode AIGA (acronyme pour Adaptation d'Informations Géographiques pour l'Alerte crue) en collaboration avec Météo France et le Schapi. Conçue comme un outil d'aide à la décision en situation de crise, destinée aux décideurs et aux gestionnaires, cette méthode fournit une évaluation de la gravité d'un événement hydrométéorologique.

Faisant l'objet de travaux continuels d'améliorations, la méthode AIGA est mise en œuvre dans des dispositifs opérationnels de surveillance et d'anticipation des aléas hydrométéorologiques.

## Principe de la méthode AIGA

L'objectif de la méthode AIGA est de fournir une évaluation de la gravité d'un événement hydrométéorologique grâce à :

- l'affichage du niveau de gravité de l'aléa pluvial en tout point du territoire ;
- l'affichage du niveau de gravité de l'aléa hydrologique en tout point du réseau hydrographique.

Cet objectif est rempli grâce à la comparaison de données temps réel avec des valeurs seuils. Les deux productions disponibles sont : la carte AIGA Pluies pour les pluies 2h sur tout le territoire national et la carte AIGA Débits sur quinze départements du pourtour méditerranéen appartenant aux Zone de Défense Sud et Sud-Est.

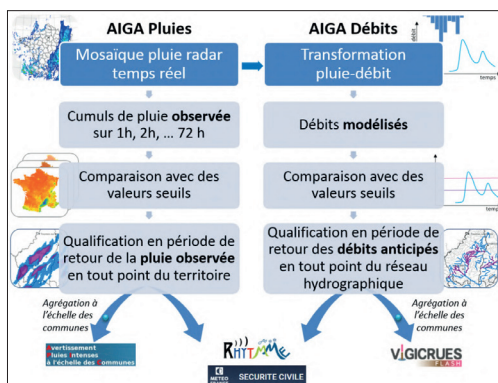


Figure 1. Principe de la méthode AIGA et valorisations opérationnelles en temps réel.

La méthode permet de produire toutes les quinze minutes :

- des cartes indiquant, en temps réel et en tout point du territoire à la résolution du km<sup>2</sup>, la période de retour des pluies radars observées en les comparant avec des valeurs seuils (volet AIGA Pluies) ;
- une carte indiquant, en temps réel et pour tout bassin prédéfini, la période de retour des crues qui pourraient résulter de ces précipitations, en comparant les débits calculés à des valeurs seuils, en des points prédéfinis du réseau hydrographique (volet AIGA Débits).

Ces deux types de production permettent de caractériser la gamme de période de retour de l'aléa hydrométéorologique en cours et, ainsi, d'apprécier l'intensité anormale du phénomène naturel.

### *Le volet Pluies de la méthode AIGA*

Les données temps réel de pluie sont les cumuls fournis à la résolution spatiale du km<sup>2</sup> sur différentes durées (1 h à 72 h) par le réseau de radars météorologiques opéré par Météo France (réseau Aramis). Les valeurs seuils de pluie sont constituées par les valeurs statistiques de pluie issues de la base nationale SHYREG-pluie (Arnaud *et al.*, 2014) disponibles pour les mêmes durées de cumul et pour différentes périodes de retour.

Le résultat de la comparaison entre ces observations de pluie et ces valeurs seuils peut être visualisé sous la forme de cartes à la résolution spatiale du km<sup>2</sup>.

Les niveaux de rareté des pluies y sont représentés selon une échelle simplifiée en gammes de périodes de retour. Une échelle en trois couleurs est par exemple adoptée sur la carte de la figure 2.

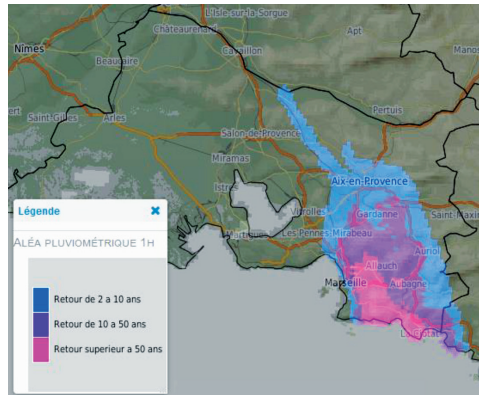


Figure 2. Cartographie AIGA Pluies produite à 17h30 le 23/10/2019. Périodes de retour de la pluie radar de durée de 1 heure. Source : capture écran extranet Rhytmme.

### *Le volet Débits de la méthode AIGA*

Pour caractériser l'aléa de crue, la méthode AIGA s'appuie sur des données temps réel de débits fournies par un modèle hydrologique alimenté par les pluies radars. Ces données temps réel sont comparées à des valeurs seuils de débit associées à différentes périodes de retour.

Dans la pratique, le modèle hydrologique est mis en œuvre pour des exutoires prédéfinis. Les périodes de retour sont traduites visuellement par un code couleur attribué aux tronçons modélisés.

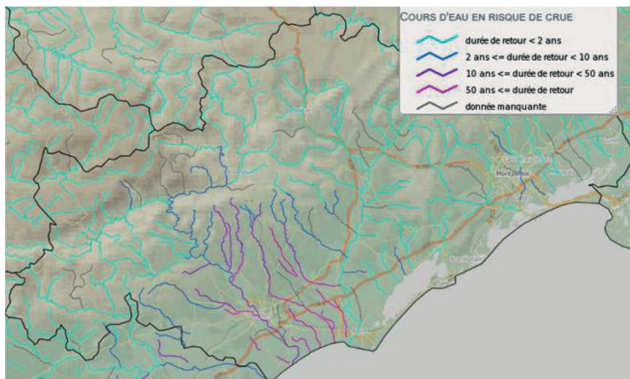


Figure 3. Cartographie AIGA Débits produite à 08h00 le 23/10/2019. Période de retour des débits modélisés. Source : capture écran extranet Sécurité civile.

## Mise en œuvre temps réel de la méthode AIGA

La méthode AIGA est exploitée en temps réel dans quatre dispositifs opérationnels de suivi et d'anticipation des événements hydrométéorologiques :

- Le dispositif national APIC, opéré par Météo France ;
- Le dispositif national Vigicrues Flash, opéré par le Schapi ;
- Les extranets Sécurité civile et Rhythme de Météo France.

### Le dispositif APIC

La méthode AIGA Pluies est utilisée dans le dispositif Avertissement pluies intenses à l'échelle des communes – ou APIC –, mis en place en 2011 par Météo France en réponse à une commande du ministère en charge de l'Environnement. Ce service renseigne sur le caractère plus ou moins exceptionnel des précipitations observées à l'aide de deux niveaux d'avertissement : « Précipitations intenses » et « Précipitations très intenses ». Pour cela, le service APIC agrège, à l'échelle communale, les informations produites par la méthode AIGA Pluies à la résolution spatiale du km<sup>2</sup>. Ce service est disponible sur la totalité des communes métropolitaines ; on dénombrait 9 800 communes abonnées à la fin 2019.

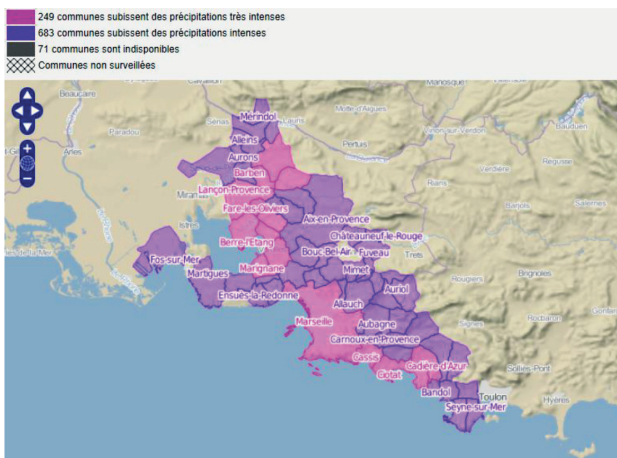


Figure 4. Production APIC à 18h30 le 23/10/2019.

### Le dispositif Vigicrues Flash

La méthode AIGA Débits est utilisée dans le service Vigicrues Flash, mis en place en 2017 par le ministère en charge de l'Environnement (Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations – Schapi). Ce système d'avertissement permet de surveiller près de 15 000 tronçons de cours d'eau du territoire métropolitain, soit plus de 30 000 km de cours d'eau concernant un peu plus de 10 000 communes (pour 1 380 communes abonnées fin 2019). Les

avertissements Vigicrues Flash informent sur le risque de crue significative dans les prochaines heures à l'aide de deux niveaux d'avertissements : « Crue forte » et « Crue très forte » émis à l'échelle d'une commune. Pour cela, Vigicrues Flash agrège, à l'échelle communale, les informations produites par la méthode AIGA Débits sur les cours d'eau qui traversent le territoire communal.

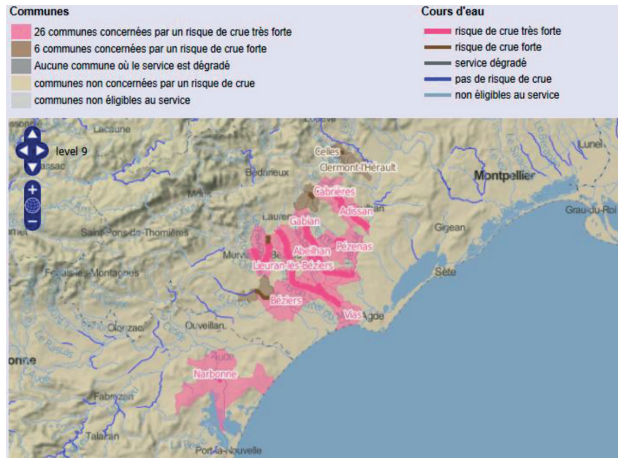


Figure 5. Carte Vigicrues Flash produite à 09h00 le 23/10/2019.

### *Les extranets Rhythme et Sécurité civile*

Enfin, deux extranets opérés par Météo France diffusent en temps réel les cartes produites selon la méthode AIGA dans leur résolution native.

L'extranet Rhythme, proposé aux collectivités locales et aux services de l'État en région Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur, permet la visualisation de l'ensemble des cartes produites par la méthode : les différentes cartes de qualification en période de retour des pluies, à la résolution du km<sup>2</sup>, et la carte de qualification en période de retour des débits. On dénombre, fin 2019, près de 200 structures utilisatrices de cet extranet.

L'extranet Sécurité civile propose une information AIGA à ses utilisateurs (services gestionnaires de crise : SIDPC, SDIS, préfecture, DDTM...) quelle que soit la zone de défense dont ils relèvent.

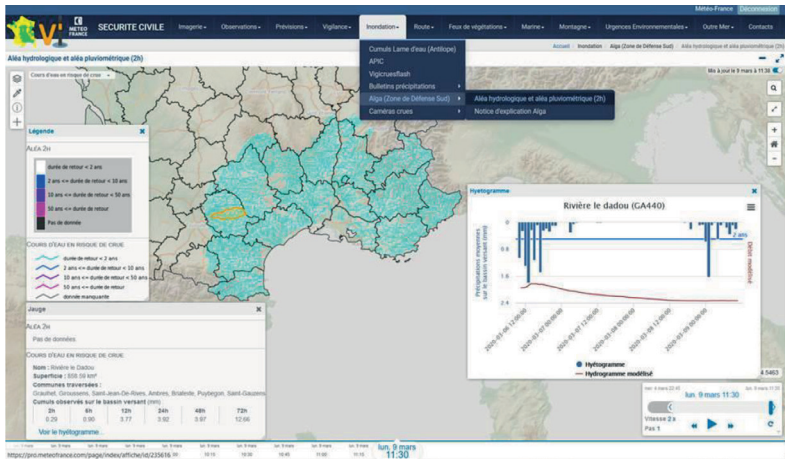


Figure 6. Menu AIGA dans l'extranet Sécurité civile.

## Travaux de recherche

Les travaux de recherche et développement sur la méthode AIGA sont menés dans le cadre d'une convention pluriannuelle avec le ministère en charge de l'Environnement. Ils concernent l'amélioration de la modélisation de la pluie en débit, avec notamment le développement d'une modélisation continue infrahorairaie ou la modélisation du routage des débits au sein des bassins versants, la caractérisation des incertitudes de modélisation, la prise en compte de la vulnérabilité des territoires... Ces travaux de R&D sont supervisés par le Schapi qui assure le suivi et la coordination du volet hydrologique de la convention pour le compte du ministère en charge de l'Environnement.

## Références

- Fouchier, C., Saint Martin, C., Javelle, P., Meriaux, P., Organde, D., et al., « Mises en œuvre opérationnelles de la méthode AIGA pour anticiper les crues sur les cours d'eau non surveillés », *Sciences Eaux & Territoires*, n°23, 2017, pp. 48-55.
- Javelle, P., Demargne, J., Defrance, D., Pansu, J., Arnaud, P., "Evaluating flash-flood warnings at ungauged locations using post-event surveys: a case study with the AIGA warning system", *Hydrological Sciences Journal*, 59(7), 2014, pp. 1390-1402.
- Lavabre, J., Gregoris, Y., « AIGA : un dispositif d'alerte des crues sur l'ensemble du réseau hydrographique », *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, n°44, 2005, pp. 3-12.

## RÉGIS THÉPOT

Expert senior et formateur Risques naturels,  
ancien directeur général des services des  
établissements publics territoriaux de bassin  
Loire et Seine Grands Lacs, France



### GESTION DURABLE DES CRUES SOUDAINES ET DES RISQUES D'INONDATION AU MAGHREB

Cette intervention s'est appuyée en introduction sur une présentation rapide de trois inondations majeures récentes, considérées comme des références au Maghreb :

- En Algérie, les inondations urbaines de Bab El Oued de novembre 2001, qui ont fait près de 800 morts ;
- Au Maroc, les inondations de la vallée de l'Ourika en août 1995, qui ont entraîné plus de 700 morts ;
- En Tunisie, les inondations urbaines du Cap Bon de septembre 2018, qui ont fait 6 morts et inondé 2 500 habitations.

Ces trois catastrophes sont caractérisées par des pluies de très forte intensité (de plusieurs centaines de mm) s'abattant en quelques heures sur des territoires ou bassins versants de faible superficie (de 10 à 500 km<sup>2</sup>).

Les études en cours sur les effets du changement climatique montrent que ce type d'événement extrême sur de petites surfaces va être probablement de plus en plus fréquent, de part et d'autre de la Méditerranée, comme l'ont illustré en France les inondations d'octobre 2020 de la vallée de la Roya et de la Vésubie.

D'autres événements récents, de moindre intensité, ont eu aussi des conséquences majeures au Maghreb, souvent par méconnaissance du risque, ou en raison de comportements inadaptés (bus emporté par un oued, électrocution d'habitants, bâtiment de repli emporté par les flots, etc.). Les recommandations pour une gestion durable des crues soudaines et des risques d'inondation autour de la Méditerranée peuvent ainsi s'appuyer en priorité et sans regret sur les éléments suivants :

- La mise en place de systèmes d'alerte rapide ;
- Le développement de la culture du risque d'inondation et de la résilience territoriale auprès des populations, des publics et des services directement concernés ;



- Une attention particulière portée au risque de ruissellement, notamment dans les zones déjà urbanisées.

En conclusion de cette communication, il a été souligné :

- qu'une gestion soutenable des bassins versants situés de part et d'autre de la Méditerranée devait en priorité éviter les pertes humaines et prendre en compte aussi bien les inondations par débordement fluvial que par ruissellement, mais aussi intégrer la gestion de la sécheresse (qui a notamment un effet sur la réponse des sols aux précipitations) ;
- que cette gestion doit s'inscrire dans la durée des politiques d'aménagement du territoire et d'urbanisme, en s'attachant notamment à éviter d'exposer au risque de nouveaux enjeux et à réduire l'imperméabilisation des sols en ville ;
- que des échanges d'expériences et de bonnes pratiques, dans le cadre de partenariats et de jumelages, sont très certainement à développer à l'avenir entre les territoires qui vont être confrontés à des difficultés croissantes, en raison du changement climatique.



Les inondations de Bab El Oued en novembre 2001 © DR.

## MOHAMMED MASTERE

Université de Rabat, Maroc

### INONDATIONS AU MAGHREB

Les inondations au Maghreb, comme partout ailleurs dans le bassin méditerranéen, sont généralement peu prévisibles. Pour le Maroc en particulier, la diversité du climat littoral et à l'intérieur du pays impose des spécificités intrinsèques pour chaque zone, suivant sa proximité de la côte, sa géomorphologie ou sa géologie. Ceci conduit à la formation de microclimats soumis à des perturbations ponctuelles rendant toute prévision approximative. Face aux inondations, les pouvoirs publics au Maroc ont engagé plusieurs initiatives avec, dernièrement, la mise en place du plan national de protection contre les inondations. La concrétisation de ce plan a permis d'installer plusieurs infrastructures dans des zones qualifiées de vulnérables. Le coût relativement élevé de ces ouvrages de protection fait que la couverture en totalité d'environ quatre cents points, jugés critiques et très vulnérables, par des mesures structurelles ne pourra pas être facilement atteinte et qu'il faudra donc les compléter par des mesures non structurelles.

Les inondations sont les catastrophes naturelles les plus courantes, les plus dommageables et les plus meurtrières dans le monde (Pulvirenti, 2011). Elles sont à l'origine de près de la moitié de tous les décès dus aux catastrophes naturelles au cours des cinquante dernières années et représentent près d'un tiers des pertes économiques mondiales (EMDAT, 2021). Au Maroc, durant les soixante-dix dernières années (1951-2021), environ trente-huit cas d'inondation ont été signalés dans différentes régions du pays. Avec ces chiffres, elles sont l'aléa naturel le plus fréquent. Les pertes économiques résultant d'inondations majeures ont augmenté au cours des dernières décennies et à différentes échelles spatiales. Une modélisation des pertes causées par les inondations au Maroc les évalue à 4,2 milliards MAD (42 millions d'euros) moyenne annuelle avec des impacts allant jusqu'à 27,5 milliards en cas d'événement de fréquence centennale à l'échelle nationale et de 34 milliards pour la fréquence millénaire (Banque mondiale, 2014). Cela pose un problème majeur et croissant pour le développement dans le pays. De plus, les changements climatiques augmentent l'occurrence de ce phénomène hydrologique et le rendent moins compréhensible, plus courant et plus grave.

La brutalité a caractérisé aussi les dernières inondations du 8 février et du 2 mars 2021 à Tanger et Tétouan, qui ont causé la mort d'une trentaine de personnes et ont fait plusieurs milliers de blessés. Il en ressort sans conteste qu'il reste beaucoup de travail à faire pour mutualiser les efforts des différents intervenants. L'une des pistes est la mise en place d'un cadre global pour la promotion d'échanges d'expériences imposé par la variabilité des intempéries et des types de climat méditerranéens aussi bien sur la rive Nord que sur la rive Sud.





## FABIENNE TROLARD

Directrice de recherches à l'INRAE et membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France

### SOLS – EAUX – RESSOURCES AGRICOLES : L'APPORT DES INDICATEURS

#### Introduction

Après plus d'un demi-siècle de croissance démographique sans précédent, largement soutenue par les performances agro-industrielles de l'agriculture mondiale, la prise de conscience des limites physiques de notre planète peine à être prise en compte par le citoyen de base comme par les politiques. La puissance du numérique, de plus en plus présent dans nos sociétés, donne accès aujourd'hui à une production massive de données sur les territoires, la possibilité de les traiter et de construire des modèles prédictifs de leur évolution. Ceci nous ouvre désormais de nouveaux champs de possibles comme :

- mieux analyser la trajectoire historique de l'utilisation des ressources naturelles d'un territoire sur une période donnée ;
- faire de la prospective et des analyses de scénarios à moyen terme.

Ceci permet également d'accompagner le changement de paradigme nécessaire pour la construction d'une vision dynamique et holistique du territoire, fondée sur le renouvellement de l'usage d'indicateurs et de modèles numériques.

#### Indicateurs et modèles

Par définition, un indicateur est une grandeur spécifique, observable et mesurable, qui peut servir à montrer les changements obtenus ou les progrès accomplis par un programme, en vue de la réalisation d'un effet spécifique.

Par exemple, dans la chaîne de production de tout produit, deux indicateurs principaux sont proposés pour l'évaluation de la consommation d'eau : (i) l'analyse du cycle de vie (ACV) de l'eau et (ii) l'empreinte de l'eau (WF).

Le WF est un indicateur volumétrique mesurant les impacts de toutes les activités humaines, dans un espace délimité et pendant une période définie, et résulte de la combinaison des trois sous-indicateurs, selon l'équation :

$$WF = WF \text{ bleu} + WF \text{ vert} - WF \text{ gris}$$

Le « WF vert » comptabilise les précipitations et l'évapotranspiration ; le « WF bleu » prend en compte les eaux de surface et souterraines ; et le « WF gris » définit le volume d'eau nécessaire à la neutralisation des contaminations des eaux usées jusqu'à ce qu'elles aient retrouvé les critères de qualité des eaux bleues.

Pour la modélisation, il existe trois grandes familles de modèles : (i) les déterministes qui tentent de prendre en compte l'ensemble des processus physiques, chimiques ou biologiques décrivant la qualité de l'eau et son évolution dans le système étudié ; (ii) les stochastiques dont les principes reposent sur des analyses statistiques et/ou probabilistes d'événements se produisant dans l'espace et/ou le temps ; (iii) les modèles orientés objet, qui visent à modéliser directement des entités de systèmes réels, définies comme des objets composites avec un comportement et un état.

### Une démarche intégrative pour une analyse dynamique de l'évolution d'un territoire

Une démarche intégrative pour le diagnostic et la prévision – PRECOS (*Prediction of the Impacts of Urban Sprawl and Climate Change on Ecosystem Services*) – propose une chaîne de traitement de l'information fondée sur le principe DPSIR de l'OCDE (Figure 1). PRECOS permet ainsi de simuler et visualiser dans l'espace et en fonction du temps les atteintes aux ressources naturelles, aux rendements agricoles, à l'accès à l'eau et à leurs effets cumulés liés aux projets d'aménagement territoriaux et de l'occupation des sols.

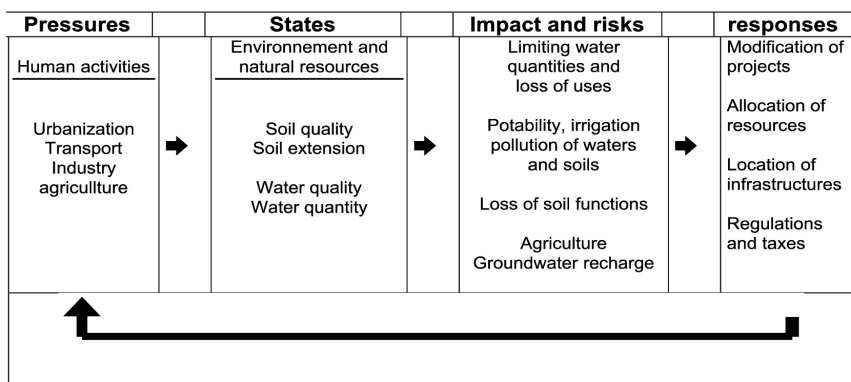


Figure 1. Déclinaison du concept DPSIR de l'OCDE pour la gestion des ressources sol et eau sur un territoire.

Concrètement grâce à PRECOS, il est possible :

- d'établir un état des lieux d'un territoire sur de nombreux indicateurs (par exemple occupation des sols, qualification agronomique des sols, risques industriels, qualité chimique des eaux, ressources en eau, rendements agricoles, drainage...);
- de reconstituer la trajectoire de ces indicateurs sur les périodes passées ;

- de proposer des futurs possibles en fonction de scénarios socioéconomiques, en évaluant les impacts sur les actifs environnementaux de contraintes climatiques, agricoles, territoriales, socioéconomiques et réglementaires ;
- d'utiliser et combiner des outils de représentations spatiale et temporelle (par exemple cartes, graphiques, tableaux...) pour visualiser les impacts, communiquer et animer la concertation...

PRECOS travaille à l'échelle de biens communs, tels qu'une nappe phréatique desservant une multitude d'acteurs, un bassin versant géré par une agence de l'eau ou une mosaïque paysagère en lien avec les filières agricoles qui l'entretiennent et l'exploitent.

## Résultats

Pour la démarche PRECOS (Trolard *et al.*, 2013, 2016), le territoire de la Crau dans le Sud-Est de la France a été la première zone de démonstration et a conduit à la mise en place d'un contrat de nappe (2017-2023) porté par le syndicat mixte de la Crau (SYMCAU). Des tests de faisabilité ont été menés en Italie (région d'Émilie-Romagne) et en Espagne (région de Valence) dans le cadre d'un programme européen.

Plus récemment et grâce à la modularité conceptuelle de PRECOS, la démarche a également été utilisée sur le bassin versant de la Medjerda (Tunisie, Algérie) où, avec l'indicateur WF et un modèle orienté objet (WEAP), il a été possible d'identifier les sous-bassins où la tension sur les ressources en eau s'accroît rapidement et qui demanderont une gestion prioritaire d'ici 2030 (Kachroud, 2018).

## Conclusion

L'eau et le sol sont des ressources rares et non délocalisables : ils sont la source de services écosystémiques et le préalable indispensable à tous développements économiques locaux. Le rôle positif de l'AFOLU (Agriculture, Forêts & Autres Utilisations des Terres) sur l'adaptation et l'atténuation du changement climatique conduit le 5<sup>e</sup> GIEC (GT II et III) à recommander d'agir sur une base territoriale.

Ainsi, l'urbanisation et l'aménagement du territoire d'aujourd'hui et de demain doivent impérativement être pris en compte dans la gestion du capital sol et des ressources en eau. La gestion de l'eau ne peut pas être indépendante de la gestion et des usages des sols. Pour gérer les changements d'usage des sols, le principe de Lavoisier doit s'appliquer : « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »...

Cependant les principaux freins aux déploiements de telles démarches sont : (i) l'acceptabilité par les parties prenantes du changement de paradigme (vision sectorielle statique vs vision dynamique intégrée) avec ses conséquences sur le

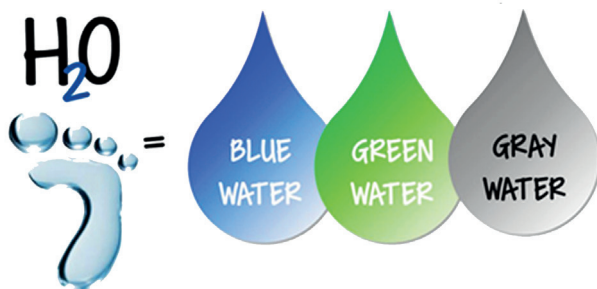
plan organisationnel des services publics en charge de la gestion territoriale ; (ii) la nécessité d'un gain en compétences sur les nouveaux outils numériques proposés, impliquant un investissement en formation des personnels concernés.

## Références

Kachroud, Moez, « Contribution aux outils d'aide à la décision pour la gestion des eaux. Application au bassin versant de la Medjerda (Tunisie) », thèse de doctorat en Hydrogéologie et Génie rural, Eaux et Forêts, université d'Avignon (France) et université de Carthage (Tunisie), soutenue le 7 décembre 2018.

Trolard, Fabienne, Reynders, Suzanne, Dangeard, Marie-Lorraine, Bourrié, Guilhem, Descamps, Bernard, Keller, Catherine, Mordant de Massiac, Jean-Christophe de, *Territoires, villes et campagnes face à l'étalement urbain et au changement climatique. Une démarche intégrative pour préserver les sols, l'eau et la production agricole*, Paris, Édition Johanet, 2013.

Trolard, Fabienne, Bourrié, Guilhem, Baillieux, Antoine, Buis, Samuel, Chanzy, André, et al., "The PRECOS framework: Measuring the impacts of the global changes on soils, water, agriculture on territories to better anticipate the future", *Journal of Environmental Management*, 181, 2016, pp. 590-601.



## MARCO MARANI

Accademia Nazionale dei Lincei, université de  
Padoue, Italie



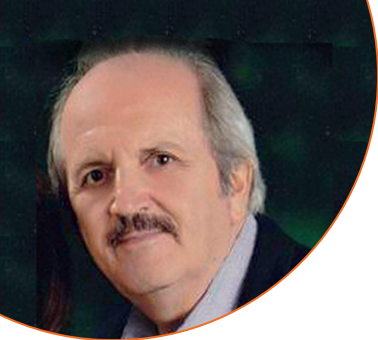
### THE CASE OF VENICE AND ITS LAGOON, WITH REGARD TO THE RISK INUNDATION IN DIFFERENT SCENARIOS (CLIMATE CHANGE, STORM SURGE BARRIERS, SEA-LEVELS ETC.)

#### *Résumé*

Storm surges caused by extreme meteorological conditions are a major natural risk in coastal areas, especially in the context of global climate change. The increase of future sea-levels caused by continuing global warming, will endanger human lives and infrastructure, and will deeply change coastal lagoons and estuaries. Here I will illustrate the case of Venice and of its lagoon, discussing past and foreseeable changes in inundation risk under different climate change scenarios, the effectiveness and impact of storm surge barriers, as well as the possible future dynamics of the Venice lagoon environment as a result of sea-level changes and human interventions.







**PANDI ZDRULI**

CIHEAM Bari, Italie

## **SOIL FUNCTIONS AND INDICATORS OF SOIL QUALITY IN A MEDITERRANEAN WATERSHED**

### *Résumé*

The European Union has set the ambition to become the first climate-neutral continent by 2050 thanks to the implementation of the European Green Deal objectives. To reach this target, the European Commission has prepared a comprehensive package of measures in the context of the Biodiversity Strategy 2030, the Farm to Fork and the European Climate Law that include concrete action to protect and conserve EU soils. The Farm to Fork strategy addresses soil pollution with 50% reduction in use of chemical pesticides by 2030 and aims 20% reduction in fertilizer use plus a decrease of nutrient losses by at least 50%. The Biodiversity Strategy has the ambition to set a minimum of 30% of the EU's land area as protected areas, limit urban sprawl, reduce the pesticides risk, bring back at least 10% of agricultural area under high-diversity landscape features, and strengthen progress towards the remediation of contaminated sites, reducing land degradation and plant more than three billion new trees. Furthermore, the Farm to Fork strategy will convert up to 25% of the EU's agricultural land as organically farmed. Other important actions include the maintenance of wetlands and the enhancement of soil organic carbon as addressed in the context of the European Climate Law. To support these actions the EC established in December 2020 the new EU Soil Observatory that will be collecting policy relevant soil data and develop indicators for the regular assessment and monitoring of soil health towards the ambitious targets of the Green Deal. The EU has proposed the creation of the Soil Deal for Europe mission that will open new opportunities for sustainable soil management. A set of soil quality indicators has been proposed to monitor the success and the performance of these ambitious targets.

## ALBERTO MONTANARI

Alma Mater Studiorum, université de Bologne,  
Italie



### THE CIRCLES OF SUSTAINABILITY APPROACH ALONG WITH ITS ADVANTAGES AND RELATED OPEN CHALLENGES, BY REFERRING TO ITALIAN AND INTERNATIONAL EXAMPLES OF URBAN PLANNING

#### *Résumé*

Sustainability is key for equitable societal development, as it outlines the emerging necessity of reaching a compromise among competing human aspirations. In fact, the modern view of sustainability considers these aspirations as parts of a dynamical system. Accordingly, sustainability is defined through three interconnected domains or pillars: environmental, economic and social. The key concept is that the above pillars have been recognized as not mutually exclusive but rather mutually reinforcing. In fact, the three pillars are interdependent, and in the long run none can exist without the others (see Figure 1).

The key question is how to ensure that the above mutual interaction takes place efficiently. It requires an intensive and productive dialogue between institutions, stakeholders, policy makers and the public. In fact, the earlier approaches to sustainability and sustainable development were initially criticized for giving more weight to the economic with respect to the environmental pillar. Therefore, the United Nations proposed in 2008 the use of an approach based on “engaged theory” to understand social complexity, which found an empirical dimension with the “circles of sustainability”. The latter is a method for managing projects aiming at a socially sustainable outcome.

The Circles of Sustainability provides a relatively simple view of the sustainability of a particular project or spatial domain. The circular figure is divided into four sectors: ecology, economics, politics and culture. Each of these four sectors is divided into seven subsectors. The sustainability of each of the 28 subsectors is evaluated over a scale of 9 marks, ranging from “critical sustainability” to “vibrant sustainability”. Figure 2 reports an example of circles of sustainability for the city of Melbourne.

The method provides a transparent view of the sustainability of multiple sectors and therefore makes the interaction between different actors more efficient and productive, by identifying specific areas that require more attention and therefore more weight into the considered system. Circles of sustainability are an excellent aid to build dynamical models of the system itself, that can be used to generate future scenarios.

To provide an example, several contributions have identified technical guidelines for the design of climate change adaptation strategies basing on the goals to be achieved in each of the subsectors identified within the circles of sustainability approach. Practical experience has shown that decision support systems based on graphical tools help to achieve transparency, equity and inclusivity.

The present contribution will present the circles of sustainability approach along with its advantages and related open challenges, by referring to Italian and international examples of urban planning.

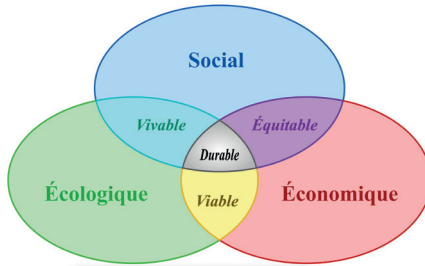


Figure 1. The three pillars of sustainability and their intersection. © Commons.wikimedia.org

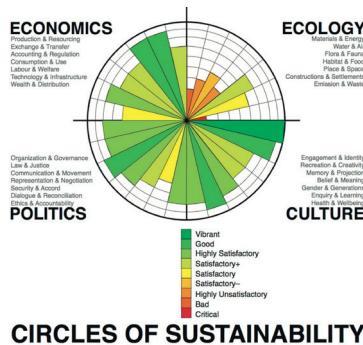


Figure 2. Circles of sustainability for the city of Melbourne. © Commons.wikimedia.org

## Référence

James, Paul, *Urban Sustainability in Theory and Practice: circles of Sustainability*, Londres, Routledge, 2014.

ANNE PRESSUROT

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, France

## LE PLAN D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DU BASSIN DE CORSE

### *Résumé*

Les incidences du changement climatique ont été caractérisées sur le territoire de Corse, sur les phénomènes physiques et les impacts associés pour l'écosystème aquatique. Les évolutions auront également des effets sur les usages et en particulier sur leur dimension économique : productivité des agrosystèmes, capacité à fournir de l'eau aux populations, et aux activités économiques diverses : prix de l'eau, production énergétique... Les vulnérabilités « physiques » induites par ces effets généreront des vulnérabilités économiques et sociales, variables selon les secteurs et les territoires.

Tous les territoires de Corse sont vulnérables au changement climatique mais à des degrés différents. L'action des décideurs et des gestionnaires est nécessaire pour rendre le système plus résilient et capable de supporter les changements annoncés. Le plan d'adaptation au changement climatique du bassin de Corse permet d'identifier les secteurs où il faut agir « plus vite et/ou plus fort ». Pour cela, les principes qui guident l'action sont avant tout de réduire les causes de vulnérabilité et de mettre en œuvre des actions dites « sans regret », de remettre l'eau au cœur des décisions publiques, d'animer son partage équitable et la solidarité entre les usagers et la ressource, d'aller vers des usages plus sobres en eau, et d'éviter la mal-adaptation.

Pour y parvenir, le plan d'adaptation identifie un panel de cinquante-sept mesures pour réduire la vulnérabilité à la raréfaction de la ressource, à l'assèchement des sols, au risque d'eutrophisation, aux risques naturels, pour maintenir la capacité des territoires à héberger la biodiversité aquatique, humide et littorale, pour améliorer les connaissances et pour organiser l'action. L'originalité du plan en Corse est de proposer, dans des zooms territoriaux, une feuille de route avec des actions concrètes, déclinées localement, pour l'adaptation qui porte l'effort sur les enjeux pour lesquels chaque territoire a été diagnostiqué comme très vulnérable.

## LUIGI NARDELLA

Consorzio per la Bonifica della Capitanata, Italie

### THE CONSORTIUM OF CAPITANATA (ITALY): MANAGEMENT APPROACHES

#### *Résumé*

The Italian Reclamation Consortia are public bodies since the Royal Decree (R.D.) February 13<sup>rd</sup>, 1933, no. 215. Conceived and implemented for almost a century, the R.D. confirms, even today, all its modernity in content and organization. Some aspects of the Royal Decree, dating back to 1933, have been subject to adjustments to new political and administrative scenarios and realities, but have not altered the regulatory framework based on the principle of self-government of the public good by the consortium members who receive the benefits, and they are required to contribute, compulsorily, to operation, maintenance and management costs.

Therefore, the solidity and organization of the consortium structure is not based on the voluntary nature. The Board of Directors and its President, elected by the consortium members to manage the public good (collective infrastructures), receive a five-year mandate representing almost 90,000 farmers, assuming the duty to program, plan, design and implement public works and, at the same time, organize, manage and supervise their management, so that the contributions that each consortium member pays to the consortium are commensurate with the real farmer's benefit.

In the last fifty years, many public works have been carried out, all currently in operation, which have radically transformed the province of Foggia and made the Consortium as one of the main driving forces of the socio-economic development of the territory.

The self-governing management of public goods, such as water for irrigation uses, if carried correctly, ensures well-being not only for the agricultural sector but for the entire community, due to the multiplier effect that irrigation gives to the general economy.

**JUAN A. SAGARDOY**  
**PATRIZIA PUGLIESE**

CIHEAM Bari, Italie



## **GENDER LESSONS OF THE GEWAMED PROJECT**

As earlier mentioned, gender mainstreaming in the management of the water resources has already an extended tradition in the CIHEAM Bari Institute since activities were started in 2003. Among the several projects undertaken, the “Integration of Gender Dimension in Water Management in the Mediterranean Region (GEWAMED) Project” was an important one undertaken in the period of 2006-2011. A brief summary of the activities and results obtained was presented but emphasis was placed in drawing some lessons from this experience that may be contribute to the goals of the Conference and that are summarized below.

Most of these gender experiences point out that any program or project that aims to improve the living conditions of women and men in the irrigated agriculture needs to be based in a clear identification of the problems that affect men and women as productive farmers but also within the household and for this purpose useful guidance tools exists. The fact that important societal changes are taken place due to different causes, like climate change, internal and external migration, political changes and many others, makes even more necessary nowadays the assessment of the gender needs and related problems of the rural societies.

Agriculture development projects, and in particular those concerned with irrigated agriculture, should include this type of assessment as it is of utmost importance to identify well those barriers that limit the access of women and men to productive resources like: land tenure, credit, supporting services, markets, decision making, time, information, awareness raising, education and others. The success of planners will be in the identification of those which are most critical and concentrate efforts in their resolution though participatory planning. Assessment of gender needs is only the beginning of a process that should include several other activities which are summarized below:

### **On the planning side**

1. Ensure that any agricultural development project has a “gender component”, which should be the result of the gender needs assessment and a participatory

process where the potential lines of development are shared, discussed and agreed with the beneficiaries.

2. Study agriculture production chains and see where women can add value to the chain.
3. Study the agricultural production processes and identify the possibilities for reducing the burden for women and increase productivity.
4. Promote the establishment of Gender Units in any government and private organization that will be managing “the project” and to contribute that in the place of work equitable gender policies are effectively applied.
5. Promote the establishment of Gender Observatories as a mechanism to promote gender mainstreaming.
6. Share any women oriented new activity with the concerned men.

### **On the implementation side**

1. Ensure that know-how knowledge transfer takes place since is fundamental in any program or development project.
2. Creating women groups to transfer educational knowledge has proven efficient. Additionally, media (TV, radio) should produce more educational programs for women.
3. Training on negotiation, communication and presentation skills, will support women in building both personal and professional competencies.
4. Establishment of workers’ committees (men and women) in working places are a good channel to conveying workers’ demands and achieve significant improvements for the labourers.
5. Ensure that new working opportunities do not add more work to women without any financial compensation.

## CAROLINE LEJARS

Directrice adjointe de l'UMR G-Eau, Cirad,  
France



### STRENGTHEN PARTICIPATORY APPROACHES TO IMPROVE WATER GOVERNANCE ARRANGEMENTS AND POLICY DESIGN

Participatory approaches to integrated natural resource planning and use have been widely promoted in recent decades. Public participation is one of the basic principles of IWRM. The past decade has also witnessed growing interest in civic technologies and citizen science. These approaches and technologies allow for more numerous and diverse participants, and for greater transparency and accountability in public policies. While participatory approaches have lived up to their promise in a number of cases, several obstacles remain that limit their implementation and impacts. The evaluation of participatory approaches is fundamentally deficient in most countries; decision-support systems are either lacking or poorly used; there is often a lack of political will to widen participation. Lastly, if participation only takes place in superficial or partial ways, it risks reproducing pre-existing forms of social exclusion, marginalization and corruption.

If these obstacles are to be overcome, participatory processes and their evaluation need to be improved. Possible improvements include the establishment of multilevel participatory approaches, i.e., approaches that support public participation in regional and national decision-making processes and establish interlinkages between these different levels. Based on examples in North Africa, our key messages for decision-makers, land users and practitioners are: *(i)* Large-scale local participation is possible, even in a context characterized by high rates of illiteracy; *(ii)* There is a need to train a new generation of facilitators that are qualified in participatory approaches and territorial development; *(iii)* Participatory approaches make it possible to respond to issues considered as a priority by the population and to produce integrated and multiscale land-use and water management plans; *(iv)* These approaches must be supported by participatory evaluation processes.





## ANTOINE ORSINI

Université de Corte, président de la communauté de communes de Centre Corse, membre du Comité de bassin Corse, France

### CORSE : UN PLAN POUR S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

#### Le changement climatique en Corse

Les conséquences du changement climatique en Corse se traduisent, comme pour le reste du globe, par une élévation de la température de l'air. Sur le littoral –notamment à Bastia en Haute-Corse–, la température moyenne annuelle a augmenté de 1,5°C de 1970 à nos jours. L'évolution, sur les cinquante dernières années, des écarts à la moyenne de référence (1971-2000) montre que les températures moyennes sont au-dessus de « la normale » depuis la fin des années 80 (Figure 1). Depuis 2014, les écarts à la moyenne de référence sont compris entre 1 et 1,5°C. À Bastia, le nombre de journées estivales annuelles (où la température moyenne journalière est supérieure à 25°C) est passé de 90, dans les années 70, à 120 de 2010 à aujourd'hui. Le nombre de journées estivales augmente en moyenne de six jours par an tous les dix ans. L'augmentation de la température de l'air est plus importante en altitude ; en effet, au-dessus de 1 000 m, la température a augmenté de 3°C en cinquante ans.

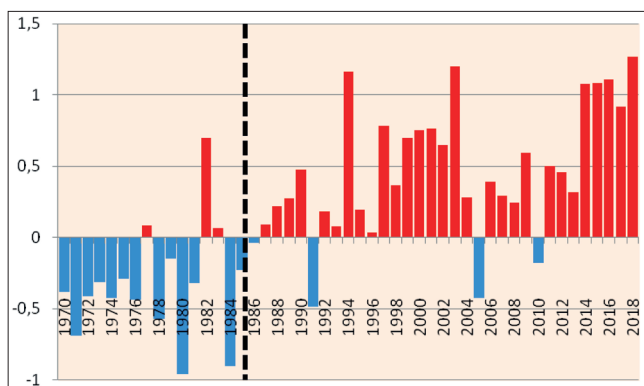


Figure 1. Température moyenne annuelle (en °C) à Bastia, écarts à la moyenne de référence (1971-2000).

Pour le cumul des précipitations annuelles, il ne se dégage pas de tendance nette. Néanmoins, la fréquence et l'intensité des pluies extrêmes ne cessent d'augmenter.

L'évolution de la valeur de l'évapotranspiration montre une augmentation constante depuis la fin des années 80, où la valeur oscillait autour de 1 000 mm ; elle s'élève aujourd'hui à plus de 1 150 mm. Cette situation entraîne une augmentation de l'intensité et de la durée de la sécheresse des sols.

L'augmentation de la température de l'air et de l'évapotranspiration impacte, malgré un régime pluviométrique relativement stable, la disponibilité de l'eau. En effet, l'évolution du débit moyen annuel des cours d'eau de Corse montre une réduction importante des écoulements depuis la fin des années 80. Ce déficit atteint près de 30% pour quelques cours d'eau majeurs.

Le régime hydrologique du Tavignano était, avant 1985, de type pluvio-nival-méditerranéen – c'est-à-dire qu'il était influencé par la pluie et la neige – et présentait un étiage estival marqué, correspondant au minimum pluviométrique, typique en zone méditerranéenne. De nos jours, il est de type pluvial méditerranéen car le déficit chronique en neige, à cause de l'augmentation de la température, se traduit d'une part par l'absence au printemps des eaux de fonte, et d'autre part par un allongement de la durée de l'étiage estival. Cette dernière était de trois mois avant 1985 ; elle est passée à cinq mois après 1985. Aujourd'hui la durée de l'étiage estival est proche de sept mois. L'évolution du débit mensuel du Tavignano en 2017 (Figure 2) illustre bien l'impact des conséquences du réchauffement climatique sur le régime hydrologique des cours d'eau. Dans le cycle annuel, la présence de hautes eaux en hiver est à mettre en relation avec la nature des précipitations. Elles étaient solides (neige) ; elles sont essentiellement liquides (pluie) de nos jours. Ce déficit en neige explique la durée élevée de l'étiage estival.

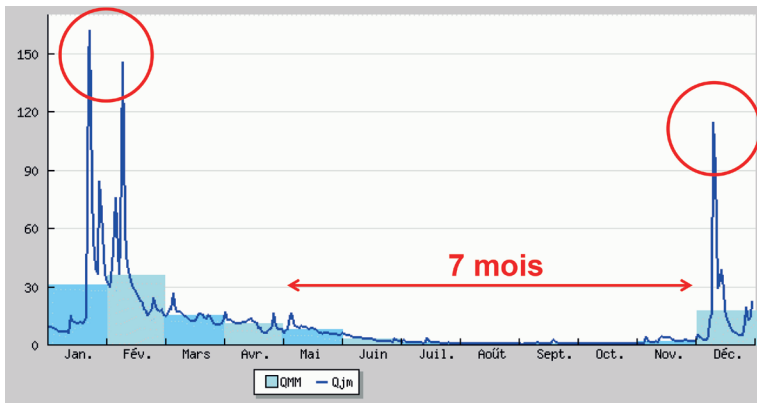


Figure 2. Évolution du débit mensuel (en  $m^3.s^{-1}$ ) du Tavignano en 2017.

Les conséquences du changement climatique en Corse se traduisent par une dégradation de la qualité physico-chimique des eaux. En effet, la baisse du débit des cours d'eau, la surexploitation des nappes alluviales (à cause de la sécheresse)

et la montée du niveau de la mer, hypothèquent l'utilisation des eaux souterraines à cause des intrusions marines (ou salines).

Le dérèglement climatique menace la santé humaine, notamment à cause des maladies d'origine hydrique. La qualité bactériologique des eaux se dégrade ; l'augmentation de la fréquence d'efflorescences de cyanobactéries et la présence de cyanotoxines dans les eaux entraînent des difficultés majeures dans la distribution des eaux (destinée à la consommation humaine et agricole).

L'expansion de l'aire de répartition du moustique tigre (*Aedes albopictus*) – vecteur du chikungunya, de la dengue, du Zika – est une menace réelle. En France continentale, ce diptère est aujourd'hui présent dans les Hauts-de-France ; en Corse, ce moustique se rencontre à 800 m d'altitude.

La hausse de la température de l'eau favorisera la prolifération de parasites. La Corse est déjà touchée par une parasitose qui sévit dans les zones tropicales et intertropicales d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Asie. En effet, plus de cent cas de bilharziose (schistosomiase) uro-génitale autochtone ont été diagnostiqués sur l'île depuis 2014.

La biodiversité des écosystèmes aquatiques est menacée par les conséquences du réchauffement climatique. La souche corse de la truite fario (*Salmo trutta macrostigma*) voit son aire de répartition se restreindre. En effet, la diminution du taux d'oxygène dissous dans l'eau, en relation avec l'augmentation de la température, entraîne une migration des poissons vers les têtes de bassin. Les batraciens, qui comptent en Corse sept espèces – dont six sont endémiques –, sont menacés d'extinction. La grande majorité de ces espèces est inscrite sur la liste rouge des espèces menacées en France (UICN, MNHN, SHF).

L'inventaire de la faune invertébrée de Corse comprend cent espèces endémiques corses et cinquante endémiques corso-sardes. La plupart d'entre elles fréquentent des eaux fraîches et bien oxygénées. Le réchauffement de l'eau et la baisse de l'oxygénation sont une menace pour cette faune insulaire relictuelle.

## **Une approche politique du Plan de Bassin d'Adaptation au Changement Climatique (Comité de bassin de Corse) : du corporatisme... à l'intérêt général**

Les principes d'élaboration du PBACC du bassin de Corse ont été présentés par madame Anne Pressurot, pilote Gestion quantitative et changement climatique à l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, dans le cadre de la table ronde 3.1, intitulée « Modèles de gouvernance, planification, partage d'expériences ». Madame Pressurot a souligné l'originalité du plan de Corse qui propose, dans

des zooms territoriaux, une feuille de route avec des actions concrètes, déclinées localement. Dans sa présentation, elle a exposé le panel de mesures pour réduire la vulnérabilité des territoires : (i) à la raréfaction de la ressource ; (ii) à l'assèchement des sols ; (iii) aux risques d'eutrophisation ; (iv) aux risques naturels. Elle a présenté aussi les mesures pour (v) maintenir la capacité à héberger la biodiversité aquatique, humide et littorale ainsi que celles pour (vi) améliorer les connaissances et pour (vii) organiser l'action.

En Corse, les territoires les plus vulnérables sont situés aux extrémités de l'île (Figure 3) : Cap Corse Nebbio, Bastia Bevinco et Balagne Agriate, au nord ; sud-est, au sud. Ces territoires connaissent des périodes de sécheresse dont l'amplitude et la fréquence ne cessent d'augmenter à cause du changement climatique. Certains subissent les conséquences d'une augmentation importante de la demande estivale en eau, en relation avec l'afflux touristique, notamment en Balagne et dans l'extrême Sud.

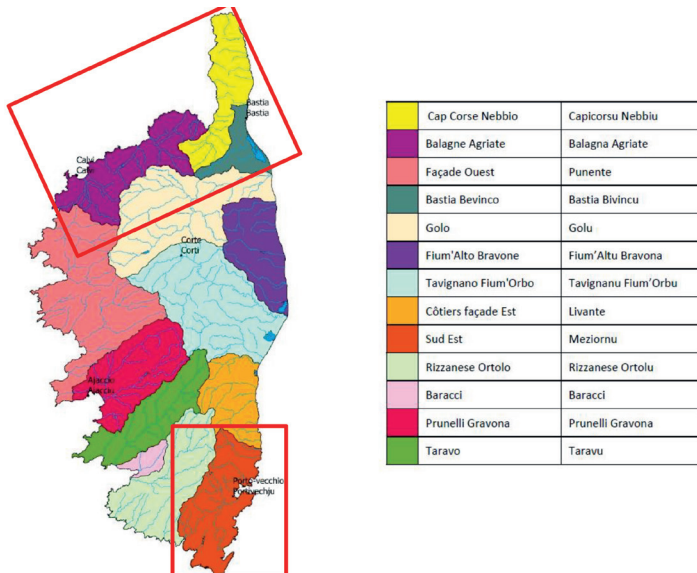


Figure 3. Vulnérabilité des territoires en Corse.

Les territoires localisés au centre de l'île sont plus arrosés, donc moins vulnérables. La grande barrière, orientée nord-ouest/sud-est, est constituée de cent vingt sommets qui culminent à plus de 2 000 m d'altitude. En Corse, les précipitations sont de nature orographique, car ces sommets accrochent les nuages chargés d'humidité qui, venants de l'Atlantique, traversent la Méditerranée d'ouest en est.

En France, les comités de bassin, avec leurs trois collèges, regroupent l'ensemble des acteurs, publics et privés, agissant dans le domaine de l'eau. Cette diversité

se traduit souvent, à cause d'intérêts antagonistes (économiques, touristiques, agricoles... et politiques), par des prises de position corporatistes.

Pour l'élaboration du PBACC, un comité « technique » a été mis en place, composé : (i) de membres du Comité de bassin ; (ii) de représentants des offices et agences de la collectivité de Corse (office d'Équipement hydraulique de Corse, office de l'Environnement de la Corse, agence d'Aménagement durable, d'Urbanisme et d'Énergie de la Corse, office du Développement agricole et rural de la Corse) et (iii) de représentants des services de l'État (Agence française pour la Biodiversité, Agence régionale de Santé, direction départementale des Territoires et de la Mer, direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse). Ce comité, eu égard à la présence d'élus, membres du Comité de bassin, a été le lieu de débats non seulement techniques mais aussi stratégiques et, *in fine*, « politiques ». Ces débats ont permis de faire émerger l'impérieuse nécessité de laisser de côté le corporatisme au profit de l'intérêt général.

Le Plan de Bassin d'Adaptation au Changement Climatique a été adopté à l'unanimité par le Comité de bassin de Corse en septembre 2018. Cette validation politique souligne qu'un des principes d'actions du plan, pour une adaptation durablement efficace, est le partage équitable de l'eau et la solidarité entre les usagers. L'éditorial du PBACC évoque : « Une ressource essentielle et un bien universel qui impose, dans toute politique de l'eau, un haut degré de démocratie [...] L'accès à ce bien commun doit être assuré dans une île qui a pour objectif la maîtrise valorisée de ses ressources [...] ».

Il faut néanmoins préciser les difficultés de mise en œuvre du plan et l'organisation de l'action. En effet, la prise de relai des territoires, pour une gouvernance à la bonne échelle, n'est pas réellement effective, car les projets de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE) tardent à se mettre en place, faute « d'animateur ». La collectivité de Corse, qui doit assurer l'animation des PTGE, est en passe de recruter un personnel affecté à cette tâche.

Le plan prévoit l'adoption, par les EPCI, les communes, les usagers..., d'une « Charte d'engagement pour l'adaptation au changement climatique » ; à ce jour les engagements formels sont extrêmement rares.

La mise en œuvre de mesures pour réduire la vulnérabilité des territoires, afin de s'adapter aux conséquences du réchauffement climatique, est fondamentale dans le processus de résilience. La réussite passe par la prise en compte du plan dans les documents de planification du territoire (PADDUC, SCOT, PLUi), mais aussi par l'information de la population. Il existe en France, dans le Code de l'Environnement, un droit à l'information sur les risques majeurs. Dans ce même ordre d'idées, les personnes susceptibles d'être exposées aux conséquences du

changement climatique devraient être informées des risques et des mesures liés à la problématique de l'eau. Le relai auprès des populations passe nécessairement par l'implication du milieu associatif.

La formation des élus locaux aux problématiques de gouvernance de l'eau au niveau territorial est fondamentale pour la mise en œuvre du plan. Le Droit individuel à la Formation des élus locaux est prévu par la loi « Engagement et proximité » du 27 décembre 2019.

La réussite du plan passe aussi par la connaissance et le suivi des paramètres quantitatifs et qualitatifs des eaux de surface et des eaux souterraines. En Corse, la connaissance des aquifères est fragmentaire, notamment dans la Corse alpine, constituée de schistes lustrés et d'ophiolites (roches vertes).

Eu égard à la dynamique à la fois temporelle et spatiale des conséquences du changement climatique, il est indispensable de mesurer de façon continue son évolution et ses effets, afin d'adapter le contenu des mesures et ainsi favoriser l'atteinte du résultat recherché.

Cette approche passe par l'identification d'indicateurs pertinents : (i) des indicateurs de réalisation et de résultats et (ii) des indicateurs d'effet (ou d'impact) qui constituent l'un des outils d'évaluation des politiques publiques.

## OMAR BESSAOU

CIHEAM Montpellier, France

### PRÉSENTATION DE DIVERS DISPOSITIFS POUR FAIRE FACE AUX MENACES CLIMATIQUES, LIMITATIONS ET VOIES D'AMÉLIORATION

Le CIHEAM a toujours attiré l'attention sur le fait que la Méditerranée est une zone « hautement vulnérable au changement climatique », que « le climat change déjà » et que les risques sont grands pour l'agriculture. Le changement climatique aura un impact significatif sur l'agriculture (limite à la productivité des cultures, réduction de l'eau d'irrigation...), sur l'état des ressources naturelles largement dégradées et la sécurité alimentaire durable.

Partout des dispositifs juridiques et institutionnels ont été mis en œuvre pour faire face à ces menaces : lois, documents stratégiques et règlements pour l'environnement, mise en place d'un cadre institutionnel, Observatoire des changements climatiques, Stratégies nationales d'adaptation de l'agriculture et des écosystèmes aux changements climatique, Plan de lutte contre la désertification et/ou la dégradation des terres. Tous ces pays ont adhéré à la CNUCC...

L'amélioration de la gouvernance, par la participation et le renforcement des capacités des communautés rurales pour assurer une gestion locale durable du milieu naturel, figure dans les agendas politiques de ces pays. Parmi les dispositifs économiques, techniques et financiers, ces pays affichent des actions d'adaptation de l'agriculture au CC, de lutte contre la dégradation des sols et des eaux, financées par des aides et subventions publiques pour introduire des techniques favorisant l'économie de l'eau, l'adaptation d'itinéraires techniques, ou de nouvelles pratiques (semis directs), la reconversion des systèmes de production, la conservation des sols et des eaux, des programmes ruraux générateurs d'emploi et de revenus, l'aménagement et le reboisement des bassins versants, le développement de systèmes de surveillance, d'information et outils de prise de décision... Les stratégies d'adaptation adoptées par les populations ou les gouvernements sont toutefois loin de répondre aux effets de l'intensité du changement climatique en cours ou de la dégradation des terres et des eaux. Les populations agricoles rencontrent des difficultés à mettre en œuvre des actions efficaces d'adaptation au CC ou de conservation des sols et des eaux, faute de ressources financières ou d'accès aux innovations.

Les limites des mesures d'adaptation adoptées ont également trait à des facteurs structurels : la majorité des exploitations agricoles au Maghreb n'ont pas de moyens pour leur adaptation au changement climatique. Si les tendances au CC s'accroissent, les modèles de croissance ne changent pas ! Ils restent fondés sur une mobilisation intensive des ressources en eau et en sol confiées à un « pôle capitalistique » disqualifiant des millions de petits paysans assignés à survivre dans de petites exploitations – et dans l'incapacité de faire face aux défis des changements climatiques.

Il s'agit ainsi pour ces pays de perfectionner les divers dispositifs en déclinant des objectifs plus opérationnels visant : (i) à renforcer les cadres institutionnels et à introduire des réformes structurelles ; (ii) à mieux sensibiliser les opinions au CC ; (iii) à mobiliser des instruments financiers et d'expertises au profit notamment des petites et moyennes exploitations familiales ; et (iv) à l'amélioration des connaissances scientifiques issues de la recherche et des systèmes de surveillance pour éclairer les acteurs locaux ainsi que la décision publique. Les pays de la région étant confrontés aux mêmes défis, l'approche de cette question justifie la promotion d'une coopération régionale renforcée.







## MONICA CARDILLO

Université de Limoges, Académie de l'eau,  
France

### CONTRIBUTION SUR LES FACTEURS JURIDIQUES ET HISTORIQUES

Membre de l'Académie de l'eau, je suis actuellement maître de conférences en Histoire du droit à l'université de Limoges. Juriste italienne, j'ai soutenu à Montpellier, en 2018, ma thèse intitulée : « L'eau et le droit en Afrique aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles. L'expérience de la colonisation française ». Cette thèse d'histoire du droit colonial m'a permis de travailler sur la gestion des eaux en Afrique occidentale à l'époque de la colonisation française, d'apprécier le rôle du droit dans l'encadrement juridique de la ressource, et d'analyser l'évolution de ce système juridique jusqu'à nos jours. Enfin, cette recherche doctorale a aussi été l'occasion pour moi de réfléchir sur les facteurs juridiques et historiques ayant favorisé la naissance d'une gestion de l'eau par bassin hydrographique. Cette nouvelle approche à la ressource aquatique s'est aussi développée, par une circulation normative et technique, en Méditerranée, cette mer quasi fermée où, depuis des millénaires, des populations ont vécu en « colocation », entretenant des relations économiques, diplomatiques et culturelles variées, dont les traces et l'héritage sont toujours visibles. Ma modeste contribution d'aujourd'hui vise donc à retracer l'origine du concept, transversal et international, de bassin hydrographique, et à observer les conséquences juridiques contemporaines de sa circulation entre les colonies, puis entre les colonies et la France.

Comme il a été rappelé à l'ouverture de cette conférence, le bassin hydrographique se définit comme un espace géographique spécifique, drainé par un cours d'eau. En France, l'introduction de ce concept résulte de l'application de la célèbre loi sur l'eau du 16 décembre 1964. Ce concept a fait école et il a ensuite été repris à l'échelle internationale, notamment dans la Directive Cadre européenne sur l'Eau de 2000 qui inspire de nombreux pays sur tous les continents, en particulier ceux de la Méditerranée.

Si le bassin hydrographique est institutionnalisé en France par la loi de 1964, cette forme de gestion de l'eau trouve ses racines dans une histoire plus ancienne. Plusieurs travaux scientifiques montrent en effet que les géographes connaissaient depuis plusieurs siècles cette unité spatiale définie par la géographie physique selon la ligne de partage des eaux, dans laquelle toutes les eaux de surface s'écoulent

vers une même rivière jusqu'à son confluent avec un fleuve ou son débouché en mer. Toutefois, ce concept est resté inutilisé en pratique, essentiellement pour trois raisons. D'abord, d'un point de vue historique, les usages de l'eau chez les Occidentaux sont longtemps demeurés à de faibles niveaux, en l'absence d'une réelle nécessité de révolution des paradigmes de gestion. Ensuite, sous l'angle conceptuel, la notion de gestion par bassin hydrographique – mettant l'accent sur une unité spatiale plutôt que sur un usage – s'oppose à la notion de gestion sectorielle qui a longtemps dominé les paradigmes de gestion. Enfin, politiquement, la gestion sectorielle allant de pair avec une multiplicité d'acteurs – les villes, le transport fluvial, les agriculteurs, les industriels, les pêcheurs... – ceux-ci ont utilisé l'eau en étant toujours redevables envers des pouvoirs publics à diverses échelles.

La gestion par bassin hydrographique s'est progressivement imposée dans la pratique. Dans un premier temps, elle apparaît dans des applications partielles et locales aux États-Unis lors du New Deal, en France avec la CNR, et en Grande-Bretagne avec les River Authorities. Les cas du Colorado River Compact (1922, 1928, 1948)<sup>1</sup> et de la Tennessee Valley Authority (1933)<sup>2</sup> sont emblématiques à cet égard. Dans un second temps, la gestion par bassin versant a été expérimentée en Afrique par les ingénieurs coloniaux, à partir des années 50 et jusqu'aux indépendances. À cette époque, la France, fortement touchée par les deux guerres mondiales, « cherche à restaurer sa prospérité », « comprend qu'elle a des colonies » qui, d'ailleurs, « se sont mises à l'œuvre : elles ont cultivé davantage et plus vite [...], du blé, riz, mil, foin, l'avoine, arachide, caoutchouc, fer, nickel, chrome, etc. ».

Ce potentiel agricole conduit à l'instauration d'une véritable politique coloniale de l'eau, amorcée quelques années auparavant. La « politique sarrautienne » d'Albert Sarraut, alors ministre des Colonies, a permis la réalisation d'une série de travaux publics et d'aménagements hydrauliques pour la mise en valeur des colonies, et elle a ouvert une ère nouvelle à la technique hydraulique. « L'avenir de la France étant dans ses Colonies ; c'est sa sécurité d'aujourd'hui, c'est sa fortune de demain » dira Albert Sarraut<sup>3</sup>. De nombreux ingénieurs partent pour les colonies et y développent une gestion intégrée innovante des cours d'eau : le fleuve n'est plus considéré par segment d'eau et par usage ; à la logique des « lois verticales » – existantes alors en France et dans de nombreux pays – se substitue une logique de « lois horizontales ». Afin d'intensifier les cultures par l'irrigation, notamment du riz, de l'arachide et du coton – cultures au cœur des préoccupations de l'important

---

1. Ce projet fut impulsé par les États riverains du fleuve, ayant comme objectif, d'une part le partage de l'eau en termes quantitatifs et, d'autre part, la production d'hydroélectricité. Les questions environnementales et qualitatives ne sont pas abordées dans ce projet, ni l'harmonisation des usages entre les États pour une optimisation des quantités disponibles.

2. Ce projet avait comme mandat la gestion des crues, la gestion des voies navigables, la production hydroélectrique et le développement industriel. La gestion globale de la quantité et qualité de l'eau était exclue.

3. Petit clin d'œil au concept d'autosuffisance exposé par le professeur Pierre Blanc dans sa communication sur la « Géopolitique de la rareté des ressources en eau (bassin méditerranéen) ».

Congrès d'agriculture coloniale qui avait eu lieu en 1918 –, afin de renforcer le contrôle des populations nomades par les forages des puits<sup>4</sup>, afin de développer l'hydroélectricité et la navigation fluviale, les ingénieurs coloniaux expérimentent une logique nouvelle prenant en considération toutes les dynamiques d'utilisation, à la fois physiques, économiques et humaines, qui entourent les fleuves.

Le concept de bassin hydrographique s'est ainsi affirmé autour des deux grands fleuves – Sénégal et Niger – en raison de « l'importance de ces deux fleuves et de leur possible aptitude à produire des richesses et à les évacuer vers la métropole ». Ces fleuves traversant plusieurs colonies françaises, les ingénieurs y ont mis en œuvre une logique de gestion de l'eau dans des bassins hydrographiques transfrontaliers. La Mission d'Aménagement du Sénégal (MAS) – aujourd'hui Organisation pour la Mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS) – est née de cette politique de l'eau du milieu du xx<sup>e</sup> siècle.

Dès lors, trois questions semblent intéressantes à soulever : pourquoi a-t-il été possible de développer cette logique nouvelle ? Comment cette logique est-elle arrivée en Métropole ? Qu'en est-il advenu en Afrique au moment des indépendances ?

D'abord, le développement de cette logique de gestion par bassin hydrographique a été favorisé et légitimé par un cadre juridique très souple dans les colonies : là-bas, à cette époque, contrairement au droit métropolitain, toutes les eaux appartiennent à l'État. Pour des raisons que les juges définiront d'historique, géographique et économique, la domanialité publique des eaux aux colonies est absolue : toutes les eaux sans distinction appartiennent au domaine public de l'État et aucun droit endogène n'est par conséquent reconnu. Entre la Métropole et les colonies existait ainsi un droit différent en matière d'eau. En France, depuis la Révolution de 1789 et l'abolition des privilèges, le régime juridique distingue les cours d'eau domaniaux – les plus importants – et les non domaniaux. Alors que les fleuves navigables et flottables font partie du domaine public de l'État selon l'article 538 du Code civil<sup>5</sup>, le législateur a instauré des droits d'usage sur les eaux des autres rivières non domaniales. Les eaux demeurent, conformément à l'ancien droit romain, des *res communis* : comme l'air, l'eau courante, la mer et ses rivages sont communes à tous les hommes, en vertu du droit naturel et échappent, par conséquent, à toute utilisation exclusive et individuelle.

---

4. Nouvelle référence à la communication du professeur Pierre Blanc et à l'idée de l'eau comme fabrique du territoire. Dans le cas d'espèce, la ressource aquatique donne une nouvelle configuration géographique au territoire colonial dans l'objectif d'assurer l'ordre public général.

5. Cet article est abrogé en 2006 par le Code général de la propriété des personnes publiques, qui applique le critère fonctionnel du classement des cours d'eau. À partir de cette date, les cours d'eau sont considérés domaniaux en raison d'un motif d'intérêt général relatif à la navigation, à l'alimentation en eau des voies navigables, aux besoins en eau de l'agriculture et de l'industrie, à l'alimentation des populations ou à la protection contre les inondations.

Ensuite, le passage de la gestion des bassins hydrographiques entre les colonies et la France a été favorisé par l'évolution historique de la colonisation même. La naissance des nouveaux États africains, suite au mouvement des indépendances, va entraîner le retour en Métropole des ingénieurs des colonies, leur implication dans les débats français sur la gestion de l'eau et l'importation de leur expérience coloniale. Lors d'un entretien en 2017 à l'Académie de l'eau, Ivan Chéret – ingénieur colonial des Ponts et Chaussées, reconnu internationalement comme le père de « l'École française de l'eau » – a témoigné de l'importation coloniale de ce concept, à partir de son expérience personnelle sur le fleuve Sénégal. Après avoir pris part à la Commission de l'eau – créée en 1959 au Commissariat général au Plan pour l'élaboration d'une nouvelle loi sur l'eau –, Ivan Chéret a beaucoup contribué à la reconnaissance formelle du concept de bassin hydrographique par la loi du 16 décembre 1964.

Cette loi fondatrice a introduit une forme nouvelle de gestion de l'eau, basée sur un système de redevances et organisée autour d'institutions nouvelles très originales : les Comités de bassin et les agences financières de bassin, devenues agences de l'Eau. Cette organisation permet à la fois une mutualisation de la ressource et une concertation opérationnelle entre les administrations de l'État, les collectivités locales, les acteurs économiques et les mouvements associatifs du bassin considéré.

Ce concept qui se répand en Europe et dans les pays méditerranéens, notamment en Afrique du Nord, demeure légitimé par un système juridique centralisé, tel qu'il a été introduit lors de la colonisation. L'Algérie, la Tunisie, le Maroc et, de manière générale, toutes les anciennes colonies françaises, ont poursuivi, sciemment ou non, la logique coloniale antérieure de gestion des eaux. Dans les législations contemporaines de ces pays, les eaux elles-mêmes appartiennent toujours à l'État. L'évolution historique et politique de ces différents pays n'a pas été suivie par une évolution juridique propre. Or le régime juridique de la domanialité globale des eaux semble y constituer un frein à la mise en œuvre effective de la concertation entre usagers, à la décentralisation de la gestion de la ressource et à la réalisation d'expériences intéressantes – comme celle qui nous a été rapportée hier sur le canal de Gignac. Il s'avère en effet souvent que des réalisations innovantes restent dans un cadre juridique informel, comme c'est le cas du projet des Jardins de Zineb au Maroc.

N'ayant malheureusement pas le temps de détailler davantage, j'attire simplement l'attention sur le problème que pose le régime juridique des eaux. La domanialité publique globale de cette ressource précieuse est une spécificité d'une époque historique particulière : la colonisation. Ce principe juridique, propre aux systèmes de Civil Law, s'accorde mal avec la logique des droits locaux préexistants à l'arrivée du colonisateur et résistants aux indépendances. Les savoirs juridiques endogènes relatifs à la protection et à l'utilisation des eaux, loin d'être purement culturels,

constituent de véritables formes de normativité à caractère contraignant pour les populations. Ignorés par le droit colonial, puis par le droit national, ces savoirs traditionnels permettent, dans l'ombre du droit, une sauvegarde efficace des bassins hydrographiques. À partir de ce constat, l'intérêt se développe – notamment au sein d'organisations internationales comme l'Unesco et son Programme Hydrologique Intergouvernemental (PHI) – de s'interroger sur les nouvelles formes de reconnaissance de droits de l'eau, à travers une personnification de la Nature. Les cas des fleuves Wanganui en Nouvelle-Zélande, Gange et Yamuna en Inde, qui ont obtenu un statut de personnalité juridique, constituent le point de départ d'une fructueuse et utile réflexion comparée, dans le contexte contemporain et compte tenu du changement climatique.

## ALESSANDRA SCARDIGNO

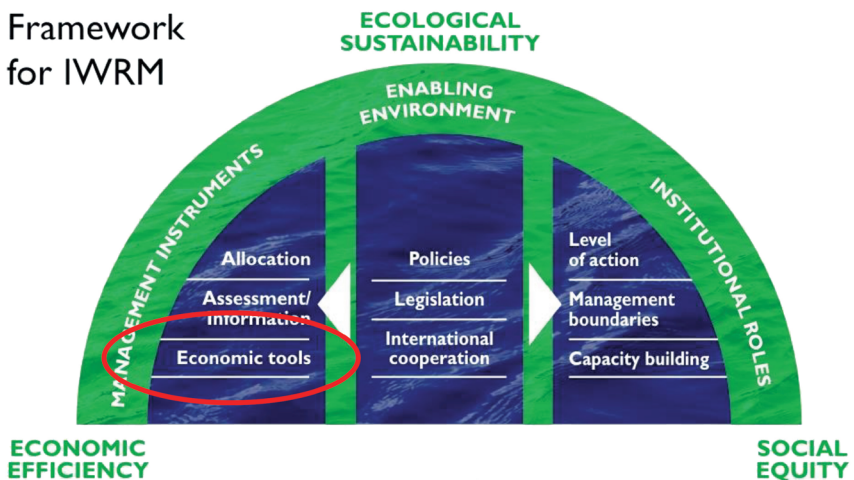
CIHEAM Bari, Italie

# THE ECONOMIC PERSPECTIVE OF THE INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT: THE CASE OF MEDITERRANEAN IRRIGATION SECTOR

### Résumé

The contribution of economic tools to a sustainable Integrated Water Resources Management is analysed. By shortly reviewing some case studies of irrigation agriculture in Mediterranean countries, limits, achievements, and perspectives of the most used tools – tariffs and subsidies – are presented in order to better mainstream economic issues in future action plans and strategies in water policies.

### General Framework for IWRM



Source: <https://www.gwp.org>



## FADI GEORGES COMAIR

Diplomate de l'eau, président honoraire du REMOB, Académie des sciences d'outre-mer, Liban

### LE NIL BLEU : L'HYDRODIPLOMATIE POUR CONSOLIDER UNE PAIX HYDRIQUE MANQUÉE

Aujourd'hui et plus que jamais, la disponibilité des ressources hydriques transfrontalières constitue un facteur de tensions et de conflits, surtout que près de 40 % de la population mondiale s'alimentent en eau dans deux cent quatorze bassins et se partagent des lacs et des aquifères transfrontaliers. Les effets néfastes que porte la gestion unilatérale de ces ressources et l'absence de concertation préalable pour instituer une politique de coopération entre les pays riverains pèsent lourd sur la réalisation de la paix hydrique.

Cette ressource transfrontalière, vitale pour le développement socioéconomique et durable des nations, se trouve actuellement au cœur des débats entre les États du monde entier et s'inscrit désormais sur l'agenda de leur diplomatie environnementale.

#### La situation géopolitique du Grand Ethiopian Renaissance Dam (GERD)

Le GERD devrait devenir le plus grand barrage hydroélectrique d'Afrique. Il est situé sur le Nil Bleu, à environ 20 km en amont de la frontière éthiopienne-soudanaise. Il a un niveau d'alimentation complet de 640 m.a.s.l.<sup>1</sup>, d'une capacité totale de stockage de 74 milliards de m<sup>3</sup> et son réservoir devrait couvrir 1 874 km<sup>2</sup> et s'étendre sur 264 km en amont du GERD. Le seul objectif du GERD est la production d'énergie hydroélectrique. Il a une production totale d'énergie de plus de 6450 MW avec une capacité évaluée à 15 692 GWh/an. Les spécifications techniques du GERD préoccupent l'Égypte et dans une certaine mesure le Soudan.

#### Le droit à l'eau : entre permanences et tendances récentes

Il est regrettable que les trois pays riverains du Nil Bleu – en l'occurrence l'Égypte, le Soudan et l'Éthiopie – n'aient pas été en mesure de parvenir à un accord qui

1. m.a.s.l : *meter above sea level*, mètre au-dessus du niveau de la mer.

garantit leur droit à l'eau. Il faut garantir ce droit aux générations futures de ces nations, en espérant que les négociations sur ce barrage reprendront au plus vite et avant le début du deuxième remplissage, qui devrait commencer au mois de juillet 2022. Le fait de ne pas parvenir à un accord entraînera une situation très dangereuse dans la région, ce qui pourrait dégénérer vers un conflit ouvert, avec toutes les conséquences envisageables. Pourquoi ? Parce que l'Éthiopie se lance dans la doctrine Harmon : la souveraineté totale d'un État sur un bassin transfrontalier. Cette souveraineté totale et absolue proclamée par un État – comme l'Éthiopie dans ce cas – peut user des eaux sur son territoire de la façon qu'il estime la plus conforme à ses intérêts nationaux, indépendamment des conséquences externes.

Les trois pays ont besoin d'eau, d'énergie et d'alimentation. Il faudrait donc que les décideurs politiques de ces pays – mais surtout l'Éthiopie – commencent à se mettre d'accord sur un plan ou sur une stratégie pour l'exploitation de ce barrage. Ce barrage est devenu une évidence ; mais une évidence malheureusement placée sur un cours d'eau international. La médiation pourrait être un levier pour la coopération transfrontalière et pour la stabilité politique de l'Éthiopie.

La question de l'Éthiopie ne doit pas faire oublier la situation de l'Égypte, qui dépend du Nil à 97%. Il s'agit en effet d'un État qui adopte une stratégie coopérative loin de toute gestion hydrohégémonique. L'Égypte a toujours prôné une collaboration active avec ses voisins, surtout début 2015 lorsque le président Sissi a donné son aval à la construction de ce barrage, qui devait être conforme aux lois internationales. Le droit international exige que les États riverains coopèrent entre eux en s'appuyant sur des ossatures claires et des concepts reconnus. Parmi ceux-ci, je cite le concept du partage équitable de l'eau entre les trois pays du bassin. Il concerne aussi la satisfaction des besoins d'alimentation de l'Égypte, du Soudan mais aussi de l'Éthiopie. La seule solution est donc de se lancer dans le cadre d'un processus de sortie de crise, qui ne peut s'appuyer que sur la notion d'hydrodiplomatie.

## Qu'est-ce que l'hydrodiplomatie ?

L'hydrodiplomatie est un outil au service de la construction d'une gestion intégrée des ressources en eau, nationale et transnationale, selon un modèle coopératif, loin de la logique fragmentée, sécuritaire ou hégémonique qui compromet de plus en plus le développement socioéconomique de nombreux pays.

L'hydrodiplomatie veut construire une nouvelle forme de gouvernance qui porte l'ambition de fonder la paix, un processus pour la prévention, la médiation et la résolution des conflits sur l'eau. Il s'agit d'exclure toutes formes de domination d'un pays sur l'autre, d'éloigner la militarisation de l'accès aux sources d'eau et de repousser le concept de gestion sécuritaire ou hégémonique de la ressource.



Les objectifs principaux de l'hydrodiplomatie sont donc :

- d'éloigner les tensions au niveau des bassins versants en faisant de l'eau non une source de conflit, mais un catalyseur de paix ;
- de sécuriser la ressource en eau et l'alimentation pour les générations présentes et futures, dans le respect des principes du développement durable ;
- de créer une dynamique de développement économique régional intégrant le nexus Eau-Énergie-Alimentation, reliant différents facteurs interdépendants du développement économique et social des pays concernés.

Pour parvenir à ses fins, l'hydrodiplomatie mobilise à la fois l'expertise technique et la diplomatie. Elle associe les diplomates, les experts scientifiques, les académiciens, les décideurs politiques au niveau des bassins transfrontaliers, afin de parvenir à un partage équitable et à une utilisation raisonnable de l'eau, en vue d'aboutir à une situation de succès mutuel, de type « gagnant-gagnant », entre pays et régions riveraines.

Il faut bien garder présent à l'esprit que la tâche de l'hydrodiplomatie ne se limite pas à la conclusion d'accords sur le partage de la ressource en eau. C'est un processus continu, qui se poursuit une fois les accords conclus, pour entretenir la culture de la paix et de l'eau sur une base permanente, en faisant fonctionner des institutions partagées chargées de leur gouvernance. Ce processus crée un environnement géopolitique plus stable et favorable aux échanges de données techniques entre les pays.

## **Le Grand Barrage de la Renaissance Éthiopienne : un enjeu politique, technique et institutionnel**

Le barrage de la Renaissance nécessite le lancement d'une médiation basée sur un processus technique spécifique : ce barrage n'a fait l'objet d'aucune étude approfondie, ni d'un échange de bases de données entre les pays riverains, et n'a pas été établi lors d'une concertation juridique sur le partage équitable et raisonnable de la ressource. Il était nécessaire d'établir une agence de bassin qui pourrait regrouper les trois acteurs principaux impliqués : l'Égypte, l'Éthiopie et le Soudan.

Malheureusement la réponse des trois États sur ces diverses questions et propositions était toujours une fin de non-recevoir. C'est ainsi que la médiation du président congolais, Félix-Antoine Tshisekedi – l'actuel président de l'Union africaine –, a échoué ; de même l'Éthiopie a refusé de participer à la première médiation de la Banque mondiale, tout comme à celle organisée par les États-Unis. Ceci nous montre que la notion de souveraineté ne peut pas s'appliquer sur un barrage transfrontalier.

La rapidité avec laquelle le barrage se remplit a conduit l'Égypte et le Soudan à lancer un appel pour une gestion conjointe de l'ouvrage ; mais, là encore, l'Éthiopie

à rejeter la demande. Alors que le remplissage touche à sa fin, les solutions pour établir un compromis négocié sont dans une impasse : la situation devient de plus en plus risquée. C'est la raison pour laquelle la régulation hydrique du bassin du Nil Bleu devrait être liée directement au concept de l'hydrodiplomatie, dans la perspective des générations futures.

## La problématique du Nil : d'hier à aujourd'hui

L'avenir des trois pays riverains est à présent en jeu ; l'accord proposé en 1959 pour diviser le Nil entre l'Égypte et le Soudan appartient au passé. Aujourd'hui, les objectifs du développement durable sont très clairs et deux conventions sont déjà appliquées par la communauté internationale, les décideurs politiques et les nations pour le partage équitable des eaux transfrontalières : la Convention d'Helsinki, adoptée par l'Union européenne dans le cadre des bassins transfrontaliers tels que le Danube, l'Oronte, le Rhin, etc. ; la Convention de 1997.

Mais les temps ont changé et un nouveau paradigme s'est intégré dans l'équation, celui du changement climatique. Le changement climatique va engendrer une diminution de 30% des eaux du Nil, donc impacter directement les pays qui se partagent le bassin du Nil : il y aura moins de périmètres d'irrigation et moins d'électricité générée par les barrages – notamment par le GERD – et par conséquent moins d'eau potable pour les générations futures.

Actuellement, la population des trois pays s'élève à environ 1,2 milliard d'habitants ; les prévisions de progression présentent des taux variables selon le pays. Le besoin prévisionnel en eau – directement lié à la croissance démographique – constitue un élément essentiel des négociations autour du partage des eaux du Nil, mais aussi un levier pour trouver une solution à la gestion du barrage de la Renaissance. Or, jusqu'à présent, la question de l'impact environnement du barrage n'a toujours pas été soulevée.

D'autre part, un doute plane sur la stabilité structurelle du barrage de la Renaissance : va-t-il tenir un stockage de 75 milliards de m<sup>3</sup> d'eau ? De plus l'exploitation non programmée de ce barrage en période d'étiage va aggraver le manque d'eau et provoquer en conséquence une sécheresse. L'eau – et dans ce cas son absence – va devenir destructrice pour l'Égypte et pour le Soudan. La médiation autour d'un processus technique est donc, selon moi, toujours nécessaire.

Partant de là, on voit clairement que les négociations ne peuvent pas être uniquement politiques : la politique a malheureusement occulté le volet technique, qui nécessite pourtant, et en urgence, une médiation spécifique. Les techniciens doivent se rencontrer, s'asseoir autour d'une table et discuter ensemble, sous l'égide des Nations unies, afin que cette médiation puisse aboutir sur une proposition de plan d'exploitation de ce barrage. Comme nous le savons, une période de crues

très importantes va commencer en juillet, suivie d'une période d'étiage sévère. Entre ces deux périodes, un plan d'exploitation du barrage est envisageable, afin de réguler le débit du Nil Bleu et que les pays en aval ne soient pas affectés. Même l'Éthiopie serait touchée par ces répercussions majeures.

Que fera l'Éthiopie avec 75 milliards de m<sup>3</sup> d'eau dans le barrage de la Renaissance ? Est-ce l'intérêt de ce pays de voir l'Égypte et le Soudan assoiffés ? Dans le cadre de l'hydrodiplomatie, nous partons des propositions suivantes : riche de 8000 MW, l'Éthiopie pourrait réserver 3000 MW à ses besoins nationaux en électricité et énergie et vendre le reste de la production aux pays du Nil Blanc ; ainsi elle pourrait bénéficier de rentrées d'argent pour le développement du pays. Il n'est en effet pas nécessaire d'avoir un stock excessif de 75 milliards de m<sup>3</sup> d'eau pour générer cette quantité d'hydroélectricité : 14 milliards de m<sup>3</sup> suffisent.

Les ingénieurs, dont je fais partie, sont conscients de ce calcul. Mais si on laisse ce problème aux seules mains des politiciens, la situation risque de se diriger vers une impasse politique, voire un conflit, potentiellement armé.

## **Le Nil : une oscillation entre exacerbation des tensions et négociations réussies**

Le 30 mars 2021 le président Sissi a déclaré : « Personne ne prendra la moindre goutte d'eau de l'Égypte, sinon la région connaîtra une situation d'instabilité que personne ne peut imaginer », laissant entendre que la région du Proche-Orient pourrait s'enflammer. L'instabilité de l'Égypte est une affaire internationale, mais il faut toutefois prendre de la distance par rapport au politique pour expliquer la technicité de l'eau.

D'un point de vue purement structurel, la production de 8000 MW nécessite un barrage de 14 milliards de m<sup>3</sup> – et non 70 milliards. L'entente sur le remplissage est donc impérative, tout comme il est aussi urgent de prévoir la construction d'une diversion afin que l'eau ne soit pas obturée, qu'elle puisse continuer son chemin vers les pays aval. Enfin le remplissage devrait être échelonné, dans le but de préserver le Soudan et l'Égypte.

Dans une deuxième étape – après l'application du processus technique –, il va falloir lancer un processus institutionnel, en créant une agence de bassin à l'instar des agences qui existent en Europe et un peu partout dans le monde. Jusqu'à présent, ce processus institutionnel n'a pas été amorcé par les trois pays. Enfin un accord diplomatique devra conclure le processus, avec une entente politique sur la gestion durable du bassin du Nil Bleu. La réalisation de la paix hydrique nécessite du courage et requiert des hommes d'États de la confiance et de la force. C'est le prix à payer pour instaurer ce concept, qui se reflètera dans la mémoire des citoyens.

## Conclusion

L'hydrodiplomatie et le nexus Eau-Énergie-Alimentation s'avèrent indispensables pour établir une gestion hydrique intégrée au niveau du Nil, ce grand bassin partagé par les pays riverains.

L'application de la Convention des Nations unies de 1997, ou celle de l'UNECE de 1992 et la création d'une agence régionale de bassin entre les pays concernés pourraient favoriser la gestion durable de ces eaux internationales et sécuriser le développement des nations en question. C'est la seule forme de collaboration trilatérale permettant de rapprocher les points de vue et d'instaurer une vision globale pour consolider la paix hydrique, depuis longtemps désirée.

Pris correctement en compte, l'hydrodiplomatie et le nexus Eau-Énergie-Alimentation peuvent être des catalyseurs essentiels pour les négociations futures, en vue d'une meilleure gestion régionale des ressources du Nil, aidant à créer des situations bénéfiques pour tous les États riverains.



Le barrage de la Renaissance photographié en septembre 2019 © REUTERS/Tiksa Negeri.

## ROMINA LORENZETTI

Conseil pour la recherche et l'économie agricoles,  
ministère de l'Agriculture, Italie

### IRRIGATION INVESTMENTS AS A MEASURE OF ADAPTATION TO DROUGHT AND FOCUS ON NATIONAL RECOVERY AND RESILIENCE PLAN

In recent decades climate change, in particular drought phenomena, are affecting all Europe, even in areas where drought events are not so common in the past decades. This situation has led EU Member States provide actions in order to assess water saving and land protection mainly through interventions aimed at ensuring efficient resource use and to increase water availability. Moreover, adequate planning and management of these systems also contributes to the achievement of the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda, especially Goal 6 (Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all) and Goal 9 (Build resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable industrialization and foster innovation). The issue of the water use in agriculture has always played a central role in investment policies. With reference to the irrigation sector and territorial protection, the Ministry of Agriculture, Food and Forestry Policies (MiPAAF) has launched a long-term program strategy aimed at promoting investments for the risks reduction in agriculture related to water scarcity and hydrogeological instability, based on the adaptation of infrastructures for irrigation and land defence purposes. MiPAAF has dedicated and will dedicate many resources to these topics, also in coordination with other Ministries, using several plans and funding programs currently in place, and supported with national and EU funds. Other funds are currently being allocated for irrigation projects carried out by the consortia as the National Plan of interventions in the water sector, National Recovery and Resilience Plan, financed with next generation EU funds, as part of the proposed measure of the MiPAAF, Budget Law 2021 – Law 178/2020 – financing of investments for national infrastructure development: Currently, a projects list which can be financed with these resources has not yet been drawn up and FSC funding line 2021-2027, on which new funds could be made available with the new 2021-2027 programming, but it needs to wait for the funds allocation on the various strategic objectives and related to thematic areas and the definition of the operational plans to know the specifics actions financed. As above mentioned, investment 4.3 concerns interventions aiming to improve water resource management and reduce losses, encourage the measurement and monitoring of uses on collective networks, to prevent the illegal use of water in rural areas, to increase the resilience of the irrigation agro-ecosystem

to extreme climatic events, with particular reference to drought events. In order to achieve these objectives, infrastructural interventions on the networks and irrigation systems and on the related digitalisation and monitoring systems will be financed (conversion of irrigation systems towards higher efficiency systems, the adaptation of distribution networks in order to reduce losses, installation of technologies for the efficient water use (meters and remote control)).

For taking NRRP payment, it needs to compliance with measures for progress towards a reform or investment, specifying a stage to be reached by a certain date, particularly milestone (qualitative results and details desirable content and characteristics) and targets (quantitative results). Projects that meet a series of technical criteria were choose, as projects with an high level of construction and timing of project implementation, projects with greater territorial strategic importance, relevance with the actions funded by investment 4.3 and effectiveness in achieving the targets, contribution to the objectives of the Water Framework Directive (WFD) and the Impact on the environmental objectives referred to in the guidelines for the NRRP compilation and the regulation UE 2020/852 (Taxonomy Regulation). Particularly, the projects to be financed must respect a fundamental principle – DNSH, “Do No Significant Harm” –, based on a recent cornerstone of European legislation, namely the taxonomy for sustainable finance where in Article 17 of Taxonomy Regulation, the concept of “significant damage” is defined for six environmental objectives.

The investment 4.3 as a whole has to comply to the DNSH. In particular, with respect to the adaptation to climate change, the measure increases efficiency in the water resources use and reduces losses, better addressing water scarcity. A network without unwanted losses should be able to assure a higher level of water availability even when withdrawals are forced to be reduced during water crisis events. Combining these with the disincentive to create new irrigated areas, the result will be that the water saved will guarantee a better supply, especially in times of water scarcity. The installation of meters and remote control systems will reduce losses and monitoring of uses. As consequence, it allow to better use the current system of water pricing (since applying full cost recovery first requires quantification of water withdrawals in order to assess associated charges), in order to encourage more sustainable water use. Moreover, the infrastructures for irrigation contribute to creating and safeguarding the rural landscape and the irrigated agro-ecosystem. Generally, irrigation and reclamation canals should not be considered invasive elements on the territory, but they could contribute to keep alive the ecosystems connected to the water resource. For example, efficiency measures and the related water saving could contribute to maintaining the level of volumes in the supply sources, supporting their environmental quality. Furthermore, the biodiversity could be supported managing canals by means of tree-lined strips.

## Conclusion

The proposed investment 4.3 responds in a positive way to the DNSH request, particularly it gives adaptation solutions that reduce the risk of adverse effects of climate change on agricultural activity without increasing the risk of adverse effects on people or nature and the possibility to better address water scarcity, aggravated by the risks linked to the climate change, namely drought. A network without losses should be able to assure a higher level of water availability even when withdrawals are forced to be reduced during water crisis events.



### DNSH - "Do No Significant Harm"

- |  |   |  |
|--|---|--|
| 1) <i>To the mitigation of climate change</i>                              | ➡ | 1) No greenhouse gas emissions expected;   |
| 2) <i>To the adaptation to climate change</i>                              | ➡ | 2) <u>Reduced risk of adverse effects of climate change on agriculture without increasing the risk of adverse effects on people or nature</u> (Investment 4.3 increases water use efficiency, reduces losses <b>without the creation of new irrigated areas</b> , assuring higher resilience of irrigated areas to drought events) |
| 3) <i>To sustainable use and protection of water resources</i>             | ➡ | 3) <u>Contribution to the good status of the water bodies in quantitative terms</u> (no one new irrigated area, new dam, expansion of existing dam will be carried on)   |
| 4) <i>To circular economy</i>  | ➡ | 4) Project in accordance with European, national, and regional waste legislation Union   |
| 5) <i>To the prevention and reduction of pollution</i>                     | ➡ | 5) Adoption of all precautions provided by the law   |
| 6) <i>To the protection and restoration of biodiversity and ecosystems</i> | ➡ | 6) Compliance with national requirements for the Environmental Impact Assessment and the analysis of Impact Assessment under Habitat directive 92/43/CEE will be required. Moreover the infrastructures for irrigation contribute to creating and safeguarding the rural landscape and the irrigated agro-ecosystem                |

**CHARITON KALAITZIDIS**  
CIHEAM Chania, Grèce



## SESSION 1 REPORT TEMPLATE

### Session Title: FOOD SECURITY

19/10/2021, 14.00-18.30

- Moderator Name: Mr. Roberto Bassi
- Rapporteur Name: Mr. Chariton Kalaitzidis

### Round Table 1 – Demand management (productivity, efficiency of water use, aridoculture, etc.)

Keynote Speaker: Mr. Guillaume BENOIT, Académie d'agriculture (France)  
« Sécurité alimentaire, terres et eau en Méditerranée : pour un “construire autrement” en six points ».

Panelists of the round table: Eran FRIEDLER, Technion (Israel); Nicola LAMADDALENA, CIHEAM Bari (Italy); Céline HUGODOT, ASA du Canal de Gignac (France).

### *Main findings, ideas/innovations*

1. The North and South differ significantly in terms of poverty and available facilities.
2. The South suffers more from water scarcity than the North.
3. Climate change amplifies water shortage issues.
4. Agriculture is one of the main water user.
5. We need to improve water use efficiency and water production at farm/basin level.
6. Food production does not meet demand, leading to imports and lack of food security.
7. In many cases (also in the South) there is big difference in terms of economic activity and sustainable practices between coastal and inland areas.
8. Water scarcity has a greater impact on population with higher poverty.



9. Israel has been relying on reusable and desalinated irrigation water since the 70s-80s.
10. Desalination is a potential solution but it has a high energy cost (and air pollution).

### *Conclusions and recommendations*

1. Need for policy, infrastructure reform and capacity building of all involved stakeholders.
2. The farmers need to be made aware of the necessity of efficient water usage, possibly along with the introduction of quotas.
3. Need alternative water sources. Desalination is a solution but has a high energy cost and indirect air pollution impacts.
4. Improvements are needed across the overall water use: From reservoirs to distribution/conveyance channels, to usage at farm level.

## **Round Table 2 – Development of supply (recharge of aquifers, reservoirs, inter basin transfers, desalination, wastewater recycling)**

Panelists of the round table: Zakaria EL YACOUBI, Chief of Hydro Agricultural Resources Division, Ministry of Agriculture (Morocco); André BERNARD, President Chamber of Agriculture PACA Region (France); Francesca PORTINCASA, Acquedotto Pugliese (AQP, Italy); Denis LACROIX, Head of Monitoring and Foresight, IFREMER (France).

### *Main findings, ideas/innovations*

1. Underground water is being unsustainably overexploited in many South Mediterranean areas (e.g. Morocco).
2. Freshwater conveyed through dams is an unreliable and inconsistent supply.
3. There is a risk of sea water intruding in the aquifer.
4. Uncertainty reduces investments and hence, employment.
5. Climate change causes more scarce but extreme precipitation phenomena, leading to flood risk.
6. Drip irrigation in order to increase water efficiency.
7. Sea level rise is a real threat to coastal areas.

### *Conclusions and recommendations*

1. The private sector could intervene with investments and help with capacity building, but the legislative/policy environment should be fertile.
2. Water management should be connected with decision support systems.

3. Alternative sources of water are necessary (reused water for irrigation, desalinated water).
4. Desalination may be expensive, but sometimes it is the easier and more dependable solution.
5. Adopt water treatment methods to make reused water suitable for the industry, not just agriculture.

### **Round Table 3 – Agroecological transitions (agroforestry, organic agriculture...)**

Panelists of the round table: Bernard HUBERT, Académie d'agriculture and INRAE (France); Jean-Claude QUILLET, Agridura (France); Zineb BENRAHMOUNE IDRISSE, Les Jardins de Zineb (Morocco).

#### *Main findings, ideas/innovations*

1. Tillage promotes soil erosion and loss of microbial activity.
2. Agroforestry employs forest species to reduce soil erosion in sloped areas and allow the cultivation of agricultural crops.
3. Water, crops, forest, soil, human, are the main components of the agro-ecosystem.
4. Cover cropping reduces erosion and preserved soil microorganisms.
5. Agro-forestry areas are suitable for agro-tourism and environmental education.

#### *Conclusions and recommendations*

1. No-tillage should be integral in a sustainable agriculture practice.
2. We need to adapt our skills and knowledge and embrace agroecological practices.

### **Round Table 4 – Agropastoral systems and soil erosion**

Panelists of the round table: Antonio LÓPEZ-FRANCOS, CIHEAM Zaragoza (Spain); Abdallah LAOUINA, Mohammed V University of Rabat (Morocco); Jamila TARHOUNI, Director of the water and environment science and technology laboratory, INAT (Tunisia).

#### *Main findings, ideas/innovations*

1. Agropastoral systems provide many benefits in terms of biodiversity, conservation of water and soil, production diversity, carbon-fixing in the soil.
2. Ecological diversification leads to increased resilience.
3. It is necessary to build capacities in the Mediterranean and provide practical knowledge to the farmers.

4. Population growth leads to the cultivation of sloped land as well as forest/shrublands, which are prone to soil erosion.
5. Marginalised mountainous areas must be protected, in order to keep supplying downstream watersheds with water.
6. Mountainous ecosystems vary between Mediterranean countries.
7. Agro-silvo-pastoral systems have been abandoned but are very beneficial from an environmental point of view.
8. Increased population in the South also increases demand for food and water.

### *Conclusions and recommendations*

1. Agro-silvo-pastoral systems that are not as profitable, need to be supported by policies and subsidies.
2. More effort needs to be placed in capacity building for the adoption of agro-silvo-pastoral systems.
3. Employment of existing networks is crucial to increase outreach to farmers and stakeholders, in particular to young people.
4. The ecosystem service of water supply provided by the mountainous parts of the watersheds must be supported and protected.
5. Soil erosion produces sediments that end up in dams, reducing their capacity.



**ABDELOUAHID FOUIAL**  
CIHEAM Bari, Italie



## SESSION 2 REPORT TEMPLATE

### Session Title: **ROUND TABLES ON VULNERABILITIES**

- Moderator Name: Mr. Thierry CHAMBOLLE, Academy of technologies (France)
- Rapporteur Name: Mr Abdelouahid FOUIAL, CIHEAM Bari (Italy)

This report summarizes the main challenges and mitigation strategies raised during the three round tables detailed below:

#### *Round Table 2.1: Water quality, saline lifts, alkalization*

Panelists of the round table: Mr. Guilhem BOURRIÉ, Académie d'agriculture (France); Mr. Mohammed HACHICHA, University of Carthage, National Research Institute of Rural Engineering, Water and Forests (INRGREF) (Tunisia); Mr. Baelhadj HAMDIAÏSSA, Ouargla University (Algeria); Mr. Manuel SAPIANO, Energy and Water Agency (Malta).

#### *Round Table 2.2: Flash floods, risk of flooding (land use, urban planning, forecasts and alerts)*

Panelists of the round table: Ms. Catherine FOUCHIER, INRAE Modelization (France); Mr. Régis THÉPOT (France); Mr. Mohammed MASTERE, University of Rabat (Morocco).

#### *Round Table 2.3: Indicators of vulnerability, water and soil quality*

Panelists of the round table: Ms. Fabienne TROLARD, INRAE (France); Mr. Marco MARANI, University of Padua, Accademia dei Lincei (Italy); Mr. Pandi ZDRULI, CIHEAM Bari (Italy).

## The main challenges

The session focused on the vulnerabilities of the natural resources to climate change, population growth and its impact such as agricultural intensification, urbanization, and human activities.

Human activities have ignored for long decades their impact of the climate leading to high temperatures, irregular rainfall, flooding, erosion of the soils, rise of sea level and, hence, the impact on food security and the livelihood of millions living in coastal areas and arid regions. Therefore, we must act now to mitigate some these impacts or at least stop the degradation at the levels that they are now since some negative impacts could not be reversed:

The actions that need to be considered is:

- Focusing on arid and desert regions: knowing that these areas are quite vulnerable to any kind of imbalance, maintaining the biodiversity is extremely important to avoid salinization and desertification. Water (groundwater) and soil in this context must be managed in an integrated way by considering new strategies, technologies, and policies (e.g., Localized irrigation systems, intercropping to reduce evaporation and improve water savings), but also maintain a close consideration of the local contexts to improve the socioeconomic and environmental resiliency.
- Now focusing on coastal regions and islands, the main issue is groundwater overexploitation due to the fact that urbanization is concentrated near the coastal areas and in the case of islands, lack of surface water resources and tourism. The overexploitation of groundwater can lead to seawater intrusion to the aquifer. Therefore, the degradation of groundwater quality. When this water is used for irrigation, it will also lead to degradation of the soil quality.
- Climate change had significant impact on rainfall, increasing flooding events, droughts, sea level rise.

## Mitigation strategies

- Control and reduce the salinization and alkalization of the soils and salinization and pollution of water resources, especially aquifers.
- So, we must maintain an acceptable levels of salt in the soils and water. Because if we reach a non-return situation, the mitigation will be very expensive or impossible.
- Groundwater cannot be protected in isolation; integrated water management must be taken into consideration.
- Use of alternative water resources such TWW and desalinated brackish and sea water to reduce the pressure on freshwater resources.
- Engaging with water users.
- Use policy approaches focusing of water demand (demand management at an inclusive level)

- Comprehensive monitoring strategies that include techniques, technology and modeling and accounts for comprehensive scenarios and not for a business-as-usual evolution.
- Solution combining agronomic approaches that integrate new cropping patterns, intercropping, soil conservation practices, and engineering aspects that consider irrigation systems and scheduling tailored to water quality and not just water quantity.
- Early warning system for natural disasters: that anticipate flooding and increase meteorological vigilance. This includes real time modeling accounting for rain and snow, improving the spatial resolution (from 1 km to 100 m and down to 25 m) and providing a reliable and easily accessed platforms.
- Modeling future integrated scenarios is extremely important. That include climate change, land use and water use.
- Adopting an ecosystem Approach (protecting lagoons, marches...) positively impacts the sustainability of coastal areas including the mitigation of sea level rise.
- Prioritization of actions (urbanization, ruralism, agriculture and environment).

*The above mitigation strategies can be used in the framework of international cooperation and projects Challenges*

- Global changes (population growth, climate change – urbanization).
- Water scarcity and pressure on natural resources soil and water (quantity and quality) by the agricultural sector.

*In the perspective of water (surface and ground), land, and ecosystem, an international cooperation is a must in order to accomplish*

- Advanced monitoring that includes techniques, technologies, and modeling.
- Implementation of good practices (technical, governance) and study of impacts.
- Platform of exchange and evaluation.
- Inclusive science-policy framework of action (gender and youth in the core).





## YASMINE SEGHIRATE EL GUERRAB

Secrétariat général du CIHEAM, France

### RAPPORT DE LA SESSION 3

La session 3 portant sur la gouvernance comportait trois tables rondes et a réuni douze intervenants aux profils très variés. Nous avons eu une certaine hétérogénéité dans les disciplines mobilisées, les contenus et les formats de présentation. Nous avons voyagé dans le temps et les espaces aussi. Autant vous dire que l'exercice de synthèse n'est pas simple ; il fait cependant ressortir des idées fortes communes.

Il est clairement ressorti que les démarches multiacteurs et les approches participatives permettaient de répondre à des problématiques considérées comme prioritaires par les diverses parties prenantes, et de produire des plans intégrés et multiéchelles d'aménagement de territoire et de gestion de l'eau.

Avec M. Alberto Montanari nous avons pu comprendre l'intérêt de mobiliser l'approche des cercles de durabilité contribuant à faire émerger des compromis décisionnels qui vont se trouver à l'intersection d'enjeux écologique, économique, politique et culturel. Ils vont permettre d'élaborer des politiques *bottom-up*, des « actions sans regrets », notamment grâce à la collaboration entre les scientifiques et les décideurs politiques.

À travers les présentations de Mme Anne Pressurot et M. Antoine Orsini, nous avons pu avoir un bon aperçu des dynamiques de dialogue et de concertation multipartites qui sous-tendent le plan d'adaptation au changement climatique du bassin de Corse. L'approche mobilisée pour élaborer la carte des vulnérabilités des territoires et des secteurs – pour rendre les systèmes plus résilients face aux changements annoncés – est une illustration très claire du potentiel de la collaboration entre les scientifiques, les décideurs et les gestionnaires. Elle permet de développer des opérations précises et adaptées aux spécificités locales, pour une gestion durable de l'eau et son partage équitable. C'est très intéressant de voir comment les multiples casquettes de M. Orsini ont permis justement de créer de la confiance et de soutenir des collaborations entre des acteurs qui ont, au départ, des intérêts divergents.

M. Luigi Nardella nous a présenté le Consortium de la Capitanata – que certains d’entre vous visiteront tout à l’heure. Ce Consortium, avec ses spécificités en termes de gouvernance, de gestion publique-privée, de contributions des associés, est tout à fait original. Avant-gardistes et précurseurs, ses fondateurs et promoteurs – il y a presque un siècle déjà – avaient saisi l’importance d’impliquer l’ensemble des parties prenantes du territoire pour programmer, planifier et superviser des actions qui permettent d’assurer la sécurité alimentaire et de développer des territoires ruraux.

M. Juan Sagardoy et Mme Patrizia Pugliese nous ont livré des réflexions très intéressantes, illustrées par des cas concrets de projets relatifs à l’intégration de la dimension du genre dans la gestion de l’eau, son potentiel et ses limites actuelles. Loin des approches simplistes, ils ont mis en avant la dimension multidimensionnelle et complexe de ce concept, ainsi que la nécessité de l’envisager dans une vision de long terme, tant il y a un déficit majeur en termes de collecte et de traitement de données sexo-spécifiques, et tant la mobilisation effective des décideurs reste insuffisante. Encore aujourd’hui, des pans entiers de politique de développement rural et agricole et des institutions restent aveugles à la dimension de genre, confisquant ainsi des fenêtres d’opportunités pour une masse importante de personnes, qui font vivre le territoire et lui assurent une certaine résilience.

Dans la continuité de ces réflexions sur le genre, Caroline Lejars nous a interpellés sur les questions d’engagement effectif des parties prenantes, en particulier lorsqu’on souhaite associer une large part de citoyens aux processus décisionnels. Sa présentation a fait ressortir deux points fondamentaux : le renforcement de capacité et la formation des parties prenantes sur les domaines discutés et la nécessité d’appuyer ces approches par des processus d’évaluation participative.

Après les deux premières tables rondes, qui ont donc traité des modèles et processus de dialogue et de concertation multiparties prenantes, nous avons eu une très riche table ronde autour des facteurs juridiques, économiques et financiers. La mise en perspective de ces différents facteurs nous a permis d’appréhender les connexions et interrelations à l’œuvre dans la gestion des bassins versants.

Avec Omar Bessaoud nous avons pu voir à quel point l’existence de dispositifs juridiques, de plans nationaux ou encore l’adoption de référentiels internationaux, était loin d’être suffisante pour répondre aux menaces climatiques et environnementales, parce que dans bien des cas les collectivités territoriales et le monde paysan ne sont pas associés. Il nous a, à ce titre, rappelé que les équilibres des nations dépendent en premier lieu de l’harmonie entre leurs territoires ruraux et urbains, et que pour équilibrer les sols, nous avons d’abord besoin d’équilibrer les hommes.

Mme Monica Cardillo, avec son riche état de l’art de la législation en matière de bassins versants – qui nous a en partie replongés dans le droit colonial – a, d’une certaine manière, éclairé les propos d’Omar Bessaoud sur les limites d’une



centralisation du pouvoir en matière de gestion de l'eau et des bassins versants. Merci à elle de nous avoir rappelé l'histoire passée et celle du droit à l'eau, pour comprendre ce qui se joue aujourd'hui.

Enfin, avec les interventions de Mme Alessandra Scardigno – qui nous a présenté des cas d'études d'agriculture irriguée : leurs limites, les acquis et les perspectives – et de Mme Romina Lorenzetti – qui nous a éclairés sur les investissements en matière d'irrigation comme une mesure d'adaptation et de résilience à la sécheresse –, nous avons pu avoir un bilan condensé des instruments économiques et un panorama des résultats qui mettent en avant la constante nécessité de l'adaptation des outils et instruments mobilisés (quotas, tarifications, taxes, subventions...).

En dépit de la grande diversité des interventions, des questionnements communs apparaissent, s'agissant des démarches multiacteurs : comment garantir l'équité, l'inclusivité, la représentativité ? Cela a été dit à maintes reprises : cela passe par des diagnostics multidimensionnels et socialement inclusifs, par un portage politique et un cadrage institutionnel dédié, par des mécanismes d'évaluation et de transparence, par des mécanismes de facilitation et de médiation, et enfin par un recours à un ensemble d'outils complémentaires, adaptés aux capacités de contribution et aux bénéfices des agents.

S'agissant de l'interface nécessaire entre science et société, une deuxième question émerge : comment faire vivre la collaboration multiparties prenantes dans la durée ? Là encore, nous avons eu des pistes, comme la reconnaissance des enjeux et de l'expertise mutuelle, la nécessité de penser les déclinaisons à l'échelle du territoire, la construction de la confiance qui permet de mûrir les questions et de passer du corporatisme à l'intérêt général.

Il y a enfin l'un des points les plus importants : l'investissement dans la ressource humaine, dans les apprentissages à divers niveaux et ce jusqu'à l'évaluation participative. Au regard de nos missions, cette dimension, au CIHEAM, nous interpelle tout particulièrement.



**GUY FRADIN**

Académie d'agriculture de France



## PROPOSITIONS POUR LE FORUM MONDIAL DE L'EAU 2022

### Le Conseil mondial de l'eau

- Une association de statut français (loi de 1901) ;
- Environ 400 membres institutionnels répartis en cinq collèges : organisations internationales (Banque mondiale, FAO, Unesco...) et intergouvernementales, organisations étatiques (ministères, établissements publics), entreprises publiques et privées de l'eau, organisations gouvernementales, instituts techniques et scientifiques ;
- Mission : remettre l'eau au cœur des décisions publiques. L'eau est en effet un problème politique et la volonté en la matière est souvent absente.

### Le Forum mondial de l'Eau

- Le plus important rassemblement mondial ayant pour thème l'eau, sous tous ses aspects, à l'invitation d'une ville et d'un pays ; il se tient en principe tous les trois ans ;
- Objectifs : partage, échanges, redonner une priorité politique à l'eau ; dimension politique du Forum.

### Le neuvième Forum de Dakar

- Pourquoi est-il important ? Il se déroule en Afrique subsaharienne pour la première fois ; il constitue une étape sur le chemin de la conférence de 2023 des Nations unies ainsi que sur l'objectif d'atteinte des ODD ; c'est le Forum des « réponses » ;
- Le IX<sup>e</sup> Forum essaie de renouveler la démarche en évitant la déclaration de politique générale et en se focalisant sur quatre priorités : sécurité de l'eau, développement rural, coopération, moyens et outils ;
- Le processus politique se structure autour des acteurs majeurs : chefs d'États et de gouvernements, ministres, parlementaires, autorités locales et – c'est une nouveauté – organismes de bassins. Les ministres travailleront sur l'atteinte des ODD, les parlementaires sur les lois relatives à l'eau et sur les budgets

dédiés, les autorités locales sur la gouvernance et la décentralisation et les organismes de bassins sur la gouvernance et la planification ;

- L'Initiative Dakar 2022 vise à mettre en lumière des réponses, ou des projets de réponses, par la labellisation de projets, en incubation ou terminés. Tous ces projets seront valorisés au moment du Forum, soit dans le cadre du programme des sessions thématiques, soit dans le cadre de sessions spéciales dédiées, soit dans les lieux d'expositions. Les projets en incubation feront l'objet d'une bourse des projets auprès de financeurs intéressés.

## Synthèse des travaux du séminaire

Le bassin méditerranéen constitue un territoire spécifique dont l'unité est assurée par l'exutoire unique qu'est la mer Méditerranée. Malgré la diversité géographique et politique des pays riverains, il existe une nécessité d'action collective, politique et technique, fondée sur le dialogue, les échanges et le partage.

Le bassin versant, selon son échelle, constitue un espace géographique structuré par l'eau et par les activités humaines qui en découlent : c'est un territoire (« l'eau fabrique du territoire »). Dès lors, c'est un lieu d'intégration des politiques liées à l'eau : accès à l'eau et à l'assainissement, préservation de l'environnement, aménagement et équipement du territoire, équilibre ville/campagne, économie et en particulier agricole (sécurité alimentaire), énergie, santé, gestion des risques, sécurité des biens et des personnes...

C'est aussi un lieu de solidarité obligatoire (amont/aval) et donc de partenariat (dialogue, concertation, échanges, partage, transparence) qui implique une gouvernance spécifique.

Qui dit « territoires » dit « autorités locales ». La gestion d'un bassin versant doit se faire, dans un cadre fixé par l'État, par les élus et les partenaires locaux.

L'agriculture occupe une place particulière dans cette gestion. Pour qu'elle soit soutenable, l'agriculture doit non seulement être respectueuse de l'eau et des sols, mais aussi contribuer à leur régénération. La préservation, la protection, la régénération sont, avec la production et la santé économique, au cœur du paradigme de la gestion du bassin versant.

## Propositions pour le IX<sup>e</sup> Forum mondial de l'Eau

- Proposer des projets à la labellisation de l'Initiative Dakar 2022 (les communications présentées au séminaire montrent la grande richesse des réponses déjà expérimentées) ;
- Participer au Forum : c'est l'occasion de dynamiser le dialogue entre scientifiques et politiques ;

- Organiser une session spéciale sur la base des travaux du séminaire et du séminaire SESAME à venir ;
- Initier un rapprochement entre le CIHEAM et le réseau des organismes de bassins méditerranéens (REMOB) ;
- Renforcer l'action du CIHEAM en faveur de l'initiative « 4 pour 1 000 ».



9<sup>EME</sup> FORUM MONDIAL  
DE L'EAU | DAKAR 2022



## PLÁCIDO PLAZA

Secrétaire général du CIHEAM, France

Mesdames, Messieurs,  
Chers collègues,

C'est un plaisir et un honneur pour moi de m'adresser à vous dans le cadre de cette séance de conclusion de notre rencontre sur « La gestion soutenable des bassins versants ». Je me félicite de cette première expérience de collaboration très positive entre nos deux institutions. Elle nous aura permis de mieux connaître nos complémentarités et d'identifier des synergies pour de futures actions.

Au cours de cette conférence, des diagnostics ont été partagés, des projets et des bonnes pratiques, des états des lieux panoramiques et des analyses prospectives nous ont même été proposées sur les trois enjeux transversaux identifiés : la sécurité alimentaire, les vulnérabilités et la gouvernance des bassins versants méditerranéens. Nous avons eu des cadrages introductifs inspirants et des synthèses argumentées grâce au travail des rapporteurs des sessions, que je remercie chaleureusement. Je ne vais donc pas revenir sur les nombreux et riches enseignements de ce colloque, car vous aurez accès à l'ensemble des présentations à l'issue de cette rencontre. Permettez-moi seulement de relever certaines idées forces que j'ai retenues et qui me laissent espérer de futures collaborations, bien évidemment avec le GID, mais aussi avec les autres organismes présents intéressés.

Tout d'abord, ce qui me frappe est le consensus qui se dégage sur les voies à suivre, alors qu'une grande diversité d'intervenants s'est exprimée et que le sujet est on ne peut plus complexe. Nous avons croisé les avis et les expériences de chercheurs, de décideurs, d'acteurs de l'administration et du secteur associatif, d'entrepreneurs, d'agriculteurs et d'organisations professionnelles en provenance de plus d'une dizaine de pays méditerranéens. Cette première expérience sur le sujet majeur qu'est la gestion durable de l'eau – finalement assez peu traitée sous l'angle des bassins versants –, fait selon moi clairement ressortir :

- l'importance de la vision intégratrice et territoriale ;
- la nécessité de l'anticipation et de la prévention ;
- et, *last but not least*, la non-fatalité, car des réponses efficaces – mais peut-être encore insuffisamment partagées – existent.

Je considère ces aspects essentiels pour structurer une feuille de route avec les quatre centres du CIHEAM et nos partenaires. Une feuille de route qui nous permettrait de faire évoluer nos formations, nos activités de renforcement de capacité des acteurs et nos projets sur le terrain.

Le CIHEAM est une organisation unique dans le paysage méditerranéen car nos missions reposent tant sur l'éducation, la recherche, l'assistance technique que le dialogue politique. Nous contribuons à réunir une diversité d'acteurs autour de ces enjeux, nous jouons un rôle de transmission et nous permettons une diffusion large des résultats dans nos réseaux du pourtour méditerranéen et au-delà. Je n'ose imaginer les horizons que nous pourrions couvrir en synergie avec un acteur comme le GID. Nous souhaitons également construire des ponts avec des partenaires comme l'Arab Water Council et avec les pays d'Afrique puisque, nous l'avons dit, la vision intégratrice doit être aussi envisagée entre les continents. Nous Méditerranéens, qui sommes à l'interface de trois continents et qui avons en commun une mer que l'on peut considérer comme un bassin versant, devons porter ce message.

Dès à présent le CIHEAM peut vous ouvrir les portes des rencontres qu'il organise. Mais il est possible et nous nous devons d'aller plus loin en réfléchissant ensemble à des convergences de programmation pour une véritable coopération régionale en matière de recherche-action, de création de réseaux multiparties, d'élaboration de formations diplômantes ou professionnelles, de mise à disposition de données et d'études ou encore en matière de formulation de positions communes méditerranéennes à porter dans les instances de décision internationales.

Nous l'avons vu, des risques importants guettent l'avenir de notre région mais d'autres – qui n'ont pas été évoqués ici – la menacent également. Ces risques sont ceux générés par les replis motivés, à tort ou à raison, par les crises qui secouent notre région. Ces replis menacent le dialogue et la co-construction méditerranéenne. Ils obèrent l'avenir des jeunes méditerranéens, les échanges scientifiques et professionnels ainsi que le dialogue politique que nous promovons, dans nos domaines de compétence, depuis maintenant soixante ans. La mobilité des étudiants doit être préservée, les chercheurs et les professionnels doivent pouvoir se rencontrer en présentiel, les données et les expertises doivent être davantage partagées au bénéfice de tous et les décideurs politiques doivent continuer la discussion et la négociation autour des enjeux majeurs auxquels notre région doit faire face, au premier rang desquels une gestion équilibrée et durable de nos bassins versants.

Merci à vous tous d'être venus – parfois de loin ou par vidéoconférence – vous réunir au CIHEAM Bari pour réfléchir ensemble sur ce sujet d'une importance stratégique pour notre région. Un grand merci aux collègues qui ont organisé avec succès cette conférence. Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement Nicola Lamaddalena pour son importante implication dans le comité d'experts mobilisé pour l'occasion et pour l'excellente préparation de ce colloque. Je veux lui exprimer toute ma sympathie et mon amitié.



## MICHÈLE GENDREAU-MASSALOUX

Vice-présidente du GID, France

Le GID est un collectif. Il associe, de longue date, des académies de France et de pays méditerranéens et africains, et son rôle est de mobiliser les savoirs au service d'un véritable codéveloppement répondant aux besoins et aux demandes des pays méditerranéens et africains. Il engage des réflexions qui conduisent à des actions de sensibilisation, de formation et de réalisation de projets concrets.

À ce titre, le sujet qui nous a occupés pendant ces trois journées très denses nous est apparu essentiel : l'évolution contemporaine des bassins versants méditerranéens affecte la vie des peuples qui utilisent l'eau et les terres arables pour leurs cultures et leur alimentation. Les communications présentées à cette conférence ont montré que les situations locales sont hétérogènes quant à leur profil démographique, leurs ressources naturelles et leurs méthodes de mise en valeur, mais qu'elles présentent des caractères communs et des intérêts convergents, liés aux modifications du climat. De plus, des événements extrêmes et répétés – pluies torrentielles, inondations – comme ceux dont nous avons vu des images saisissantes, ainsi que de graves détériorations environnementales – salinisation des deltas et des nappes aquifères – engendrent des catastrophes qui invitent à prendre des mesures d'adaptation et de prévention.

Il s'agit d'abord d'identifier les facteurs de vulnérabilité, liés aux ressources en eau, au rapport entre eaux douces et eaux salées, à l'exploitation des terres et aux variables concernant les relations sol-eau. La rareté de l'eau, sujet géopolitique, frappe surtout les rives du Sud et de l'Est de la Méditerranée et conditionne, entre autres, l'agriculture, l'urbanisation, le tourisme. La compréhension des dynamiques de population associée aux pratiques touristiques permet d'étudier les différents facteurs de la demande en eau. Concernant la sécurité alimentaire, menacée dans ses dimensions de disponibilité, d'accès et de stabilité par les évolutions en cours, les interventions ont plaidé pour un changement de paradigme, tant dans les politiques publiques que dans les modes d'exercice des activités agricoles. L'agroécologie fournit un cadre général et un ensemble de principes alternatifs aux modèles de production dominants aujourd'hui. La transition écologique concerne l'agriculture céréalière, arboricole, viticole et maraîchère et doit reproduire l'écosystème de la forêt pour provoquer la régénération des sols.

Chaque situation doit être traitée avec des instruments adaptés, dans une vision systémique qui étudie tous les facteurs concernés pour mettre en place des outils de gestion intégrée combinant technologies, changement de modèle agricole là où cela s'avère nécessaire, études et incitations à l'amélioration des pratiques sociales.

La récolte de données fiables et l'étude prospective, comme l'ont montré les intervenants, sont nécessaires à la connaissance des évolutions. Dans le cas de l'élévation du niveau de la mer, elles permettent une reconfiguration d'ensemble des terres et de leurs usages. La méthode d'anticipation des crues rapides développée en France permet la modélisation probabiliste des débits, de façon telle que les gestionnaires de crise disposent d'informations en temps réel sur les impacts potentiels de la crue. Un des outils majeurs d'aide à la décision consiste à produire des indicateurs, grandeurs spécifiques observables et mesurables, qui servent à montrer les changements obtenus ou les progrès accomplis par un programme, en vue d'atteindre un objectif partagé.

Ces mesures et ces études doivent conduire à une appropriation des connaissances par les acteurs impliqués, aussi bien dans l'ensemble du bassin concerné qu'au niveau local. Des échanges d'expériences et de bonnes pratiques entre les riverains de la Méditerranée confrontés aux mêmes difficultés croissantes sont une source de progrès pour l'avenir. Des expériences participatives peuvent être effectuées et des solutions techniques innovantes apportées par des communautés, des collectivités locales et des États, dont le rôle en matière de législation s'avère souvent décisif. Des organisations, telles que l'Association syndicale de propriétaires du Canal de Gignac, permettent de définir une vision partagée et d'obtenir des résultats visibles. La surexploitation des nappes a été freinée, au Maroc, par l'installation d'une unité de dessalement d'eau de mer, l'équipement des puits existants par des compteurs en télérelève et le suivi des prélèvements d'eau par hectare. Dans le Sud du Maghreb, les oasis sont considérées comme un modèle de système interactif entre les hommes et leur milieu, capable d'assurer, sous conditions climatiques extrêmes, la stabilité socioéconomique des populations. L'amélioration de la gouvernance, par la participation et le renforcement des capacités des communautés rurales pour assurer une gestion locale durable du milieu naturel, figure parmi les priorités de nombreux États du pourtour méditerranéen.

Selon le titre d'un ouvrage d'un philosophe italien, Maurizio Ferraris, qui souligne dans *Mobilitazione Totale* notre asservissement involontaire aux réseaux sociaux en ligne sur nos téléphones portables, nous devons tous – porteurs de savoirs, experts, chercheurs, enseignants –, cette fois volontairement, nous sentir impliqués dans la diffusion des connaissances, la recherche de solutions durables et dans la création de réseaux de coopération entre les acteurs du développement.

Dans cette perspective, la relation du GID au CIHEAM, qui associe des actions de formation à la recherche et à l'expérimentation de terrain, devrait s'avérer précieuse



pour l'avenir. Nous espérons qu'une convention de partenariat nous permettra, sur ce sujet comme sur d'autres – on peut penser à la forêt méditerranéenne, aux problèmes des petites îles et à bien d'autres thématiques –, de prolonger les fructueux échanges de cette première rencontre. Et, dès à présent, c'est ensemble que nous allons élaborer les divers textes qui permettront de diffuser les résultats de notre travail, d'une part au Forum mondial de l'Eau, d'autre part à nos membres et associés et enfin, par voie de communiqué, à tous ceux qui peuvent apporter leur concours à la mise en œuvre de nos recommandations.

Merci à tous, et à bientôt.



## GID-CIHEAM Conférence Parménides IX Bari, Italie, 19-20-21 octobre 2021

Le Groupe Interacadémique pour le Développement (GID) et le Centre International des Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM) ont organisé conjointement une conférence destinée aux pays du contour méditerranéen sur le thème « Gestion soutenable des bassins versants méditerranéens face aux défis des changements sociétaux et climatiques ». Les participants, à l'issue de leurs travaux, font les recommandations suivantes pour le Forum mondial de l'Eau qui se tiendra à Dakar (Sénégal) du 21 au 26 mars 2022 et qui aura comme priorité la sécurité de l'eau et de l'assainissement ; l'eau pour le développement rural ; la coopération et les « Outils et Moyens » (financement, gouvernance, gestion des connaissances et des innovations).

### **1. La Méditerranée : un espace sous tensions qui rend urgent la mobilisation**

Les pays riverains de la Méditerranée (Portugal compris) constituent, par leur histoire, leur culture, leurs échanges, un ensemble humain et environnemental qui, en dépit d'une grande diversité de situations en termes d'économie et d'écologie, présente des intérêts convergents face aux défis des changements sociétaux et climatiques.

La plupart d'entre eux est affectée par une urbanisation littorale et une dépopulation de l'arrière-pays et confrontée à des modifications déjà sensibles du climat : élévation continue des températures, allongement des saisons sèches, augmentation de l'évapotranspiration, fréquence accrue des événements météorologiques extrêmes, sécheresse, débordements torrentiels, inondations par ruissellements...

Au-delà des efforts d'atténuation que chaque pays méditerranéen devra réaliser d'urgence en application de l'accord de Paris, des investissements d'adaptation considérables, y compris dans la formation et le renforcement de capacités des acteurs locaux, devront être consentis, en particulier pour les pays du Sud qui peinent à les financer. À cet effet, il est indispensable que les États riverains accordent une priorité budgétaire aux actions dans les territoires et que des instruments de solidarité spécifiques soient mis en place notamment dans le cadre de la Convention de Barcelone, de l'Union pour la Méditerranée, du Plan Bleu avec l'aide du Fonds vert.

## 2. Le complexe sol-eau : deux éléments indissociables

Les sols et les eaux sont en interférence permanente. On ne peut étudier l'un sans l'autre, on ne peut pas agir sans prendre en compte les conséquences de l'un sur l'autre. La recherche et la formation comme l'action politique, et comme les projets doivent prendre en considération ces deux éléments indissociables, qu'il s'agisse de l'agriculture, de l'urbanisme, de l'industrie, des loisirs et de la protection des écosystèmes.

La maîtrise de la perméabilité des sols, de leur couverture, des modes d'exploitation et d'utilisation, est indispensable au bon écoulement des eaux, à l'alimentation des eaux souterraines, à la maîtrise des ruissellements, tout comme la bonne gestion des eaux en quantité et en qualité est indispensable à la satisfaction des besoins alimentaires, à la maîtrise de l'érosion des sols et à la sécurité des personnes et des biens.

L'envasement des barrages diminue les ressources en eau pour l'irrigation et la production d'énergie, si bien qu'il semble préférable de privilégier autant que possible la recharge des nappes phréatiques.

Ainsi la gestion des bassins versants doit s'appuyer sur des approches transversales aussi bien en matière de disciplines scientifiques, de gestion des connaissances et des innovations que de milieux naturels, et inciter des modes d'exploitations agricoles et forestiers respectueux des fonctions des écosystèmes.

## 3. Les bassins versants

La Méditerranée (avec la mer Noire) est l'impluvium des bassins versants de tous les pays riverains et au-delà. La gestion soutenable de ces bassins versants est la condition nécessaire d'une protection de cette mer vulnérable, d'écoulements maîtrisés et d'une disponibilité en eau superficielle et souterraine pour tous les usages. Cette gestion soutenable est d'autant plus indispensable que les conflits d'usage vont s'intensifier et que la remontée des eaux marines et l'érosion des sols va modifier le profil d'équilibre des cours d'eau.

Cette gouvernance qui doit associer toutes les parties prenantes, et doit s'exercer aussi bien au niveau de l'ensemble du bassin (éventuellement dans un contexte international où l'hydrodiplomatie doit jouer pleinement son rôle) qu'au niveau des territoires en s'appuyant sur des communautés de base aux intérêts manifestes et potentiellement conciliables, à condition de leur donner les moyens de concertation.

Il appartient aux États riverains de mettre en place les dispositifs permettant aux acteurs de terrain de s'approprier les données scientifiques sur la démographie,

l'économie, l'utilisation et la couverture des sols, les besoins en eau en quantité et en qualité et de participer ainsi efficacement à cette gouvernance.

Au regard de ces considérations, le GID et le CIHEAM avec l'appui de leurs partenaires (UpM, Plan Bleu, Arab Water Council...) se mettent à disposition des parties prenantes du Forum mondial de l'Eau pour ensemble approfondir ces trois recommandations, coanimer un dialogue pluri-acteurs et codévelopper des actions conjointes.

Fait en deux (2) exemplaires originaux, à Paris, le 09 décembre 2021

Pour le GID  
François Guinot,  
Président

Pour le CIHEAM  
Plácido Plaza Lopez,  
Secrétaire général



## Participants

### **M. Roberto Bassi**

Accademia Nazionale dei Lincei, Italie  
roberto.bassi@univr.it

### **M. Guillaume Benoit**

Académie d'agriculture de France  
guillaumebenoit01@gmail.com

### **Mme Zineb Benrahmoune Idrissi**

Les Jardins de Zineb, Maroc  
zinebbi@yahoo.fr

### **M. André Bernard**

Président de la Chambre d'Agriculture de la région PACA, France  
lacomtesse.bernard@gmail.com

### **M. Omar Bessaoud**

CIHEAM Montpellier, France  
bessaoud@iamm.fr

### **M. Pierre Blanc**

Sciences Po Bordeaux, France  
p.blanc@sciencespobordeaux.fr

### **M. Guilhem Bourrié**

Académie d'agriculture de France  
ghpbou@orange.fr

### **M. Jacques Brulhet**

Président de l'Académie d'agriculture de France  
brulhet@free.fr

### **Mme Monica Cardillo**

Université de Limoges, France  
cardillo.monica@gmail.com

### **M. Fadi Georges Comair**

Président honoraire du REMOB, Liban  
comairfadi@hotmail.com

### **M. Hadrien Di Costanzo**

DemoMed, France  
hadrien.di-costanzo@univ-avignon.fr

### **M. Zakaria El Yacoubi**

Ministère de l'Agriculture, Maroc  
zakariadiaea2@gmail.com

### **Mme Catherine Fouchier**

INRAE Modélisation, France  
catherine.fouchier@inrae.fr

### **M. Abdelouahid Fouial**

CIHEAM Bari, Italie  
fouial@iamb.it

### **M. Guy Fradin**

Académie d'agriculture de France  
fradin.guy@gmail.com

### **M. Umberto Fratino**

École polytechnique de Bari, Italie  
umberto.fratino@poliba.it

### **M. Eran Friedler**

Faculté Technion International, Israël  
eranf@technion.ac.il

### **Mme Michèle Gendreau-Massaloux**

Vice-présidente du GID, France  
mgendreau18@gmail.com

### **M. Pierre Gény**

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences d'outre-mer, France  
genypma@yahoo.fr

### **M. Mohammed Hachicha**

Université de Carthage, Tunisie  
hachicha.mohamed@iresa.agrinet.tn

### **M. Baelhadj Hamdi-Aïssa**

Université de Ouargla, Algérie  
hamdi30@yahoo.fr

### **M. Bernard Hubert**

Académie d'agriculture de France  
bernard.hubert@inra.fr

**Mme Céline Hugodot**

Directrice de l'ASA Gignac, France  
direction@asagignac.fr

**M. Chariton Kalaitzidis**

CIHEAM Chania, Grèce  
chariton@maich.gr

**M. Denis Lacroix**

Ifremer, France  
denis.lacroix@ifremer.fr

**M. Nicola Lamaddalena**

CIHEAM Bari, Italie  
lamaddalena@iamb.it

**M. Abdallah Laouina**

Université Mohammed V de Rabat, Maroc  
laouina.abdellah@gmail.com

**Mme Caroline Lejars**

Cirad, France  
caroline.lejars@cirad.fr

**Mme Elen Lemaître-Curri**

CIHEAM Montpellier, France  
lemaître-curri@iamm.fr

**M. Antonio López-Francos**

CIHEAM Saragosse, Espagne  
lopez-francos@iamz.ciheam.org

**Mme Romina Lorenzetti**

Ministère de l'Agriculture, Italie  
romina.lorenzetti@crea.gov.it

**M. Marco Marani**

Université de Padoue, Italie  
marco.marani@unipd.it

**M. Mohammed Mastere**

Université de Rabat, Maroc  
mohamed.mastere@gmail.com

**M. Alberto Montanari**

Accademia Nazionale dei Lincei, Italie  
alberto.montanari@unibo.it

**M. Luigi Nardella**

Consortium de Capitanata, Italie  
luigi.nardella@bonificacapitanata.it

**M. Antoine Orsini**

Université de Corte, France  
antoine.orsini002@orange.fr

**M. Plácido Plaza**

Secrétaire général du CIHEAM, France  
sg.plaza@ciheam.org

**Mme Francesca Portincasa**

Directrice de l'Acquedotto Pugliese, Italie  
f.portincasa@aqp.it

**Mme Anne Pressurot**

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse,  
France  
anne.pressurot@eurmc.fr

**Mme Patrizia Pugliese**

CIHEAM Bari, Italie  
pugliese@iamb.it

**M. Jean-Claude Quillet**

Agridura, France  
agridura@orange.fr

**M. Maurizio Raeli**

Directeur CIHEAM Bari, Italie  
raeli@iamb.it

**M. Manuel Sapiano**

Agence de l'Énergie et de l'Eau, Malte  
manuel.sapiano@gov.mt

**M. Juan A. Sagardoy**

CIHEAM Bari, Italie  
sagardoy@tiscali.it

**Mme Alessandra Scardigno**

CIHEAM Bari, Italie  
scardigno@iamb.it

**Mme Jamila Tarhouini**

Institut national agronomique de Tunisie  
jamila.tarhouini@inat.tn

**M. Régis Thépot**

Expert senior Risques naturels, France  
rteau@orange.fr

**Mme Fabienne Trolard**

INRAE, France  
fabienne.trolard@inrae.fr

**M. Pandi Zdruli**

CIHEAM Bari, Italie  
pandi@iamb.it

## Conseil scientifique

**Mme Catherine Bréchnac**

Vice-présidente du GID, France  
Catherine.Brechignac@academie-sciences.fr

**M. Jacques Brulhet**

Président de l'Académie d'agriculture de France  
brulhet@free.fr

**M. Thierry Chambolle**

Académie des technologies, France  
t.chambolle@orange.fr

**Mme Michèle Gendreau-Massaloux**

Vice-présidente du GID, France  
mgendreau18@gmail.com

**M. Pierre Gény**

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences d'outre-mer, France  
genypma@yahoo.fr

**M. François Guinot**

Président du GID, France  
Francois.Guinot@academie-technologies.fr

**M. Plácido Plaza**

Secrétaire général du CIHEAM, France  
sg.plaza@ciheam.org

## Comité d'organisation

**M. Nicola Lamaddalena**

CIHEAM Bari, Italie  
lamaddalena@iamb.it

**Mme Maria Carla Martelli**

Responsable des conférences et événements, CIHEAM Bari, Italie  
mcmartelli@iamb.it

**Mme Tsiory Razafindrabe**

Secrétaire générale du GID, France  
dircab@academiedoutremer.fr

**Mme Chloé Samba**

Chargée de mission GID, France

**Mme Yasmine Seghirate El Guerrab**

Secrétariat général du CIHEAM, France  
seghirate@ciheam.org

**GID**  
23, quai Conti  
75006 Paris  
[www.g-i-d.org](http://www.g-i-d.org)

**CIHEAM**  
11, rue Newton  
75116 Paris  
[www.ciheam.org](http://www.ciheam.org)



*Sécurité alimentaire*

*Vulnérabilités*

*Gouvernance*

*Perspectives*



**CIHEAM**

Centre International de Hautes Études  
Agronomiques Méditerranéennes