



# INCERTITUDE ET ROBUSTESSE DES POLITIQUES DE L'EAU

Rapport Final

BRGM/RP-68940-FR

Avril 2019





# INCERTITUDE ET ROBUSTESSE DES POLITIQUES DE L'EAU

Rapport Final

**BRGM/RP-68940-FR**

Avril 2019

Étude réalisée dans le cadre de la convention ONEMA-BRGM 2016-2018

**P. LE COENT, N. GRAVELINE**

**Vérificateur :**

Nom : Jean-Daniel Rinaudo

Fonction : économiste

Date : 27/03/2019

Signature :



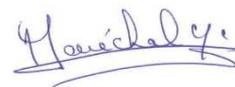
**Approbateur :**

Nom : Jean-Christophe Maréchal

Fonction: Responsable d'unité  
Nouvelle Ressources en Eau

Date : 24/04/2019

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement  
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

**AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ**

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

# RESUME

Ce rapport est issu de l'action 24 de la convention AFB-BRGM 2016-2018 : « Prise en compte de l'incertitude pour des programmes d'actions robustes – Tests opérationnels ». Elle s'inscrit dans le prolongement de l'action 35 « Apport de la construction de scénarios contrastés pour la préparation des plans de gestion contre les pollutions diffuses des eaux souterraines ». Cette première étude avait conduit à montrer que les programmes d'action de lutte contre les pollutions diffuses, du fait de leur réversibilité sont relativement peu sensibles aux incertitudes. Ce rapport étend donc le cadre d'analyse de la prise de décision robuste à l'ensemble des sujets de la planification de la gestion de l'eau (gestion quantitative, eau potable, inondations). La première partie introductive définit les concepts d'incertitudes et de robustesse utilisés dans ce travail. La deuxième partie rend compte des résultats des entretiens réalisés avec les gestionnaires de l'eau et met en avant les incertitudes auxquelles font face ces gestionnaires ainsi que les moyens qu'ils mettent en œuvre pour y faire face. La troisième partie fait état des méthodologies existantes pour incorporer l'incertitude dans l'appui à la prise de décision. Elle commence par proposer une approche qualitative basée sur des principes permettant d'améliorer la robustesse des plans d'actions. Dans un deuxième temps, des méthodes plus sophistiquées sont présentées telles que la « Prise de Décision Robuste » et les « Trajectoires de Politiques Dynamiques et adaptatives. Ce rapport se clôture par une présentation des résultats de l'atelier Incertitudes et Politiques de l'eau organisé le 7 décembre 2018 au siège de l'AFB. Il propose enfin en conclusion des pistes pour une meilleure prise en compte des incertitudes dans les politiques de l'eau.

**Mots-clés** : Incertitude, Prise de décision Robuste, Adaptation aux changements climatiques, Politiques de l'eau.

Couverture géographique : France entière.

Niveau de lecture : Professionnels

CORRESPONDANTS AFB : Julien GAUTHEY

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Le Coent, P., Graveline, N.** (2019) – Incertitude et robustesse des politiques de l'eau. Rapport final. BRGM/RP- 68940-FR.

# ABSTRACT

This report is the result of Action 24 "Taking into account Uncertainty for Robust plan of action – operational tests". It expands the work carried out in Action 35 "Contribution of foresight scenarios for the design of action plan to mitigate non-point source pollution from agricultural sources". This first study had revealed that the action plans developed to mitigate non-point source pollution, because of their reversibility, are not strongly affected by uncertainties.

This report therefore extends the analysis framework of robust decision making to all the areas of water planning (quantitative management, drinking water, flood protection). The first introductory part of the report defines the concepts of uncertainty and robustness used throughout this work. The second part presents the results of interviews with water policy managers and highlights the uncertainties faced by these managers and the strategies they use to consider them. The third part describes existing methodologies to manage uncertainties in support to policy design. It first proposes a qualitative approach based on principles that can improve the robustness of action plans. Secondly, more sophisticated methods such as "Robust Decision Making" or "Dynamic Adaptive Policy Pathways" are presented. This report ends with the results of the workshop « Uncertainty and water policies » organized on 7 December 2018 at AFB headquarters. It finally proposes in conclusion recommendations for a better management of uncertainties in water policies.

**Keywords:** Uncertainty, Robust Decision Making, Adaptation to climate change, water policies.



## Synthèse pour l'action opérationnelle

L'action 24 « Prise en compte de l'incertitude pour des programmes d'actions robustes – Tests opérationnels » de la convention AFB-BRGM 2016-2018 a été mise en place entre 2016 et 2018. Dans un contexte d'incertitudes grandissantes, notamment en lien avec les changements climatiques, cette action vise à proposer des méthodes permettant d'améliorer la robustesse des politiques de l'eau. Suite à une première action focalisée sur l'étude des plans de lutte contre les pollutions diffuses, il s'agit d'étendre le cadre d'analyse de la prise de décision robuste à l'ensemble des sujets de la planification de la gestion de l'eau (gestion quantitative, eau potable, inondations). Cette action a permis de remplir les objectifs suivants:

- Faire un état des lieux de l'importance des incertitudes et de leur prise en compte dans les pratiques actuelles de planification de l'eau à partir d'entretiens auprès des acteurs de l'eau français.
- Faire un inventaire des méthodologies existantes permettant de prendre en compte ces incertitudes lors de la planification des politiques de l'eau.
- Organiser un séminaire le 9 décembre 2018 à destination de décideurs impliqués dans la formulation et la mise en œuvre de politiques de l'eau afin d'identifier les stratégies qu'ils utilisent pour la prise en compte des incertitudes et de les informer sur les nouvelles méthodologies d'aide à la décision prenant en compte cette problématique.

**La section introductive** de ce rapport rappelle quelques définitions et pose la problématique de la décision en situation d'incertitude. En économie, on parle de risque dans les situations où une multiplicité d'états de la nature sont possibles et où l'on peut attribuer une probabilité d'occurrence à ces états. A l'inverse en situation d'incertitude, les informations disponibles auprès du décideur sont trop imprécises pour pouvoir affecter une probabilité à ces états. En contexte d'incertitude, il n'est donc pas possible d'appliquer les méthodes traditionnelles d'analyse économique basées sur l'optimisation mathématique.

Il existe une diversité de sources possibles d'incertitude. Un des enjeux de la recherche scientifique est de réduire ces incertitudes. Toutefois, seule l'incertitude épistémique, celle qui est due aux limites de nos connaissances peut être réduite. On peut par exemple, améliorer la connaissance des paramètres d'un modèle climatique. Il est néanmoins considéré qu'une incertitude résiduelle, appelée incertitude stochastique ou irréductible, est liée à la nature même des phénomènes étudiés et ne peut pas être réduite. Il existe par exemple une variabilité climatique intrinsèque et chaotique du climat qui comprend également la problématique des conditions initiales du système climatique modélisé.

La planification des politiques de l'eau prévoit des actions ou investissements, tels que les infrastructures, qui ont des implications sur le long terme tant du point de vue de leurs effets que de leur durée d'amortissement. Négliger les incertitudes peut conduire à des inefficiences économiques importantes. Il y a notamment un risque de surinvestir pour s'adapter à des situations qui finalement ne se produiront jamais ou d'investir dans des ouvrages sous-dimensionnés par rapport aux besoins futurs. Cela peut également conduire à des situations de blocage empêchant d'avoir recours à des situations efficaces. Par exemple, l'investissement dans une infrastructure lourde comme un barrage conduit à l'« obligation » d'utiliser ce barrage dans le futur même si son utilisation s'avère inefficace, en une espèce d'escalade d'engagement (Staw, 1976). Il est donc important d'améliorer la prise en compte des incertitudes afin de minimiser le coût de l'erreur.

Cette incertitude omniprésente pose de nombreux enjeux pour les évaluations puis pour leur prise en compte par les décideurs. Un des enjeux est notamment de savoir comment « utiliser » les résultats issus d'une démarche qui prend en compte l'incertitude. En effet, ces résultats sont souvent plus complexes à interpréter et peuvent rendre la prise de décision politique plus difficile.

Le concept de robustesse a émergé suite au constat d'une incertitude forte et irréductible, dans les politiques de long terme d'adaptation au changement climatique. On appelle stratégies robustes des stratégies qui ont des résultats raisonnablement performants au regard des objectifs de gestion en comparaison des stratégies alternatives pour une large gamme de scénarios futurs possibles. L'idée principale est de minimiser le coût de l'erreur. On considère donc que les incertitudes vont conduire à une diversité de résultats des stratégies étudiées. Comme ces résultats ne peuvent pas être caractérisés du point de vue de leur probabilité d'occurrence, on ne peut pas agréger l'indicateur de performance et avoir recours à l'optimisation. En revanche, on peut analyser les résultats de toutes les stratégies dans tous les scénarios et déterminer les stratégies les plus robustes.

La question de la prise en compte des incertitudes remet également en cause les méthodes traditionnelles de planification des politiques publiques de l'eau. Ces plans proposent généralement des stratégies uniques pour atteindre les objectifs fixés. Dans un contexte d'incertitude, il peut être nécessaire de planifier des stratégies alternatives pouvant être déclenchées en fonction de l'évolution de la situation ; on parle de planification dynamique.

**La section 2** présente les résultats des entretiens réalisés durant cette action avec 18 gestionnaires de l'eau et représentants d'institutions clés. Les gestionnaires font face à un grand nombre d'incertitudes dans l'exercice de leurs missions. Ces incertitudes pèsent principalement dans la prise de décision relative à la construction de grands ouvrages hydrauliques, qui représentent des investissements peu flexibles sur le long terme. Les **incertitudes socio-économiques** sont largement mises en avant par les gestionnaires interviewés. L'incertitude sur les usages futurs de l'eau tant d'un point de vue quantitatif que spatial est citée dans le cas de l'irrigation mais également de l'eau potable. Ces évolutions sont affectées par un contexte socio-économique très difficile à appréhender à long terme. L'acceptabilité sociale des ouvrages est également une incertitude qui pèse fortement dans la planification. Les **incertitudes climatiques** représentent également pour les acteurs une incertitude majeure dans la planification des politiques de l'eau. Les changements climatiques affectent l'état des ressources notamment par l'influence sur les précipitations mais également les usages : demande en eau agricole, demande en eau potable au cours des pics de chaleur en zone urbaine. Elles sont appréhendées par des exercices de prospective qui se multiplient mais peinent encore à être intégrées dans la planification. Les **incertitudes techniques** associées à la construction d'ouvrage sont multiples mais semblent dans l'ensemble mieux maîtrisées par les gestionnaires car reposant sur des connaissances plus fiables et d'avantage investiguées durant les études.

Dans le cadre des principaux plans d'actions et documents stratégiques, tels que les SDAGE et les SAGE, l'incertitude est considérée via des exercices de prospective de plus en plus répandus. Cependant l'incertitude ainsi caractérisée est rarement utilisée pour être intégrée à une évaluation explicite de mesures ou actions. Certains plans d'adaptations aux changements climatiques réalisés au niveau des bassins par les agences de l'eau, tels que celui de Rhône Méditerranée Corse, ont toutefois placé les incertitudes au cœur de leurs réflexions. L'incertitude influe effectivement sur le choix des territoires prioritaires et des mesures à réaliser en privilégiant des mesures robustes à l'incertitude. Bien que le cadre de réflexion ait été le même dans les plans des autres agences, il est intéressant de noter que certains n'ont pas fait

état des incertitudes dans leurs plans d'adaptation afin de faciliter l'adhésion politique pour l'adaptation aux effets des changements climatiques.

Les entretiens ont également révélé que les gestionnaires déploient différentes approches pour gérer les incertitudes auxquelles ils font face. Les mesures d'économies d'eau sont largement mises en avant car considérées efficaces quels que soient les futurs possibles. Des mesures évolutives permettant d'adapter la taille des infrastructures aux évolutions futures ou des mesures expérimentales permettant de tester l'efficacité de certains ouvrages sont mises en place. Il est par exemple possible de mettre en place un ouvrage pilote de taille réduite préalable à la mise en place d'un ouvrage de plus grande ampleur, afin de mieux appréhender la faisabilité et la performance du projet global. Des mesures de gouvernance ou des instruments économiques sont également proposés afin d'optimiser l'utilisation des ressources et infrastructures existantes avant d'effectuer des investissements irréversibles. Enfin, la diversification des solutions et la recherche d'informations permettant de minimiser les incertitudes sont généralisées.

**La section 3** présente différentes méthodes pouvant être utilisées pour prendre en compte les incertitudes. Il est tout d'abord proposé d'appliquer des principes permettant d'améliorer la robustesse des plans d'actions. Une typologie de mesures qui tiennent compte des incertitudes et permettent d'améliorer la robustesse des programmes est notamment présentée : mesures sans regret, mesures réversibles, mesures évolutives, mesures avec des marges de sécurité, mesures douces. Les principes de diversification, de valeur de l'information et de planification dynamique sont également mis en avant.

Une méthode qualitative de prise en compte des incertitudes est ensuite proposée. Cette approche consiste à analyser l'effet des incertitudes identifiées (souvent sous forme de scénarios) sur la performance de chacune des actions ou stratégies envisagées. Cette confrontation permet à la fois d'identifier des stratégies intéressantes car robustes ou au contraire sensibles à l'incertitude. Il est proposé de reformuler les actions sensibles à l'incertitude pour accroître leur robustesse et s'assurer de leur efficacité et succès malgré l'incertitude.

Les méthodes d'analyse quantitative sont ensuite abordées. Le rapport présente les critères qui peuvent être utilisés pour quantifier la robustesse d'actions ou stratégies. Le critère « min max regret » (critère de Savage) est présenté. Ce critère introduit la notion de regret, défini comme la différence entre la performance d'un programme et le programme le plus performant pour un scénario donné. On calcule ensuite le maximum de regret pour chaque programme (Max Regret), c'est-à-dire la différence la plus forte avec le programme le plus performant à travers tous les scénarios. Selon ce critère, une action robuste est celle qui a le plus petit Max Regret ou le Min Max Regret, autrement appelé le critère de Savage.

Le rapport présente ensuite de manière plus détaillée deux méthodes d'analyse quantitative de la robustesse qui sont illustrées par deux applications concrètes.

La **Prise de Décision Robuste (PDR)** adopte un processus itératif permettant de caractériser l'incertitude et évaluer des stratégies robustes. A la première étape, l'analyste structure le problème en rassemblant notamment les données pertinentes et les modèles qui peuvent être utilisés pour prédire la performance de stratégies. A la deuxième étape, une série de stratégies à analyser sont déterminées. Ces stratégies peuvent typiquement être une série de stratégies proposées par les acteurs impliqués dans la formulation des politiques de l'eau. La troisième étape consiste à caractériser de façon quantitative (grâce à des modèles) les performances des stratégies pour différents scénarios qui encadrent l'incertitude, ce qui permet d'identifier la sensibilité aux incertitudes. Les performances des stratégies peuvent ensuite être analysées

selon différents critères de robustesse tels que le critère de Savage. A la dernière étape, de nouvelles stratégies permettant de réduire la sensibilité aux incertitudes peuvent être proposées puis réanalysées en suivant le même processus.

L'approche des **Trajectoires de Politiques Dynamiques et Adaptatives (TPDA)** invite à développer une stratégie adaptative, c'est-à-dire une stratégie dont les actions peuvent s'ajuster au cours du temps, au fur et à mesure que les incertitudes se réduisent, afin d'en améliorer les performances. Ces plans prévoient la mise en place d'actions à court terme et établissent un cadre pour le choix des actions à plus long terme. La première étape d'état des lieux et de définitions des incertitudes et des objectifs consiste à définir ce qu'est le succès afin d'évaluer le plan et d'estimer les points critiques des actions. Ensuite les vulnérabilités et opportunités sont étudiées à partir des scénarios d'incertitude (étape 2), puis des actions identifiées (ou ensemble d'actions) (étape 3) qui sont à leur tour évaluées et leur point critique estimé (étape 4). La cinquième étape consiste à établir les trajectoires, en considérant, par exemple, l'ensemble des possibles puis à ne conserver que celles qui sont acceptables du point de vue de la définition de la performance/succès. L'étape suivante (6) consiste à sélectionner un nombre gérable de trajectoires préférées. Cet ensemble de trajectoires formera la base du plan dynamique adaptatif. Sont associées à ces mesures un système de suivi et des événements déclencheurs qui définiront quand ces actions doivent être prises.

Bien qu'ayant globalement le même objectif et la même philosophie plaçant l'incertitude au centre de leur processus de définition d'un plan et l'adaptation comme source de flexibilité indispensable, les deux approches TPDA et PDR diffèrent significativement. La PDR insiste sur le processus de la recherche de ce que sont des stratégies robustes à un instant  $t$  en s'appuyant sur la modélisation de l'effet d'un grand nombre de scénarios sur la performance de ces stratégies. La TPDA insiste davantage sur la mise en place de stratégies dynamiques en détaillant notamment l'importance des seuils critiques à partir duquel une action n'est plus valide. Elle propose également de différer les décisions dont l'efficacité est trop incertaine. L'approche adaptative veut que le processus de planification lui-même soit souple et réévalué régulièrement afin de s'adapter aux nouvelles évolutions et permettre aux plans ou programmes de s'ajuster au fur et à mesure du temps.

Il est à noter que ce rapport ne fournit qu'un aperçu de la diversité des méthodologies existantes pour l'analyse de la robustesse des plans d'action. Le lecteur intéressé par un inventaire exhaustif pourra consulter les rapports du projet EconAdapt qui a recensé les méthodologies existantes et des conditions dans lesquelles elles peuvent être mises en œuvre (<https://econadapt-toolbox.eu/methods>) .

La **section 4** présente les résultats de l'atelier « Incertitudes et robustesse des politiques de l'eau - Partage d'expériences et apports méthodologiques », qui a été organisé le 7 décembre 2018 au siège de l'AFB à Vincennes. Les échanges ont notamment mis en avant la nécessité d'un changement de paradigme concernant la prise en compte des incertitudes dans la planification des politiques de l'eau. Les méthodes de prospective participative sont aujourd'hui le principal moyen d'appréhender l'incertitude, cependant elles servent principalement à faire émerger une vision politique d'un futur idéal ce qui peut nuire à une prise en compte objective des incertitudes. Il est donc nécessaire d'avoir recours à des méthodes plus complètes et structurées permettant de tenir compte des incertitudes tout au long du processus décisionnel.

Les gestionnaires de l'eau ayant participé à cet atelier insistent sur les difficultés liées à la communication de l'information sur les incertitudes auprès des décideurs publics. Il est donc important de réfléchir à la manière de présenter et expliquer ces incertitudes auprès des décideurs. La présentation des incertitudes devrait en effet être accompagnée d'une expertise forte sur comment la prendre en compte dans la planification de l'eau.

Les méthodes permettant une meilleure prise en compte des incertitudes dans la planification de l'eau ont été discutées au cours de l'atelier. Une première approche basée sur l'utilisation de la typologie de la robustesse des actions (Sans-regret, réversible, évolutive, avec marges de sécurité et douces) a été présentée et l'idée d'intégrer cette typologie pour réaliser un screening des plans d'actions des politiques de l'eau est perçue très positivement. L'utilisation de cette typologie pourrait notamment représenter une première étape permettant une acculturation des gestionnaires et décideurs sur la nécessité de la formulation de plans d'actions plus robustes. Le recours aux méthodes plus complexes (TPDA ou PDR) requiert un travail de plus longue haleine de la part des partenaires techniques et scientifiques qui appuient les politiques publiques. Les participants ont mis en évidence l'intérêt potentiel de ces méthodes mais leur développement nécessiterait la mise en place de quelques études pilotes, permettant de créer des « vitrines » ou « démonstrateurs » au niveau français. Ceci permettrait de consolider des retours d'expérience sur l'utilité de ces méthodes et les conditions nécessaires pour qu'elles fonctionnent.



# Sommaire

<b>1 Introduction.....</b>	<b>11</b>
1.1 Contexte de l'étude .....	11
1.2 Qu'est-ce que l'incertitude ?.....	11
1.3 Enjeu d'une prise en compte de l'incertitude dans la planification de l'eau.....	12
1.4 Les limites des méthodes classiques de prise en compte des incertitudes.....	13
1.5 Les concepts de robustesse et de planification dynamique.....	14
1.6 Présentation du document .....	14
<b>2 Quelles sont les principales incertitudes rencontrées par les acteurs de l'eau en France et comment ils les prennent en compte ? .....</b>	<b>16</b>
2.1 Les incertitudes auxquelles font face les gestionnaires de l'eau.....	16
2.2 Prise en compte des incertitudes dans les exercices de planification des politiques de l'eau	17
2.3 Les incertitudes au cœur des plans d'adaptation aux changements climatiques.....	18
2.3.1 Le « climate check » .....	18
2.3.2 Les plans d'adaptation au changement climatique des agences de l'eau	19
2.4 Les mesures concrètes prises par les gestionnaires en contexte d'incertitude.	21
<b>3 Quelles méthodes pour l'appui à la formulation de politiques de l'eau robustes ?.....</b>	<b>23</b>
3.1 Conditions nécessaires pour la formulation de politiques robustes.....	23
3.2 Des méthodes simplifiées pour améliorer la robustesse des plans d'actions....	23
3.2.1 Typologie des mesures en fonction de leur prise en compte des incertitudes	23
3.2.2 Une approche simplifiée de la robustesse des plans d'action .....	26
3.3 Des méthodes plus complexes d'analyse de la robustesse.....	29
3.3.1 Robust decision making ou Prise de décision robuste (PDR).....	29
3.3.2 L'approche Dynamic Adaptive Policy Pathways ou Trajectoires de Politiques Dynamiques et Adaptatives (TPDA).....	32
3.3.3 Bilan sur les méthodes quantitatives d'aide à la décision en situation d'incertitude .....	38
<b>4 Résultats de l'atelier incertitudes et politiques de l'eau .....</b>	<b>39</b>

<b>5 Conclusion.....</b>	<b>41</b>
<b>6 Références.....</b>	<b>42</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 Schéma de principe illustrant l'étape de confrontation des actions identifiées aux incertitudes pour l'identification de risques .....	26
Illustration 2 Exemple de calcul d'un critère de robustesse (le Min Max Regret) pour 4 scénarios d'incertitude et 4 stratégies pour un indicateur qui doit être maximisé comme par exemple la Valeur Actualisée Nette d'un projet (Chiffres choisis de façon arbitraire) .....	29
Illustration 3 : Etapes itératives de l'approche de PDR. ....	31
Illustration 4 : Plan des trajectoires d'adaptation adapté de Haasnoot et al. (2013).....	33
Illustration 5 : L'approche des trajectoires de politiques dynamiques et adaptatives « Dynamic adaptive policy pathways ». Traduit de Haasnoot et al. 2013 .....	35
Illustration 6 : Trajectoires d'adaptation pour l'approvisionnement en eau de la région d'IJsselmeer (Haasnoot et al. 2013) .....	37

## Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des entretiens réalisés dans le cadre de l'action 24.....	45
Annexe 2 : Agenda du séminaire Incertitudes et robustesse des politiques de l'eau .....	47

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte de l'étude

L'action 24 « Prise en compte de l'incertitude pour des programmes d'actions robustes – Tests opérationnels » de la convention AFB-BRGM 2016-2018 a été mise en place entre 2016 et 2018. Dans un contexte d'incertitudes grandissantes, notamment en lien avec les changements climatiques, cette action vise à proposer des méthodes permettant d'améliorer la robustesse des politiques de l'eau. Cette action s'inscrit dans le prolongement de l'action 35 de la précédente convention Onema-Brgm « Apport de la construction de scénarios contrastés pour la préparation des plans de gestion contre les pollutions diffuses des eaux souterraines ». Cette première étude avait conduit à montrer que les programmes d'action de lutte contre les pollutions diffuses sont assez réversibles. Du fait de cette forte réversibilité, l'intérêt de prendre en compte l'incertitude des facteurs de changements lors de l'élaboration des programmes d'action pour les pollutions diffuses s'avère donc limité. D'autres aspects des politiques de l'eau sont cependant caractérisés par la mise en place d'actions présentant une irréversibilité beaucoup plus forte, tels que notamment la construction d'infrastructures : barrages, digues... Il s'agissait donc d'étendre le cadre d'analyse de la prise de décision robuste à l'ensemble des sujets de la planification de la gestion de l'eau (gestion quantitative, eau potable, inondations). Cette action a permis de remplir les objectifs suivants, qui ont été affinés au cours de la mise en œuvre du projet :

- Faire un état des lieux de l'importance des incertitudes et de leur prise en compte dans la planification de l'eau à partir d'entretiens auprès des acteurs de l'eau français.
- Faire un inventaire des méthodologies existantes de la planification des politiques de l'eau.
- Organisation d'un séminaire à destination de décideurs impliqués dans la formulation et la mise en œuvre de politiques de l'eau afin de :
  - partager des expériences sur la prise en compte des incertitudes dans la planification des politiques de l'eau
  - informer sur les méthodologies pouvant être utilisées pour mieux prendre en compte ces incertitudes dans la formulation et la mise en œuvre des politiques.

Le présent rapport permet de présenter les différents résultats issus de la mise en œuvre de ce projet.

## 1.2 Qu'est-ce que l'incertitude ?

En économie, les notions de risque et d'incertitude sont bien différenciées. Dans les deux cas, on s'intéresse à des contextes où une multiplicité d'états de la nature est possible. Toutefois on parle de risque lorsque la probabilité d'occurrence de ces situations est connue ou évaluable et on parlera d'incertitude (ou souvent également d'ambiguïté ou d'incertitude radicale (Keynes) lorsqu'il n'est pas possible d'attribuer une probabilité d'occurrence à ces situations (Epstein, 1999; Knight, 1921). La prise en compte des risques et de l'aversion au risque des agents est une des pierres angulaires de l'analyse économique. A l'opposé, bien que l'incertitude soit largement plus présente dans le monde réel, elle reste relativement peu étudiée. L'impossibilité

d'affecter des probabilités pose effectivement des problèmes pour l'utilisation des principales méthodes d'analyse économique, basées sur l'optimisation mathématique.

Dans les sciences qui cherchent à modéliser des systèmes biophysiques, la notion d'incertitude est une préoccupation importante. Walker et al. (2003) définit par exemple que l'incertitude peut se manifester à différents niveaux pour l'étude d'un hydro-système :

- Incertitude contextuelle. Cette incertitude comprend l'ensemble des facteurs externes qui peuvent influencer le système étudié : contexte économique, social, politique... Lors de la construction d'un barrage par exemple, différentes incertitudes de cette nature peuvent intervenir : incertitudes sur l'acceptabilité sociale de l'ouvrage, incertitudes sur les politiques publiques qui vont influencer les usages de l'eau associés à ce barrage...
- Incertitudes sur les données d'entrée du modèle. Il s'agit des incertitudes sur les données externes qui vont influencer les résultats du modèle. Les données climatiques sont aujourd'hui une des principales sources d'incertitude dans le contexte du changement climatique.
- Incertitude sur les paramètres. Il s'agit des incertitudes sur la valeur des paramètres qui sont utilisés dans le fonctionnement d'un modèle : coefficients de ruissellements...
- Incertitudes techniques. Incertitudes qui viennent des erreurs dues au mode de calcul des modèles par les ordinateurs : approximations numériques...

L'ensemble de ces incertitudes se propagent dans les modèles biophysiques et conduisent à des incertitudes importantes sur les résultats. Un des enjeux de la recherche scientifique est de réduire ces incertitudes, par une « mise en risque » par exemple. Toutefois, seule l'incertitude épistémique, celle qui est due aux limites de nos connaissances peut être réduite grâce aux connaissances, qui permettent soient de réduire l'ampleur de l'incertitude soit de mieux connaître les probabilités d'occurrence des différents états possibles. Il est ainsi considéré qu'une incertitude résiduelle, appelée incertitude stochastique est liée à la nature même des phénomènes étudiés. Par exemple, Dessai et al. (2009) affirme qu'après 20 ans de travaux, l'incertitude de la sensibilité climatique (la réponse de la température du climat global à un doublement des concentrations en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère) n'a pas été significativement réduite. Certains auteurs parlent aussi d'incertitude forte ou « deep uncertainty ». Dans ces cas-là notamment, l'enjeu est de tenir compte de ces incertitudes dans le processus de planification.

Nous considérons que ces différentes incertitudes prévalent dans de nombreux contextes de décision des politiques de l'eau. Nous présenterons dans la section 2 des éléments issus des entretiens sur les principales sources d'incertitudes auxquelles font face les acteurs des politiques de l'eau. Dans ce rapport, nous nous intéressons plus particulièrement à comment ces incertitudes peuvent être prises en compte pour améliorer la planification des politiques de l'eau.

### **1.3 Enjeu d'une prise en compte de l'incertitude dans la planification de l'eau**

La planification des politiques de l'eau prévoit généralement des actions ou investissements qui ont des implications sur le long terme tant du point de vue de leurs effets que de leur durée d'amortissement. La construction de nouvelles infrastructures notamment engage les collectivités qui les financent pour des dizaines d'années. L'analyse de l'opportunité et du dimensionnement de ces actions s'appuient sur des analyses économiques qui se basent sur

des hypothèses sur les futurs possibles. Cependant, si le futur est différent de celui pour lequel ces actions ont été décidées, il est probable qu'elles se soldent par des échecs (Haasnoot et al., 2013). Dans le passé, les changements se produisaient de façon suffisamment lents pour ne pas affecter l'efficacité d'un ouvrage durant sa période de vie. Ainsi, les ouvrages de contrôle des inondations ont été et sont toujours calibrés sur des courbes de période de retour d'événements climatiques qui n'évoluent pas dans le temps. Il existe toutefois aujourd'hui des incertitudes sur l'évolution de l'occurrence de ces événements ce qui peut remettre en cause les études de dimensionnement de ces ouvrages (Gersonius et al., 2013).

Négliger ces incertitudes peut conduire à des inefficiences économiques importantes. Il y a notamment un risque de surinvestir pour s'adapter à des situations qui finalement ne se produiront jamais ou d'investir dans des ouvrages sous-dimensionnés par rapport aux besoins futurs. Cela peut également conduire à des situations de blocage empêchant d'avoir recours à des situations efficaces (Watkiss, 2015). Par exemple, l'investissement dans une infrastructure lourde comme un barrage conduit à l'« obligation » d'utiliser ce barrage dans le futur même si son utilisation s'avère inefficace.

Cette incertitude omniprésente pose de nombreux enjeux pour les évaluations puis pour leur interprétation par les décideurs. Un des enjeux est notamment de savoir comment « utiliser » les résultats issus d'une démarche qui prend en compte l'incertitude. En effet, ces résultats sont souvent plus complexes à interpréter et peuvent rendre la prise de décision politique plus difficile. Les décideurs ont émis de vives critiques à l'égard des résultats (scénarios et modèles trop nombreux) produits par le 4ème rapport du GIEC car ils n'étaient pas associés à de recommandations qui permettaient de savoir sur quoi baser la décision. L'incertitude présentée était donc telle qu'elle rendait la prise de décision impossible ou très difficile. Il y a donc un enjeu de communication sur l'incertitude, comme par exemple la présentation systématique d'intervalles de résultats plutôt que de résultats uniques (Grelot et al., 2009). L'objectif est de fournir une meilleure information que les résultats d'une approche déterministe au décideur qui pourra prendre une décision « plus éclairée ». Les difficultés sont néanmoins importantes pour la prise en compte des incertitudes comme en témoigne les difficultés d'utilisation du principe de précaution, souvent mal compris par la population et les décideurs

#### 1.4 Les limites des méthodes classiques de prise en compte des incertitudes

L'approche classique pour l'évaluation de politiques, de programmes, d'investissements ou de projets qui permet l'aide à la décision consiste à réaliser des analyses coût-efficacité ou des analyses coût-bénéfice. La théorie de la décision dans l'incertain permet d'appréhender le choix de stratégies lorsque l'incertitude est avérée et que l'on peut caractériser des probabilités d'occurrence à chacun des états de la nature (scénarios). Ces analyses s'appuient sur une approche bayésienne qui consiste à sommer toutes les multiplications des coûts/bénéfices dans chaque état de la nature par la probabilité d'occurrence de l'état de la nature pour évaluer un projet (Antón et al., 2012). L'objectif de cette approche est donc de déterminer une **stratégie optimale** tenant compte de la diversité des situations possibles.

Le problème principal de ces méthodes vient de la définition de ces probabilités en situation d'incertitude. En l'absence de probabilités scientifiquement établies, il est possible d'assigner des probabilités subjectives en s'appuyant sur des experts mais leur acceptabilité peut être remise en cause s'il n'y a pas de consensus. De plus, pour certains types d'incertitude, comme pour le changement climatique, il n'y a pas de méthodologie permettant d'assigner des probabilités aux différents scénarios.

L'impossibilité d'avoir recours à ces méthodes remet en cause le paradigme d'optimalité qui est au cœur de l'analyse économique et incite à explorer de nouveaux critères et méthodologies pour appuyer les décideurs publics dans la prise de décision en situation d'incertitude.

### **1.5 Les concepts de robustesse et de planification dynamique**

Le concept de robustesse a émergé suite au constat d'une incertitude forte et irréductible, non caractérisable par des probabilités d'occurrence, dans les politiques de long terme d'adaptation au changement climatique. Ce concept permet d'adopter une posture d'analyse des risques encourus pour les différentes stratégies analysées dans chacun des différents futurs possibles. Les stratégies robustes sont définies par Lempert and Groves (2010) comme des stratégies qui conduisent à des résultats raisonnablement satisfaisants pour une large gamme de scénarios futurs possibles en comparaison de stratégies alternatives. La robustesse rejoint le principe de précaution qui vise à éviter les pires situations. Des stratégies flexibles ou réversibles sont typiquement robustes car elles pourront s'adapter à différentes évolutions imprévisibles (Hallegatte et al., 2012). L'idée principale est de minimiser le coût de l'erreur.

La robustesse se distingue du principe d'optimalité, il ne s'agit plus d'évaluer et choisir une politique ou stratégie dans un univers certain ou un univers « risqué » dans lequel tous les paramètres sont connus et pour lequel on pourrait anticiper de manière certaine l'ensemble des indicateurs de performance (coûts, bénéfices...) et identifier ainsi la stratégie optimale. On considère donc que les incertitudes vont conduire à une diversité de résultats des stratégies étudiées. Comme ces résultats ne peuvent pas être caractérisés du point de vue de leur probabilité d'occurrence on ne peut pas agréger l'indicateur de performance et avoir recours à l'optimisation. En revanche, on peut analyser les résultats de toutes les stratégies dans tous les scénarios et déterminer les stratégies les plus robustes. On peut également analyser les erreurs faites à posteriori et analyser les résultats d'une stratégie par rapport à la stratégie que l'on aurait choisi avec une information parfaite, c'est la notion de regret (qui sera développée plus tard).

La question de la prise en compte des incertitudes remet également en cause, du point de vue de l'analyse économique, les méthodes traditionnelles de planification des politiques publiques d'une manière générale et en particulier les politiques de l'eau. Ces plans proposent généralement des stratégies uniques pour atteindre les objectifs fixés. Dans un contexte d'incertitude, il peut être nécessaire de planifier des stratégies alternatives pouvant être déclenchées en fonction de l'évolution de la situation. Ce type d'approche est particulièrement nécessaire lorsque l'on s'intéresse à une programmation à long terme, nécessaire pour aborder des enjeux tels que l'adaptation au changement climatique. Nous présenterons en section 3 des méthodologies permettant la mise au point de stratégies dynamiques, tels que la méthode des Trajectoires de Politiques Adaptatives et Dynamiques (Haasnoot et al., 2013).

### **1.6 Présentation du document**

Ce rapport présente les principales conclusions de l'Action 24 de la convention AFB-BRGM 2016-2018. La section 2 présente les leçons tirées des entretiens réalisés auprès des acteurs de la politique de l'eau notamment en ce qui concerne les incertitudes auxquelles ils font face et les stratégies qu'ils mettent en œuvre pour en tenir compte. La section 3 présente des méthodologies émergentes pour la prise en compte des incertitudes dans la planification des politiques. Enfin la section 4 conclue en présentant les principales recommandations issues de l'atelier « Incertitudes et Robustesse des Politiques de l'eau » organisée à l'AFB à Vincennes le 7 décembre 2018.



## 2 Quelles sont les principales incertitudes rencontrées par les acteurs de l'eau en France et comment ils les prennent en compte ?

Une première série d'entretiens a été réalisée en 2017 avec les Agences de l'eau et avec la Direction de l'Eau et la Biodiversité (DEB) du Ministère en charge de l'Ecologie afin d'identifier dans quels exercices de planification la prise en compte des incertitudes serait la plus pertinente. L'enjeu était d'identifier les types de décision où il y a des marges de manœuvre, où des arbitrages doivent être faits et où il y a de la place pour les analyses économiques d'aide à la décision dans le débat, le choix politique ou institutionnel.

Une seconde série d'entretiens a été réalisée en 2018 avec des gestionnaires en charge directe de la formulation et la mise en œuvre des plans d'actions/stratégies des politiques de l'eau au sens large : gestion quantitative de l'eau, alimentation en eau potable, gestion du risque inondation. Ces entretiens ont permis d'analyser les incertitudes auxquelles ces gestionnaires font face et les stratégies mises en place pour les gérer. La liste des personnes enquêtées au cours des deux séries d'entretiens est présentée en annexe 1.

### 2.1 Les incertitudes auxquelles font face les gestionnaires de l'eau

Les gestionnaires font face à un grand nombre d'incertitudes dans l'exercice de leurs missions. Ces incertitudes pèsent principalement dans la prise de décision relative à la construction de grands ouvrages hydrauliques, qui représentent des investissements peu flexibles sur le long terme et qui présentent un risque d'erreur important de sous ou sur-dimensionnement ou de choix techniques ou technologiques non adaptés aux problèmes.

Les **incertitudes socio-économiques** sont largement mises en avant par les gestionnaires interviewés.

- Dans la région Occitanie, les Plans de Gestion des Ressources en Eau (PGRE) Orb et Libron et de la Vallée de l'Hérault ainsi que le projet Aqua Domitia, font par exemple face à des incertitudes fortes sur l'évolution de la demande agricole. La viticulture régionale après une longue période de déprise bénéficie aujourd'hui d'un dynamisme important qui conduit la profession à anticiper une demande croissante et à réclamer une évolution des volumes d'eau disponibles pour l'irrigation de la vigne. Il est cependant difficile de faire des projections précises sur l'évolution de cette demande à moyen terme, ce qui influe sur les choix stratégiques et sur le dimensionnement des ouvrages nécessaires.
- Cette inquiétude est également la préoccupation majeure exprimée par la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG) lors de la construction de retenues d'eau destinées à l'irrigation en Vendée. L'assiette future de la redevance payée par les agriculteurs pour l'accès à l'eau d'irrigation est fondamentale dans les calculs de rentabilité associés à ce type d'ouvrage. Les incertitudes pesant sur l'évolution des politiques agricoles européennes et des marchés mondiaux qui pèseront à leur tour sur l'évolution de l'agriculture irriguée et *in fine* sur les usages doivent notamment être prises en compte.

- Cette incertitude sur les usages futurs de l'eau est également un questionnement important pour la gestion de l'alimentation en eau potable en Gironde. L'évolution de la population dans les prochaines décennies est incertaine mais également sa future localisation. Des erreurs d'estimation peuvent conduire notamment à des risques de surcoût si les infrastructures d'adduction et de potabilisation sont mal dimensionnées ou localisées.
- Enfin, l'acceptabilité sociale des ouvrages est une question de plus en plus prégnante suite à l'opposition forte rencontrée pour la construction du barrage de Sivens. Cette incertitude est anticipée dans le cadre du projet de la Bassée en Ile de France, qui a pour objectif de diminuer les crues de la Seine en pompant et stockant dans des casiers l'eau de la Seine au moment du pic de crue. Bien que compatibles avec les usages agricoles, cette gestion prévoit l'inondation des casiers sur des périodes de 1 à 2 semaines tous les 5 ans occasionnant des dégâts plus ou moins importants sur l'activité agricole. L'incertitude sur l'acceptabilité de ce projet par les agriculteurs est donc un des questionnements qui influence le déploiement de ce projet.

Les **incertitudes climatiques** représentent également pour les acteurs une incertitude majeure dans la planification des politiques de l'eau. Les gestionnaires témoignent des incertitudes que représentent les changements climatiques sur l'évolution des ressources en eau. Ces incertitudes peuvent par exemple affecter l'intérêt de la construction d'une retenue dont on ne sait pas si elle pourra se remplir dans le climat futur. Les exercices de prospectives exploratoires intégrant les changements climatiques sont de plus en plus nombreux et leur intérêt pour faire avancer la réflexion et illustrer ou explorer des idées est reconnu. On peut citer les exemples de prospectives Garonne 2050 et Adour 2050. La prospective climatique est également intégrée dans les études volumes prélevables. L'objectif est plutôt de mettre en lumière que d'un côté « si l'on ne fait rien la situation peut évoluer de manière très négative » et de l'autre « il y a des futurs possibles ambitieux ». Principalement, il vise la sensibilisation de l'existence de l'incertitude et l'illustration de la latitude existante si on se donne les moyens d'agir ou au contraire de ne pas agir. La perspective temporelle à laquelle les changements significatifs sont prévus, qui n'est pas compatible avec l'horizon temporel des exercices de planification, limite toutefois la prise en compte des résultats de ces exercices de prospectives. Les changements climatiques affectent l'état des ressources notamment par l'influence sur les précipitations mais également les usages : demande en eau agricole, demande en eau potable au cours des pics de chaleur en zone urbaine.

Les **incertitudes techniques** associées à la construction d'ouvrage sont multiples mais semblent dans l'ensemble mieux maîtrisées par les gestionnaires car reposant sur des connaissances plus fiables. C'est le cas par exemple de la mise au point des spécifications techniques d'un ouvrage une fois que la question du dimensionnement (liées notamment aux prévisions sur les ressources et les usages) est réglée. Il s'agit plutôt dans de nombreux cas de gestion des risques plutôt que d'incertitudes au sens où nous l'avons défini dans ce rapport.

## 2.2 Prise en compte des incertitudes dans les exercices de planification des politiques de l'eau

Aujourd'hui, l'incertitude est peu considérée explicitement dans la planification de l'eau en France et la directive cadre sur l'eau (DCE) ne demande pas explicitement la prise en compte de l'incertitude dans les analyses économiques qu'elle prescrit (Newig et al. 2005). Bien que la DCE demande la construction d'un scénario tendanciel pour réaliser les analyses économiques

liées à la formulation des programmes de mesure des Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et considère ainsi l'évolution dans le futur, un seul scénario tendanciel est demandé afin de caractériser l'état futur des masses d'eau<sup>1</sup>. Pourtant l'incertitude est omniprésente et cette incertitude est connue des différentes parties prenantes<sup>2</sup>. En pratique dans la planification des agences (SDAGE ; Programmes de Mesures) l'incertitude est « gérée », notamment par l'ajustement, c'est-à-dire qu'on adapte régulièrement les plans et les programmes de financement pour prendre en compte l'évolution inhérente au futur.

L'incertitude est néanmoins considérée via des exercices de prospective de plus en plus répandus. Les objectifs peuvent être (i) la sensibilisation à l'incertitude (ii) la rencontre d'acteurs permettant d'envisager et de débattre d'alternatives mises en évidence par les scénarios. Les SDAGE évoquent explicitement la nécessité de prendre en compte l'ensemble des perspectives d'évolution dont le changement climatique. Un exemple de prospective à l'échelle du bassin est par exemple une prospective réalisée par l'AESN pour son 10<sup>ème</sup> programme d'intervention afin d'explorer, entre autre, les enjeux entre petits et grands cycle de l'eau ; l'objectif était d'accompagner la réflexion plutôt que d'évaluer à proprement parler des alternatives. De nombreux Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) ont également produit des prospectives afin d'imaginer différents futurs possibles aussi bien du point de vue des facteurs de changements « exogènes » que « endogènes ». Le SAGE Marne Confluence a par exemple produit 4 scénarios dont un sans SAGE et trois avec. La Commission Locale de l'Eau (CLE) a choisi un des scénarios comme objectif stratégique pour sa programmation. La prospective ici est donc plus stratégique. Un exemple de prospective exploratoire a été réalisé dans le SAGE des Grès du Trias, la prospective a visé à caractériser l'évolution des usages de l'eau donc des pressions mais les stratégies d'actions sont considérées dans un second temps.

Cependant, l'incertitude ainsi caractérisée par la prospective est rarement utilisée pour être intégrée à une évaluation (explicite) de mesures ou actions comme nous le proposons dans la section suivante. Implicitement ces travaux font prendre conscience de l'incertitude et auront probablement un effet sur l'analyse de différentes solutions dans d'autres arènes, mais il n'y a pas de lien direct avec la planification, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de confrontation systématique des actions ou mesures envisageables avec l'ensemble des futurs possibles comme le suggère les approches de prise de décision robuste.

## 2.3 Les incertitudes au cœur des plans d'adaptation aux changements climatiques

Les stratégies d'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau sont les approches qui font le plus explicitement référence à la prise en compte des incertitudes.

### 2.3.1 Le « climate check »

L'exercice de « contrôle climatique » ou « revue climatique » ("climate check") des programmes de mesures demandé par la commission européenne (guide CE Cis) est une illustration d'intégration de l'incertitude liée au changement climatique dans les réflexions. « *L'objectif général du contrôle climatique consiste à garantir que la capacité d'adaptation des Programmes*

<sup>1</sup> Voir Hérivaux, C. (2015) – Bilan des prospectives Agriculture-Eau-Territoires en France : scénarios, facteurs de changement et utilisation pour la mise en oeuvre de la DCE. BRGM/RP-63084-FR

<sup>2</sup> Newig et al. notent que l'incertitude est mentionnée très souvent dans le guide WATECO, mais qu'aucune considération ou intégration explicite de cette incertitude n'est proposée dans les approches proposées.

*de mesures aux futures conditions climatiques est suffisante. Le contrôle climatique devra fournir une forme d'analyse de sensibilité aux fins de la sélection des mesures qui sont efficaces, fiables et économiques dans des conditions changeantes* » (Guide CE). L'exercice français piloté par la DEB et impliquant les Agences de l'eau a consisté à confronter l'ensemble des mesures de la typologie OSMOSE<sup>3</sup> des programmes de mesures DCE à un certain nombre de critères et questions dont (i) la durée de vie sans ajustement de la mesure, (ii) sa flexibilité et réversibilité, (iii) sa contribution à l'adaptation, qui porte cet effort et comment elle y contribue (thème de l'adaptation) (iv) sa contribution à l'atténuation et (v) l'existence de co-bénéfices (ou bénéfices multiples). Les retours de l'exercice illustrent la difficulté et la subjectivité de la notation des critères selon les Agences. Un des problèmes d'appréciation, en plus de la subjectivité, est lié au caractère générique des mesures balayées, ce qui indique bien une difficulté de traiter de la robustesse à des échelles macro où les mesures ou actions ne sont pas déclinées concrètement. Par exemple, la question de savoir si une Zone Soumise à Contrainte Environnementale (ZSCE) est une action de longue durée peu flexible est posée : en théorie cette action est flexible et de court terme car on peut y mettre fin, mais en pratique elle implique sûrement des arbitrages ayant un impact sur le long terme. Cette considération illustre la difficulté même d'un « screening » de la robustesse d'un programme et encourage à ce que des règles communes via l'utilisation de typologies soient fournies pour que ce « screening » soit cohérent entre différents bassins. Une autre limite de l'exercice est qu'il a eu lieu après que les SDAGE ont été quasi-finalisés, il n'était donc pas question de remettre en cause les mesures choisies, ce que l'exercice théorique aurait pu proposer pour les mesures à faible flexibilité et fort coût et / ou longue durée de vie.

### 2.3.2 Les plans d'adaptation au changement climatique des agences de l'eau

Entre 2014 et 2018, toutes les agences de l'eau ont décliné des plans d'adaptation aux changements climatiques au sein de chaque grand bassin. L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse qui a finalisé son plan en 2014 est celui qui place le plus fortement l'incertitude au cœur de la réflexion et s'inspire des concepts du premier Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC): « *L'incertitude doit être intégrée dans cette politique, elle peut être considérée comme un risque inhérent à la prise de décision en situation de non stationnarité. Les projections issues des modèles climatiques et d'impacts permettent d'encadrer l'ensemble des futurs possibles sous changement climatique, il s'agit ensuite de s'orienter vers des mesures robustes et flexibles.* ».

Le plan affiche notamment les principes d'action suivant :

- Favoriser les **économies d'eau** avant tout par la lutte contre le gaspillage, les mesures de partage et d'optimisation.
- **Eviter la mal-adaptation.** Plusieurs types de problèmes sont évoqués ici :
  - **erreur de calibrage** : sous-adaptation ou adaptation sous-optimale (par exemple, une digue de protection n'a pas été suffisamment rehaussée).

---

<sup>3</sup> OSMOSE est un outil de suivi de la mise en œuvre des PdM. Il regroupe différentes mesures types (93) réparties en thèmes : industrie et artisanat, ressources, agriculture, milieux aquatiques, assainissement, déchets, pollution diffuse hors agriculture, gouvernance, inondations.

- **Transfert de vulnérabilité** : il s'agit de mesures qui peuvent permettre une forme d'adaptation mais qui peuvent en réalité constituer des problèmes, par exemple par un transfert de vulnérabilité à l'amont ou d'une période à une autre.
- **Savoir garder raison économiquement.** Les investissements visant l'adaptation doivent faire l'objet d'analyses économiques basées sur des projections à long terme pour s'assurer de leur pertinence et efficacité.
- **Explorer l'univers des possibles et la combinaison de mesures.** Il s'agit ici à la fois de considérer un panel de mesures possibles mais également de privilégier la diversification des mesures pour limiter les risques d'échec de mesures individuelles.

Une typologie de mesures est également déterminée. Un **premier type de mesures**, dites **flexibles et réversibles**, sont considérées comme étant nécessaires pour l'adaptation sur l'ensemble des territoires. Elles sont notamment adaptées dans les territoires dans lesquels l'incertitude sur le changement climatique est la plus forte. Un exemple de ce type de mesure est par exemple le développement de la gestion multi-usage des ouvrages hydro-électriques. Un second type de mesures « **structurantes** » est recommandé sur les territoires les plus vulnérables aux changements climatiques assortis. Elles prévoient un degré d'effort plus important. Il est par exemple prévu de réduire de 20% les volumes utilisés pour l'irrigation d'ici 2030.

Cette stratégie est assortie d'un ciblage par vulnérabilité sur différents indicateurs : disponibilité en eau, bilan hydrique des sols, biodiversité... Les bassins sont considérés comme vulnérables quand les différents scénarios climatiques prévoient une vulnérabilité élevée pour plus de la moitié des projections climatiques. L'incertitude est donc au cœur du ciblage spatial des actions.

L'idée de révision régulière du programme est évoquée et fait penser à l'« adaptation planning »<sup>4</sup> qui garantit la révision régulière et au cours de temps pour prendre en compte la diminution évidente de l'incertitude et les nouvelles connaissances.

Les différents plans d'adaptation des autres bassins ont plus ou moins repris ce mode de réflexion. Il est intéressant de noter que bien que l'information sur la variabilité des effets du changement climatique était reconnue dans tous les plans elle n'a pas été exploitée de la même façon. Ainsi dans le cadre du Plan d'Adaptation du bassin Adour Garonne, il a été choisi de ne pas faire état de ces incertitudes afin de faciliter l'adhésion politique pour l'adaptation aux effets des changements climatiques. Le travail sur la vulnérabilité des territoires et les incertitudes vis-à-vis de cette vulnérabilité a été effectué mais l'incertitude n'est pas communiquée dans le cadre du Plan. Si ces incertitudes n'apparaissent pas dans le plan, leur prise en compte est néanmoins requise lors de la mise en place de projets concrets au niveau local.

---

<sup>4</sup> Mimura, N., R.S. Pulwarty, D.M. Duc, I. Elshinnawy, M.H. Redsteer, H.Q. Huang, J.N. Nkem, and R.A. Sanchez Rodriguez, 2014: Adaptation planning and implementation. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

## 2.4 Les mesures concrètes prises par les gestionnaires en contexte d'incertitude

Au cours des entretiens réalisés avec les gestionnaires, différents types de mesures d'adaptation aux incertitudes ont été mises en avant.

Les mesures **d'économies d'eau** sur les réseaux d'irrigation ou d'eau sont des mesures qui sont considérées efficaces, par de nombreux acteurs, quels que soient les futurs possibles. Elles sont donc largement considérées en situation d'incertitude comme par exemple pour le PGRE Orb et Libron, le PGRE du Fleuve Hérault, la stratégie du Conseil Départemental des Pyrénées Orientales (CD 66). Ces mesures d'économie d'eau ne sont cependant pas par essence des mesures sans regret. En effet, au-delà d'un certain seuil d'économie d'eau, les investissements visant à faire des économies supplémentaires peuvent s'avérer peu coût-efficace.

Des **mesures évolutives ou expérimentales** sont également mises en œuvre. Ainsi, un projet expérimental d'un casier de rétention de crue pilote de 10 millions de m<sup>3</sup> sera réalisé pour le projet de La Bassée (qui prévoit un stockage de 55 millions de m<sup>3</sup> pour le projet complet) afin de tester l'efficacité et l'acceptabilité de ce type d'ouvrage avant d'envisager la réalisation du projet complet. Dans la même lignée, Le Syndicat mixte d'étude et de gestion de la ressource en eau du département de la Gironde (SMEGREG) prévoyait initialement la construction de trois importantes infrastructures de potabilisation. Du fait de la baisse de la demande, il a été finalement prévu de construire une seule importante usine de potabilisation puis de faire des petits projets à tiroirs permettant de s'adapter de façon évolutive à l'évolution de la demande en eau potable en quantité mais également en terme de répartition spatiale.

Des mesures de **gouvernance** ou s'appuyant sur des **instruments économiques** sont également mises en avant par certains gestionnaires. Elles permettent de s'adapter sans nécessairement avoir recours à de lourds investissements. Ainsi, le CD 66 travaille à la mise en place d'un syndicat départemental de gestion de l'eau potable permettant de gérer collectivement les ressources en eau potable et de pouvoir mutualiser les risques associés aux incertitudes sur l'évolution de la ressource. Le SMEGREG envisage également une approche similaire. Pour la CACG, la tarification de l'eau est considérée comme un instrument permettant d'influer sur l'évolution de la demande en eau d'irrigation en favorisant le développement de certains usages comme par exemple les cultures à forte valeur ajoutée. Cette tarification ne réduit pas l'incertitude sur les usages futurs mais a pour objectif d'orienter les usages dans une direction souhaitée.

La **diversification** des ressources en eau est une approche largement utilisée pour la sécurisation de l'approvisionnement, notamment en eau potable. L'objectif est de s'adapter aux incertitudes qui pèsent sur les sources d'approvisionnement individuelles.

Enfin, l'investissement dans la collecte **d'informations** permettant de réduire les incertitudes est une approche largement mise en avant par les gestionnaires. Des investissements importants sont réalisés notamment pour évaluer l'impact des changements climatiques. En situation d'incertitude forte, il peut effectivement être préférable de ne pas agir et d'attendre d'avoir des informations plus fiables pour prendre des meilleures décisions.



### **3 Quelles méthodes pour l'appui à la formulation de politiques de l'eau robustes ?**

Il existe une large diversité de méthodologies qui permettent de tenir compte des incertitudes pour la formulation des politiques publiques. Dans un premier temps, nous présenterons des méthodes qui visent à adapter les méthodes classiques d'analyse économique ou de planification des politiques publiques à la prise en compte des incertitudes. Dans un deuxième temps, nous présenterons des méthodes plus avancées, développées dans un cadre académique qui permettent d'avoir des approches plus poussées de la prise en compte des incertitudes. Tout d'abord, nous présentons les conditions qu'il est nécessaire de respecter pour pouvoir tenir compte des incertitudes dans la planification.

#### **3.1 Conditions nécessaires pour la formulation de politiques robustes**

Il faut remplir au moins les trois conditions suivantes pour qu'une prise en compte de l'incertitude dans l'évaluation soit pertinente. Les deux premières sont communes à toutes les évaluations ex-ante d'un projet qu'il s'agisse d'une évaluation économique, environnementale ou multicritère.

Premièrement, il faut qu'il existe des alternatives c'est-à-dire les réelles conditions d'un choix du point de vue des décideurs. Ces marges de manœuvre doivent être techniques, stratégiques ou politiques. Techniquement, il doit y avoir une question de choix d'action, de dimensionnement ou de temporalité, et stratégiquement il faut que les décideurs considèrent, même partiellement, les résultats de l'évaluation pour la décision. Cette condition n'est malheureusement pas toujours respectée et il y a lieu de bien peser ces questions avant de mettre en place des analyses complexes.

Deuxièmement, il faut qu'il y ait des connaissances sur l'effet des actions sur les indicateurs de résultats de la politique. Ceci peut poser des problèmes pour une partie des politiques de l'eau qui nécessite de caractériser le fonctionnement de systèmes hydrologiques plus ou moins complexes.

Troisièmement, il faut que les incertitudes aient un impact significatif sur les indicateurs de résultats (par exemple le changement climatique va avoir un impact significatif sur la fréquence et sévérité des crues et des dommages associés).

Si ces conditions sont réunies, il est intéressant de mettre en œuvre des études tenant compte des incertitudes.

#### **3.2 Des méthodes simplifiées pour améliorer la robustesse des plans d'actions**

##### **3.2.1 Typologie des mesures en fonction de leur prise en compte des incertitudes**

Une première approche consiste à mettre en place une typologie des mesures de politiques publiques en fonction de leur prise en compte des incertitudes. Dans une première approche, cette typologie peut être utilisée dans les exercices de planification afin d'avoir une analyse critique de la robustesse des mesures proposées ou d'orienter le choix des mesures.

Il est en effet possible faire une typologie des mesures en fonction de leur capacité gérer les incertitudes. La typologie présentée ci-dessous s'appuie sur celle de Hallegate et al. (2012)

- **Les mesures « sans regret »** apportent des bénéfices quels que soit les futurs possibles. Elles sont également parfois nommées mesures à bénéfices immédiats car elles apportent généralement des résultats à court terme. Leur efficacité est considérée peu sensible aux incertitudes. Elles peuvent être souvent identifiées en analysant les situations sous-optimales actuellement. L'amélioration de l'efficacité des réseaux ou bien de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (économie d'eau) pour les questions d'adaptation à la sécheresse sont souvent citées comme exemple. Il faut toutefois noter que ces mesures ne sont pas par essence sans regret. Ainsi l'adoption de cultures/varétés plus tolérantes à la sécheresse peut être considérée comme « sans regret », mais cela ne sera le cas que si leurs performances restent bonnes même si les précipitations ne diminuent finalement pas.
- **Des mesures réversibles** consistent en des mesures pour lesquelles il est possible de revenir en arrière. Par exemple si on convertit des surfaces vers des pratiques agricoles économes en eau, il est possible de revenir en arrière si ces pratiques ne sont finalement pas nécessaires. Elles peuvent être adaptées chaque année dès l'arrivée de nouvelle information.
- Des mesures **évolutives** qui consistent à dimensionner des projets de façon restrictive dans un premier temps pour s'assurer de leur efficacité à court terme et d'augmenter ensuite leur taille si nécessaire. Elles sont parfois appelées mesures de réduction de l'horizon temporel. Dans la mesure où l'incertitude accroit avec le temps considéré, si on réduit l'horizon temporel des investissements, ceux-ci deviennent moins risqués. Il peut alors être pertinent de choisir une solution moins coûteuse (qui devra éventuellement être renouvelée) qu'une solution plus coûteuse mais qui risque de ne plus être efficace. Les exemples fournis dans la section 2.4 sur le casier expérimental du projet de la Bassée ou sur le dimensionnement des infrastructures de potabilisation en Gironde sont des exemples pertinents de ce type d'approche.
- **Des mesures avec des marges de sécurité** « Safety margins ou à faibles coût marginal ». Ce sont des mesures que l'on peut sur-dimensionner à bas coût ou coût nul pour prendre en compte les incertitudes futures. L'existence de marges de sécurité peu coûteuses est importante pour les options irréversibles notamment. Un exemple intéressant concerne le dimensionnement de la conduite construite dans le cadre du projet Aqua Domitia, qui permet un transfert de l'eau du Rhône vers le Languedoc Roussillon pour l'eau potable et l'agriculture. Pour le franchissement de Montpellier, il a été examiné la possibilité de doubler la taille de la conduite à ce niveau par rapport à la taille retenue pour l'ensemble du projet. En effet, le projet Aqua Domitia a été réalisé de façon concomitante avec le doublement de l'autoroute A9 et la construction de la ligne LGV. Le passage de la conduite dans la zone de Montpellier devait donc être intégré à ce projet global avec une quasi-impossibilité de modifier la taille de la conduite dans le futur. Une option était donc de doubler la taille de la conduite dans cette zone, pour des

coûts limités, pour éviter une impossibilité technique ou des coûts très importants en cas de volonté d'augmenter le débit d'Aqua Domitia dans le futur. Cette mesure aurait donc été typiquement une mesure avec des marges de sécurité. Cette option a toutefois été finalement écartée dans le projet.

- **Des mesures « douces »** sont, par opposition aux mesures techniques des mesures de type institutionnel ou des instruments économiques ou financiers. Les solutions financières d'assurance sont par exemple des solutions qui peuvent s'avérer moins coûteuses que des adaptations lourdes de nature technique. Des solutions d'alerte (early warning systems) ou d'évacuation (prévention) peuvent être plus adaptées que des solutions techniques (digues). Ces solutions « douces » sont réversibles, car elles peuvent être adaptées tous les ans. Les mesures institutionnelles, telles que la mise en place des structures départementales de gestion de l'eau en Gironde et dans les Pyrénées Orientales présentées dans la section 2.4. sont également des solutions « douces ». Elles permettent effectivement dans certains cas d'éviter d'avoir recours à des investissements plus lourds en mettant en place des mécanismes de solidarité. Leur mise en œuvre minimise donc les risques d'erreur.
- **L'acquisition d'information** est également conçue comme une mesure robuste car elle permet de progressivement réduire les incertitudes et ainsi pouvoir améliorer l'adaptation des programmes d'actions aux évolutions futures.

Cette typologie peut être une base pour conduire une première analyse de la robustesse d'un plan d'action. Il est effectivement possible de faire un screening des stratégies proposées à l'aune de cette classification. Il est également possible de l'utiliser au cours de la formulation afin de prioriser des stratégies robustes. Une limite de cette approche est qu'elle se limite à identifier des types de mesures qui permettent *a priori* de gérer les incertitudes mais ne permet pas vraiment d'évaluer la robustesse de ces mesures. Par exemple, la mesure de l'amélioration du rendement de réseau est considérée comme une mesure sans-regret mais ceci ne dit pas à combien on doit fixer l'objectif quantitatif d'amélioration du rendement. Ainsi, cette typologie peut être principalement utile pour attirer l'attention de décideurs sur la nécessité d'une meilleure prise en compte des incertitudes dans et sur des modifications possibles de certaines actions qui pourraient conduire à en améliorer la robustesse.

Au-delà de mesures individuelles, certains principes permettent également d'améliorer la robustesse des programmes d'action.

On peut accroître la robustesse d'un programme par la façon de combiner les mesures robustes. Par exemple un plan intégrant une unique mesure *a priori* robuste pourra être moins robuste qu'un plan intégrant une diversité de mesures. **La diversification consiste en une approche classique de la gestion du risque** dans tous les domaines (e.g. finance ou agriculture). La diversification va donc permettre la réduction du risque d'erreur d'un programme.

Enfin, la planification dynamique des politiques permet d'améliorer leur robustesse sur le long terme. Il s'agit de mettre en place une vision stratégique pour le futur, qui prévoit des actions de court-terme et met en place un cadre pour faire évoluer ces actions dans le futur en fonction de l'évolution du système. Ce type de plan a déjà été mis en place par exemple pour la gestion de l'eau de la ville de New York ou pour l'Estuaire de la Tamise (Haasnoot et al., 2013). Nous détaillons une méthode avancée de planification dynamique dans la section 3.3.2.

### 3.2.2 Une approche simplifiée de la robustesse des plans d'action

#### a) Approche qualitative de l'analyse de la robustesse

Une approche qualitative peut être adoptée pour explorer avec des moyens relativement réduits la vulnérabilité de stratégies ou actions aux incertitudes. Cette approche est illustrée dans Graveline (2016)<sup>5</sup> et a été réalisée en atelier en réunissant différents points de vue, compétences et expertises sur le cas d'étude de la définition d'un programme de mesure pour la gestion des pollutions diffuses en Sèvre-Niortaise.

Cette approche consiste à analyser l'effet potentiel des incertitudes identifiées ou scénarios sur chacune des actions ou stratégies envisagées pour caractériser la sensibilité des indicateurs de performance aux incertitudes comme indiqué à l'illustration 1. Cette confrontation permet à la fois de dégager des mesures intéressantes car robustes ou au contraire sensibles à l'incertitude et donc risquées. Pour ces actions, on peut proposer de les modifier pour accroître leur robustesse et s'assurer de leur efficacité et succès malgré l'incertitude.

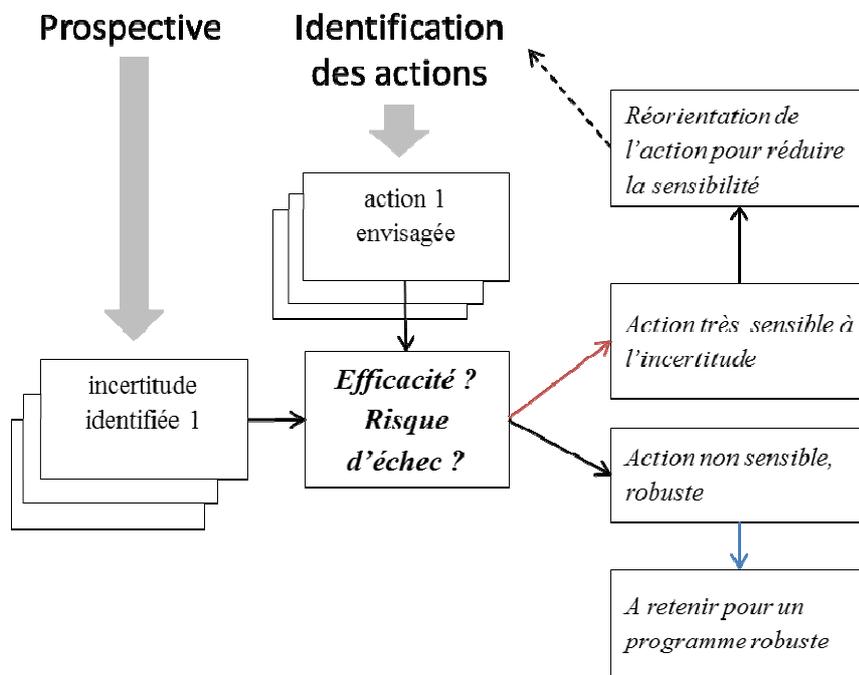


Illustration 1 Schéma de principe illustrant l'étape de confrontation des actions identifiées aux incertitudes pour l'identification de risques

De l'ensemble de ces analyses doivent émerger des recommandations qui permettent d'assurer la robustesse du programme d'actions. On peut également compléter les outils de suivis définis à la phase précédente pour certains indicateurs afin de détecter et/ou confirmer des tendances.

Pour matérialiser l'ensemble des confrontations (incertitude/tendance lourde X action), une grille d'analyse peut être utilisée. Cette grille présente les actions en colonne et les incertitudes

<sup>5</sup> Prospective et prise de décision robuste pour la construction des programmes d'action de préservation de la ressource en eau. Rapport de l'action 35 de la convention BRGM-ONEMA 2013-2015

en ligne. Pour chaque case, on se pose la question de comment cette incertitude risque d'affecter la performance de l'action. On peut par exemple utiliser un code couleur distinguant une sensibilité majeure aux incertitudes, d'un deuxième niveau de sensibilité moindre et de l'absence de sensibilité aux incertitudes.

Ce travail d'évaluation simple de la robustesse d'un programme permet éventuellement de réorienter le programme afin qu'il présente une meilleure robustesse à l'incertitude.

### **b) Approche quantitative de l'analyse de la robustesse**

Les analyses de sensibilité fréquemment réalisées en modélisation permettent de déterminer les paramètres qui ont le plus d'influence sur la variabilité des résultats de modélisation. Ces approches permettent notamment d'identifier les paramètres pour lesquels il est important de réaliser des études plus approfondies pour diminuer la sensibilité.

Il est possible d'utiliser le même type d'approche en analysant les performances de programmes d'actions alternatifs en fonction des incertitudes identifiées dans l'approche qualitative de l'analyse. Pour plus de simplicité, il est possible dans ce type d'approche, de formaliser les différentes incertitudes dans un nombre limité de scénarios. Cette approche requiert de plus l'existence de modèles permettant de quantifier ces performances. Une fois identifiées ces performances, il est ensuite nécessaire de mettre en place des critères permettant de choisir le programme alternatif le plus intéressant en tenant compte de l'incertitude.

Les évaluations économiques classiques cherchent à identifier la meilleure stratégie ou la stratégie optimale après avoir calculé des indicateurs économiques comme la valeur espérée nette actualisée. Dans les cas où l'incertitude jouera de manière significative sur ces indicateurs économiques et qu'il n'est pas possible d'affecter des probabilités subjectives à l'occurrence des différents scénarios, l'optimisation ne pourra plus être réalisée. Il est donc nécessaire d'avoir recours à d'autres critères pour aborder la robustesse des plans d'actions.

On peut définir différents critères de robustesse. Le choix du critère dépend du sens précis que l'on veut donner à la notion de robustesse.

#### **- Le seuil de satisfaction**

On peut définir un critère de satisfaction qui est rempli si une stratégie permet d'atteindre le niveau de performance seuil pour tous les scénarios donnés. Ainsi on peut classer les résultats en programme qui échoue ou qui réussit dans un scénario. Par exemple, on peut définir comme critère pour un barrage destiné à l'irrigation que les besoins en eau soient satisfaits 4 an sur 5. On détermine ensuite pour chaque stratégie le nombre de scénarios pour lesquels cette condition est remplie.

#### **- Le critère Min Max Regret (critère de Savage)**

Ce critère introduit la notion de regret. Le regret est la différence entre la performance d'un programme et le programme le plus performant pour un scénario donné. On peut ainsi calculer le regret pour chacun des programmes dans l'ensemble des scénarios. On calcule ensuite le maximum de regret pour chaque programme (Max Regret), c'est-à-dire la différence la plus forte avec le programme le plus performant à travers tous les scénarios. On va ensuite

sélectionner le programme qui a le plus petit Max Regret ou le Min Max Regret, autrement appelé le critère de Savage (un exemple d'utilisation de ce critères est présenté ci-dessous).

D'autres critères permettant d'analyser la variabilité des performances des stratégies sont évoqués, car ils permettent de compléter l'analyse, mais ils ne peuvent pas être utilisés à proprement parlé en tant que critères de robustesses :

- **Le critère MaxMax (critère optimiste)**

Ce critère consiste à choisir la stratégie qui donne la meilleure performance parmi la meilleure performance de chaque stratégie pour l'ensemble des scénarios. Ce critère ne s'intéresse qu'à la meilleure performance, donc ne considère pas les implications les plus mauvaises. En ce sens il peut être caractérisé d'« optimiste » et correspondre à un positionnement « progressiste ». Il ne sera pas intéressant pour les décideurs averse aux risques.

- **Le critère MaxiMin (critère de Wald)**

Ce critère consiste à choisir la stratégie qui donne la moins mauvaise performance dans le pire des scénarios. Concrètement on sélectionne pour chaque stratégie la pire performance, parmi ces pires performances on sélectionne la meilleure stratégie. Ce critère se concentre sur le pire cas et est en ce sens pessimiste ou « conservatif ».

Parmi tous ces critères le Min Max Regret est celui qui représente le mieux le concept de robustesse. Un exemple est donné avec l'illustration 2 de l'application du critère Min Max Regret. Dans cet exemple, les programmes proposés ont une performance moyenne équivalente, toutefois c'est le programme C qui, bien que n'étant jamais le programme le plus performant, est celui qui à l'écart maximum le plus faible (4) avec la meilleure performance dans les quatre scénarios. Les indicateurs utilisés dans ce type d'analyse peuvent être des indicateurs physiques comme par exemple un critère de non satisfaction des demandes en eau (en volume) ou des critères qui intègrent une perspective économique comme par exemple le coût de la défaillance d'une stratégie ou le rapport coût bénéfice. En fonction du critère, la stratégie la plus performante sera celle qui minimise l'indicateur (par ex. le coût) ou qui maximise l'indicateur (par ex. rapport coût bénéfice).

Scénarii	Indicateur de performance					Regret			
	PrgmA	PrgmB	PrgmC	PrgmD	Meilleur résultat	PrgmA	PrgmB	PrgmC	PrgmD
Sc1	7	<b>15</b>	12	11	<b>15</b>	8	-	3	3
Sc2	10	<b>14</b>	10	<b>14</b>	<b>14</b>	4	-	4	-
Sc3	<b>17</b>	10	15	10	<b>17</b>	0	7	2	7
Sc4	<b>18</b>	13	15	17	<b>18</b>	-	5	3	2
Moyenne	13	13	13	13	<b>Maximum regret</b>	8	7	<b>4</b>	7
					<b>Min (Max Regret)</b>	<b>Prgm C</b>			

Illustration 2 Exemple de calcul d'un critère de robustesse (le Min Max Regret) pour 4 scénarios d'incertitude et 4 stratégies pour un indicateur qui doit être maximisé comme par exemple la Valeur Actualisée Nette d'un projet (Chiffres choisis de façon arbitraire)

### 3.3 Des méthodes plus complexes d'analyse de la robustesse

Dans le contexte de l'adaptation au changement climatique, des méthodes avancées de prise en compte de l'incertitude ont émergé. Si leur principe est relativement simple, elles nécessitent des études complexes pour être menées intégralement. Nous décrivons ici seulement deux approches choisies pour leur applicabilité potentielle et leur popularité croissante : la méthode « Robust Decision Making » et la méthodes Dynamic Adaptative Policy Pathways.

#### 3.3.1 Robust decision making ou Prise de décision robuste (PDR)

L'approche PDR est une approche itérative qui fait intervenir des décideurs par un processus participatif et délibératif ainsi que des outils informatiques de types modèles pour représenter l'effet de l'incertitude sur les stratégies. Cette approche a été formalisée par la RAND corporation<sup>6</sup> principalement à partir des années 2000 (Lempert et al., 2006). L'objectif était de développer une approche permettant d'identifier des choix publics robustes de court terme et leur adéquation avec des politiques de plus long terme comme celle du développement durable en contexte de forte incertitude. Elle a depuis été appliquée à plusieurs reprises aux questions de gestion de l'eau par exemple pour l'Agence de l'eau du sud de la Californie et son plan pluri décennal d'accès à l'eau (voir encadré 1 ci-dessous) et à la planification à 30 ans du bassin de la Tamise en Grande Bretagne (Lempert and Groves, 2010; Matrosov et al., 2013), mais elle est appliquée dans d'autres domaines comme celui des dépenses publiques en cas de terrorisme.

<sup>6</sup> La RAND (Research AND Development) est une organisation américaine sans but lucratif qui fait de la recherche opérationnel sur les les processus décisionnel. <https://www.rand.org/>

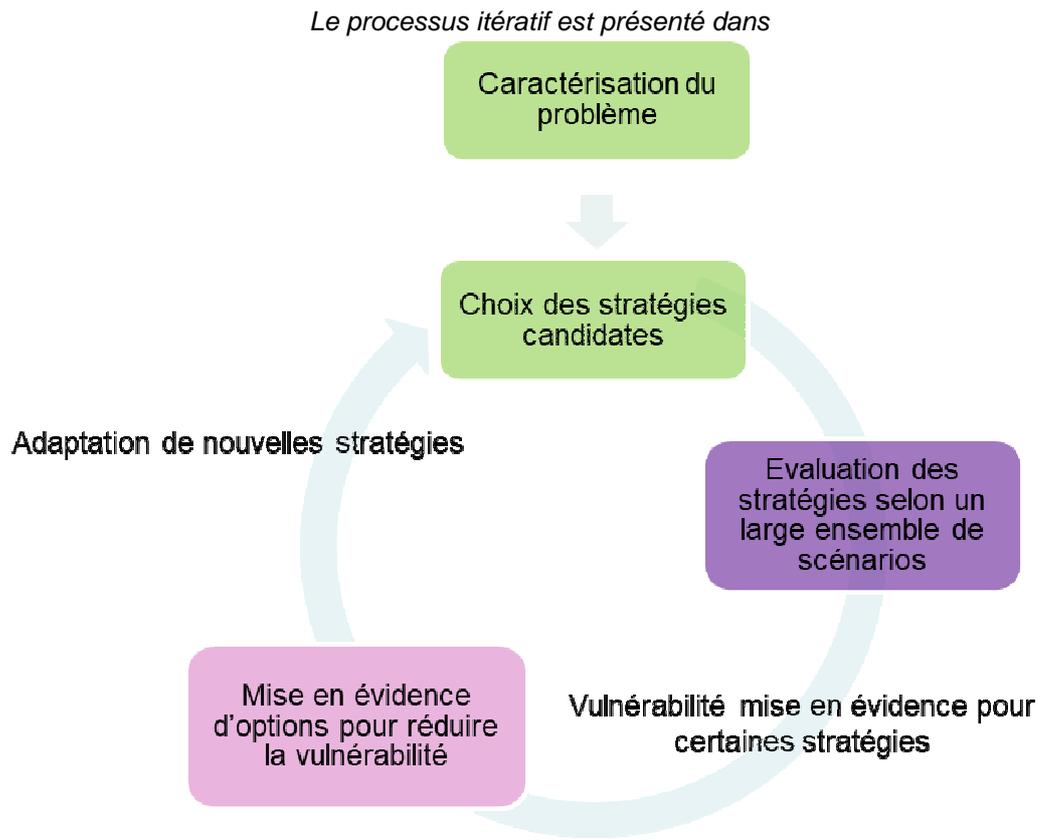


Illustration 3.

Après avoir structuré le problème de décision en ayant caractérisé, avec les décideurs ou parties prenantes les objectifs poursuivis et les indicateurs associés, les stratégies et les incertitudes à envisager, l'approche repose largement sur de la modélisation exploratoire avec des modèles de simulation qui sont capables de représenter l'effet de très nombreux futurs possibles puis de traiter ces milliers de résultats avec des algorithmes.

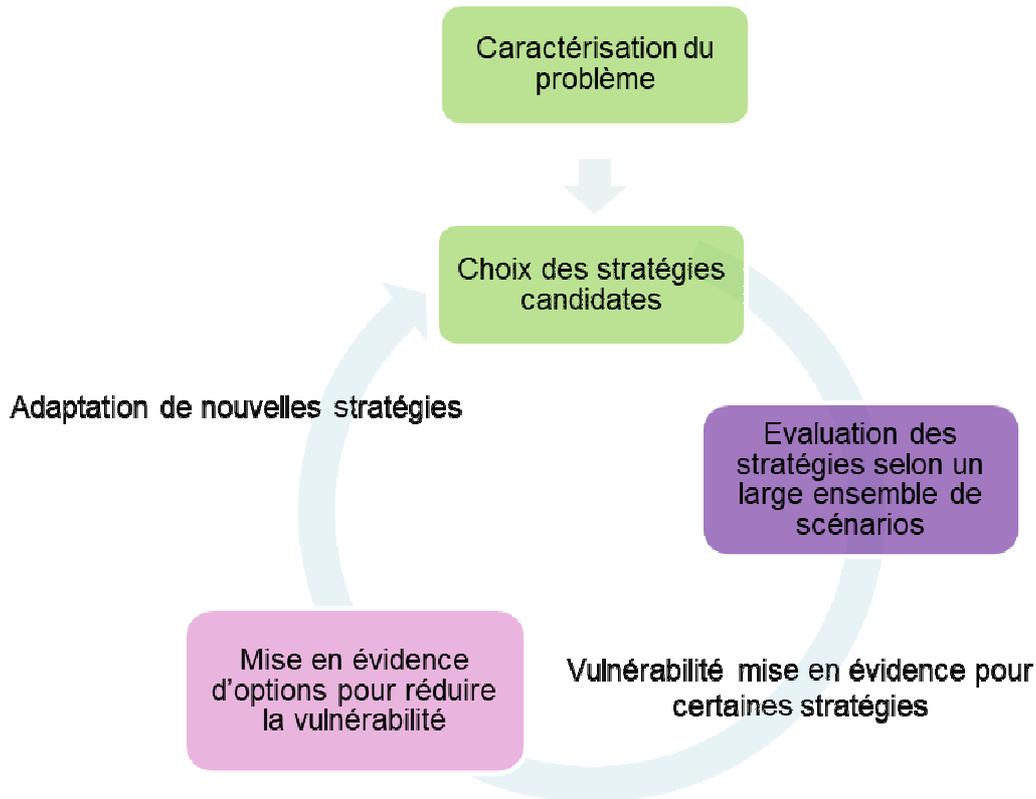


Illustration 3 : Etapes itératives de l'approche de PDR.

(adapté et traduit de Lempert and Groves (2010) )

La PDR adopte une approche sensibilité-réponse pour caractériser l'incertitude et évaluer des stratégies robustes. A la première étape, l'analyste structure le problème en rassemblant notamment les données pertinentes et les modèles permettant de prédire la performance des stratégies. A la deuxième étape, une série de stratégies à analyser sont déterminées. Ces stratégies peuvent typiquement être une série de stratégies proposées par les acteurs impliqués dans la formulation des politiques de l'eau. La troisième étape consiste à caractériser les performances des stratégies selon l'ensemble des scénarios, ce qui permet d'identifier la sensibilité aux incertitudes. Les performances des scénarios peuvent être analysées selon différents critères de robustesse tels que le critère de Savage. A la dernière étape, de nouvelles stratégies permettant de réduire la sensibilité aux incertitudes peuvent être proposées puis réanalysées en suivant le même processus.

Cette approche est exigeante en termes de données et de modèles, ce qui est une limite relativement forte à la généralisation de cette approche dans la planification. Cependant Lempert (2003) souligne les limites de l'utilisation de quelques scénarios narratifs (« scenario-based planning ») seulement (approche simplifiée de la robustesse) pour l'aide à la décision<sup>7</sup>, notamment car les scénarios ne peuvent pas représenter l'ensemble des futurs possibles. Ils sont souvent trop extrêmes parce que lors de leur construction les participants ont tendance à se concentrer sur des ruptures et événements extrêmes plus que sur des modifications progressives et à la marge comme celles qui sont dues au changement climatique.

<sup>7</sup> Il indique d'ailleurs qu'ils sont rarement utilisés à ces fins mais plus comme des outils de réflexions exploratoires de « forward looking strategic thinking »

Une illustration de la PDR est présentée dans l'Encadré 1. Elle illustre l'efficacité de la méthode pour analyser des stratégies alternatives et met en exergue la robustesse des plans adaptatifs pour la gestion de l'eau.

**Encadré 1 : Application de la PDR au cas de la planification de l'eau au Sud de la Californie** (basé sur Lempert et Groves, 2010)

Afin de prendre en compte le changement climatique dans son plan de gestion d'eau urbaine de long-terme, la « Southern California's Inland Empire Utilities Agency » (IEUA) une agence en charge de la production d'eau brute et du traitement des eaux a appliqué l'approche de la PDR avec l'aide de la RAND corporation. Cette agence souhaitait notamment analyser dans quelle mesure leur plan de 25 ans de Gestion des Eaux Urbaines est sensible aux incertitudes sur le climat et l'évolution de la population.

Le modèle WEAP (Water Evaluation and Planning) a été utilisé pour simuler la performance de différents plans de gestion dans 200 scénarios caractérisés par des incertitudes sur l'évolution du climat futur jusqu'en 2030, l'évolution de la demande en eau (liée entre autre à l'augmentation de la population), l'impact du changement sur les importations, la réponse de l'eau souterraine à l'urbanisation, l'évolution des coûts et les délais d'efficacité des plans engagés. Les performances des plans ont été jugées notamment en fonction du coût d'approvisionnement et de traitement de l'eau et du coût associé aux pénuries d'eau.

Un algorithme d'exploration de scénarios a permis de montrer que quelques combinaisons de seulement trois des paramètres incertains causeraient des défaillances du système : si la baisse de précipitation était de plus de 10%, une baisse de la capacité de l'agence de capter les eaux souterraines de plus de 3% et un problème dans l'atteinte de l'objectif du programme de recyclage des eaux.

Cette évaluation a conduit à la proposition d'une adaptation du plan. Les gestionnaires ont notamment réfléchi à des stratégies adaptatives caractérisées par certaines options qui pourraient être activées dans le futur en fonction des évolutions observées, comme par exemple la possibilité d'augmenter la quantité d'eau recyclée pour de la recharge artificielle en année sèche. Les résultats ont montré que les stratégies adaptatives conduisent à moins de vulnérabilité (cas de défaillance). Elles permettent de réduire le nombre de situations avec des coûts très élevés (au-dessus d'un seuil donné) de 116 à 33. Les coûts des défaillances ont encore pu être réduits en ajoutant des options de recherche d'efficacité de l'utilisation de l'eau avec des mesures de court terme comme l'accroissement de la recharge artificielle. Ces mesures de court terme se sont avérées particulièrement efficaces pour réduire la vulnérabilité de long-terme.

### 3.3.2 L'approche Dynamic Adaptative Policy Pathways ou Trajectoires de Politiques Dynamiques et Adaptatives (TPDA)

Une stratégie adaptative est une stratégie dont les actions peuvent s'ajuster au cours du temps afin d'en améliorer les performances. Ce type de stratégie est particulièrement nécessaire en situations d'incertitude sur l'évolution de l'état de l'environnement. Contrairement aux méthodes statiques de planification qui vont chercher à déterminer une stratégie fixe pour la durée du plan, ces plans prévoient la mise en place d'actions à court terme et établissent un cadre pour le choix des actions à plus long terme. La TPDA décrite dans Haasnoot et al. (2013) fait la synthèse de deux courants : les trajectoires d'adaptation (« *adaption pathways* ») et l'élaboration de politiques dynamiques (« *adaptive policy making* »). Une application est proposée à l'encadré 2

Les **trajectoires d'adaptation** (Haasnoot et al. 2013) se présentent sous la forme d'actions possibles sous forme d'un arbre de décision à partir de seuils critiques. Les seuils critiques sont les moments dans le temps où les seuils de conditions du milieu à partir duquel une action n'est plus pertinente. Chaque chemin ou séquence est une trajectoire d'adaptation possible qui conduit au même objectif mais à partir d'actions différentes. L'illustration 5 met en évidence 4 actions possibles pour atteindre l'objectif souhaité (par exemple assurer les besoins en eau d'irrigation d'un bassin). En bas de la figure, l'axe présente l'évolution des conditions (par ex. la pluviométrie annuelle) mais peut-être également un axe temporel. Une action permet d'atteindre l'objectif souhaité uniquement si à la verticale d'une condition donnée le trait est continu. Dans l'illustration 4, il est donc possible d'atteindre l'objectif souhaité avec l'action A ou D quelle que soit l'évolution des conditions. Les actions B ou C peuvent permettre d'atteindre l'objectif seulement si les conditions n'atteignent pas les seuils critiques définis par des barres (par ex. une pluviométrie annuelle inférieure à 400mm/an.

Comment choisir le meilleur chemin ? Il pourrait être tentant de choisir les action A ou D qui atteindront l'objectif quels que soit les futurs possibles. Il est toutefois fort probable que les actions A ou D soient plus coûteuses que les actions B et C étant donné leur capacité à s'adapter à l'ensemble des situations. Dans cette méthode, les différentes trajectoires sont donc évaluées en fonction de leur coûts et bénéfices. En fonction de ces coûts et bénéfices et de l'incertitude sur l'atteinte des seuils critiques, il peut être intéressant de commencer par l'action B (si elle est moins chère par exemple) et de ne bifurquer vers les autres que si le seuil critique est finalement atteint (ce qui est incertain). Cette approche a été illustrée avec le cas du Delta du Rhin au Pays-Bas où l'enjeu de l'élévation du niveau de la mer pose un problème de planification avec une incertitude majeure (Haasnoot et al. 2013) décrite dans l'encadré 2.

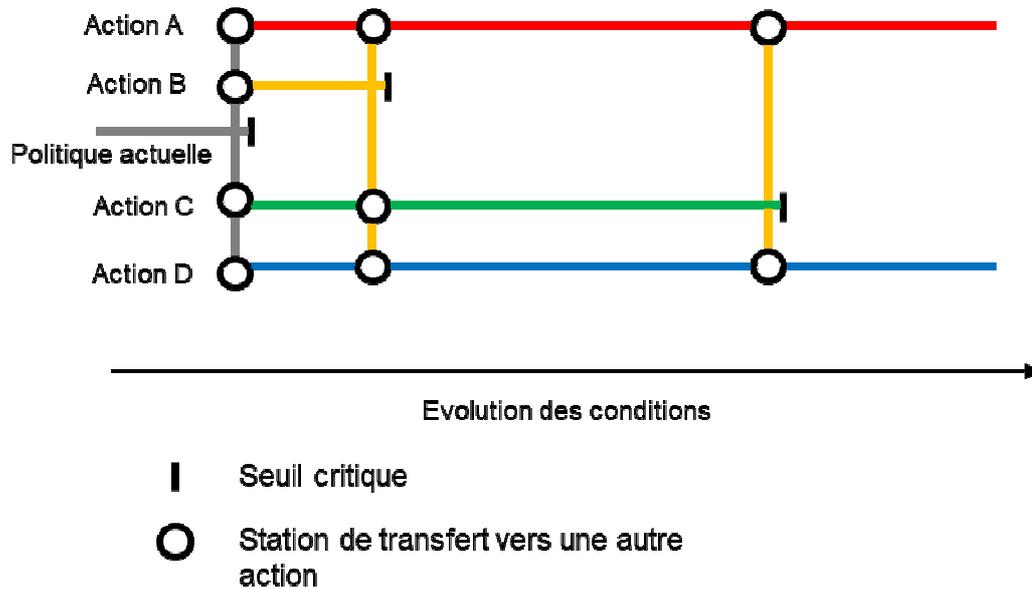


Illustration 4 : Plan des trajectoires d'adaptation adapté de Haasnoot et al. (2013)

**L'élaboration de politiques dynamiques** est une approche qui permet de concevoir des plans dynamiques et robustes. Après une phase d'élaboration d'un plan de base, les vulnérabilités et opportunités de ce plan sont analysées. Il s'en suit l'identification d'action de réduction de ces vulnérabilités (pour celles qui sont quasi certaines), d'action de sécurisation/ couverture du risque ou d'actions qui permettent de saisir les opportunités et des actions susceptibles de

réduire l'échec ou d'accroître le succès. Cette approche propose ensuite d'élaborer un système de suivi pour identifier la performance du plan ainsi que des signaux qui indiqueraient que d'autres actions sont nécessaires.

L'approche des **trajectoires de politiques dynamiques et adaptatives** est construite à partir des deux précédentes approches et leurs atouts et leurs complémentarités. Cette approche intègre ces principaux éléments (i) scénarios transitoires représentant l'incertitude et leur évolution avec le temps, (ii) des actions qui permettent de gérer les vulnérabilités et saisir les opportunités, (iii) des trajectoires d'adaptations qui représentent les séquences d'actions prometteuses, et (iv) un système de suivi (monitoring) assorti d'actions de contingence permettant de rester sur la trajectoire préférée. Les étapes successives sont présentées dans l'illustration 5.

La première étape d'état des lieux et de définitions des incertitudes et des objectifs consiste à définir ce qu'est le succès ou l'indicateur de performance afin d'évaluer le plan et d'estimer les points critiques des actions. Ensuite les vulnérabilités et opportunités sont étudiées à partir des scénarios d'incertitude (étape 2), puis des actions identifiées (ou ensemble d'actions) (étape 3) qui sont à leur tour évaluées et leur seuil critique estimé (étape 4). La cinquième étape consiste à établir les trajectoires, en considérant par exemple l'ensemble des possibles puis à ne conserver que celles qui sont acceptables du point de vue de la définition de la performance/succès. On peut aussi définir des critères fondamentaux tels que l'urgence des actions, la sévérité des impacts, l'incertitude associée ou la flexibilité qui permettront de définir des trajectoires préférées. L'étape suivante (6) consiste à sélectionner un nombre gérable de trajectoires préférées selon une perspective définie qui peuvent s'avérer être aussi des trajectoires socialement robustes. Cet ensemble de trajectoires formera la base du plan dynamique adaptatif. La septième étape consiste à accroître la robustesse du plan en identifiant des mesures de contingence qui permettront de garantir le succès du plan. Sont associées à ces mesures un système de suivi et des événements déclencheurs qui définiront quand ces actions doivent être prises. L'avant dernière étape avant la mise en œuvre et le suivi consiste à synthétiser le plan en indiquant quelles sont les actions qui doivent être mises en place immédiatement, celles qui doivent être mises en place pour garder des options ouvertes et illustrant les trajectoires préférées.

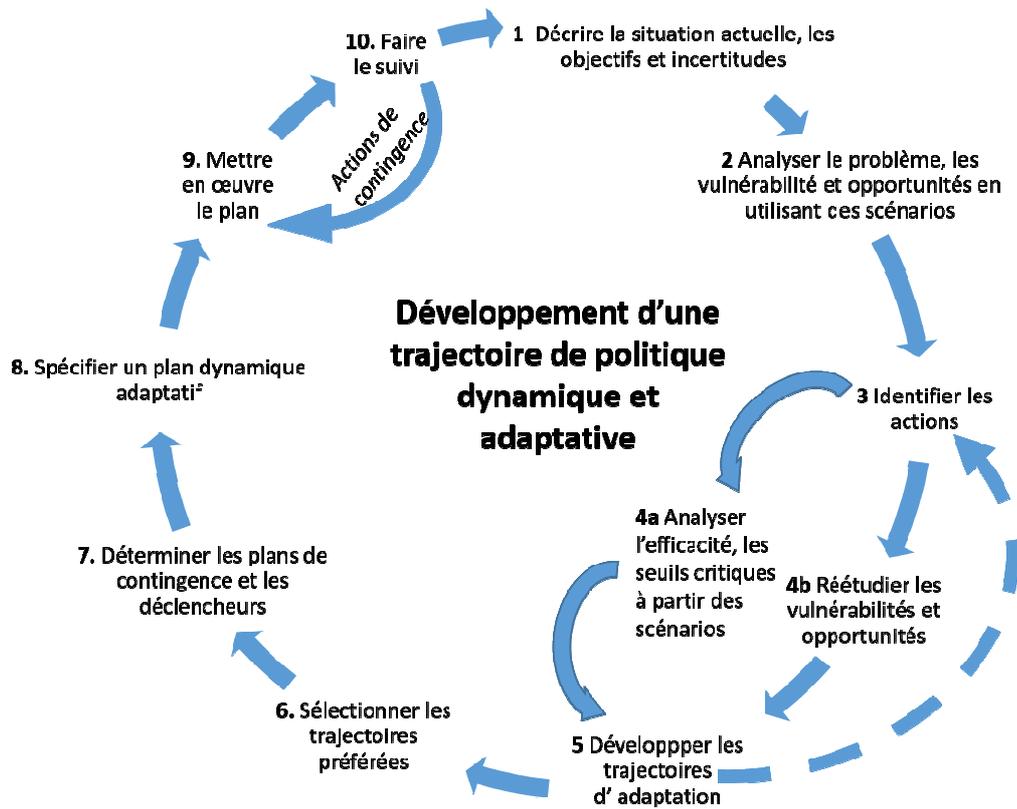


Illustration 5 : L'approche des trajectoires de politiques dynamiques et adaptatives « Dynamic adaptive policy pathways ». Traduit de Haasnoot et al. 2013

**Encadré 2 : Application de la méthode TPDA dans le delta du Rhin (Haasnoot, 2013) :**

La méthode est appliquée à la gestion de la zone de IJsselmeer située dans le delta du Rhin. Le programme du Delta a pour objectif de répondre aux défis posés par le changement climatique et la montée du niveau des mers, en prenant en compte les incertitudes climatiques, d'évolution de la population, de l'économie et de la société.

L'objectif de ce plan est le suivant : « *le plan sera un succès si aucune inondation n'a lieu et s'il y a assez d'eau douce disponible pour les 100 prochaines années. La fréquence des pénuries d'eau devra être au maximum similaire à la situation actuelle c'est-à-dire tous les 10 ans* ».

Le système de gestion de l'eau de la zone IJsselmeer est le suivant. Le Rhin se divise en 3 branches dont l'IJssel. L'IJssel approvisionne les lacs IJsselmeer et Markermeer en eau douce. Ces deux lacs sont les principales réserves en eau douce de la zone pour les différentes utilisations : agriculture, eau potable et industrie. Un système de digue permet également d'éviter les risques d'inondations. La méthode TPDA a été appliquée en considérant deux scénarios climatiques avec une augmentation de 1°C (Scénario Crowd) ou 2° C (Scénario Warm) et des évolutions de populations associées.

Les stratégies/actions envisagées sont de différentes natures. Pour la gestion du risque inondation, deux alternatives existent : augmenter le niveau des digues afin d'augmenter le niveau d'eau dans les lacs et pouvoir évacuer l'eau en mer de façon gravitaire en cas d'inondation ou maintenir le niveau d'eau mais mettre en place un système de pompage permettant d'évacuer l'eau. Pour l'approvisionnement en eau, plusieurs options sont possibles : augmenter le niveau des lacs au printemps pour avoir plus de stockage et pouvoir assurer les besoins en eau en période sèche ou diminuer le niveau des lacs en période sèche à des niveaux plus faibles qu'actuellement. Il est également possible de diminuer la consommation d'eau en adoptant des variétés adaptées à la sécheresse et à la salinité, d'améliorer l'efficacité de la gestion de l'eau ou d'augmenter l'eau disponible dans la rivière IJssel en période sèche. Les mesures pour la gestion du risque inondation et les mesures pour l'approvisionnement en eau sont évidemment liées. En effet, l'augmentation du niveau des digues pour le risque inondation permettrait d'augmenter la capacité de stockage.

Pour la mise en place des trajectoires de politiques possibles, des modèles et des consultations d'experts sont réalisés pour déterminer les dates (seuils) à partir desquels les actions ne peuvent plus remplir l'objectif fixé en fonction des scénarios. L'illustration 6 montre les trajectoires d'adaptation obtenues uniquement pour les solutions liées à l'approvisionnement d'eau. Certaines trajectoires sont grisées car considérées illogiques. Par exemple, augmenter d'emblée de 1.1m le niveau du lac serait très coûteux, il n'est pas sûr que cela soit nécessaire dans le futur (incertitude climatique) et il sera toujours possible de le faire dans le futur si nécessaire. Certaines actions peuvent affecter le seuil d'efficacité d'une autre action dans ce cas la ligne est doublée. Par exemple, augmenter le niveau du lac sans changer les infrastructures améliore la durée de l'efficacité de l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau.

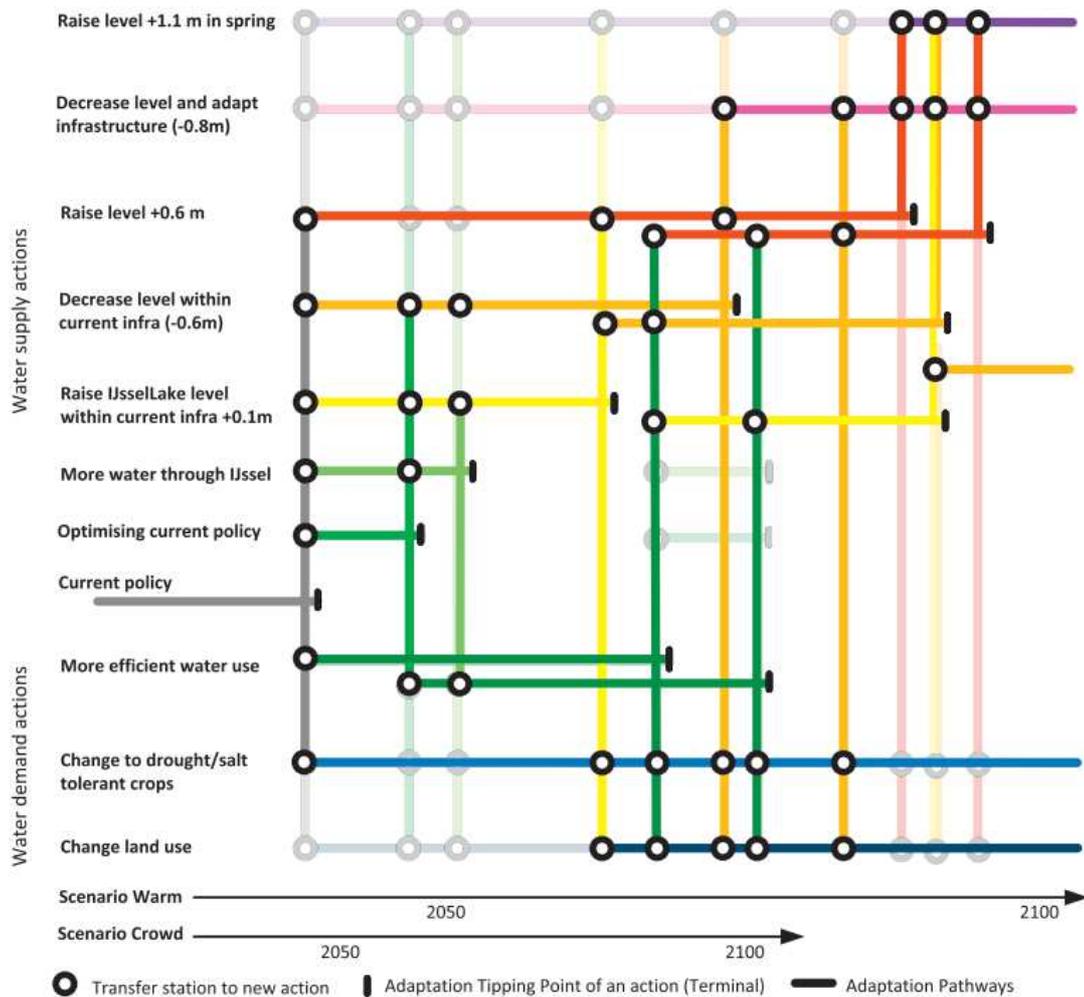


Illustration 6 : Trajectoires d'adaptation pour l'approvisionnement en eau de la région d'IJsselmeer (Hasnoot et al. 2013)

On voit que différentes trajectoires sont possibles. L'arbitrage entre ces différentes trajectoires peut être fait soit en fonction de considérations purement économiques soit en fonction des préférences des acteurs impliqués dans la prise de décision. Il est possible d'identifier des trajectoires qui peuvent être consensuelles dans le court terme comme par exemple améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau et augmenter faiblement le niveau de stockage du lac. Cette trajectoire peut être efficace jusqu'à 2100 dans le scénario « Crowd ». Par contre dans le scénario « Warm », il faudra décider vers 2060 entre plusieurs trajectoires moins consensuelles, comme par exemple bifurquer vers un changement radical de l'agriculture ou une augmentation forte de la capacité des infrastructures à stocker de l'eau. La méthode permet d'identifier ce point de bifurcation qui peut faire l'objet de débats entre les parties prenantes.

Sur la base de ces trajectoires la planification dynamique suivante est proposée. L'augmentation du niveau dans les lacs est la solution préférée en terme de sécurisation vis-à-vis des inondations toutefois cette option n'est pas nécessaire avant 2080. Afin de garder cette option ouverte, des mesures d'aménagement du territoire peuvent toutefois être réalisées. Les actions initiales peuvent se concentrer sur l'introduction de flexibilité dans les niveaux d'eau (niveaux d'eau plus faibles) et avoir une utilisation plus efficace de l'eau. Pour garder les autres options ouvertes, il est recommandé au gouvernement d'investir dans la recherche et le développement de cultures résistantes à la sécheresse et à la salinité. Le plan prévoit également de se saisir d'opportunités éventuelles tels que des plans de maintenance importants sur les digues qui pourraient être une occasion de les rehausser à plus faible coût.

Une des forces de cette méthode est qu'elle incite les décideurs à réfléchir à l'adaptation dans le temps de leurs plans et de déterminer les actions qui doivent être prises pour maintenir des options d'actions ouvertes et les décisions qui peuvent être repoussées. Les changements inévitables et les incertitudes associées sont incorporés dans la planification et ne font pas l'objet d'une adaptation ad-hoc répétée au cours du temps. La représentation par les chemins est également une bonne base pour stimuler les débats entre les acteurs impliqués dans la prise de décision. Il est toutefois à noter que cette approche peine à incorporer les analyses économiques de façon structurée pour le choix des trajectoires préférées. Il est également difficile d'analyser l'effet d'un programme comprenant une multiplicité d'actions.

### **3.3.3 Bilan sur les méthodes quantitatives d'aide à la décision en situation d'incertitude**

Bien qu'ayant globalement le même objectif et la même philosophie plaçant l'incertitude au centre de leur processus de définition d'un plan et l'adaptation comme source de flexibilité indispensable, les deux approches TPDA et PDR diffèrent significativement. La PDR insiste sur le processus de la recherche de ce que sont des stratégies robustes à un instant  $t$  en s'appuyant sur la modélisation de l'effet d'un grand nombre scénarios sur la performance de ces stratégies. La TPDA insiste davantage sur la mise en place de stratégies dynamiques en détaillant notamment l'importance des seuils critiques à partir duquel une action n'est plus valide. Elle propose également de différer les décisions dont l'efficacité est trop incertaine. L'approche adaptative veut que le processus de planification lui-même soit souple et réévalué régulièrement afin de s'adapter aux nouvelles évolutions et permettre aux plans ou programmes de s'ajuster au fur et à mesure du temps.

Concrètement les deux approches sont exigeantes du point de vue informatique si on veut les mettre en œuvre avec de nombreux scénarios d'incertitudes ou de nombreuses actions alternatives. La complexité est encore plus importante dans les approches de TPDA qui visent à une optimisation des trajectoires où il faut avoir recours à des algorithmes complexes de recherches de solutions parmi de très nombreuses alternatives. Elle est illustrée par exemple par Kwakkel et al. (2015) qui utilise un algorithme complexe pour identifier des trajectoires dans un contexte d'optimisation multi-objectifs robuste (coûts, conséquences – accidents humains - et dommages) pour la problématique de l'élévation du niveau de la mer. Cette complexité est une limite à l'application opérationnelle de ces approches à des cas d'étude concrets. Cependant les concepts et propositions méthodologiques peuvent être utilisés dans des processus de planification ou d'élaboration de politiques qui peuvent ne pas avoir recours à des développements informatiques et quantitatifs poussés mais s'inspirer de ces concepts au moins de manière qualitative.

Il est à noter que nous ne fournissons qu'un aperçu de la diversité des méthodologies existantes pour l'analyse de la robustesse des plans d'action. Le projet EconAdapt a réalisé un inventaire des méthodologies existantes et des conditions dans lesquelles elles peuvent être mises en œuvre (<https://econadapt-toolbox.eu/methods>) .

## 4 Résultats de l'atelier incertitudes et politiques de l'eau

L'atelier « Incertitudes et robustesse des politiques de l'eau - Partage d'expériences et apports méthodologiques » a été organisé le 7 décembre 2018 au siège de l'AFB de 9h30 à 17h. Les objectifs de l'atelier étaient les suivants :

- Mettre en évidence l'importance de la prise en compte des incertitudes dans la gestion de l'eau,
- Partager des expériences entre acteurs de l'eau sur la prise en compte de ces incertitudes,
- Présenter des méthodologies permettant de prendre des décisions robustes.

Le planning de l'atelier est présenté en annexe 2. Nous présentons ci-dessous les principaux résultats des débats de la journée. Certains points évoqués dans l'atelier ont déjà été mis en avant dans le rapport et ne sont pas répétés ici (Point saillants des présentations de D. Lepercq (CACG), F. Goulard (AEAG) et M. Assens)

Les incertitudes sont largement présentes dans la planification des politiques de l'eau. Au cours de l'atelier, les incertitudes liées aux changements climatiques ont été abordées. Les changements climatiques sont pressentis comme ayant un impact important sur les besoins et les ressources en eau dans le futur mais avec une incertitude très forte. Il est donc nécessaire d'investir pour la réduire par i) le maintien des réseaux d'observation hydrologiques et météorologiques et l'amélioration de la disponibilité des données, ii) l'amélioration des modèles climatiques et hydrologiques et iii) une meilleure intégration de ces modèles.

Les échanges ont mis en avant la nécessité d'un changement de paradigme sur la prise en compte des incertitudes dans la planification des politiques de l'eau. Les méthodes de prospective participative sont aujourd'hui le principal moyen d'appréhender l'incertitude, par la formulation de scénarios qui encadrent plus ou moins la variabilité attendue. Ces scénarios n'ont cependant pas pour objectif unique/principal d'appréhender les sources d'incertitude, ils servent notamment à faire émerger des visions politiques vers un futur idéal vers lequel se projeter ce qui peut nuire à une prise en compte objective des incertitudes. Il est donc nécessaire d'avoir recours à des méthodes plus complètes et structurées permettant de tenir compte des incertitudes tout au long du processus décisionnel.

Les gestionnaires de l'eau ont insisté sur les difficultés liées à la communication sur les incertitudes auprès des décideurs publics. Présenter les incertitudes peut en effet être considéré comme l'aveu d'un manque de connaissances. Il est donc important de réfléchir aux modes de transmission de ces incertitudes auprès des décideurs. Elles ne doivent pas être transmises de façon brute car il s'agirait d'un transfert des questionnements posés par l'incertitude et de la prise de risque de l'expert vers le politique. La présentation des incertitudes devrait en effet être accompagnée d'une expertise forte et d'outils/démarches sur comment la prendre en compte dans la planification de l'eau.

Les méthodes permettant une meilleure prise en compte des incertitudes dans la planification de l'eau ont été discutées.

Une première approche basée sur l'utilisation de la typologie des actions en fonction de leur capacité à gérer les incertitudes est présentée en section 2.4 (Sans-regret, réversible, évolutive, avec marges de sécurité et douces) a été présentée et discutée lors des groupes de travail. L'idée d'utiliser cette typologie pour réaliser un screening des plans d'actions des politiques de l'eau ou comme base pour la formulation de nouveaux plans est perçue très positivement. L'utilisation de cette typologie pourrait notamment représenter une première étape permettant une acculturation des gestionnaires et décideurs sur la nécessité de la formulation de plans d'actions plus robustes. Il est toutefois nécessaire de réaliser un effort pédagogique pour que ces termes soient bien compris par tous.

Le recours aux méthodes plus complexes (TPDA ou PDR) requière un travail de plus longue haleine de la part des partenaires techniques et scientifiques qui appuient les politiques publiques. Les participants ont pu expérimenter dans un groupe de travail les premières étapes de la méthode TPDA. Les participants ont mis en évidence l'intérêt potentiel de ces méthodes mais leur utilisation opérationnelle nécessiterait la mise en place de quelques applications concrètes sur des cas pilotes, sur le territoire français. Ceci permettrait de consolider des retours d'expérience sur l'utilité de ces méthodes et les conditions nécessaires pour qu'elles fonctionnent. Il a toutefois été noté qu'un des obstacles à une meilleure prise en compte des incertitudes de long-terme est que la planification des politiques de l'eau est réalisée à très court terme en France (- de 10 ans). L'horizon temporel fixé par le rythme de planification de la DCE n'est notamment pas compatible avec la prise en compte des enjeux du changement climatique. Il serait donc nécessaire d'augmenter l'horizon temporel de planification afin de pouvoir se confronter aux incertitudes et de mettre en œuvre le cadre stratégique permettant d'y répondre.

## 5 Conclusion

L'action 24 de la convention AFB-BRGM 2016-2018 avait pour objectif de prolonger les réflexions lancées en 2016 et 2017 (dans le cadre de l'action 35 de la précédente convention) sur la prise en compte des incertitudes dans le contexte de gestion de la qualité de l'eau à l'ensemble des sujets de la planification de la gestion de l'eau (gestion quantitative, eau potable, inondations).

Les consultations organisées avec les gestionnaires de l'eau ont permis de faire un état des lieux des incertitudes auxquels ils font face et des stratégies déployées pour leur prise en compte. Les recherches méthodologiques ont également permis de mettre en avant des approches permettant de tenir compte de ces incertitudes de façon plus ou moins sophistiquée.

Si les incertitudes ont toujours été présentes dans la planification de l'eau, celles liées aux évolutions du climat imposent un changement de paradigme dans l'aide à la décision pour la planification de l'eau. Il est notamment nécessaire d'évoluer de la recherche de solutions optimales vers la recherche de solutions robustes aux incertitudes qui peuvent intervenir dans le futur.

Ce document met en avant différentes approches allant d'une approche qualitative à des méthodes quantitatives complexes. Il est possible de se contenter d'approches plus qualitatives incorporant les concepts de prise en compte de l'incertitude lors de la rédaction de documents stratégiques à l'échelle macro tels que les SDAGE. Il est néanmoins recommandé qu'une étude quantitative de la robustesse des actions, s'appuyant sur les méthodes émergentes telles que la PDR soient incorporées dans les cahiers des charges des études réalisées pour la mise en place d'actions irréversibles et d'investissements importants telles que la construction d'infrastructures.

Il est également nécessaire d'adapter l'horizon temporel de la planification de l'eau aux enjeux du changement climatique. Les plans d'adaptation développés par les agences de l'eau ont permis de sensibiliser les acteurs aux effets du changement climatique. Ces plans ne sont toutefois pas légalement opposables et devraient donc être incorporés aux SDAGE pour l'être. L'horizon temporel limité des SDAGE reste néanmoins problématique pour pouvoir formuler des stratégies pertinentes. Il est donc nécessaire d'imaginer la mise en place de documents stratégiques contraignants ayant un horizon temporel adéquats pour l'adaptation et la lutte contre les changements climatiques. C'est par exemple le cas en Californie ou en Grande Bretagne où les plans de gestion des ressources sont développés à l'horizon 25 ans.

Cette évolution devra s'accompagner de la mise en place d'une approche pédagogique et transparente des experts sur le poids des incertitudes dans les études préalables à la planification des politiques de l'eau. Cette incertitude devra être présentée non pas seulement aux étapes préalables de réalisation des études mais tout au long du processus d'évaluation des alternatives de politiques envisagées et de leur mise en œuvre.

## 6 Références

- Antón, J., Kimura, S., Lankoski, J., Cattaneo, A., 2012. A Comparative Study of Risk Management in Agriculture under Climate Change.
- Dessai, S., Hulme, M., Lempert, R., Pielke Jr, R., 2009. Climate prediction: a limit to adaptation, in: *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*. Cambridge University Press Cambridge, pp. 64–78.
- Epstein, L.G., 1999. A Definition of Uncertainty Aversion. *Rev. Econ. Stud.* 66, 579–608.
- Gersonius, B., Ashley, R., Pathirana, A., Zevenbergen, C., 2013. Climate change uncertainty: Building flexibility into water and flood risk infrastructure. *Clim. Change* 116, 411–423.
- Grelot, F., Bailly, J.-S., Blanc, C., Erdlenbruch, K., Meriaux, P., Saint-Geours, N., Tourment, R., 2009. Sensibilité d'une analyse coût-bénéfice: enseignements pour l'évaluation des projets d'atténuation des inondations. *Ingénieries Eau-Agriculture-Territoires* 95–108.
- Haasnoot, M., Kwakkel, J.H., Walker, W.E., ter Maat, J., 2013. Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Glob. Environ. Chang.* 23, 485–498.
- Hallegatte, S., Shah, A., Lempert, R., Brown, C., Gill, S., 2012. Investment Decision Making Under Deep Uncertainty Application to Climate Change (No. 6193), Policy Research Working paper.
- Knight, F., 1921. Risk, uncertainty and profit. *Hart, Schaffner Marx Prize Essays* 31.
- Kwakkel, J.H., Haasnoot, M., Walker, W.E., 2015. Developing dynamic adaptive policy pathways: a computer-assisted approach for developing adaptive strategies for a deeply uncertain world. *Clim. Change* 132, 373–386.
- Lempert, R.J., 2003. *Shaping the next one hundred years: new methods for quantitative, long-term policy analysis*. Rand Corporation.
- Lempert, R.J., Groves, D.G., 2010. Identifying and evaluating robust adaptive policy responses to climate change for water management agencies in the American west. *Technol. Forecast. Soc. Change* 77, 960–974.
- Lempert, R.J., Groves, D.G., Popper, S.W., Bankes, S.C., 2006. A General, Analytic Method for Generating Robust Strategies and Narrative Scenarios. *Manage. Sci.* 52, 514–528.
- Matrosov, E.S., Woods, A.M., Harou, J.J., 2013. Robust Decision Making and Info-Gap Decision Theory for water resource system planning. *J. Hydrol.* 494, 43–58.
- Staw, B.M., 1976. Knee-deep in the big muddy: a study of escalating commitment to a chosen course of action. *Organ. Behav. Hum. Perform.* 16, 27–44.
- Walker, W.E., Harremoës, P., Rotmans, J., van der Sluijs, J.P., van Asselt, M.B.A., Janssen, P.,

von Krauss, M.P.K., 2003. Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support. *Integr. Assess.* 4, 5–17.

Watkiss, P., 2015. Design of Policy-Led Analytical Framework. Deliverable 1.2 of the ECONADAPT Project.



## Annexe 1 : Liste des entretiens réalisés dans le cadre de l'action 24

Nom	Institution
Sarah Feuillette	Agence de l'Eau Seine Normandie
Matthieu Papouin	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC)
Pascal Duchene	Agence de l'Eau Rhin Meuse
Thomas Pelte	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC)
Eve Sivade	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC)
Emmanuel Steinmann	Direction de L'Eau et de la Biodiversité (DEB), Ministère en charge de l'Ecologie
Aurélie Carroget	Direction de L'Eau et de la Biodiversité (DEB), Ministère en charge de l'Ecologie
Françoise Goulard	Agence de l'Eau Adour Garonne
Anne Paul Duboulet	Agence de l'Eau Loire Bretagne
Bruno de Grissac	Syndicat mixte d'étude et de gestion de la ressource en eau du département de la Gironde (SMEGREG)
Sebastien Chazot	BRLi
Christophe Vivier	Syndicat Mixte du Bassin du Fleuve Hérault
Arnaud Vestier	Syndicat Mixte du Bassin du Fleuve Hérault
Daniel Lepercq	Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne
Laurent Rippert	Etablissement Public Territorial de bassin Orb et Libron
Martine Assens	Conseil Départemental des Pyrénées Orientales
Grégoire Isidore	Etablissement Public Territorial de bassin Seine Grands Lacs
Julien Legendre	Société Hydro-Électrique du Midi



## Annexe 2 : Agenda du séminaire Incertitudes et robustesse des politiques de l'eau

Partage d'expériences et apports méthodologiques

Le 7 décembre 2018, 9h30 – 17h

Agence Française pour la Biodiversité (AFB)

### Programme

**Accueil des participants- Café**

**9h30**

**Introduction**

**9h45**

Présentation du séminaire	<i>Julien Gauthey (AFB)</i>
Les incertitudes dans les politiques de l'eau, de quoi s'agit-il?	<i>Philippe Le Coënt (BRGM)</i>
Incertitudes et changement climatique : impact sur les ressources en eau	<i>Jean-Pierre Vergnes (BRGM)</i>

### Les incertitudes dans les politiques de l'eau : partage d'expériences 10h45

Prise en compte des incertitudes dans les plans de bassin d'adaptation au changement climatique	<i>Françoise Goulard (AEAG)</i>
La prise en compte des incertitudes dans les exercices prospectifs de bassin (Adour 2050, Garonne 2050...)	<i>Pierre Strosser (Actéon)</i>
Les incertitudes associées à des projets de retenue : la vision d'un concessionnaire.	<i>Daniel Lepercq (CACG)</i>
Stratégie Départementale de Gestion de la Ressource en Eau en situation d'incertitude.	<i>Martine Assens (CG66)</i>
<b>Débat</b> sur les expériences de prise en compte des incertitudes	

## DEJEUNER 13h00

### Quelles méthodes pour prendre en compte les incertitudes ? 14h1

5

La méthode Dynamic Adaptive Policy Pathways	<i>Christophe Brière (DELTAIRES Hollande)</i>
Aide à la décision pour les investissements de prévention des inondations en situation d'incertitude	<i>Jean-Marc TACNET (IRSTEA)</i>

### Travaux de groupe

15h00

<b>Groupe 1 :</b> Comment engager les élus à une plus grande prise en compte des incertitudes ?
<b>Groupe 2 :</b> Comment mettre en œuvre une planification dynamique permettant de tenir compte des incertitudes ?
<b>Groupe 3 :</b> Actions « sans regret », actions flexibles, actions structurantes : une terminologie utile pour la planification ?
<b>Restitution des groupes</b>

### Conclusions et perspectives 16h30

<b>Conclusion:</b> verrous à lever, propositions d'actions de gestion et de recherche	<i>Jean-Daniel RINAUDO (BRGM) et Julien GAUTHEY (AFB)</i>
---	---

### Fin de la journée 17h00





**Centre scientifique et technique**  
**Direction Eau Environnement et Ecotechnologie**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34  
[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

