

The background of the cover is a complex, abstract pattern of swirling, concentric lines in various shades of green and yellow. The lines are fluid and organic, creating a sense of movement and depth. The colors transition from a deep, dark green in the center to a lighter, almost white-green at the edges, with bright yellow highlights scattered throughout.

Les bases techniques
de la méthode
Inondabilité

Olivier GILARD

Cemagref
EDITIONS

LES BASES TECHNIQUES
DE LA
MÉTHODE *INONDABILITÉ*

Les bases techniques
de la
méthode *Inondabilité*

OLIVIER GILARD

Photographies pages 19, 37, 53, 89, 109, 139 et 159,

O. GILARD, L. GUYONNEAU, J.M. LE BARS, C. NOUALS,

© Cemagref Éditions.

Les bases techniques de la méthode *Inondabilité*, OLIVIER GILARD. © 1998 Cemagref Éditions, 1^{ère} édition. ISBN 2-85362-497-8. Dépôt légal 4^{ème} trimestre 1998. Maquette et mise en page *Maurice Merlin*. Impression Jouve. Vente par correspondance : PUBLI-TRANS, ZI Marinière 2, rue Désir Prévost 91080 BONDOUFLE, tél. : 01 69 10 85 85. Diffusion aux libraires : TEC et DOC, 14 rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex, tél. : 01 47 40 67 00. **Prix : 38 € TTC.**

Avant-propos

La méthode *Inondabilité* résulte d'un travail collectif mené par la division Hydrologie - Hydraulique du Cemagref, groupement de Lyon, depuis de longues années. Initiée il y a une dizaine d'années par Guy Oberlin, développée grâce aux réflexions et aux contributions des différents membres de la division, elle a aussi bénéficié des travaux de nombreux stagiaires encadrés par les membres permanents. Il n'est donc pas possible de citer tous ceux dont la contribution a alimenté le développement de cette méthode et l'on retrouvera par l'intermédiaire de la bibliographie les principales contributions à ce travail.

La rédaction de ce guide a été confiée à Olivier Gilard et a bénéficié de la contribution et/ou de la relecture attentive des autres membres de l'équipe et particulièrement Jean-Baptiste Faure, Nicolas Gendreau, Pierrick Givone, Jean-Michel Gresillon, Éric Herouin, Michel Lang, Guy Oberlin, André Paquier. Qu'ils soient donc remerciés ici de leur investissement pour la réalisation de cet ouvrage collectif.

Tout en étant parfaitement autonome, cet ouvrage a été conçu pour être complémentaire du «Guide pratique de la méthode *Inondabilité*» paru aux éditions Inter-agences de l'eau dans la série «Études-Inter-agences» pour apporter au lecteur désireux d'approfondir les bases théoriques des différentes composantes de la méthode *Inondabilité* des éléments de justification scientifique. Il marque une étape dans la maturité de la méthode qui devrait encore évoluer à l'avenir grâce aux travaux en cours actuellement, en particulier dans les domaines de la socio-économie et de la biologie.

Sommaire

	Pages
Introduction	
Contexte général	11
Articulation avec le <i>Guide pratique</i>	12
Plan de l'ouvrage	14
CHAPITRE 1 - <i>Inondabilité</i> : vue d'ensemble	
Introduction au modèle	19
Exposé de la méthode	22
Tests et simulations d'aménagements	30
CHAPITRE 2 - Les fondements théoriques	
Petit historique	37
Hypothèses, principes et contraintes	40
La difficulté liée aux vitesses	49
CHAPITRE 3 - Hydrologie de l'inondabilité : les modèles QdF	
Définitions et concepts de base	53
Modélisation du régime de crue des bassins versants	65
Les modèles QdF de référence et leur validation locale	71
L'étude hydrologique adaptée à <i>Inondabilité</i>	80
L'utilisation des modèles QdF validés localement	82

CHAPITRE 4 - Des modèles hydrauliques et de leur usage	
Informations historiques et géographiques	89
Modèle monodimensionnel (1D) en réseau maillé et régime transitoire	94
Modèles 1D dégradés	102
Autres modèles 2D et 3D	104
Le problème de la modélisation des vitesses	104
CHAPITRE 5 - Analyse de la vulnérabilité	
Bases théoriques de la vulnérabilité	109
Description de l'occupation des sols	116
Quantification de la vulnérabilité	118
Conclusion sur l'étude de la vulnérabilité	134
CHAPITRE 6 - Topographie et cartographie	
Introduction	139
Données topographiques	142
Choix d'un modèle numérique de terrain	146
Présentation cartographique des résultats	148
Exemples de cartes obtenues	150
CHAPITRE 7 - Conclusion	
La méthode <i>Inondabilité</i> pour comparer des aménagements	159
De la précision des modèles	163
Une base pour les SAGE	164
Rappel de la règle d'or en matière d'aménagement	165
Pistes de recherche à poursuivre	166
Conclusion générale	168

ANNEXES

Bibliographie	175
Compléments bibliographiques	185
Glossaire élargi	193
Table des figures	205
Table des tableaux	206
Table des cartes	207

Introduction

Contexte général

L'aménagement des rivières et de leurs bassins versants est une activité constante de l'homme qui cherche depuis longtemps à maîtriser, autant que faire se peut, les phénomènes naturels de manière à satisfaire initialement ses besoins vitaux et économiques et, aujourd'hui, ludiques et environnementaux ... Jusqu'à récemment, les deux principaux moteurs justifiant ces travaux sur les cours d'eau étaient, d'une part, la mobilisation de la ressource en eau, pour les besoins domestiques ou énergétiques, et, d'autre part, la protection contre les risques d'inondation. Le premier objectif a donné lieu à la création de très nombreux seuils en rivière, par exemple, destinés à alimenter des biefs de dérivation vers des moulins, des zones agricoles, ou la création de barrages etc. Le second objectif a donné lieu à de nombreux travaux de reprofilage, d'approfondissement des lits, d'endiguement, aussi bien dans des zones rurales (à des fins d'assainissement des sols) que dans des zones urbaines (à des fins de protection). On constate que ces deux objectifs de base peuvent sembler à première vue contradictoires puisque les aménagements du premier type ont pour effet de rehausser la ligne d'eau (donc d'augmenter les débordements) et de ralentir l'eau, alors que les seconds ont pour effet d'accélérer le transit de l'eau vers l'aval.

De nouvelles préoccupations apparaissent depuis quelques années :

- émergence dans l'opinion publique d'une demande de plus en plus forte autour des problématiques d'environnement,
- nécessité de préserver une ressource en eau qui se fait rare et qu'il convient de protéger plus efficacement,
- amélioration de la prévention des risques d'inondation, que des événements rares ou exceptionnels ont parfois rappelés brutalement ces dernières années,
- maîtrise des urbanisations en lit majeur de rivière ...

Ces préoccupations, largement partagée comme en témoignent les nouveaux textes législatifs concernant ce sujet (loi sur l'eau de 1992, loi sur l'environnement de 1995), rendent nécessaires l'amélioration des méthodes d'analyse et les procédures d'aménagement des cours d'eau.

Pour répondre à cette question le Cemagref, fort de son expérience en hydrologie des petits bassins versants ruraux, a cherché à développer de nouvelles méthodes pour mettre à disposition de la société les connaissances offertes par ces disciplines scientifiques que sont en particulier l'hydrologie et l'hydraulique, et en faciliter l'utilisation. Des travaux de recherche appliquée sur le

thème de la gestion de la ressource en eau et des risques associés ont été lancés il y a quelques années déjà. Leur objectif était de mettre à disposition du plus grand nombre les acquis scientifiques récents, de manière à fournir aux décideurs, et à la société dans son ensemble, des références objectives permettant une meilleure prise en compte des processus naturels qui sous-tendent le fonctionnement des bassins versants dans les problématiques d'aménagement des cours d'eau ou d'aménagement du territoire.

Pour ce qui concerne plus particulièrement la prise en compte du risque d'inondation, il est vite apparu indispensable de ne pas se contenter du champ de l'hydrologie et de l'hydraulique mais d'intégrer la réflexion dans le contexte socio-économique. La méthode *Inondabilité* a donc été développée pour proposer une méthode de couplage entre la demande sociale explicitée de protection contre les inondations et la connaissance que l'on peut avoir du fonctionnement hydrologique des bassins versants et hydraulique des cours d'eau.

Une fois définis les concepts nécessaires et développées les méthodes qui permettent de les appliquer en réalité, la méthode elle-même a fait l'objet d'un certain nombre d'applications tests en vraie grandeur afin d'en vérifier la pertinence et la faisabilité pratique. Les expériences ayant été concluantes, et l'actualité ayant remis sous le feu des projecteurs le problème des inondations avec malheureusement des catastrophes à répétition depuis 1992, il nous a semblé opportun de mettre cette méthode à disposition de l'ensemble de la communauté technique et de la société. Elle devrait permettre de dépasser certains blocages apparents sur le terrain quand il s'agit d'accompagner le nécessaire développement de telle ou telle collectivité locale sans s'exposer inconsidérément au risque naturel d'inondation.

Ce «transfert technologique» a été initié grâce aux nombreuses publications scientifiques et techniques de la division Hydrologie - Hydraulique utilisant de nombreux supports : revues scientifiques, revues techniques, présence dans les médias lors des récentes catastrophes, participation ou organisation de colloques touchant à ce sujet, intervention dans les groupes de travail intervenant dans ce domaine ... Une cassette vidéo a même été réalisée afin de servir de support de sensibilisation d'un public non spécialisé grâce à l'appui financier et technique du ministère de l'Agriculture à l'occasion des Entretiens du GREF 1995. Il est donc apparu de plus en plus nécessaire de rassembler toute cette information, aujourd'hui dispersée, dans deux manuels de synthèse donnant aux lecteurs toutes les clés pour la compréhension et l'application de cette méthode d'étude du risque d'inondation et de recherche des solutions adaptées en terme d'aménagement (des rivières comme du territoire) : ce guide technique et un guide pratique édité par les agences de l'Eau.

Articulation avec le Guide pratique

Grâce au soutien financier du comité Études Inter-agences de l'Eau, un premier guide pratique de la méthode *Inondabilité* a été conçu et réalisé avec comme objectifs :

- de sensibiliser les responsables (en particulier les élus locaux) au problème,
- de leur montrer qu'il était possible de raisonner les termes du problème d'une manière mieux intégrée que ce qui était fait par le passé,

- de démontrer qu'il était nécessaire, si l'on veut identifier des solutions en même temps que l'on affiche la réalité des problèmes, de travailler à l'échelle adaptée (le bassin versant),
- de mettre en avant la possibilité (voire la nécessité) de concilier des enjeux de ressource en eau en même temps que des enjeux de type «risque»,
- de mettre la méthode elle-même à disposition des techniciens en charge du problème de la manière la plus opérationnelle possible.

Pour ne pas alourdir ce premier document déjà assez complet, il n'a pas paru souhaitable d'y développer tous les fondements théoriques et techniques qui existent derrière l'apparente simplicité de la méthode. Aussi ce *Guide pratique de la méthode Inondabilité* présente-t-il en quatre chapitres les éléments nécessaires à la bonne compréhension de la méthode et à sa mise en oeuvre.

1. Un premier chapitre rappelle le cadre général dans lequel se placent les aménagements de cours d'eau et la gestion du risque d'inondation, ainsi que la place qu'occupe la méthode *Inondabilité* dans cet ensemble. Ce chapitre présente donc des principes très généraux sur le problème de l'aménagement des cours d'eau et de la réflexion menée par l'ensemble de la société sur la gestion des risques en général, et des risques naturels en particulier.

2. Le chapitre deux offre une vue d'ensemble de la démarche proposée par *Inondabilité*. Cette vision permet de comprendre la cohérence globale recherchée et explique comment s'emboîtent les différentes pièces du " puzzle ". Il présente ainsi les objectifs poursuivis par une étude d'inondabilité et l'articulation des différents modèles partiels utilisés. Ce chapitre est largement repris dans le présent guide comme un résumé du Guide pratique qui permet de positionner les différents chapitres plus techniques.

3. Le chapitre trois est consacré à la description détaillée du déroulement d'une étude d'inondabilité. Il permet d'introduire plus en détail les articulations entre les différents sous-modèles et de présenter les contraintes pratiques de mise en oeuvre : données nécessaires, pré-requis d'une étape à l'autre, résultats attendus de chaque phase, sous-produits utilisables dans un autre contexte que l'étude d'inondabilité proprement dite. Au passage on aborde les différentes déclinaisons possibles des concepts d'inondabilité à diverses échelles et degré de précision, en fonction des spécificités locales et des objectifs poursuivis.

4. Le chapitre quatre dresse le bilan de l'expérience acquise et donne des illustrations concrètes des outils à mettre en oeuvre et des résultats attendus. On y trouve des éléments concrets qui mettent en évidence à la fois les spécificités de chaque cas particulier et le caractère «universel» de la méthode.

Une dernière conclusion permet d'ouvrir la démarche d'inondabilité et les pistes de réflexion sur lesquelles le Cemagref travaille actuellement pour améliorer et compléter la démarche engagée avec une approche de type inondabilité.

Ce guide pratique, est édité par l'agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, mandatée par le groupe Études Inter-agences et il est disponible auprès d'elle. Ce présent guide technique se veut un complément utile permettant d'entrer plus complètement dans les aspects théoriques et techniques qui sous-tendent ces modélisations.

Plan de l'ouvrage.

L'objectif de ce guide technique est de compléter le guide pratique en présentant plus en détail les fondements scientifiques de la démarche et les aspects techniques de sa mise en oeuvre. Il permet de présenter en les justifiant et en les validant les différents modèles élémentaires qui sont nécessaires pour réaliser une étude d'inondabilité et devrait permettre au lecteur intéressé de connaître tous les détails techniques nécessaires à une parfaite compréhension de la méthode. Bien entendu, il est d'une lecture plus ardue que le précédent et n'y reprend pas tous les points abordés.

- Un premier chapitre présente l'architecture générale d'une étude d'inondabilité, ses tenants et aboutissants et les différentes «briques» qui en constituent l'édifice. Il reprend très largement le chapitre 2 du Guide pratique.

- Un second chapitre présente les fondements théoriques généraux de la méthode *Inondabilité* et les hypothèses de travail qui la sous-tendent. Certaines de ces hypothèses ne sont pas démontrées théoriquement et leur mise en cause peut invalider localement l'utilisation de la méthode *Inondabilité*. Mais pour l'essentiel la majeure partie des tests effectués n'ont pas permis de remettre en cause ces hypothèses de départ.

- Un troisième chapitre présente les bases théoriques des modèles de synthèse en hydrologie utilisés dans le cadre d'*Inondabilité* : les modèles débit-durée-fréquence ou QdF. Quelques rappels sur les variables élémentaires utilisés dans les statistiques hydrologiques et sur les concepts dérivés de la méthode du GRADEX permettent au lecteur d'assimiler la philosophie de ces modèles. Une présentation de leur validation dans le contexte français et européen met en évidence leur pertinence. Les produits dérivés et leurs utilisations possibles sont présentés dans un dernier paragraphe.

- Le chapitre quatre est consacré plus particulièrement aux aspects hydrauliques et à l'utilisation des modèles numériques qui permettent à partir des débits entrant dans le système de calculer des niveaux atteints par l'eau. Leurs limites de validité sont exposées le plus clairement possible ainsi que les conditions de leur utilisation optimale. On verra une fois encore que si les hypothèses de base sont vérifiées dans la grande majorité des cas, peuvent apparaître certaines configurations particulières qui les invalident et qui rendent caduques l'utilisation des modèles numériques.

- Le chapitre cinq aborde les aspects socio-économiques qui permettent de quantifier la vulnérabilité. Une fois encore le modèle partiel qui permet de passer d'une réalité complexe (la perception sociale du risque d'inondation) à une variable spatialisée et quantifiée suppose un certain nombre d'hypothèses et se traduit par une certaine simplification pour ne plus manipuler qu'une grandeur mathématique plus facilement utilisée par les modèles. Une critique de cette approche sera tentée afin de définir les pistes de recherches à poursuivre particulièrement dans ce domaine.

- Le chapitre six traite de la représentation cartographique qui permet de traduire les résultats précédents sous une forme plus facilement compréhensible par les décideurs à qui sont destinés les résultats d'une étude d'inondabilité. On se rend compte des interactions existant entre la modélisation hydraulique traitée au chapitre trois et la représentation cartographique des résultats qui nécessitent une cohérence d'ensemble, en particulier dans le partage des informations topographiques par le

modèle hydraulique et le modèle cartographique. Cela est d'autant plus nécessaire que l'on vise une cartographie dynamique et facile à actualiser, seul moyen de mettre réellement à disposition des utilisateurs les résultats d'une étude d'inondabilité.

- Une conclusion présentée au chapitre sept permet de définir les travaux à poursuivre pour donner encore plus de force et de pertinence à la méthode, étant assuré qu'en l'état, elle permet d'obtenir des résultats opérationnels tout à fait intéressants comme le montrent les exemples d'application exposés dans le Guide pratique de la méthode déjà paru.

CHAPITRE 1

Inondabilité : vue d'ensemble



