



**INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS  
COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN**

**Annonce et prévision des crues dans le bassin du Rhin  
Etat actuel et propositions d'amélioration**



**INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS  
COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN**

**Annonce et prévision des crues dans le bassin du Rhin  
Etat actuel et propositions d'amélioration**

## Table des matières

	Page
<b>Résumé et conclusions</b> .....	3
<b>1 Introduction</b> .....	6
<b>2 Les centres d'annonce et de prévision des crues dans le bassin du Rhin</b> .	7
2.1 Evaluation des rapports de crue à l'exemple des crues de 1995 .	7
2.2 Les centres d'annonce dans le bassin du Rhin .....	7
<b>3 Prévisions de crue à long terme</b> .....	10
3.1 Introduction .....	10
3.2 Comment étendre le temps de prévision .....	11
<b>4 Lacunes existantes</b> .....	12
<b>5 Mesures déjà engagées</b> .....	14
5.1 Soutien des services météorologiques .....	14
<b>6 Actions à engager</b> .....	16
6.1 Echange de données .....	16
6.2 Modèles de prévision des crues .....	17
6.3 Bulletins de crue .....	20
6.4 Accord international .....	21
<b>7 Coûts</b> .....	21
<b>Annexe 1 Centres d'annonce et de prévision des crues dans le bassin du Rhin</b>	
<b>Carte 1 Centres d'annonce et de prévision dans le bassin du Rhin</b>	
<b>Carte 2 Centres suprarégionaux d'annonce et de prévision et échelles sélectionnées sur le Rhin</b>	
<b>Carte 3 Centres régionaux d'annonce et de prévision et échelles sélectionnées sur le Rhin</b>	
<b>Carte 4 Centres d'annonce et de prévision et échelles sélectionnées dans le bassin de la Moselle</b>	

## Résumé et conclusions

Réagissant aux inondations de grande ampleur survenues dans le bassin du Rhin en 1993 et 1995, les ministres de l'Environnement de la Communauté européenne compétents pour le Rhin et la Meuse ont chargé la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) d'établir un plan d'action contre les inondations dans le bassin du Rhin. Partant d'un inventaire des services d'annonce et de prévision des crues, le présent document expose ci-après quelques éléments du plan d'action, à savoir les moyens d'optimiser et de connecter les services d'annonce des crues et d'améliorer les prévisions à long terme.

Une évaluation des activités de six centres d'annonce et de prévision des crues le long du Rhin a montré, à l'exemple de la seconde crue, qu'entre le 24.1.1995 et le 1.2.1995 ceux-ci avaient réagi à la situation de crue en temps requis, assurant un service efficace dans tous les domaines concernés. Autorités compétentes, médias et populations ont été régulièrement informés par le biais de bulletins et de prévisions. En règle générale, les médias ont diffusé ces informations de manière fidèle et détaillée. Les centres se sont contactés en temps utile et ont continué à s'informer régulièrement.

Dans l'état actuel de développement des méthodes de prévision appliquées, on est en mesure d'émettre une prévision de crue relativement précise sur 12 heures pour le haut Rhin, sur 24 heures pour le Rhin supérieur, le Rhin moyen et le Rhin inférieur et sur 48 heures dans le delta du Rhin (à partir de Lobith). Lors de la crue de 1995, la qualité des prévisions a correspondu à ces attentes. Les prévisions restent cependant imprécises dès lors qu'elles s'étendent sur de plus longues périodes.

Il est dit dans les recommandations stratégiques pour le plan d'action contre les inondations de la CIPR que tout prolongement de temps obtenu grâce à une alerte précoce est bénéfique en cela qu'il permet d'engager à temps les mesures d'évacuation des populations et du bétail et de réduire les dommages matériels.

Si l'on souhaite prolonger le temps de prévision en situation de crue, il convient de satisfaire aux conditions de base suivantes:

- disposer de mesures de précipitations, représentatives de la superficie considérée et en densité suffisante dans le temps et dans l'espace, d'une part à l'aide de stations pluviométriques automatiques et d'autre part à l'aide de radars météorologiques;
- utiliser les prévisions quantitatives de précipitations des services météorologiques;
- transmettre rapidement les données mesurées et les prévisions hydrologiques et météorologiques à tous les centres d'annonce des crues compétents;

- adapter en continu les modèles hydrologiques de prévision appropriés pour les affluents du Rhin et pour le Rhin lui-même et en élaborer de nouveaux en fonction de l'évolution des connaissances scientifiques et techniques.

Dans certains bassins fluviaux, ces conditions de base existent déjà en partie, dans d'autres elles sont en cours de réalisation. Elles doivent cependant encore être mises en place dans de nombreuses régions, notamment pour le bassin du Rhin dans son ensemble. C'est pourquoi les mesures suivantes sont proposées:

- établissement et mise en service d'un réseau de communication pour l'échange des données et des prévisions hydrologiques et météorologiques nécessaires entre les centres dans le bassin du Rhin et les services météorologiques et hydrologiques correspondants;
- possibilité pour tous les centres d'accéder aux données actuelles des réseaux de radars météorologiques dans le bassin du Rhin et ses zones limitrophes. Par ailleurs, extension des réseaux de mesure des précipitations pour obtenir un meilleur recensement représentatif des précipitations dans les bassins versants;
- perfectionnement et application des modèles de prévision hydrologiques nécessaires pour le Rhin et ses affluents;
- mise au point d'une terminologie uniformisée pour la rédaction des bulletins de crue;
- incorporation des points susmentionnés dans un accord international de la CIPR afin d'assurer l'échange de données et de prévisions hydrologiques et météorologiques entre les Etats membres et de promouvoir la coopération et la concertation entre les centres d'annonce et de prévision des crues;

Les coûts liés à la réalisation des mesures proposées pour améliorer le service d'annonce des crues et les prévisions de débit à long terme pour le Rhin sont à supporter une seule fois et sont estimés approximativement à 16 - 22 millions de DM. Les frais d'exploitation qui viendraient s'y ajouter par rapport à la situation actuelle sont estimés à environ 500.000,- DM par an. Ces sommes n'incluent pas les dépenses que doivent engager les services météorologiques pour étendre les réseaux de mesure et améliorer les méthodes de prévision.

La prolongation du temps de prévision a cependant ses limites: s'il est vrai que les informations fournies par le *réseau international de radars météorologiques* constituent une aide essentielle dans l'estimation de l'évolution des précipitations et par conséquent des crues, il n'est et ne sera possible ni aujourd'hui ni au cours des prochaines années de procéder au recensement opérationnel quantitatif des précipitations à l'aide de radars. Les efforts de recherche doivent donc être intensifiés pour améliorer la quantification des précipitations à l'aide des radars. Les *prévisions météorologiques des précipitations* nécessaires se limitent pour l'instant à une prévision à 48 heures, et il en restera ainsi dans les années à venir. Ces prévisions sont encore relativement imprécises sur de plus longues périodes.

On peut donc en conclure qu'au cours des prochaines années des prévisions de crues de haute qualité se limiteront vraisemblablement aux échéances suivantes: 24 h à 36 h sur le haut Rhin, 36 h à 48 h sur le Rhin supérieur, le Rhin moyen et le Rhin inférieur et 3 à 4 jours dans le delta du Rhin. Par ailleurs, des estimations fondées sur des scénarios pourraient être fournies pour 12 h à 36 h supplémentaires.

Un inventaire détaillé de l'organisation et des activités actuelles des services d'annonce et de prévision des crues dans le bassin du Rhin est à la base de l'analyse de la situation actuelle. Sur les 185.000 km<sup>2</sup> que couvre le bassin du Rhin, les tâches des services d'annonce et de prévision des crues sont réparties entre centres régionaux et suprarégionaux. Les 18 services régionaux se consacrent en priorité aux services d'annonce dans les bassins des affluents du Rhin alors que les 7 centres suprarégionaux assurent notamment la surveillance des crues sur le Rhin même. Leurs structures correspondent aux structures politiques des 5 Etats membres de la CIPR. Le contact entre les centres est garanti par des accords réciproques.

L'analyse de l'inventaire a montré que l'organisation décentralisée des centres était la mieux adaptée pour informer promptement et largement les autorités publiques locales intéressées et l'opinion publique. Dans les bassins des affluents, les crues peuvent survenir très brusquement. En outre, les conditions locales varient fortement d'une région à l'autre. Les connaissances régionales des spécialistes sur le terrain sont donc indispensables. Sur le Rhin même, les responsabilités sont réparties, selon les conditions en présence, entre les services compétents pour les différents tronçons, depuis le haut Rhin, à caractère alpin, jusqu'au Rhin inférieur. Eu égard au souhait de prolonger les prévisions de crue, il convient ici d'améliorer la communication des données, d'homogénéiser les méthodes de prévision des crues et de mieux coordonner les bulletins de crue entre eux.



## 1. Introduction

Réagissant aux inondations de grande ampleur survenues dans le bassin du Rhin en 1993 et 1995, les ministres de l'Environnement de la Communauté européenne compétents pour le Rhin et la Meuse ont chargé la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) d'établir un plan d'action contre les inondations dans le bassin du Rhin. Partant d'un inventaire des services d'annonce et de prévision des crues, le présent document expose ci-après quelques éléments du plan d'action, à savoir les moyens d'optimiser et de connecter les services d'annonce des crues et d'améliorer les prévisions à long terme.

La figure 1 montre à l'exemple de la deuxième crue, celle survenue en janvier/février 1995, comment se forme une onde de crue sur le Rhin et quel est son déroulement dans le temps. La pointe de l'onde de crue a été observée à Rheinfelden à minuit le 25 janvier 1995 avec un débit de 3.550 m<sup>3</sup>/s. L'onde est arrivée à l'échelle de Maxau environ 22 heures plus tard, le débit étant passé entre-temps à 4.080 m<sup>3</sup>/s. Env. 65 heures plus tard, l'onde a atteint Kaub avec un débit de 6.400 m<sup>3</sup>/s et Cologne 31 heures plus tard, le débit était alors de 10.940 m<sup>3</sup>/s. L'onde de crue a finalement rejoint la station néerlandaise de Lobith dans la soirée du 31 janvier avec un débit de 12.000 m<sup>3</sup>/s; elle a donc mis 6 jours entre Rheinfelden et Lobith, se déplaçant vers l'aval à une vitesse de 5 km/h en moyenne.

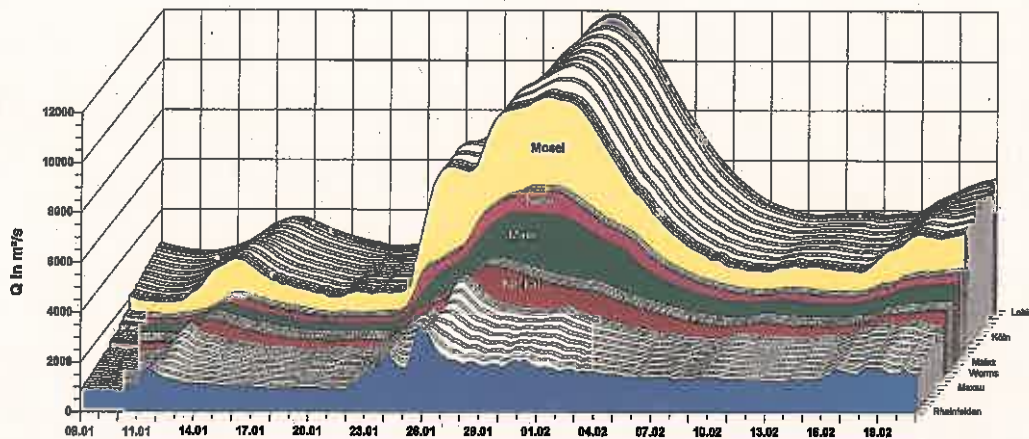


Figure 1: onde de crue du Rhin en janvier 1995

## **2. Les centres d'annonce et de prévision des crues dans le bassin du Rhin**

### **2.1 Evaluation des rapports de crue à l'exemple des crues de 1995**

Une évaluation des activités de six centres d'annonce et de prévision des crues le long du Rhin a montré, à l'exemple de la seconde crue, qu'entre le 24.1.1995 et le 1.2.1995 ceux-ci avaient réagi à la situation de crue en temps requis, assurant un service efficace dans tous les domaines concernés. Autorités compétentes, médias et populations ont été régulièrement informés par le biais de bulletins et de prévisions. En règle générale, les médias ont diffusé ces informations de manière fidèle et détaillée. Les centres se sont contactés en temps utile et ont continué à s'informer régulièrement. Dans certains cas, les informations ont été contradictoires, en particulier lorsqu'elles n'ont pas été transmises directement.

Dans l'état actuel de développement des méthodes de prévision appliquées, on est en mesure d'émettre une prévision de crue relativement précise sur 12 heures pour le haut Rhin, sur 24 heures pour le Rhin supérieur, le Rhin moyen et le Rhin inférieur et sur 48 heures dans le delta du Rhin (à partir de Lobith). Lors de la crue de 1995, la qualité des prévisions a correspondu à ces attentes.

Les activités des centres d'annonce et de prévision des crues reposent partout sur des bases légales. Dans de nombreux bassins, des règlements sur l'annonce des crues fixent en détail les conditions de fonctionnement des services d'annonce des crues. La nature des annonces, leur diffusion et les moyens de transmission sont souvent définis avec précision. La plupart du temps, ce sont les conditions hydrologiques sur le terrain qui dictent le début et la fin du service d'annonce des crues. La fréquence des annonces et leur forme, tout comme les moyens de diffusion, sont de nature très diverse.

### **2.2 Les centres d'annonce dans le bassin du Rhin**

#### *Structure du bassin du Rhin*

Avec une superficie d'environ 185.000 km<sup>2</sup>, le bassin du Rhin ne compte pas parmi les plus grands bassins fluviaux en Europe. Toutefois, neuf Etats, dont 4 plus particulièrement, se partagent le bassin, à savoir l'Italie, l'Autriche, le Liechtenstein, la Suisse, l'Allemagne, la France, la Belgique, le Luxembourg et les Pays-Bas. Par ailleurs, il est important au niveau politique de constater que, dans la plupart de ces Etats, des unités administratives comme les cantons, les Länder fédéraux jouent un rôle législatif important dans le cadre de la protection contre les inondations et, par là même, dans les services d'annonce et de prévision des crues. Dans le bassin du Rhin, il s'agit notamment de 6 Länder fédéraux allemands.

Le Rhin reliant les Alpes à la mer du Nord, certaines parties de son bassin versant se trouvent dans les Alpes, dans les régions préalpines, dans les massifs moyens



ainsi que dans la plaine du nord-ouest allemand et dans la plaine néerlandaise. Du point de vue morphologique le cours du fleuve, d'une longueur de 1320 km, peut être subdivisé en 6 tronçons. Ces tronçons ont un comportement hydrologique très différent.

Parmi les 9 affluents du Rhin avec des bassins versants dépassant 4.000 km<sup>2</sup>, l'Aare, l'Ill, le Neckar, le Main, la Nahe, la Lahn, la Moselle, la Ruhr et la Lippe sont les plus importants. Ils sont à leur tour caractérisés par leur morphologie, leurs conditions climatologiques et leur régime hydrologique. En aval, le Rhin se subdivise en trois bras aux Pays-Bas. Dans ces tronçons, les conditions hydrologiques du Rhin sont influencées non seulement par les variations de débit dans le fleuve même, mais également par les marées de la mer du Nord et par le vent soufflant sur la mer du Nord et l'IJsselmeer.

#### *Structure des centres d'annonce et de prévision des crues*

25 centres au total travaillent sur le Rhin et ses nombreux affluents (cf. tableau et cartes en annexe). Ils sont répartis dans les différents Etats membres de la CIPR comme suit: 1 en Suisse, 6 en France, 12 en Allemagne, 2 au Luxembourg et 4 aux Pays-Bas.

#### *Contacts entretenus entre les centres*

Les connexions et les contacts entre les différents centres se sont noués au cours des années, le plus souvent sur une base bilatérale et en fonction des besoins. Certains de ces contacts sont fixés dans des contrats, d'autres sont plus informels. Les voies d'information suivent, de par nature, les bassins fluviaux de l'amont vers l'aval (cf. figure 2). Les centres échangent des annonces et des prévisions de crues et en partie également des données mesurées.



### 3. Prévisions de crue à long terme

#### 3.1 Introduction

Parmi les 10 principes énoncés dans le document "Constat et stratégie pour le Plan d'action contre les inondations" publié par la CIPR en décembre 1995, il est dit sous le titre "Avertir de l'arrivée d'une crue":

"Avertir de l'arrivée d'une crue, c'est viser en premier lieu à sauver des vies humaines et à préserver le bétail, puisqu'il est alors possible d'engager à temps les mesures d'évacuation nécessaires. Il convient en outre de mieux mettre à profit le temps ainsi disponible pour réduire plus encore les dommages matériels dus aux inondations. Tout prolongement de temps obtenu grâce à une alerte précoce est donc bénéfique; les progrès techniques sont à utiliser dans ce sens. Les mesures réalisables sont à mettre en oeuvre sans délai."

En effet, les expériences ont montré que bien que la crue de 1995 ait été d'ampleur comparable à celle de 1993, les dommages avaient été bien inférieurs en 1995. Ceci peut être dû aux leçons tirées de la crue de 1993, mais certainement également à l'information précoce des populations sur les débits de pointe attendus, ce qui prouve que les prévisions de crue à long terme sont un outil précieux pour limiter les dommages dus aux inondations et qu'il convient d'accélérer leur développement.

Le temps de prévision souhaité dépend des mesures à mettre en oeuvre, du temps de planification et de préparation et de la situation sur le terrain. On estime p.ex. pour le Rhin supérieur qu'un délai de 24 heures suffit pour appliquer les mesures prévues pour mettre à l'abri les biens stockés en entrepôts. Aux Pays-Bas, en revanche, l'alerte doit être donnée env. 4 jours auparavant pour permettre de planifier et d'entreprendre l'évacuation d'une partie de la population. Pour mettre en oeuvre les mesures de rétention aux fins de protection contre les inondations, le temps d'écoulement de l'onde de crue entre les espaces de rétention et les objets à protéger doit être pris comme temps d'alerte et par là même comme échéance de la prévision. Au temps de prévision doit encore être ajouté l'intervalle de temps pour lequel doit être estimé si les mesures de rétention ne doivent pas être lancées ultérieurement, à un moment où leur mise en oeuvre sera beaucoup plus urgente. La figure 1 montre clairement que cet espace de temps peut rapidement s'étendre à plusieurs jours.

Si l'on compare ces impératifs avec les échéances concevables à l'heure actuelle pour des prévisions relativement fiables, c'est-à-dire env. 12 h sur le haut Rhin, 24 h sur le Rhin supérieur, le Rhin moyen et le Rhin inférieur et 48 h dans le delta du Rhin, on comprend aisément que les temps de prévision doivent être prolongés dans différents tronçons du Rhin.



### 3.2 Comment étendre le temps de prévision

Les prévisions qui, dans de nombreux cas, se basent aujourd'hui uniquement sur les mesures des niveaux d'eau dans les stations de mesures en amont, ne peuvent être établies que pour une période limitée, qui s'étend essentiellement sur la durée d'écoulement de l'onde de crue dans le tronçon fluvial concerné. En général, ces prévisions sont très précises, dans la mesure où des inondations imprévues (ruptures de digues) ne surviennent pas.

Cette période peut être étendue si l'on tient compte des précipitations mesurées à l'aide d'un modèle de transformation précipitations-débits. Ceci implique toutefois que les données relatives aux précipitations soient mesurées et transmises avec une densité suffisante dans le temps et dans l'espace. Par ailleurs, dans la plupart des régions, les modèles doivent contenir un module permettant de déterminer simultanément les parts de précipitations tombées sous forme liquide et de glace (neige) ainsi qu'un autre module pour le régime nival (fonte des neiges), ce qui nécessite des données météorologiques supplémentaires, p.ex. la température et éventuellement l'humidité, la vitesse du vent ainsi que des observations du manteau nival. Par ailleurs, on doit également disposer d'informations sur la répartition des surfaces des sous-bassins et leur altitude. Ces prévisions peuvent être très précises en fonction du modèle utilisé, de la densité des données dans l'espace, de la situation hydrologique actuelle dans le bassin versant et du régime hydraulique dans le fleuve même.

Si la période de prévision doit être prolongée au-delà, il est indispensable de disposer de prévisions météorologiques quantitatives (numériques). Les paramètres météorologiques qu'il est nécessaire de prévoir sont les mêmes que ceux décrits ci-dessus: la quantité des précipitations, la température de l'air, éventuellement l'humidité et la vitesse du vent. Les exigences pour la différenciation dans l'espace et dans le temps sont également élevées. La période de prévision des débits se prolonge en principe en fonction de la période de prévision météorologique. Plus la période de prévision est longue, plus la précision de la prévision des débits dépend de celle de la prévision météorologique.

Des prévisions de débits sur des périodes plus longues encore, dépassant les données de la prévision météorologique numérique actuelle de 48 heures, ne peuvent être établies en toute objectivité. On ne peut que réaliser des estimations subjectives sous forme de scénarios climatologiques.

Pour prolonger le temps de prévision en cas de crue, il faut donc pouvoir se baser sur plusieurs éléments. Sont nécessaires, outre les aspects d'ordre purement techniques et scientifiques, des mesures organisationnelles et administratives pour optimiser les services d'annonce et de prévision des crues. En partant des lacunes énoncées ci-après, les chapitres suivants font état des actions à engager et soumettent des propositions de solutions.

#### 4. Lacunes existantes

##### *Modèles de prévision*

Pour prolonger la durée de prévision, il convient d'élaborer et de calibrer des modèles de transformation pluies-débits pour différents sous-bassins. L'amélioration des modèles de prévision concerne de nombreux tronçons fluviaux, notamment le Rhin (de Rheinfelden à Strasbourg, de Worms à Emmerich, ainsi qu'aux Pays-Bas), le Neckar, le Main, la Sûre, la Sarre, la Moselle, la Sieg, la Ruhr, la Lippe.

##### *Données (pour la mise au point de modèles)*

Rassembler de nombreuses données historiques pour élaborer des modèles est un travail fastidieux. Vu les tendances à la privatisation des services météorologiques, on ne peut écarter l'éventualité de coûts supplémentaires. Il convient de garantir et faciliter l'accès aux données, et d'assurer en outre que leur mise à disposition soit exempte de tout coût, puisque leur usage relève de l'intérêt public.

##### *Données (opérationnelles)*

L'accès des centres d'annonce aux données hydrologiques dans leur propre domaine de responsabilité et dans la partie amont du bassin est la condition première d'un service efficace d'annonce des crues. L'accès à ces données est également une condition importante pour pouvoir informer fiablement tous les intéressés. Cet accès est souvent rendu difficile, notamment en période de crue, pour diverses raisons: les techniques utilisées pour les protocoles de transmission de données varient selon les sous-bassins concernés; des utilisateurs trop nombreux se gênent mutuellement; des stations peuvent tomber en panne, des voies de communication peuvent être interrompues sous l'effet des crues; on fait appel en partie à des techniques de transmission des données relativement lentes (p.ex. téléfax).

La mise au point de techniques modernes de saisie et de transmission des données au cours des dernières années aide à résoudre de tels problèmes. En raison même de l'évolution rapide de ces techniques, il est nécessaire de se concerter, le cas échéant, sur les problèmes de l'accès aux données et des techniques de transmission.

Les centres d'annonce devraient donc assurer et faciliter l'accès de leurs données aux centres d'annonce voisins, notamment dans le cadre de la modernisation des réseaux de mesure et des techniques de collecte, d'enregistrement et de transmission des données. La transmission des données doit se faire si possible sous forme numérique.

### *Précipitations*

L'utilisation de modèles de transformation pluies-débits aux fins de prévision requiert la prise en compte des précipitations mesurées et de prévisions de précipitations. Les précipitations mesurées doivent être disponibles en quantité suffisante et représentatives des superficies des bassins versants. Il convient de garantir l'accès à ces données en temps réel.

### *Radars météorologiques*

Les informations fournies par les réseaux radar des différents services météorologiques devraient être rassemblées sous forme de mosaïque pour des sous-bassins sélectionnés et pour l'ensemble du bassin du Rhin. Ces informations devraient être mises à la disposition des centres sous forme d'image et de données numériques.

### *Rapports*

En raison des diverses formes d'organisation et des dispositions en vigueur dans les différentes subdivisions administratives, les voies de transmission des informations aux autorités administratives et au public sont définies de manière différente. L'expérience a montré qu'il était important d'informer largement le public, et que la télévision p.ex. (télétexte, Btx), et/ou les autres médias (Internet, radio, répondeur vocal) étaient des moyens de transmission tout à fait adéquats. Selon les besoins, les informations purement numériques peuvent être accompagnées de passages explicatifs.

La structure et la terminologie des bulletins et prévisions de crue suprarégionaux devraient être ajustées en se basant sur certains critères à respecter. Les bulletins doivent être compréhensibles pour les médias et les populations.

### *Ajustement des prévisions*

Plusieurs centres d'annonce sont en service le long du Rhin et de ses grands affluents. Il est d'une importance capitale que ces centres ne transmettent vers l'extérieur que des informations ajustées et exemptes de toutes contradictions. La concertation requise ici peut prendre diverses formes:

- (1) En règle générale, les centres ne diffusent que des informations relevant de leur propre domaine de compétence.
- (2) Si des données concernant des tronçons fluviaux voisins sont diffusées, celles-ci doivent être ajustées en coordination avec les centres d'annonce concernés.
- (3) Si des prévisions destinées à des stations voisines sont élaborées par différents centres, ces prévisions doivent être coordonnées avant diffusion.



### *Personnel et moyens financiers dans les centres*

L'extension des modèles de prévision requiert des moyens considérables. L'exploitation des modèles implique d'étendre les actuels réseaux de mesure (précipitations). Le personnel et les moyens financiers doivent être suffisants pour garantir le fonctionnement et l'entretien de ces réseaux de mesure en continu. Par rapport à la situation actuelle, le fonctionnement et l'entretien de ces modèles en situation de crue requiert un personnel plus important, notamment des experts qualifiés, en raison de la complexité des modèles et de la plus grande quantité de données à traiter. Par ailleurs, vu les qualifications nécessaires et l'expérience indispensable dont doivent disposer les employés des centres de prévision, il est important d'éviter si possible les mutations de personnel.

## **5. Mesures déjà engagées**

Dans le cadre de l'optimisation en cours des méthodes et des processus de prévision tenant compte des progrès faits dans la saisie et la transmission des données hydrologiques, et tout particulièrement depuis les dernières crues, de nombreuses mesures d'amélioration des méthodes de prévision des crues ont été prises ou renforcées dans tous les centres concernés.

- Dans de nombreux bassins, des modèles, principalement des modèles de transformation pluies-débits, sont élaborés et/ou adaptés aux bassins. Là où ceci est jugé nécessaire, on adapte également des modèles de fonte des neiges. C'est ainsi que le Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) à Lelystad et la Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) à Coblenz travaillent déjà à l'extension des modèles. En outre, des modèles hydrodynamiques sont également mis au point pour le Rhin.
- Dans de nombreuses zones, on améliore les bases de données en installant ou en automatisant des échelles de mesure et des pluviomètres. Des travaux sont en cours dans tous les centres pour améliorer la transmission des données. Ainsi, un système de liaison directe entre Duisbourg et le RIZA est actuellement en préparation.
- La priorité est donnée dans tous les centres à l'amélioration de la circulation des données: connexion des centres d'annonce entre eux et avec les stations de mesure; automatisation de la collecte des données; automatisation du transfert des données aux supports de diffusion (Btx, télétexte, Internet etc.).

### **5.1 Soutien des services météorologiques**

Les services météorologiques des Etats riverains du Rhin aident depuis longtemps et de multiples façons les services de prévision des crues dans leurs travaux. Ils fournissent à ces services les données qu'ils ont recensées par le biais des réseaux de mesure au sol et celles offertes par l'imagerie radar et satellitaire ainsi que les produits de prévision. Ils coopèrent en partie avec les services hydrologiques dans le cadre de la mise au point de réseaux de mesures et de méthodes.

### *Radars météorologiques*

Depuis quelque temps déjà, des radars météorologiques sont en service dans les Etats riverains du Rhin. Ces réseaux sont développés et modernisés partout aujourd'hui. Les données fournies par les différents radars sont rassemblées sous forme d'images composites suprarégionales et diffusées par le biais de différents médias. Dans les zones frontalières, les données des stations radars des Etats voisins sont également toujours prises en compte.

Les experts s'accordent à juger l'utilisation des informations fournies par les radars comme suit:

Les informations fournies par radar sous forme d'une série d'images sont des informations *qualitatives* extrêmement utiles pour évaluer les événements pluvieux suprarégionaux mais aussi régionaux. Elles permettent de donner une idée de la répartition de ces événements dans l'espace, de leur taille et de l'intensité des zones de précipitations, de l'arrivée de nouvelles zones ou de l'arrêt brusque des précipitations. L'imagerie radar permet de comparer subjectivement les événements et les prévisions.

Malgré les efforts intensifs de recherche engagés dans différents Etats, il n'est pas encore possible de procéder à des *mesures quantitatives* des précipitations à l'aide de radars opérationnels et avec une précision suffisante. Il semble indispensable de procéder à un calibrage sur un vaste réseau de pluviographes mesurant et transmettant les données en temps réel. On part aujourd'hui du principe qu'il faudrait installer environ 50 pluviographes par radar ayant chacun un rayon de 100 km pour obtenir une haute précision. Il faut s'attendre à des difficultés supplémentaires dans les régions montagneuses. Des efforts supplémentaires doivent donc être entrepris dans le domaine de la recherche. On estime actuellement que les mesures quantitatives des précipitations opérationnelles à l'aide de radars resteront encore relativement imprécises au cours des 5 prochaines années.

Réaliser une *prévision à très court terme* (nowcasting) sur l'évolution des zones de précipitations est un objectif poursuivi par exemple en Angleterre et aux USA en relation avec les prévisions des crues. La genèse des précipitations étant un processus dynamique non linéaire, il est exclu de procéder à des extrapolations dans le temps sur la base de données mesurées. Il ne devrait pas être possible de faire des prévisions exactes de l'évolution des précipitations sur plus de 2 heures en se basant sur les informations des radars.

### *Prévisions quantitatives numériques*

Les experts des services météorologiques des Etats riverains du Rhin font leurs calculs en routine à l'aide de différents modèles de prévision météorologiques numériques à résolution élevée. En règle générale, les résultats sont disponibles avec une résolution élevée dans l'espace (10 - 20 km), sur une base horaire pour une durée de prévision pouvant aller jusqu'à 48 heures. Les prévisions sont actualisées 2 fois par jour. En règle générale, les résultats de ces modèles sont à la disposition des services hydrologiques.

La prévision quantitative des précipitations est l'une des tâches météorologiques les plus complexes. C'est pourquoi elle est souvent sujette à erreurs, tant dans la quantité prévue que dans la répartition dans le temps et dans l'espace, notamment vers la fin de la période de prévision. Malgré ces déficits, les résultats des modèles numériques sont les meilleures prévisions quantitatives de précipitations dont nous disposons à l'heure actuelle. Pour différentes raisons, nous devons partir du principe que de légères améliorations seront progressivement apportées à la qualité de ces prévisions sans que toutefois la période de prévision ne puisse guère, à court et à moyen terme, dépasser les 48 h actuelles.

## **6. Actions à engager**

### **6.1 Echange de données**

#### *Echange de données et produits hydrologiques et météorologiques*

En règle générale, les différents centres de prévision nécessitent un grand nombre de données sur plusieurs bassins versants. Ces données doivent être aussi actuelles que possible et leur remise à jour est requise plusieurs fois par jour. Il ne semble donc pas judicieux que chaque centre s'adresse à différents services pour rassembler les données requises. Il apparaît plus pratique de centraliser si possible les données mises à disposition.

La mise en place et la gestion d'un service central de collecte et de diffusion des données serait une solution très onéreuse. De plus, si ce service central ou le système de communication venaient à tomber en panne, les conséquences en seraient dramatiques. Il est donc préférable d'envisager une distribution de toutes les données à tous les centres par le biais d'un réseau ou d'un circuit de communication (semblable au système de relation entre les services météorologiques) ou encore un centre virtuel de rassemblement des données à l'aide des techniques qu'offre Internet. Il est hors de doute que les progrès en cours dans ce domaine feront apparaître d'autres options innovatrices.

On propose donc de charger des experts en la matière d'élaborer des propositions de solutions.

#### *Echange de données radar*

L'objectif souhaité est de disposer en permanence de l'évolution globale des précipitations sur l'ensemble du bassin du Rhin et sur les zones ouest et sud-ouest limitrophes. Les réseaux radar des services météorologiques sont aujourd'hui en mesure de fournir une telle vue d'ensemble, au niveau qualitatif du moins, et au niveau quantitatif à une date ultérieure. Dans la plupart des pays, les services météorologiques fournissent dès à présent de telles informations pour certaines zones. Il conviendrait cependant de mettre en place l'équipement et les logiciels requis et d'établir les communications qui s'imposent.

Un "Groupe de liaison for Operational Radar Networking" (GORN) a été instauré à l'initiative des directeurs des services météorologiques européens dans le but de concevoir de tels produits pour toute zone souhaitée en Europe. Ce travail est pratiquement achevé et les produits sont disponibles sur Internet à titre expérimental pour un cercle restreint d'utilisateurs. Un simple branchement sur Internet et l'autorisation correspondante suffiraient donc pour avoir accès à ces produits. Une telle solution serait sans aucun doute particulièrement intéressante pour de nombreux services.

Il est prévu d'établir bientôt GORN comme programme de participation volontaire dans le cadre de l'"Accord EUMETNET sur la fondation d'une conférence des services météorologiques nationaux en Europe". On pourra alors se procurer auprès du service météorologique national respectif l'autorisation requise pour avoir accès aux produits radar. On suggère donc d'engager des négociations en ce sens avec les services météorologiques nationaux.

## 6.2 Modèles de prévision des crues

Des prévisions de crues sont réalisées dans le bassin du Rhin autant pour les affluents importants que pour le Rhin en soi. Les prévisions pour les affluents du Rhin peuvent généralement être établies séparément à un niveau *régional*, sauf en ce qui concerne la Moselle qui, comme le Rhin, nécessite que s'établisse une coopération *suprarégionale*.

### *Prévision de crue pour les affluents du Rhin*

L'objectif poursuivi est d'élaborer des prévisions de crue opérationnelles à une échéance de 24 heures pour tous les principaux affluents du Rhin. Cet objectif n'est atteint que dans des cas exceptionnels. Sont requis des modèles de transformation pluies-débits adaptés aux particularités régionales et tenant compte de la disponibilité des données.

Différents services ont été chargés ces dernières années d'élaborer de tels modèles. Ainsi les centres de prévision devraient disposer des modèles requis à moyen terme. *Ils pourront ainsi remplir au niveau régional, ou suprarégional dans le cas de la Moselle, leurs fonctions d'annonce et de prévision dans les meilleures conditions. On part ici de l'hypothèse que toutes les données requises, y compris celles des bassins voisins, sont mises à disposition dans les délais convenus.*

En principe, en raison des conditions hydrologiques spécifiques aux divers bassins, chaque modèle englobera en partie différents modules, de sorte que les centres de prévision élaboreront leurs prévisions régionales à partir de modèles distincts.



### *Prévision des crues pour le Rhin*

Comme il a été présenté dans le chapitre 4, le temps de prévision requis sur le Rhin doit être prolongé, notamment sur le Rhin moyen et le Rhin inférieur ainsi que dans le delta du Rhin. Il convient dans ce contexte (cf. chapitre 5.1) de prendre tout spécialement en compte les prévisions obtenues pour les affluents. L'expérience acquise sur différents bassins montre clairement que *la prévision réalisée pour le cours principal doit toujours intégrer les meilleures prévisions possibles fournies pour les affluents.*

Pour certains tronçons du Rhin, on tient compte dès à présent des prévisions fondées sur des modèles de transformation pluies-débits appliqués aux affluents, en particulier pour le haut Rhin jusqu'à Rheinfelden et pour le Rhin supérieur jusqu'à Worms. Des travaux sont également en cours pour améliorer les prévisions à partir de Coblenze en prenant en compte les prévisions établies pour la Moselle et la Sarre, ainsi qu'à partir de Lobith en y intégrant les prévisions réalisées pour les sous-bassins (allemands) situés en amont.

*Il est important d'appliquer le même type de modèle sur l'ensemble du cours du Rhin, à savoir un modèle hydrodynamique.* Il a l'avantage de tenir compte directement des mesures de rétention ou de modifications intervenues sur le profil transversal du fleuve. Il serait également envisageable d'élaborer des prévisions locales à tout endroit, p.ex. sur une échelle nouvellement installée ou à un point kilométrique donné, lorsque les dommages potentiels y sont particulièrement importants. Si l'on remplace par un modèle hydrodynamique les actuels modèles statistiques en service entre Worms et Emmerich ainsi qu'à Lobith, on aura déjà accompli en majeure partie cette tâche d'uniformisation. Un modèle hydrodynamique, devant servir de base au nouveau modèle de prévision pour Lobith, est actuellement en cours d'élaboration pour le tronçon Andernach-Lobith. La BfG travaille également à la mise en place d'un nouveau modèle entre Speyer et la frontière néerlandaise.

Deux options sont en principe envisageables pour prolonger les prévisions sur le Rhin dans le tronçon allant de Worms à la zone deltaïque en territoire néerlandais:

1. un modèle hydrodynamique pour le Rhin utilisant comme données d'entrée les résultats des prévisions des affluents réalisées par les différents centres de prévision à des fins régionales;
2. un "modèle de bassin fluvial Rhin" fondé sur la combinaison d'un modèle hydrodynamique pour le Rhin et de modèles (simplifiés) de transformation pluies-débits pour les affluents. Prévision centralisée pour le Rhin jusqu'à Worms et ses affluents jusqu'à la frontière néerlandaise et poursuite des prévisions aux Pays-Bas avec une approche de modèle analogue.

*Dans les deux options, les prévisions effectuées par la Landeshydrologie und -geologie (LHG) pour l'échelle de Rheinfelden et par le Centre de prévision des crues (HVZ) à Karlsruhe pour le Rhin supérieur restent inchangées.*

*Dans la première option*, le Rhin est subdivisé en tronçons de prévision sur le territoire allemand. On ne peut élaborer de prévision d'un tronçon à l'autre que lorsque l'on dispose des prévisions d'un ou plusieurs autres centres.

Il est indispensable non seulement de se mettre d'accord sur un horaire commun pour la prévision et sur les possibilités d'actualisation mais de respecter en outre systématiquement un calendrier coordonné. Cette approche semble être prédestinée puisque les prévisions opérationnelles élaborées au niveau régional sont reliées entre elles dans le modèle.

La genèse des crues dans l'ensemble du bassin rhénan varie selon les cas. Si une onde de crue se forme p.ex. sur le Rhin supérieur et dans le bassin de la Moselle, il faut également calculer des prévisions pour les affluents non concernés, bien que ceux-ci aient un niveau moyen des eaux ou un niveau d'étiage. C'est actuellement impossible en partie pour les cours d'eau régulés.

L'intervention systématique de tous les centres de prévision entraîne en fin de compte une surcharge de travail.

*La deuxième option* part essentiellement d'un seul modèle complexe défini comme "Modèle de bassin fluvial Rhin" et applicable à l'ensemble du bassin entre Worms et la zone deltaïque des Pays-Bas.

Ce modèle se fonde sur un modèle hydrodynamique pour le Rhin. En fonction de la localisation des échelles de prévision, des modèles de transformation pluies-débits sont appliqués pour les affluents en vue de prolonger l'échéance de prévision que peut fournir le modèle de base. Y sont ajoutées les précipitations mesurées et, si nécessaire, les prévisions de précipitations. Des prévisions ne sont effectuées pour les affluents du Rhin que dans la mesure où elles sont absolument indispensables pour l'échelle de prévision respective. Si l'on dispose de prévisions actuelles sur les affluents de la part des centres régionaux de prévision, ces données sont utilisées comme données d'entrée pour les tronçons allemands du Rhin moyen et du Rhin inférieur. Cette approche constitue également la base du nouveau modèle de prévision pour Lobith que le RIZA élabore actuellement.

Tout en conservant les prévisions de la LHG et du centre HVZ et en tenant compte de la mise en oeuvre éventuelle des dispositifs de rétention sur le Rhin supérieur, des prévisions sont calculées à un niveau central sur la base du modèle hydrodynamique à partir de Worms ou de Mayence pour toutes les échelles du Rhin jusqu'à Emmerich. Etant donné qu'à l'heure actuelle le modèle néerlandais en cours de réalisation part d'Andernach pour le calcul de la prévision à l'échelle de Lobith, incorporant ainsi au modèle les bassins limitrophes, on obtient une zone de recoupement pour laquelle des prévisions sont fournies par deux modèles distincts. En comparant les résultats, on verra quelles différences apparaissent et si un ajustement est nécessaire. Quoiqu'il en soit, les prévisions d'échelles définies seront diffusées par les centres compétents.

Du côté allemand, un tel "Modèle de bassin fluvial Rhin" devrait être utilisé de façon centralisée. Il convient cependant d'assurer que la mise à disposition, l'éva-



luation et la diffusion des prévisions restent décentralisées. Les activités opérationnelles des centres de prévision à compétence régionale ne sont pas affectées par cette centralisation.

Dans le cas de l'option 1, toute crue se produisant dans un quelconque tronçon du Rhin obligerait toutes les stations de prévision à rester en service pendant toute la durée de l'événement, ce qui occasionnerait d'importantes dépenses d'exploitation, notamment en personnel. En outre, il serait difficile de procéder à des ajustements opérationnels dans le cadre de la mise au point et, plus encore, de l'exploitation de modèles. Enfin, cette procédure ne semble pas améliorer la qualité des prévisions sur le Rhin.

Pour des raisons pratiques et opérationnelles, en regard des coûts de mise en place des modèles, notamment leur exploitation, et dans le souci d'obtenir un outil de prévision efficace, la préférence du Groupe de travail va à la deuxième option décrite ci-dessus.

### 6.3 Bulletins de crue

Les bulletins de crue des centres d'annonce ont une fonction informative importante en période de crue. Ces bulletins doivent donc être clairs et sans ambiguïté, notamment lorsqu'ils s'adressent aux médias et à la population. Ceci vaut pour les bulletins de chaque centre tout comme pour les informations échangées entre les centres d'annonce suprarégionaux, puisqu'il est fréquent de faire appel aux bulletins de plusieurs centres comme source d'information.

C'est pourquoi l'on propose de structurer clairement les bulletins de crue de la manière suivante:

- (1) description générale de la situation (évolution de la crue jusqu'à l'état actuel);
- (2) prévisions à court terme (informations quantitatives);
- (3) prévision à long terme (tendances, informations qualitatives).

Dans la présentation des informations d'un bulletin, il convient d'éviter si possible d'avoir à contredire des bulletins antérieurs. On ne devrait parler p.ex. de valeur de pointe que lorsque celle-ci survient dans un temps de prévision fiable. En regard des nombreux éléments aléatoires liés aux prévisions à long terme, il est conseillé d'être prudent dans le choix des termes et de nommer clairement les incertitudes telles que les prévisions de précipitations et la concomitance de pointes de crue etc. Lorsque ces bulletins sont destinés aux médias et au public, leur teneur informative devrait être contrôlée en conséquence.

Outre une structure comparable, les bulletins devraient également présenter une terminologie comparable pour caractériser la situation de crue. Les expressions telles que "crue centennale", "plus forte crue jamais enregistrée", "crue maximale" etc. doivent être employées de manière univoque. On pourrait ici se baser sur la récurrence des pointes de crue et prendre pour exemple les accords passés dans le

domaine de la météorologie pour décrire les tempêtes. On propose d'examiner comment une telle terminologie univoque pourrait être appliquée aux bulletins de crue, du moins à ceux des centres d'annonce suprarégionaux.

#### 6.4 Accord international

La nouvelle "Convention pour la Protection du Rhin", qui est actuellement en cours d'élaboration et doit être signée à l'occasion de la Conférence ministérielle sur le Rhin prévue en 1997/98, constituera le cadre juridique pour l'annonce des crues et pour l'échange des données hydrologiques et météorologiques nécessaires à la mise au point et au fonctionnement des modèles de prévision hydrologiques ainsi que pour l'échange des produits hydrologiques et météorologiques nécessaires.

Sur la base de cette convention, il convient d'élaborer les réglementations nécessaires qui devront être décidées par la Commission Internationale pour la Protection du Rhin et, par là même, mises en oeuvre au niveau national.

Les principaux éléments à régler portent sur:

- *les principes*
- *les définitions*
- *l'échange de données et produits hydrologiques et météorologiques en vue de la réalisation de prévisions opérationnelles*
- *l'échange de données hydrologiques et météorologiques historiques pour la mise au point et le calibrage des modèles*
- *la coopération entre les centres de prévision*
- *les coûts*

Ces points sont exposés en détail dans un rapport final.

#### 7. Coûts

L'estimation approximative des coûts liés à la réalisation des mesures proposées dans le chapitre 6 se base sur les expériences faites dans le cadre des projets déjà achevés ou engagés depuis peu; les valeurs tirées de ces expériences ont été extrapolées à l'ensemble du bassin du Rhin. On s'est efforcé d'estimer les investissements et les frais de fonctionnement annuels pour les quatre aspects partiels que sont le développement de modèles de prévision, la mise au point d'un réseau de données, les centres de prévision et les réseaux hydrologiques supplémentaires. Il

s'est avéré que l'estimation des investissements et des frais d'exploitation d'un réseau de données (cf. chapitre 6.1) était particulièrement complexe tant que les différentes options relatives à la réalisation n'ont pas été mises au clair.

Les investissements globaux nécessaires pour réaliser les mesures proposées d'amélioration du service d'annonce des crues et des prévisions de débit à long terme sur le Rhin s'élèveraient à environ 16 - 22 millions de DM, à raison d'environ un quart de cette somme pour chacun des 4 aspects partiels susmentionnés. Les frais d'exploitation qui viendraient s'y ajouter par rapport à la situation actuelle (sans amortissements) sont estimés à 500.000 DM par an.

Les coûts indiqués sont des premières estimations. Il reste à les vérifier, à les spécifier et à les ventiler entre les différents Etats membres de la CIPR.

Il est important de mentionner que différents Etats ont déjà engagé des mesures d'amélioration et mis à disposition les fonds nécessaires. Il convient également de souligner qu'au cours des dernières décennies, des millions ont été investis pour en arriver au système opérationnel dont disposent aujourd'hui les centres de prévision.

Comme autres investissements, il convient de tenir compte des sommes que doivent dépenser les services météorologiques pour étendre les réseaux de mesure météorologiques et améliorer les méthodes de prévision. Il convient notamment de mentionner les réseaux de radars météorologiques et la réalisation en cours du "réseau de mesure 2000" du service météorologique allemand, très importante pour l'amélioration des prévisions de crues. Les moyens nécessaires à cet effet ne sont pas contenus dans la somme susmentionnée.

## ANNEXE ET CARTES

## ANNEXE 1

## Centres d'annonce et de prévision des crues dans le bassin du Rhin

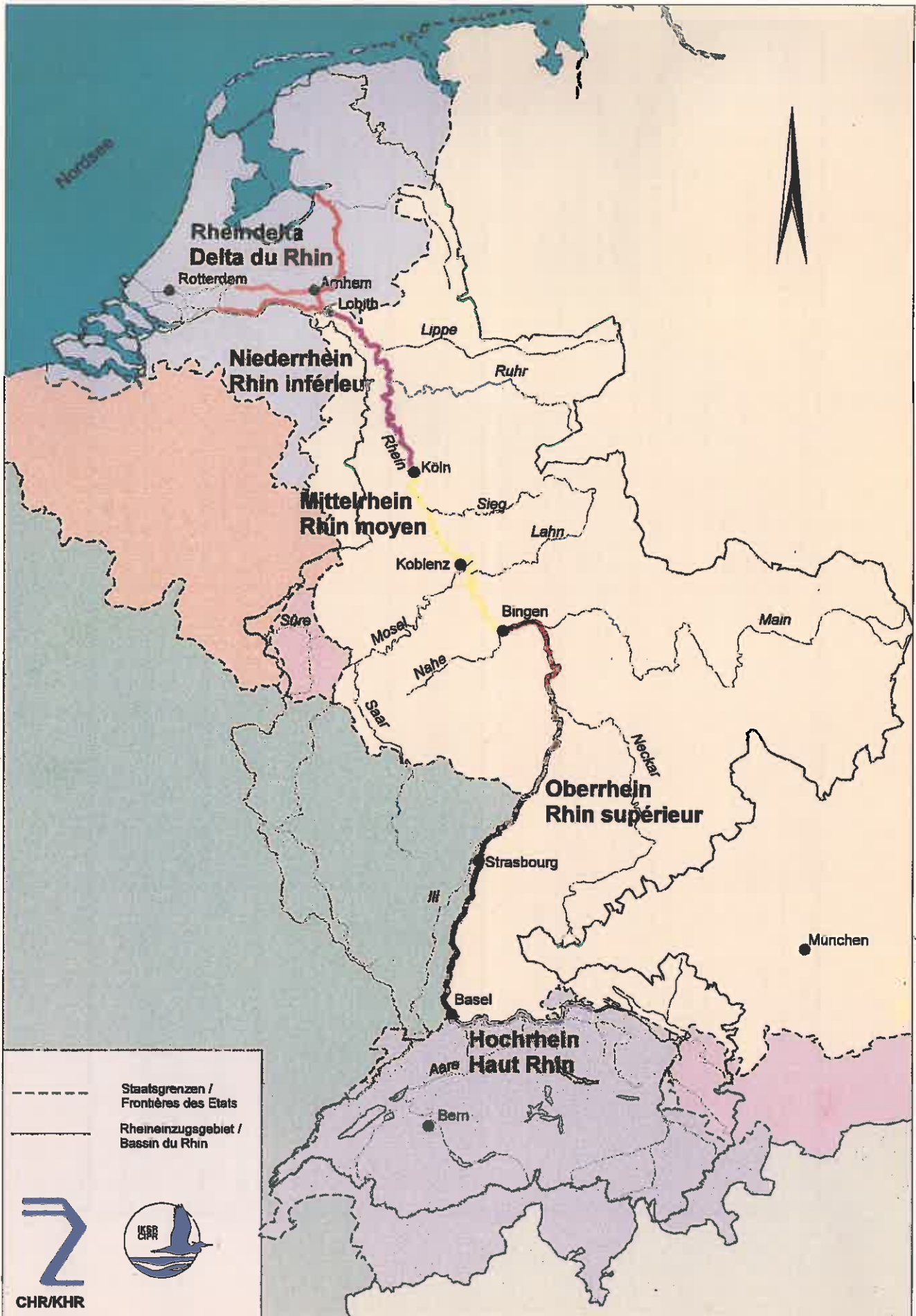
Centres	Lieu	Prévision pour:	Système d'annonce de crue pour:	Coopération avec
LHG	Berne	Rhin: jusqu'à Rheinfelden	Rhin: jusqu'à Rheinfelden	HVZ, BfG, HMZ Rhein, EdF
SNS CARING	Gambsheim	Rhin: Kembs (PHV-EDF)	Rhin: de Rheinfelden à Maxau	DDAF, PHV-EDF, LHG, HVZ, HMZ Rhein
DDAF Haut-Rhin	Mulhouse	III: Colmar-Ladhof	III amont	DDAF Bas-Rhin
DDAF Bas-Rhin	Strasbourg		III aval	CARING, DDAF Haut-Rhin
HVZ	Karlsruhe	Rhin: de Plittersdorf à Worms Affluents du Rhin sup. au B-W. Neckar, affluents inclus Main: Faulbach; Tauber	Régulé dans l'HMC; informations pour toutes les échelles importantes du Bade-Wurtemberg	LHG, HMZ Rhein
WSD Süd LW	Würzburg Munich	Main	Main et affluents	HMZ Rhein
RP	Darmstadt		Rhin: de Worms à Kaub Main: de Kleinostheim à l'embouchure	HMZ Rhein, WSD Süd
HMZ Rhein	Mayence	Rhin: de Maxau à Cologne	Rhin: de Maxau à Cologne	LHG, SNS CARING, HVZ, BfG, HMZ Mosel, Saar, Nahe-Lahn-Sieg. WSA Duisburg-Rhein, WSD Süd, RIZA
HMZ Nahe-Lahn-Sieg	Coblence	Nahe Lahn Sieg	Nahe Lahn Sieg	HMZ Rhein
RP	Gießen		Lahn, Ohm, Dill	HMZ Nahe-Lahn-Sieg. HMZ Rhein
BfG	Coblence	Rhin: de Speyer à Emmerich pour HMZ Rhin et WSA Duisburg-Rhein		HMZ Rhein WSA Duisburg-Rhein

Centres	Lieu	Prévision pour:	Système d'annonce de crue pour:	Coopération avec
DIREN Lorraine	Nancy	Moselle à partir de Toul Meurthe à partir de Nancy	Moselle, Meurthe Madon, Orne, Vezouze Mortagne	SN Grevenmacher HMZ Mosel
DDAF Moselle	Méitz		Seille, Nied	DIREN Lorraine
S.N.	Grevenmacher	Moselle jusqu'à Stadtbredimus	Moselle jusqu'à Stadtbredimus	HMZ Mosel und Rhein
HMZ Mosel	Trèves	Moselle, Sarre, Sûre	Moselle, Sarre, Sûre	HMZ Rhein und Saar
Protection civile	Luxembourg	Bassin de la Sûre	Bassin de la Sûre	HMZ Mosel
SNS	Sarreguemines		Sarre de Sarrebourg à Sarreguemines Eichel Blies: Bliesbruck	HMZ Saar
HMZ Saar	Sarrebruck	Sarre	Sarre, Blies	HMZ Mosel und Rhein
WSA Duisburg-Rhein	Duisbourg	Rhin: de Bonn à Emmerich	Rhin: de Bonn à Emmerich	BfG, HMZ Rhein und Mosel, RIZA
LZ Ruhr	Essen	Lenne	Lenne	
STUA	Lippstadt		Lippe	WSA Duisburg-Rhein
RIZA	Lelystad	Rhin: Lobith	Rhin: Lobith	BfG, HMZ Rhein, WSA Duis- burg-Rhein
RWS-DON	Arnhem	Bras du Rhin: Waal, Nederrijn, IJssel	Bras du Rhin: Waal, Nederrijn, IJssel	RIZA, RWS-ZH
RIZA-WDU	Lelystad	Embouchure de l'IJssel dans l'IJssel- meer Kampen	Embouchure de l'IJssel dans l'IJssel- meer Kampen	RIZA, RWS-DON
RWS-ZH	Rotterdam	Zone deltaïque Dordrecht	Zone deltaïque Dordrecht	RIZA, RWS-DON



Karte / Carte 1

Teilstrecken des Rheins / Tronçons du Rhin



**Karte 2: Überregionale Melde- und Vorhersagezentralen und ausgewählte Pegel am Rhein (ohne Mosel)**

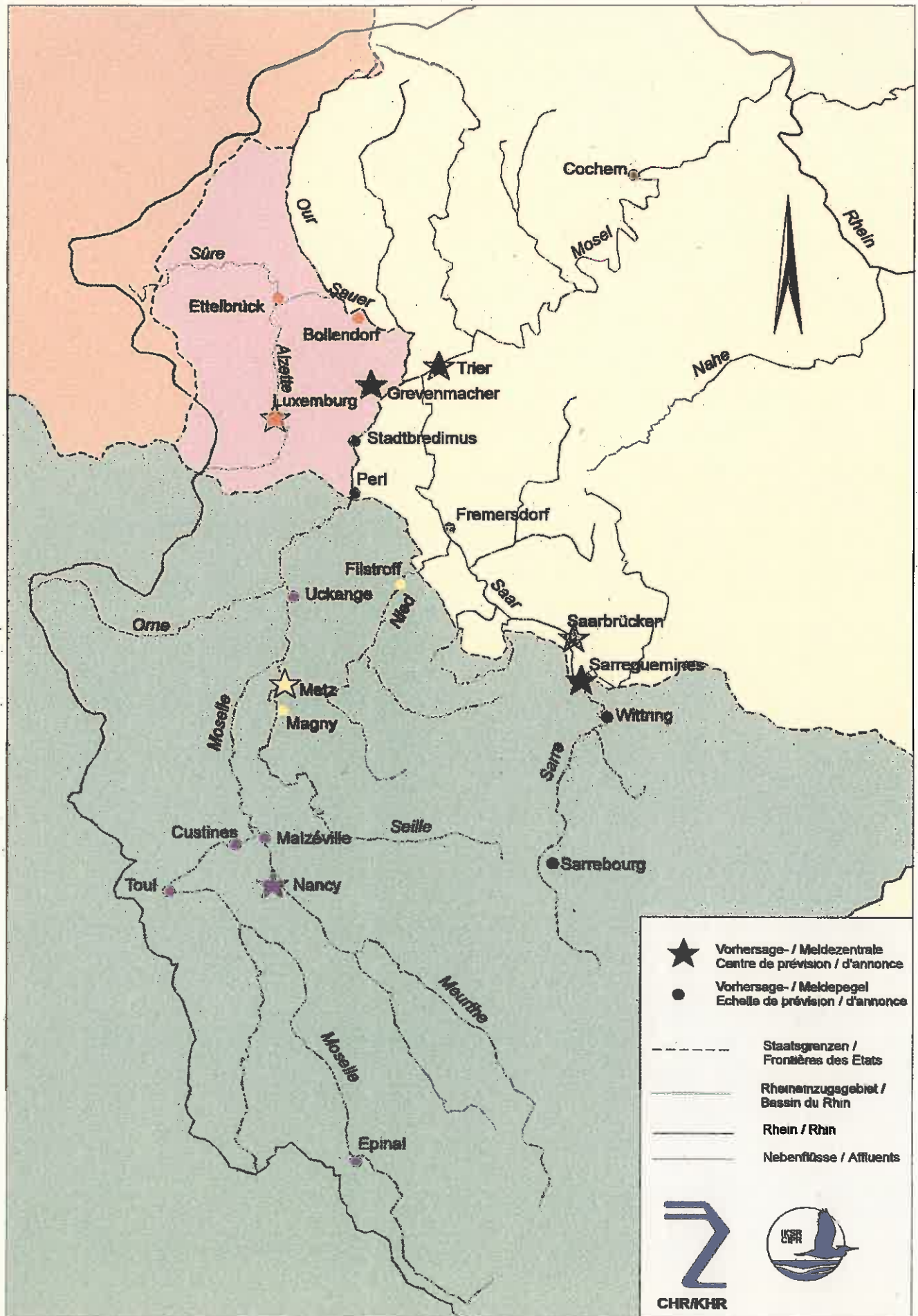
**Carte 2: Centres suprarégionaux d'annonce et de prévision et échelles sélectionnées sur le Rhin (Moselle exclue)**







**Karte 4: Melde- und Vorhersagezentralen und ausgewählte Pegel im Moselgebiet**  
**Carte 4: Centres d'annonce et de prévision et échelles sélectionnées dans le bassin de la Moselle**



**Editeur:** Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)  
secrétariat technique et scientifique  
Postfach 309  
D-56003 Koblenz  
téléphone: (0261) 1 24 95  
téléfax: (0261) 3 65 72

**Date de publication:** mars 1997

**Rapport du Groupe de projet 'Plan d'action contre les inondations' réalisé avec le concours d'experts des services suivants:**

Landeshydrologie und -geologie, Bern; Direction Régionale de l'Environnement de Lorraine, Metz; Service de la Navigation de Strasbourg, Strasbourg; Ministère de l'Environnement, Direction de l'Eau, Paris; Services Techniques de l'Agriculture, Luxembourg; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe; Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, Mainz; Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz; Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Arnhem

**Rédaction:** Dr. Bruno Schädler, Landeshydrologie und -géologie, Bern

**Impression:** Cette brochure a été imprimée avec le soutien du Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn.