



---

*Etude pour l'optimisation de l'ouvrage de la Bassée*

---

**Phase 3 :**  
**Définition de l'architecture du système de prévision des crues**

 <p><b>hydratec</b> groupe setec</p> <p><b>Tour Gamma D</b> <b>58, quai de la Rapée</b> <b>75583 PARIS CEDEX 12</b></p>	<p><b>Tél : 01.40.04.62.42</b> <b>Fax : 01.43.42.24.39</b> <a href="mailto:Hydra@hydra.setec.fr">Hydra@hydra.setec.fr</a></p>	<p><b>Réf : 016-26239</b>      <b>PT- TL</b> <b>Date : Mars 2011</b> <b>Version V2</b></p>
--	---	--

<b>1</b>	<b>OBJET</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RAPPEL DES OBJECTIFS ASSIGNES AU SYSTEME DE PREVISION</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ANALYSE DE L'ARCHITECTURE TYPE DE SYSTEMES EXISTANTS POUR LA PREVISION DES CRUES DE BASSINS HYDROGRAPHIQUES DE PLAINE</b>	<b>5</b>
3.1	DESCRIPTION D'UNE ARCHITECTURE TYPE	5
3.2	DONNEES ET PREVISION METEO	7
<b>4</b>	<b>DEFINITION DU SYSTEME DE PREVISION SPECIFIQUE A L'AMENAGEMENT BASSEE</b>	<b>8</b>
4.1	LE MODELE DE PREVISION	8
4.1.1	<i>Modèle mis œuvre pour l'étude</i>	8
4.2	SEQUENCEMENT DES TACHES DANS	10
4.3	UN CALCUL DE PREVISION	10
4.4	DONNEES D'ENTREE NECESSAIRES A UN CALCUL DE PREVISION	12
4.4.1	<i>Données de base minimum</i>	12
4.4.2	<i>Données complémentaires</i>	13
4.4.3	<i>Améliorations attendues sur les données</i>	14
4.5	LE SUPERVISEUR	15
<b>5</b>	<b>MODALITES DES PROCEDURES DE PREVISION</b>	<b>15</b>
5.1	MISE EN VEILLE, FREQUENCE DES CALCULS DE PREVISION	15
5.2	PROCEDURE DE CONTROLE DES DONNEES	16
5.3	PROCEDURES EN CAS DE FONCTIONNEMENT DEGRADE	16
5.4	PRISE EN COMPTE EVENTUELLE DES SITUATIONS DE CRUE SUR LES SECTEURS AVAL	16
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS</b>	<b>17</b>
6.1	OBJECTIFS VISES PAR LE FUTUR MODELE DE PREVISION	17
6.2	PRECONISATIONS SUR LA STRUCTURE DU MODELE	17
6.3	PRECONISATIONS SUR LE MODE DE GESTION DU FUTUR MODELE	18
6.4	RECAPITULATION DES POINTS A APPROFONDIR	18

## 1 OBJET

Ce rapport s'inscrit dans la phase 3 de l'étude pour l'optimisation de l'ouvrage de la Bassée. Il décrit l'architecture du système de prévision à mettre en œuvre, sur la base des principes retenus dans la phase 2 de l'étude.

Le chapitre 2 rappelle le principe de prévision proposé vis à vis des objectifs de gestion des ouvrages de la Bassée,

Le chapitre 3 décrit succinctement l'architecture type de systèmes de prévisions opérationnels sur de grands bassins hydrographiques français,

Le chapitre 4 présente l'architecture générale du système de prévision pour la Bassée : différents composants, données d'entrée, modalités des procédures.

Le chapitre 5 précise les conditions requises pour assurer la robustesse et la précision du système,

Le chapitre 6 récapitule les principales conclusions ainsi que les aspects restant à approfondir.

## 2 RAPPEL DES OBJECTIFS ASSIGNES AU SYSTEME DE PREVISION

Le système de prévision fait partie intégrante du système de pilotage des ouvrages de la Bassée. Il doit satisfaire trois objectifs en phase opérationnelle :

### Phase 1 : anticipation du pompage et mise en alerte des sites occupés par les casiers :

Le système de prévision doit permettre d'anticiper 4 jours à l'avance le passage d'un pic de crue à Montereau. Cet horizon de prévision découle du fait que l'instant de début de pompage optimum se situe autour de 3 jours avant le pic de crue avec un écart type inférieur à 1 jour. Pour permettre le délai de 24 heures nécessaire à la mise en place du système de pompage, il est donc important de pouvoir prévoir de déclencher la mise en alerte au moins 4 jours avant le pic de crue.

Lorsqu'un maximum local de pointe de crue à Montereau est détecté 4 jours à l'avance par l'outil, une alerte est diffusée afin que soient prises toutes les mesures conservatoires préparatoires au démarrage du pompage, qui peut être déclenché dans les 24 heures qui suivent.

### Phase 2 : calcul de l'instant du début de pompage

Après mise en alerte, les données météorologiques et hydrologiques sont réactualisées toutes les 12 heures et le modèle de prévision est relancé toutes les 12 heures. L'instant de début de pompage est calculé d'après la forme de l'hydrogramme de crue anticipé à Montereau, selon les modalités d'analyse discutées en phase 2. Lorsque cet instant est détecté l'ordre de début de pompage est relayé par le superviseur au système de gestion.

### Phase 3 : contrôle du bon déroulement des procédures de pompage

En hypothèse de prévision parfaite le pompage est géré selon une procédure de gestion locale adaptative en fonction d'un niveau de consigne à respecter à Montereau, ce niveau étant celui de l'instant de démarrage du pompage.

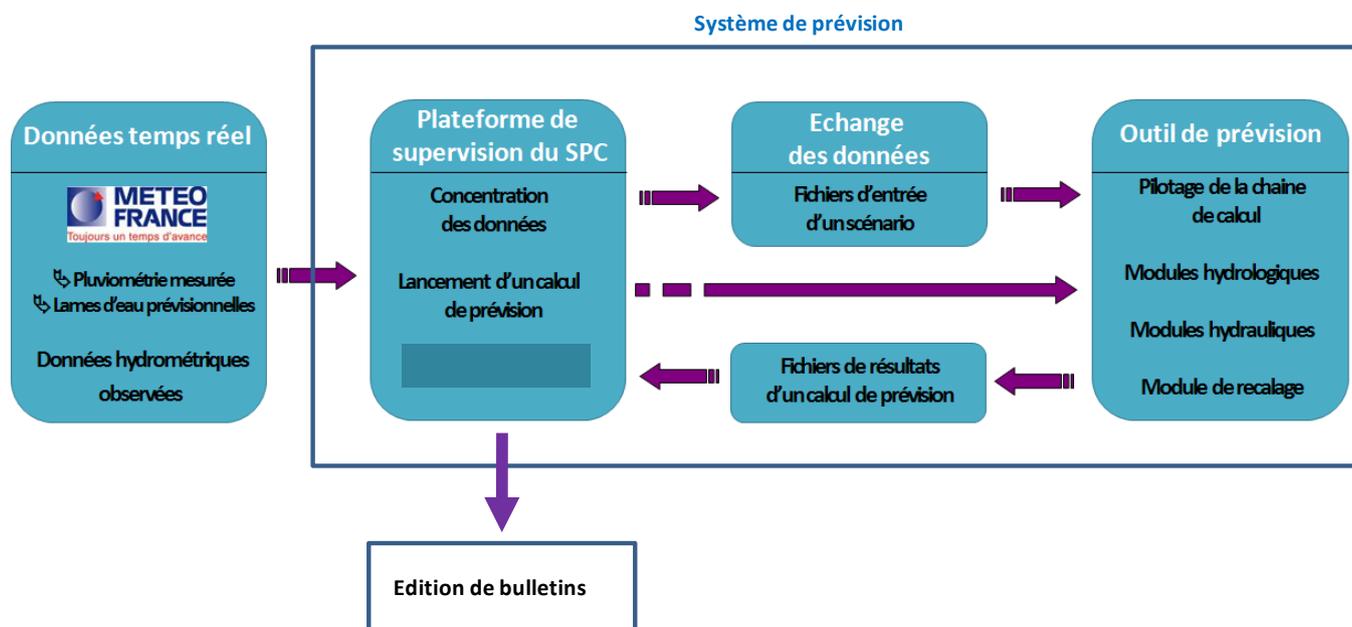
En pratique la prévision sur l'évolution des apports doit se poursuivre car les informations ayant servi à déterminer l'instant du démarrage du pompage sont entachées d'une marge d'incertitude. Le modèle de prévision doit donc permettre dans cette phase de moduler et d'adapter les consignes de débit de pompage au fur et à mesure des actualisations sur l'évolution de la crue. Le principe de pilotage du pompage dans cette phase a été précisé dans l'étape 2 de l'étude. Il est basé sur une régulation du niveau de consigne Zc1 à Montereau défini en début de pompage. C'est une gestion adaptative basée sur une régulation en mode PID : l'écart de niveau constaté entre les cote ZC1 et la cote observée est traduit par un objectif de variation de débit de pompage total dQ. Le débit appliqué à chaque unité de pompage est calculé au prorata du volume de stockage disponible dans chaque casier.

La cote ZC1 est réactualisée à pas de temps réguliers (toutes les 12 heures) en fonction de l'évolution de la crue constatée depuis le dernier pas de temps d'actualisation, du volume restant disponible dans les casiers et du nouveau calcul de prévision.

### 3 ANALYSE DE L'ARCHITECTURE TYPE DE SYSTEMES EXISTANTS POUR LA PREVISION DES CRUES DE BASSINS HYDROGRAPHIQUES DE PLAINE

#### 3.1 DESCRIPTION D'UNE ARCHITECTURE TYPE

Une telle architecture est définie par le diagramme suivant :



Le système de prévision proprement dit comprend :

- Le superviseur qui gère :
  - le rapatriement, l'analyse et le stockage des données temps réel,
  - la fabrication des fichiers d'échange et de contrôle et le lancement des simulations de prévision,
  - la récupération des résultats d'un calcul de prévision, leur analyse et leur affichage sur l'IHM du superviseur,
  - l'émission de bulletins d'alerte à destinations des organismes tiers : préfectures, mairies ....
  
- L'outil de prévision

Cet outil fonctionne en mode esclave. Les différents modules de calculs sont lancés par l'intermédiaire de fichiers de commandes et de fichiers de paramétrage générés par le superviseur. La simulation de prévision est nourrie par des fichiers hydrologiques générés par le superviseur.

En sortie de calcul les fichiers résultats sont copiés dans un répertoire d'échange.
  
- Les répertoires d'échange des données

Ces répertoires sont accessibles à la fois au superviseur et à l'outil de prévision. Ils contiennent en entrée des fichiers de données générés par le superviseur et en sortie des fichiers de résultats produits par l'outil de simulation.

Le système de prévision est connecté via divers moyens de communication à des données temps réels qui sont régulièrement actualisées. Ces données concernent la pluviométrie, la prévision pluviométrique et l'hydrométrie.

En général l'outil de prévision est totalement découplé de la plateforme de supervision : celle-ci peut tout à fait interroger plusieurs outils de conception différents.

Les fonctionnalités type d'un modèle de prévision sont illustrées ci-dessous avec l'outil mis en œuvre pour le compte du SPC Oise-Aisne :



Ce modèle couvre la totalité du bassin versant de l'Oise. Il est composé de :

- environ 60 sous modèles hydrologiques permettant de générer des hydrogrammes d'apport à partir des données pluviométriques,
- 9 sous modèles hydrauliques couvrant les vallées de l'Oise, de l'Aisne et du Thérain.

Ce modèle est entièrement piloté par le superviseur du SPC pour les calculs de prévision. Il réalise les opérations suivantes à chaque nouvelle simulation :

- Lecture des données contextuelles générées par le superviseur pour les besoins de la simulation : durée de prévision, données pluviométriques observées, prévision

pluviométrique par grande zone, hydrogrammes et limnigrammes à une vingtaine de stations de contrôle,

- Génération des lames d'eau moyennes précipitées sur chaque sous bassin versant d'apport, en utilisant les conditions d'humidité des sols actualisées lors de simulations précédentes,
- Calcul des hydrogrammes prévisionnels à l'aide des modules de production pluie-débit et correction éventuelle des hydrogrammes prévisionnels calculés à l'aide des débits observés,
- Simulation hydraulique de chaque sous modèle et correction des hydrogrammes et limnigrammes prévisionnels calculés aux stations de contrôle à l'aide de procédures de rattrapage.

En fin de calcul les hydrogrammes et limnigrammes prévisionnels sont stockés dans le répertoire d'échange.

Les systèmes de prévision mise en œuvre sur la Loire pour le compte du SPC Loire Moyenne et sur la Charente pour le compte du SPCLA fonctionnent sur le même principe. Ces systèmes sont opérationnels.

La problématique de la prévision dans le contexte de la Bassée est différente de celle des SPC : ceux-ci doivent fournir des prévisions de cotes d'eau à un horizon de prévision donné. Dans le cas de la Bassée la prévision sert en premier à déterminer l'instant optimum de mise en route du système de pompage. Néanmoins les méthodes de calculs sont similaires, ainsi que les architectures des systèmes de supervision.

### **3.2 DONNEES ET PREVISION METEO**

Les SPC des bassins de plaine utilisent toujours les données pluviométriques disponibles du réseau RADOM pour calculer les lames d'eau observées ; les données radar temps réel fournissant des lames d'eau réparties sur une grille pluviométriques ne sont pas à ce jour jugées suffisamment fiables (problèmes de calibration en temps réel), mais devraient dans un proche avenir être exploitables, d'après METEO France. Le franchissement de cette étape constituera une réelle avancée pour la qualité des calculs hydrologiques, c'est aujourd'hui le principal facteur limitant.

Concernant les prévisions METEO France fournit des prévisions de lames d'eau journalières sur des zones pluviométriques de l'ordre de 1000 km<sup>2</sup> sur les 4 prochains jours, ainsi que des tendances jusqu'à 7 jours. La précision attachée à ces prévisions est entachée d'une forte incertitude au-delà de 48h. Néanmoins pour les prévisions de débit sur des bassins versants ayant des temps de réponse de plusieurs jours, ces informations sont d'ores et déjà précieuses. Elles sont par exemple exploitées par le SPC Oise-Aisne pour prédire les tendances d'évolution des crues à Compiègne au-delà de 72 heures. Dans ce domaine également une importante marge de manœuvre est envisageable pour améliorer la qualité des prévisions, d'après les services de METEO FRANCE contactés.

La problématique de la prévision pluviométrique est tout autre sur les bassins du sud de la France, caractérisés par des temps de réponse de quelques heures. Pour ces bassins l'analyse des évolutions météorologiques via les grilles radars s'avère déterminante pour anticiper les crues. Les méthodologies mises en œuvre pour prévoir les crues sont spécifiques à ces bassins et font moins

appel à des modèles classiques de calcul hydrologiques alimentées par les précipitations, elles s'appuient plutôt sur des méthodes analogiques pour prévoir des déclenchements de seuils.

Pour la problématique de la Bassée on est bien dans le cas de figure des crues de plaine, les temps de réponse en jeu sont en effet de l'ordre de 3 jours et non de quelques heures.

Les spécificités du système de prévision à mettre en place pour la Bassée sont précisées ci après.

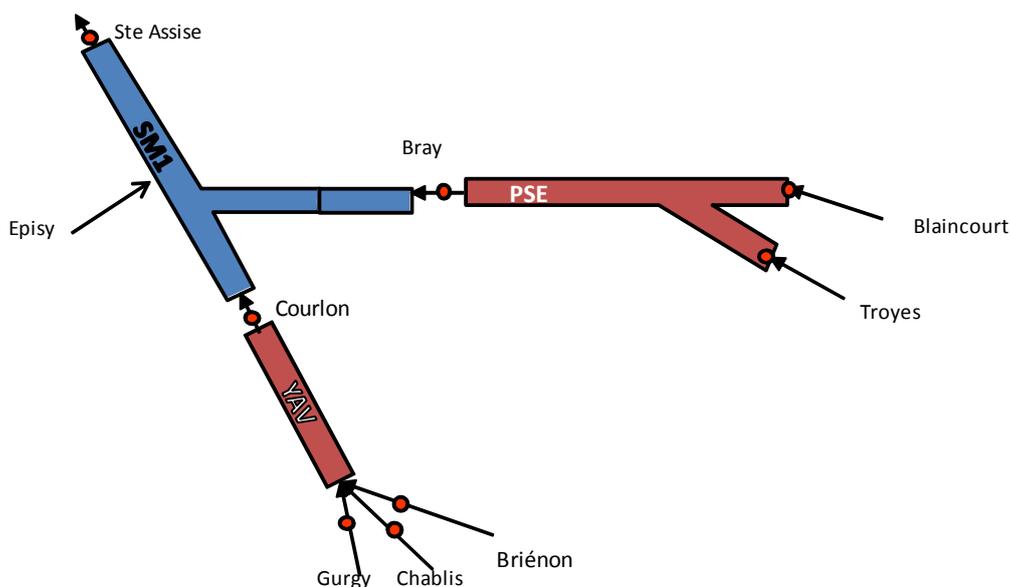
## 4 DEFINITION DU SYSTEME DE PREVISION SPECIFIQUE A L'AMENAGEMENT BASSEE

### 4.1 LE MODELE DE PREVISION

#### 4.1.1 *Modèle mis œuvre pour l'étude*

Le modèle de prévision est composé de modèles hydrologiques Pluie-Débit et d'un modèle hydraulique.

- Les modèles hydrologiques permettent à partir des données pluviométriques observées et prévues de calculer des hydrogrammes d'apports aux principaux points d'injection du modèle hydraulique.
- Le modèle hydraulique utilisé pour les calculs de prévision est totalement découplé du modèle hydraulique de simulation de gestion mais il s'appuie sur des sous modèles hydrauliques communs. Son architecture est précisée ci-dessous :



Ce modèle est alimenté par six apports principaux, repérés sur le schéma ci dessus. Une séquence de calcul de prévision au temps  $T_f$  se déroule comme suit :

- Le modèle démarre en début d'événement, il est alimenté par les hydrogrammes observés jusqu'au temps  $T_f$ ,
- Un module de prévision de chaque apport est mis en œuvre sur la période  $[T_f - T_f+7]$ , à l'aide des lois de production établies dans la phase 2. de l'étude. Ce module se nourrit des données pluviométriques observées et des données de pluviométrie prévisionnelles,
- Le modèle hydraulique propage les hydrogrammes ainsi générés entre  $[T_f - T_f+7]$  : on obtient ainsi une prévision des débits et des cotes à Montereau.

La carte page suivante délimite les bassins versants de l'Yonne concernés par les modèles de prévision des apports à Gurgy, Brinon et Chablis. Les modèles complémentaires à mettre en œuvre sont :

- Le modèle de prévision sur le Loing, compte tenu de l'influence de cet affluent sur les niveaux d'eau à Montereau,
- Des modèles simplifiés de prévision sur les rivières de nappe sur l'Yonne aval et sur la Seine et l'Aube entre Troyes et Bray.

Compte tenu d'une part des temps de propagation entre Troyes et Bray (environ 5 jours) et d'autre part du rôle d'écrêtement prévisible des lacs Seine et Aube, il apparait préférable de rentrer « manuellement » des apports prévisionnels à Troyes et Blaincourt., plutôt que de calculer par des modèles hydrologiques des hydrogrammes prévisionnels à Trannes et Bar et simuler l'impact des lacs par application du règlement d'eau.

## Délimitation géographique des modèles de prévision sur l'Yonne

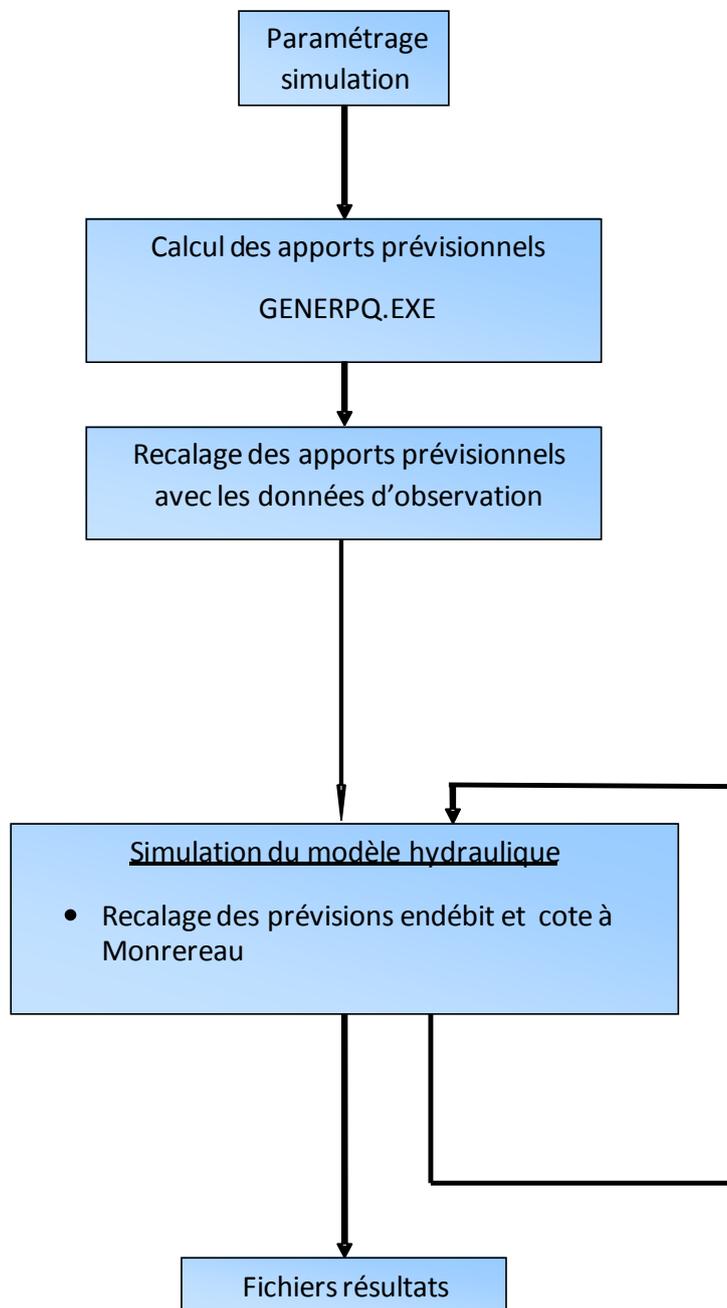


### 4.2 SEQUENCEMENT DES TACHES DANS

### 4.3 UN CALCUL DE PREVISION

L'organigramme page suivante définit l'ordre d'agencement des calculs. Par rapport à un calcul classique de simulation l'organigramme intègre les opérations de recalage des apports à l'issue du calcul hydrologique , puis des cotes et débits prévisionnels à Montereau à la suite de la simulation hydraulique. Cette opération est réalisée à l'aide d'un module de calcul spécifique de recalage et des données d'observations hydrométriques au temps de début de prévision.

**Organigramme des tâches d'un calcul de prévision :**



Le programme GENERPQ génère les hydrogrammes prévisionnels des apports sur l'Yonne, la Seine et le Loing à l'aide de lois de production Pluie-débit. Les données utilisées en entrées sont les hyétogrammes de lames d'eau moyennes reconstitués sur les bassins versants suivants : Yonne, Armançon, Serein, Loing, bassins perméables de la Bassée et de l'Yonne aval. Chaque hyétogramme est reconstitué à partir :

- des données pluviométriques des postes RADOM,
- des données de lames d'eau prévisionnelles fournies par METEO France sur chacun de ces bassins.

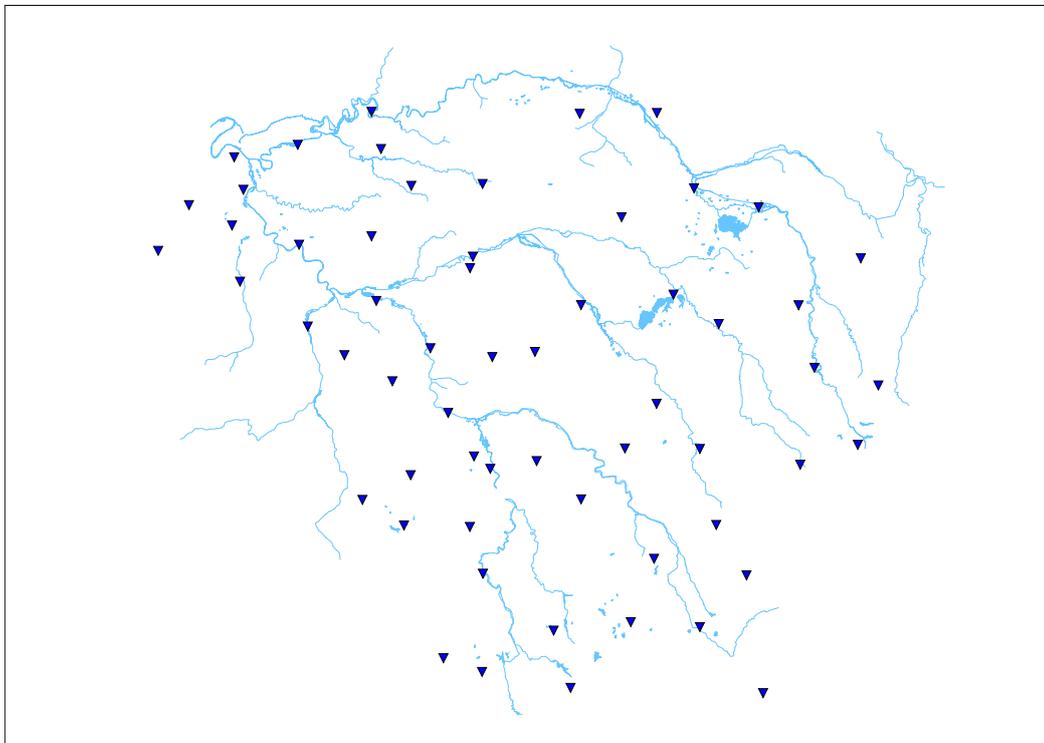
La tâche de reconstitution des hyétogrammes est assurée par un utilitaire spécifique piloté par le programme GENERPQ.

#### 4.4 DONNEES D'ENTREE NECESSAIRES A UN CALCUL DE PREVISION

##### 4.4.1 *Données de base minimum*

Ces données sont stockées dans des fichiers d'échange générées par le superviseur. Elles comprennent :

- les données pluviométriques au sol jusqu'au temps  $T_f$  aux stations RADOM implantées sur le bassin de l'Yonne et de la Seine. La carte page suivante précise l'implantation des stations RADOM disponibles sur le bassin de la Seine amont :



La densité de ces données est jugée suffisante pour le modèle visé.

- Les lames d'eau prévisionnelles fournies par METEO-FRANCE par grande zone pluviométrique entre les jours J et J+4,
- Les données hydrométriques aux stations de tête de Troyes, Blaincourt, Gurgy, Chablis, Brienon et Episy des 10 jours précédents le temps Tf, et aux stations intermédiaires de Ponts/Seine et Courlon.
- Les données limnimétriques à Montereau sur les 10 jours précédents le temps Tf.
- Les données limnimétriques de la petite Seine au droit des barrages de Marolles et de la Grande Bosse.

#### **4.4.2 Données complémentaires**

Les données complémentaires nécessaires à l'exécution du calcul de prévision sont les taux d'humidité des sols sur chacun des 4 sous bassins versants faisant l'objet de calculs hydrologiques. Ces données sont actualisées à chaque simulation à l'aide des modules de calculs hydrologiques de production.

Si le modèle de prévision est activé en phase de pompage dans le but de moduler au plus près le pompage en cours le modèle doit disposer de plus des données suivantes :

- Etat des pompages au temps Tf,
- Volumes de remplissage des bassins au temps Tf.

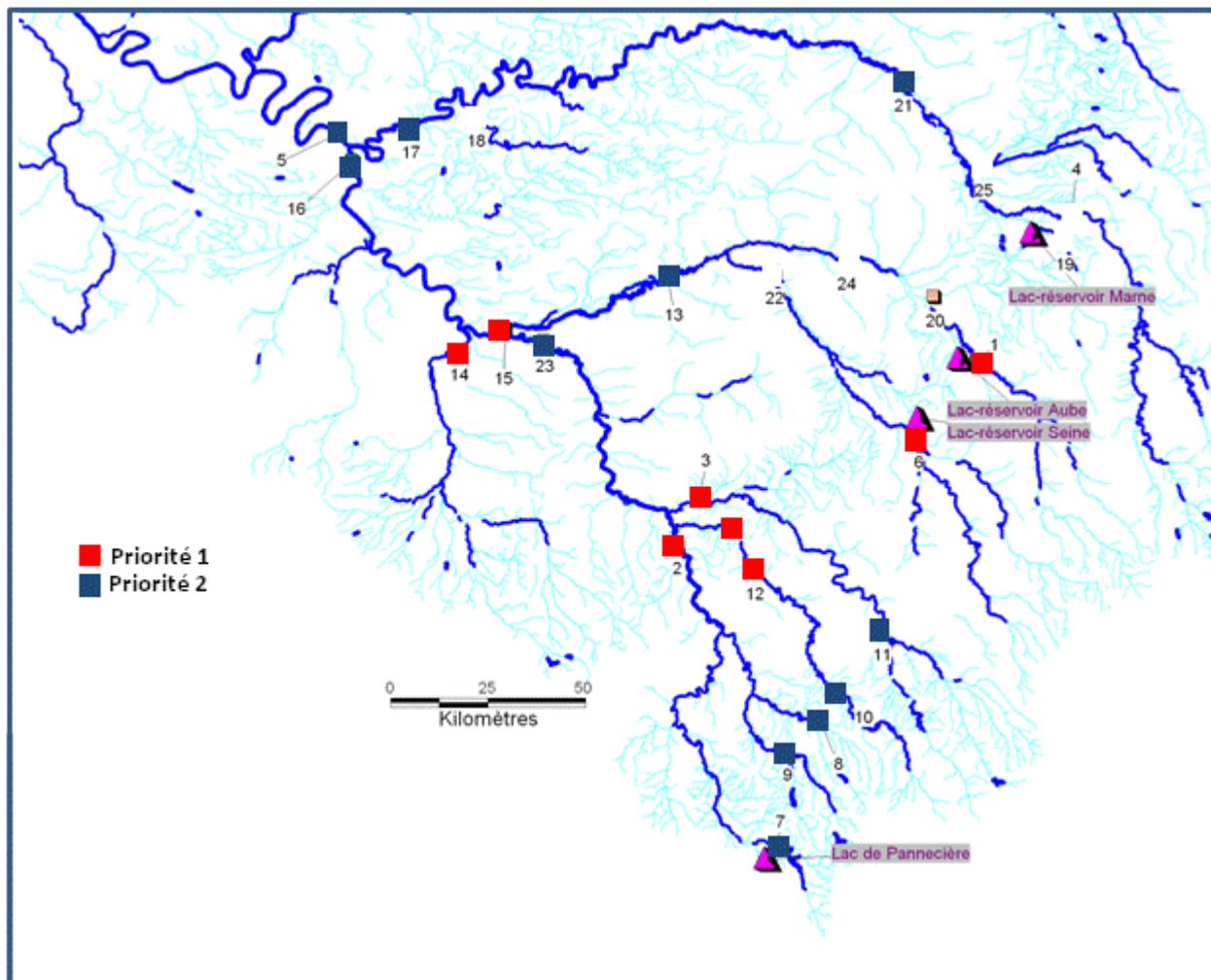
Il est également utile de disposer des données débit métriques aux stations de tête du bassin de l'Yonne :

- Guillon sur le Serein,
- Aisy sur L'Armançon,
- Cussy sur le Cousin,
- St Germain sur la Cure,
- Chaumard sur l'Yonne.

Il est enfin très souhaitable de pouvoir disposer d'une mesure de débit fiable à Montereau, à l'aval immédiat de la confluence de l'Yonne. Cette donnée n'existe pas actuellement, sa connaissance nécessite d'aménager une station de mesure spécifique.

La carte ci après récapitule la liste des stations hydrologiques susceptibles d'être exploitées par le superviseur pour le volet prévision. Les données des stations en rouge sont jugées indispensables pour alimenter le modèle de prévision. Les stations en bleue donnent des compléments d'informations pour affiner les prévisions ainsi que les décisions de gestion des ouvrages de la Bassée.

Localisation des stations hydrologiques exploitées par le module de prévision attaché à la Bassée.



Parmi les stations de priorité 1 prévoir un doublement des capteurs par GLS sur les stations de Gurgy, Briennon, Beaumont et Montereau.

#### 4.4.3 Améliorations attendues sur les données :

Elles concernent :

- Les données pluviométriques ponctuelles. Il sera intéressant à l'avenir de disposer de lames d'eau définies en chaque point d'une grille pluviométrique, La répartition étant fournie par METEO-France. On améliorera ainsi très sensiblement la précision du modèle de production.
- La qualité des prévisions pluviométriques. Un travail de concertation avec METEO-France reste à entreprendre pour préciser les fourchettes d'incertitude associées aux résultats chiffrés de prévision pluviométriques fournies par METEO-France à 4 jours, optimiser le

découpage des zones pluviométriques de prévision et préciser les possibilités de fournir des tendances prévisionnelles au-delà de 4 jours.

#### 4.5 LE SUPERVISEUR

Le superviseur aura des caractéristiques similaires à celles équipant les SPC. Il n'existe pas aujourd'hui de produit unique, chaque SPC ayant tendance à développer son propre outil de supervision. Les évolutions sont néanmoins rapides dans ce domaine et le SCHAPI notamment travaille sur la définition de fonctionnalités standard. Ces fonctionnalités devront couvrir au minimum les rubriques listées au chapitre 3.

### 5 MODALITES DES PROCEDURES DE PREVISION

Ces procédures sont assurées par le superviseur :

#### 5.1 MISE EN VEILLE, FREQUENCE DES CALCULS DE PREVISION

. On peut distinguer les cas suivants, selon le contexte hydrologique.

1. Situation d'étiage

C'est le cas en régime estival, ou lorsque le débit à Paris est inférieur à 200 m<sup>3</sup>/s. on peut dans cas limiter la fréquence d'utilisation du modèle à une fois par semaine, afin d'actualiser les conditions de sol.

3. Situation de veille active

Cette situation est activée lorsque, durant la période du 1<sup>er</sup> octobre et jusqu'au 15 mai, le débit de la Seine dépasse 250 m<sup>3</sup>/s à Paris et que METEO FRANCE prévoit des états perturbés sur le Morvan. Il convient alors de lancer un calcul de prévision une fois par jour, sur un horizon de 7 jours.

3. Situation d'alerte.

Cette situation est déclenchée si à l'issue d'un calcul de prévision on anticipe un niveau maximum à 4 jours ou plus, susceptible de dépasser la cote 48.50 NGF à Montereau . Il faut dans ce cas déclencher une procédure d'alerte et mobiliser une cellule d'astreinte. Les calculs de prévision doivent être actualisés toutes les 6 heures de façon à cerner au mieux l'instant de déclenchement du pompage.

Après déclenchement du pompage les calculs de prévisions doivent de poursuivre toutes les 6 ou 12 heures de façon à moduler au besoin les règles adaptatives de pilotage du pompage en fonction de l'évolution de la crue.

## 5.2 PROCEDURE DE CONTROLE DES DONNEES

Les données hydrométriques temps réels rapatriées par le superviseur seront contrôlées avant d'être validées pour le calcul de prévision. Des tests simples de validation au moyen de calculs de corrélation ou de contrôle de cohérence devront être systématiques et les données ainsi analysées seront concentrées avec un indice de validation. Cet indice sera exploité par le modèle de prévision pour s'appuyer ou non sur les mesures dans le processus de calcul de prévision.

Il est essentiel que les données pluviométriques soient le plus fiable possible car la qualité de la prévision en dépend directement. La solution la plus sécuritaire serait de récupérer, via un contrat passé avec METEO France, les données pluviométriques spatialisées sur l'ensemble du bassin de l'Yonne et de la Seine amont, le travail de spatialisation étant réalisé par METEO-FRANCE à partir des données radar. Ce service n'est pas opérationnel à ce jour mais devrait le devenir dans les années à venir.

En attendant la disponibilité de ce service les données pluviométriques au sol continueront d'être exploitées. Il sera alors nécessaire de détecter les aberrations via des tests simples sur les écarts et affecter chaque mesure d'un code de fiabilité.

## 5.3 PROCEDURES EN CAS DE FONCTIONNEMENT DEGRADE

Certaines mesures sont essentielles pour l'alimentation du modèle de prévision : il s'agit des niveaux d'eau et les débits de la Seine à Montereau et des débits aux stations intermédiaires sur l'Yonne, le Serein et l'Armançon. Enfin d'assurer la disponibilité permanente de ces données il convient de doubler les points de mesures en chacune de ces stations.

Concernant les données défaillantes des postes pluviométriques, les procédures de calcul dégradé sont en place dans les modules actuels de calculs des lames d'eau moyenne. Dans tous les cas les données spatialisées de lames à fournir éventuellement par METEO-France devront être doublées par des calculs de lames d'eau à partir des données ponctuelles des postes pluvio, de façon à disposer de la redondance nécessaire et faire face à des pénuries occasionnelles de fournitures de données synthétiques.

## 5.4 PRISE EN COMPTE EVENTUELLE DES SITUATIONS DE CRUE SUR LES SECTEURS AVAL

L'étude de phase 2 a démontré que cette situation est très atypique : sur les 20 crues historiques analysées, seule la pointe de crue d'Avril 1983 à Paris a été provoquée par des apports autres que ceux de la Petite Seine et de l'Yonne. Pour toutes les autres on constate une forte corrélation entre les dépassements de niveaux de seuils critiques à Montereau et à Paris.

C'est la raison pour laquelle le modèle de prévision proposé est délimité à l'aval par la station de Ste Assise et n'intègre pas les apports de la Marne.

Par ailleurs la procédure de gestion du pompage est déjà assez complexe en limitant la règle de gestion à la seule prise en compte des niveaux de crue à Montereau. Complexifier cette règle en tenant compte du niveau de crue à Paris c'est courir le risque d'augmenter la vulnérabilité de Montereau dans le cas de trains de crues successives.

## 6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le retour d'expérience sur le modèle développé dans le cadre de cette étude nous conduit à préciser les objectifs et les préconisations jugés réalistes à attribuer au futur modèle :

### 6.1 OBJECTIFS VISES PAR LE FUTUR MODELE DE PREVISION

**Ce** modèle devra être capable de prévoir 4 jours à l'avance le passage d'une pointe de crue à Montereau, ainsi que le dépassement ou non de la cote 48.50 NGF.

Ce modèle s'appuiera pour cela sur :

- Les données de précipitations transmises par le réseau RADOM.
- Les données de prévision de lames d'eau moyennes sur 48 heures fournies par METEO FRANCE sur les principaux sous bassins de l'Yonne et du Loing.
- Les tendances d'évolution des précipitations fournies par METEO FRANCE au-delà de 48h.

### 6.2 PRECONISATIONS SUR LA STRUCTURE DU MODELE

Le modèle comprendra les modules de calculs suivants :

- Un module de calcul des apports hydrologiques aux stations de Gurgy, Brinon, Beaumont et Episy. Chaque apport sera modélisé en considérant un seul bassin, ou à l'aide d'un découpage distinguant plusieurs sous bassins différenciés : deux entités de sous bassins ont été considérés dans cette étude pour chaque apport, afin de tenir compte des natures de terrains très différenciées : zones à fort ruissellement en amont, zones karstique sur le sous bassins intermédiaires.
- Un module simplifié d'apports générés par les bassins perméables de l'Yonne aval et de la petite Seine.
- Un module de propagation des écoulements sur un secteur de vallée limité à l'amont par les stations de Troyes sur le Seine, Blaincourt sur l'Aube,, Gurgy sur l'Yonne, Brienon sur l'Armançon,, Beaumont sur le Serein, Episy sur le Loing, et à l'aval par la station de Ste Assise.
- Un modèle de correction des débits prévisionnels sur l'Yonne, à partir des débits observés aux trois stations de Gurgy, Brienon, Beaumont.

### 6.3 PRECONISATIONS SUR LE MODE DE GESTION DU FUTUR MODELE

Ce modèle sera exploité pour :

- prévoir suffisamment à l'avance la date de passage d'une pointe de crue à Montereau, ainsi que l'importance de la pointe, afin de laisser le temps nécessaire à la mise en œuvre des procédures d'alerte,
- préciser la date précise de démarrage du pompage,
- infléchir les consignes de pompage au fur et à mesure de l'évolution de la crue.

Il est par conséquent nécessaire de définir des spécifications fonctionnelles précises pour intégrer ces différentes fonctionnalités, et notamment toutes les procédures d'échange entre l'outil de prévision et le superviseur de gestion des équipements de la Bassée.

### 6.4 RECAPITULATION DES POINTS A APPROFONDIR

L'étude réalisée en phase 2 permet en l'état des connaissances actuelles de réaliser le système opérationnel de prévision pour la Bassée. Néanmoins des approfondissements d'analyse ont été identifiés pour fiabiliser le volet « prévision » et donc augmenter la performance du système de gestion. Les pistes d'amélioration portent principalement sur trois domaines.

1. Une meilleure évaluation des lames d'eau moyennes précipitées sur chaque sous bassin d'apport :  
Cette amélioration passe par l'exploitation et le calibrage des données radar en temps réel. Un rapprochement avec METEO France est nécessaire pour évaluer les progrès attendus dans ce domaine et les échéanciers.
2. Une fiabilisation des prévisions pluviométrique à 4 jours et des tendances jusqu'à 7 jours  
Là aussi une concertation avec METEO France apparaît nécessaire pour quantifier les fourchettes d'incertitude, ainsi que la marge de progression envisageable pour augmenter la précisions des prévisions.
3. La modélisation affinée des lois de production pluie – débit.
  - découpage plus fin des sous bassins d'apports de l'Yonne : une amélioration consisterait à affiner le découpage hydrologique des sous bassins de l'Yonne, de l'Armançon et du Serein et à intégrer les données hydrométriques disponibles des stations amont de ces sous bassins dans la chaîne de calcul.
  - Une autre amélioration souhaitable est la prise en compte de la forme de précipitation : pluie ou neige dans le module de production. Un tel module a été

élaboré et calé sur le bassin de l'Oise sur la crue de Janvier 2011 et il a donné des résultats concluants. Le même travail pourrait être entrepris sur le bassin de l'Yonne, le calage serait réalisé sur quelques événements historique marquants, tels que l'hiver 1945 et celui récent de 2011.

- L'intégration d'un module de recalage des niveaux d'humidité des sols : le modèle utilisé dans la présente étude s'appuie sur un simple module de rattrapage, il pourrait être enrichi d'une boucle de traitement complémentaire portant sur l'actualisation des niveaux d'humidité par la prise en compte de la réactivité des cours d'eau sur une période de plusieurs jours précédent chaque nouveau calcul de prévision.