



**HAL**  
open science

## Extension nationale de la méthode AIGA. Amélioration de la réactivité du modèle

D. Organde, P. Javelle

► **To cite this version:**

D. Organde, P. Javelle. Extension nationale de la méthode AIGA. Amélioration de la réactivité du modèle. [Rapport de recherche] irstea. 2014, pp.22. hal-02606080

**HAL Id: hal-02606080**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02606080v1>**

Submitted on 16 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**SCHAPI**  
Service Central  
d'Hydrométéorologie  
et d'Appui à la  
Prévision des  
Inondations



Marché « Mise en œuvre de la méthode AIGA » n°2014-01-16

**Action « prévision des inondations »**  
**AXE III : « Crues Soudaines »**  
**A. Recherches et développements**

## **A1. EXTENSION NATIONALE DE L'APPROCHE AIGA**

*Amélioration de la réactivité du modèle*

Didier Organde

**HYDRIS**  
hydrologie

Octobre2014

## SOMMAIRE

<b>Avant-propos.....</b>	<b>4</b>
<b>1 Analyse critique des données hydrométriques.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Évolution de la méthodologie de régionalisation.....</b>	<b>6</b>
<b>3 Amélioration de la réactivité du modèle.....</b>	<b>6</b>
3.1 Modification de la paramétrisation.....	6
3.2 Calage régional.....	8
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>15</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>16</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>18</b>
Annexe 1 :.....	19
Livrable 00060, Calage local	
Annexe 2 :.....	20
Livrable 00070, Régionalisation	
Annexe 3 :.....	21
Tableaux de contenance par Hydro-écorégions regroupées	

## Table des illustrations

Figure 1 : 719 stations retenues (points bleus). Les points gris sont les stations évacuées suite à l'analyse critiques des données hydrométriques.....	5
Figure 2 : 680 stations retenus pour la régionalisations (points bleus). Les points gris sont les stations faisant partie des 719 stations de calage mais évacuées de la régionalisation (voir §2.).....	7
Figure 2 : Cartographie des 8 hydro-écorégions regroupées (source : Maire et Javelle, 2013).....	8
Figure 3 : Performances des différentes versions de modélisation sur la période 2009-2012 sur un échantillon de 680 stations hydrométriques : version développée en 2013 (GRSD 2013), AIGA actuellement appliquée à l'arc méditerranéen (AIGA-SE) et la version modifiée et alimentée avec les lames d'eau PANTHERE (pas de temps horaire) et ANTILOPE (pas de temps journalier).....	8
Tableau 1 : tableau de contingence multi-seuils. $n(P_i, O_j)$ représente le nombre de prévisions dans la classe $i$ avec une observation dans la classe $j$ , $N(P_i)$ représente le nombre total de prévisions dans la classe $i$ , $N(O_j)$ représente le nombre d'observations dans la classe $j$ , et $N$ le nombre total de prévisions.....	9
Figure 4 : Performances des différentes versions de modélisation sur la période 2009-2012 sur un échantillon de 680 stations hydrométriques : AIGA actuellement appliquée à l'arc méditerranéen (AIGA-SE) version développée en 2013 (GRSD 2013), version modifiée et alimentée avec les lames d'eau PANTHERE (pas de temps horaire) et ANTILOPE (pas de temps journalier) (GRSD_2014) et la version opérationnelle après recalage régional.....	11
Tableau 2 : Nombre d'alertes observées par hydro-écorégion pour les seuils QP2 et QP10 SHYREG.....	12
Figure 5 : Localisation des bassins versants avec un CSI $\geq 0,5$ (a) ou un POD $\geq 0,8$ (b)....	13
Tableau 3 : Modification de la paramétrisation régionale.....	13
Figure 6 : Cartographie de la grille du paramètre $a$ retenue (a) et valeurs du paramètre $B$ aux bassins versants de la régionalisation (b).....	14

## Avant-propos

Pour le développement de son système d'anticipation des crues soudaines, Le SCHAPI (Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations) souhaite s'appuyer sur le système AIGA développé par Irstea (anciennement Cemagref). Le système AIGA a fait l'objet d'évaluations et de développements récents en vue de l'extension de son domaine d'application de l'arc méditerranéen à la France entière (Caseri, 2012, Organde, 2013).

Deux modèles hydrologiques ont été calés, régionalisés et évalués : le premier basé sur le couplage d'un modèle horaire événementiel semi-distribué (GR-SD) avec un modèle journalier global (GR4J), le second un modèle horaire continu global (GR4H). Les évaluations ont montré une réactivité moindre du modèle continu ; le choix du SCHAPI s'est donc porté sur le couple GR-SD/GR4J pour la poursuite des développements et la mise en opérationnel du système d'anticipation des crues soudaines.

Les performances de la modélisation retenue traduisant un trop faible taux de détection des alertes observées, des travaux complémentaires sont apparus nécessaire: ils sont basés d'une part sur la paramétrisation du modèle et son calage régional, et d'autre part sur une analyse critique des données hydrométriques utilisées pour le développement de la modélisation hydrologique. Le présent rapport présente ces derniers développements pour aboutir à un choix de modélisation et de paramétrisation du modèle hydrologique qui pourra être retenu pour une mise en opérationnel du service en 2016.

Le présent rapport constitue de livrable 00080 de la commande n°4500253337 du 16/09/2014 du marché « Mise en œuvre de la méthode AIGA » n°2014-01-16 conclut entre IRSTEAT et Hydris-hydrologie.

# 1 Analyse critique des données hydrométriques

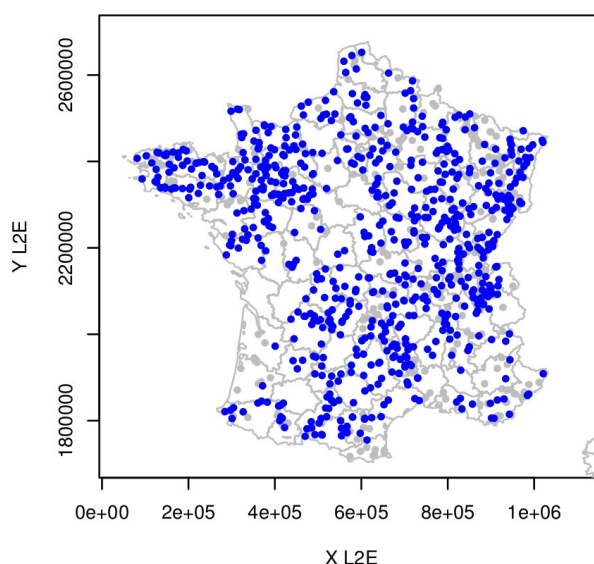
Dans le but de fiabiliser le calage et la régionalisation du modèle hydrologique, il a été jugé utile de disposer d'un retour des gestionnaires et utilisateurs des stations hydrométriques retenues pour le développement du modèle hydrologique afin d'obtenir un avis sur la fiabilité des données hydrométriques et ainsi évacuer les stations les moins fiables. Tous les SPC (Services de Prévision des Crues) concernés par une sélection de 1970 stations ont été consultés sur les questions suivantes :

- Avez-vous connaissance d'un quelconque problème relatif aux débits de crues présents dans la banque HYDRO pour cette station ?
- Si problème, description succincte (débits non naturels, problème de courbe de tarage, débits existants mais non disponibles dans la banque HYDRO, etc.)
- Si problème, disposez-vous pour cette station de débits à utiliser de préférence à ceux présents dans la banque HYDRO ?

Les retours à ce questionnaire ont permis d'évacuer de notre échantillon de calage des stations trop peu fiables en hautes eaux. L'effectif des stations retenues est passé de 941 à 755. Le reste des stations analysées pourra être utile ultérieurement pour la validation de la méthode sur des bassins versants n'ayant pas servis à son développement.

De plus, une analyse critique complémentaire a été menée concernant la superficie des bassins versants. Ceux dont la superficie issue de la base de bassins versants du SCHAPI s'éloignait trop sensiblement de l'information issue de la banque HYDRO ont été évacués, nous conduisant à retenir un échantillon de 719 bassins versants.

Cette sélection conduit à une sous-représentation de certaines zones géographiques (figure 1) : c'est le cas surtout de l'arc méditerranéen, de la Provence et de l'Aquitaine.



*Figure 1 : 719 stations retenues (points bleus). Les points gris sont les stations évacuées suite à l'analyse critiques des données hydrométriques.*

## 2 Évolution de la méthodologie de régionalisation

Lors de l'étude 2013 (Organde, 2013), il a été choisi d'évacuer les bassins versants les plus « lents » (temps de réaction important) que nous avons caractérisés par une valeur du volume du réservoir de transfert B du modèle GR-SD (obtenue en calage) supérieure à 1 000 mm. Or, des phénomènes de compensation peuvent se produire lors du calage successif de GR4J puis de GR-SD, il nous a alors semblé judicieux d'évacuer de la régionalisation également les bassins versants qui présentent une forte valeur du volume du réservoir de routage du modèle GR4J ( $XV3 > 4\,000$  mm).

Pour la régionalisation des paramètres des modèles, on appelle bassins « donneurs » les bassins-versants dont les paramètres optimums sont retenus pour appliquer les méthodes de régionalisation. Pour la régionalisation de GR4J, sont retenus comme bassins donneurs ceux dont le critère de NASH en calage dépasse 0,3. Cette même liste de bassins donneurs est retenue pour la régionalisation de GR-SD avec la contrainte supplémentaire d'avoir obtenu une valeur du critère NPCD en calage supérieur à 0,3. Ces valeurs de critères ont été fixées suite à des tests.

## 3 Amélioration de la réactivité du modèle

### 3.1 Modification de la paramétrisation

Le but visé est de dynamiser la production du modèle. A cette fin, le taux de remplissage minimum du réservoir de production est borné :  $S0/A_{\text{minimum}} = 0,2$ . De plus, pour favoriser la saturation du réservoir de production, son volume est fixé à une valeur unique faible :  $A = 200$  mm (valeur minimale de la grille de A utilisée précédemment).

**Le modèle ainsi paramétré a donc fait l'objet d'un nouveau calage (voir annexe 1) et d'une régionalisation.** Après avoir testé différentes méthodes de régionalisation, c'est l'approche par régression qui a été retenue pour la régionalisation des paramètres  $a$  et  $B$  de GR-SD.

Les relations linéaires retenues pour chacun des paramètres sont les suivantes :

$$a_{\text{regio}} = 1,86 - 1,09 * S0/A_{h_{\text{SHYREG}}} \quad R^2 = 0,02$$

avec :

$S0/A_{h_{\text{SHYREG}}}$  : paramètre régionalisé du modèle hydrologique de la méthode SHYREG ( $S0/A$  : niveau de remplissage initial du réservoir de production) de la « saison hiver ».

Malgré un coefficient de détermination très faible, cette méthode de régionalisation conduit aux résultats les plus performants.

$$B_{\text{regio}} = 405 + 0,20 * Z_{\text{moy}} - 663 * S0/A_{a_{\text{SHYREG}}} + 0,15 * Surf \quad R^2 = 0,26$$

avec :

$Z_{\text{moy}}$  : altitude moyenne du bassin versant (m) ;

$S0/A_{a_{\text{SHYREG}}}$  : valeur moyenne au bassin versant du paramètre « annuel » régionalisé du modèle hydrologique de la méthode SHYREG ( $S0/A$  : niveau de remplissage initial

du réservoir de production) ;

**Surf** : Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>).

Les paramètres du modèle **GR4J** sont **régionalisés par la méthode des voisins** : les paramètres du bassin versant cible prennent la valeur moyenne des paramètres des **3 bassins versants donneurs** les plus proches (distance euclidienne entre les barycentres des bassins versants).

Les performances de ces modèles ainsi régionalisés sont évaluées sur la période 2009-2012. Pour le fonctionnement opérationnel, il est souhaité que les modèles journaliers (continus) soient alimentés par la lame d'eau ANTILOPE. En effet, en cas d'absence de données issues du radar, la lame d'eau ANTILOPE dispose d'une information de pluie au sol (krigeage). Cette configuration permettra ainsi d'éviter une sous-estimation des débits journaliers et de l'état de saturation des sols pouvant induire un biais important dans les simulations au pas de temps horaire. De plus, depuis juillet 2013, des améliorations significatives ont été apportées à l'élaboration de la lame d'eau ANTILOPE lui conférant une pertinence accrue. Aussi l'évaluation de la modélisation retenue est réalisée avec deux entrées de pluie :

- lame d'eau opérationnelle (PANTHERE) pour le pas de temps horaire,
- lame d'eau ANTILOPE pour le pas de temps journalier.

Les performances de cette modélisation (appelé GRSD) sont présentées figure 4 et comparées à celles obtenues avec la précédente version de la modélisation (appelé GRSD 2013) et avec AIGA appliqué actuellement sur l'arc méditerranéen (AIGA-SE) sur le même échantillon de bassin versant (680 stations ayant servies à la régionalisation (figure 2 et annexe 2)). Pour rappel, les simulations *GRSD 2013* et *AIGA-SE* ont été réalisées avec la lame d'eau PANTHERE seule.

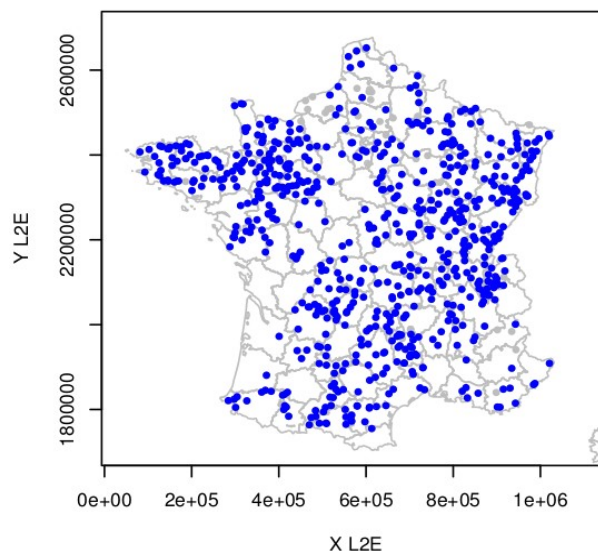


Figure 2 : 680 stations retenus pour la régionalisations (points bleus). Les points gris sont les stations faisant partie des 719 stations de calage mais évacuées de la régionalisation (voir §2.)

Les performances des modèles sont évaluées sur les critères de contingence CSI, POD et SR calculés par hydro-écorégion regroupées (figures 3 et 4) avec un seuil fixé au quantile de débit de pointe biennal issue de la base SHYREG (QP2 SHYREG).





- 1 : Vosges-Alsace
- 2 : Côtes Calcaire Est
- 3 : Massif Central
- 4 : Cévennes-Méditerranée
- 5 : Landes-Aquitaine
- 6 : Tables Calcaires
- 7 : Armoricaïn
- 8 : Alpes-Pyrénées

Figure 2 : Cartographie des 8 hydro-écorégions regroupées (source : Maire et Javelle, 2013)

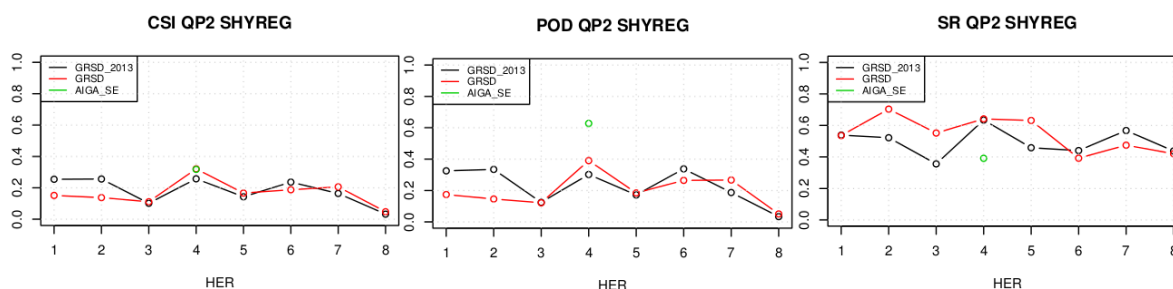


Figure 3 : Performances des différentes versions de modélisation sur la période 2009-2012 sur un échantillon de 680 stations hydrométriques : version développée en 2013 (GRSD 2013), AIGA actuellement appliquée à l'arc méditerranéen (AIGA-SE) et la version modifiée et alimentée avec les lames d'eau PANTHERE (pas de temps horaire) et ANTILOPE (pas de temps journalier)

Les modifications apportées ne conduisent pas à une progression générale du critère CSI. On constate même une dégradation des performances pour les hydro-écorégions 1, 2 et 6. Cette performance moindre sur ces secteurs est probablement imputable à l'utilisation de la lame d'eau ANTILOPE puisque une tendance du même type a été observée par Organde (2013) lorsque la modélisation hydrologique a été évaluée avec la lame d'eau PANTHERE d'une part et avec la lame d'eau ANTILOPE d'autre part. La variation du taux de détection (POD) entre les 2 modélisations suit la même tendance que celle du CSI. En dehors des hydro-écorégions 6, 7 et 8, le Success Ration (SR) a plutôt tendance à s'améliorer ce qui traduit une diminution du nombre de fausses alertes.

Malgré ces résultats mitigés, en partie imputables au choix de la lame d'eau ANTILOPE, la contrainte opérationnelle et l'amélioration récente de la pertinence de la lame d'eau ANTILOPE nous conduisent à retenir l'utilisation des 2 lames d'eaux conjointement.

### 3.2 Calage régional

Les performances obtenues suite aux modifications apportées souhaitent être améliorées. Une procédure de calage régional est alors mise en œuvre. La démarche consiste, pour chacune des 8 hydro-écorégions, à modifier le jeu de paramètres afin d'améliorer la détection des alertes. L'objectif est d'améliorer la réactivité du modèle en augmentant la production (paramètre  $\alpha$ ) et en accélérant le transfert (réduction du paramètre  $B$ ).

Un test de sensibilité est réalisé visant à optimiser un critère prenant en compte plusieurs seuils d'alerte. Nous utilisons les scores de compétence (skill score) dont la formulation générique est la suivante :

$$SC = \frac{S_{\text{prévision}} - S_{\text{référence}}}{S_{\text{prévision parfaite}} - S_{\text{référence}}} \quad (\text{équation 1})$$

avec :

- $S_{\text{prévision}}$  est le score du modèle de la prévision ,
- $S_{\text{référence}}$  est le score du système de prévision de référence,
- $S_{\text{prévision parfaite}}$  est la valeur obtenue pour une prévision parfaite par le score S.

La valeur minimale est 0 : la prévision n'est pas meilleure que la référence. Le score optimal est 1 : la prévision est parfaite.

Trois scores de compétences sont testés :

- Heidke skill score (Heidke 1926) ,
- Hanssen and Kuipers discriminant (true skill statistic, Peirce's skill score) (Pierce, 1884, Hanssen and Kuipers 1965 ,)
- Gerrity score (Gerrity, 1992).

Le Heidke skill score (HSS) est retenu car il permet de mieux équilibrer le taux de détection (POD) et le taux de fausses alertes (1-SR) pour les différents seuils. Ce score est calculé à partir d'un tableau de contingence établi à partir de plusieurs seuils (tableau 1) :

Tableau 1 : tableau de contingence multi-seuils.  $n(P_i, O_j)$  représente le nombre de prévisions dans la classe  $i$  avec une observation dans la classe  $j$ ,  $N(P_i)$  représente le nombre total de prévisions dans la classe  $i$ ,  $N(O_j)$  représente le nombre d'observations dans la classe  $j$ , et  $N$  le nombre total de prévisions

		classes observées				TOTAL
		1	2	...	k	
classes en prévision	1	$n(P_1, O_1)$	$n(P_1, O_2)$	...	$n(P_1, O_k)$	$N(P_1)$
	2	$n(P_2, O_1)$	$n(P_2, O_2)$	...	$n(P_2, O_k)$	$N(P_2)$
	...	...	...	...	...	...
	k	$n(P_k, O_1)$	$n(P_k, O_2)$	...	$n(P_k, O_k)$	$N(P_k)$
TOTAL		$N(O_1)$	$N(O_2)$	...	$N(O_k)$	$N$

Le critère de compétence HSS s'exprime de la manière suivante

$$HSS = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n(P_i, O_i) - \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^k N(P_i)N(O_i)}{1 - \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^k N(P_i)N(O_i)} \quad (\text{équation 2})$$

Ce critère mesure la fraction de prévisions correctes par rapport à une référence qui correspond à un tirage aléatoire. Nous appliquons ce critère de compétence avec les classes suivants définies à l'aide des quantiles SHYREG :

- classe 1 :  $0 < QP < QP_{2/2}$
- classe 2 :  $QP_{2/2} < QP < QP_2$
- classe 3 :  $QP_2 < QP < QP_{10}$
- classe 4 :  $QP_{10} < QP < QP_{50}$
- classe 5 :  $QP > QP_{50}$

Les tableaux de contingence obtenu sur chacune des HER regroupées sont présentés en annexe 3.

Pour chacune des grandes zones géographiques (HER regroupées), un test de sensibilité est mené sur les paramètres du modèle :

- $a$  est augmenté de 2.5, 5, 10, 15, 20 et 30 % (i.e.  $a' = 1,025*a, 1,05*a, 1,1*a...$ )
- le logarithme de  $B$  est réduit des mêmes pourcentages (i.e.  $B' = B^{0.975}, B^{0.95}, B^{0.9}...$ )

Les 36 combinaisons possibles des paramètres modifiés sont testées et la combinaison aboutissant à la plus forte valeur de HSS sur une zone donnée est retenue. Les graphiques de la figure 4 synthétise les performances de cette version (nommée « opérationnel ») comparativement aux précédentes.

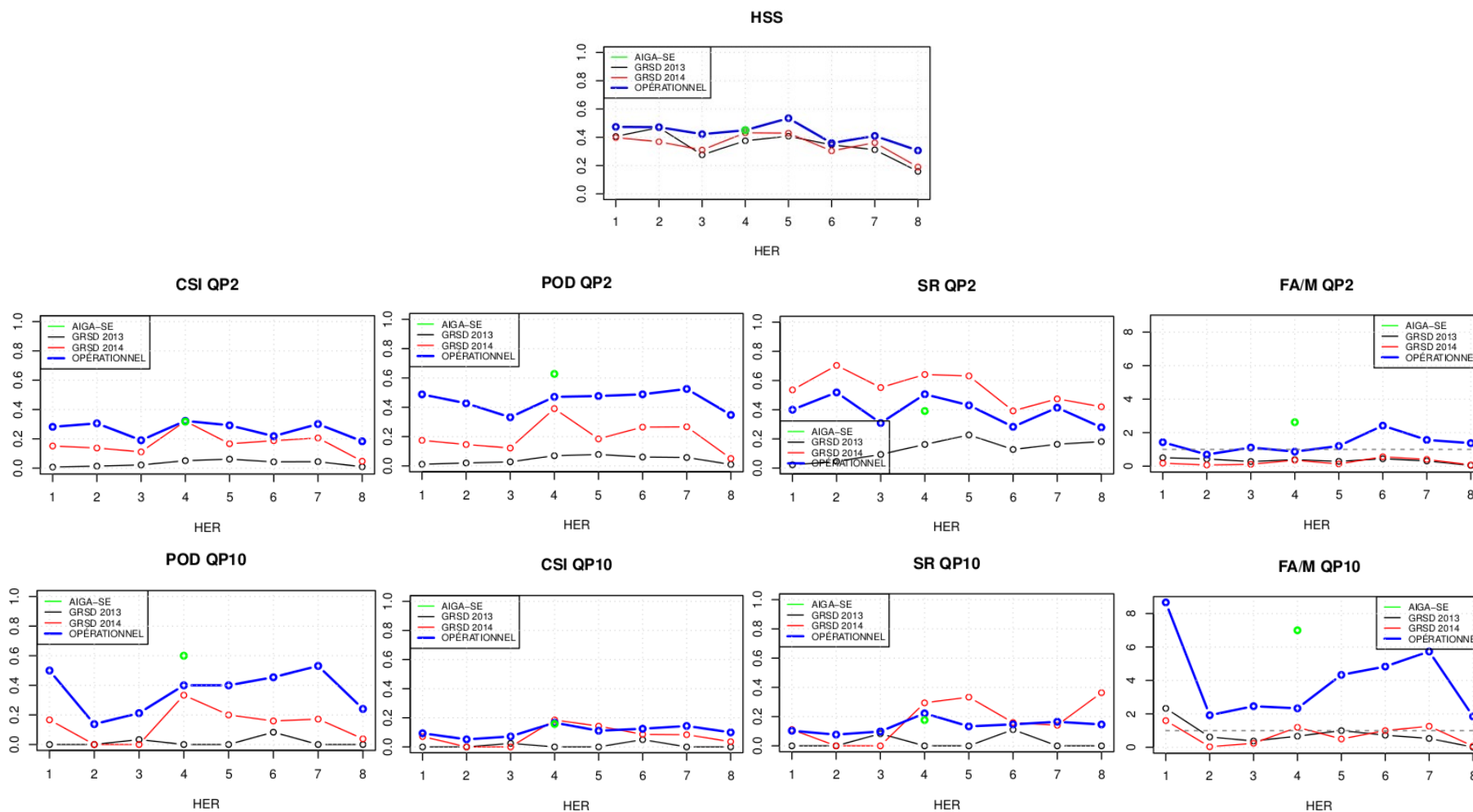


Figure 4 : Performances des différentes versions de modélisation sur la période 2009-2012 sur un échantillon de 680 stations hydrométriques : AIGA actuellement appliquée à l'arc méditerranéen (AIGA-SE) version développée en 2013 (GRSD 2013), version modifiée et alimentée avec les lames d'eau PANTHERE (pas de temps horaire) et ANTILOPE (pas de temps journalier) (GRSD 2014) et la version opérationnelle après recalage régional.

L'objectif visé était l'amélioration du taux de détection (POD) par rapport à la modélisation 2013 (GRSD 2013). Cette objectif est atteint pour l'ensemble du territoire. Cette hausse du POD entraîne mécaniquement une augmentation du taux de fausses alertes (diminution du SR) avec un bilan acceptable puisque le critère CSI est amélioré, voire stabilisé.

Un indicateur supplémentaire a été tracé. Il s'agit du ratio nombre de fausses alertes sur nombre d'alertes manquées (FA/M).

Par rapport au modèle AIGA actuellement appliquée sur l'arc méditerranéen (AIGA-SE), les performances sont équivalente vis-à-vis du critère CSI avec un taux de détection inférieur mais un taux de fausse alertes réduit (meilleur SR).

N.B. : Les critères de contingence pour l'occurrence décennale doivent être interprétée avec précaution, car pour certaines zones géographiques (HER 1 et 5), très peu d'alertes observées sont dénombrées rendant les valeurs de ces critères peu robustes (voir tableau 2)

Tableau 2 : Nombre d'alertes observées par hydro-écorégion pour les seuils QP2 et QP10 SHYREG

HER	Nombre d'alertes observées	
	QP2	QP10
1	86	6
2	260	29
3	262	33
4	87	15
5	65	5
6	219	44
7	453	64
8	414	104

La carte (a) de la figure 5 localise les bassins versants dont le CSI dépasse 0,5. Ce score constitue un niveau de performance assez intéressant. Il peut s'agir par exemple d'un bassin versant pour lequel on observerait 5 dépassements de seuils dont 4 auraient été détectés (C=4) et donc 1 manqué (M=1 ; POD=0.8) et 3 fausses alertes émises (FA=3 ; SR=0.57). Plus de 20 % des bassins versants présentent un CSI supérieur à 0,5. Ce ratio est légèrement supérieur pour un POD supérieur à 0,8 (carte (b) de la figure 5) avec une localisation similaire.

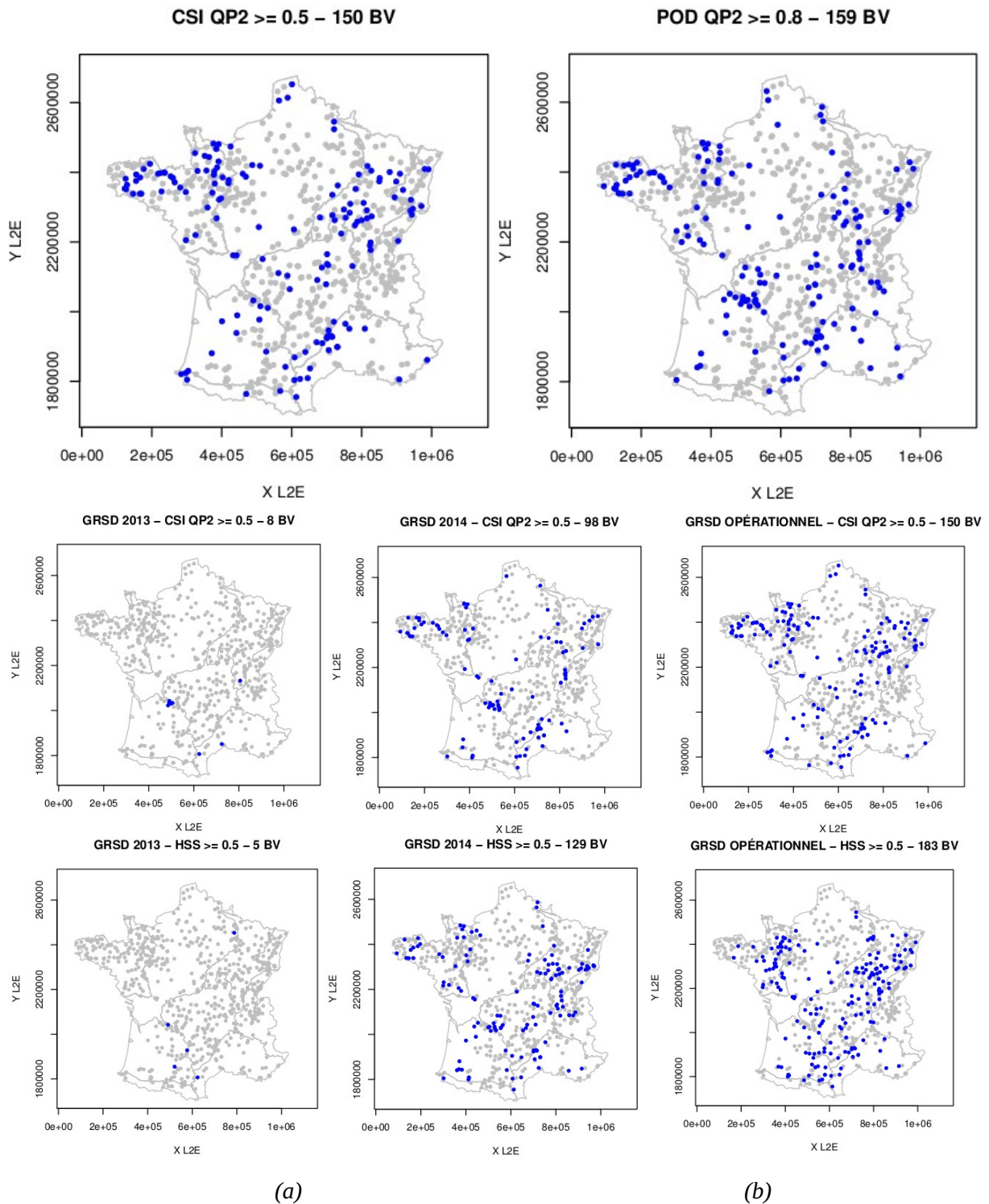


Figure 5 : Localisation des bassins versants avec un CSI  $\geq 0,5$  (a) ou un POD  $\geq 0,8$  (b)

Le tableau 3 synthétise la modification qui a été apportée aux paramètres issus de la régionalisation pour chaque hydro-écorégion. Les cartes de la figure 6 présentent, d'une part la grille du paramètre  $a$  (carte (a)) et les paramètres  $B$  aux bassins de régionalisation (carte (b)).

Tableau 3 : Modification de la paramétrisation régionale

HER	a'	B'
1	1.05*a	B <sup>0.9</sup>
2	1.025*a	B <sup>0.9</sup>
3	1.025*a	B <sup>0.9</sup>
4	1.3*a	B <sup>0.975</sup>
5	1.2*a	B <sup>0.95</sup>
6	1.025*a	B <sup>0.9</sup>
7	1.05*a	B <sup>0.9</sup>
8	1.1*a	B <sup>0.8</sup>

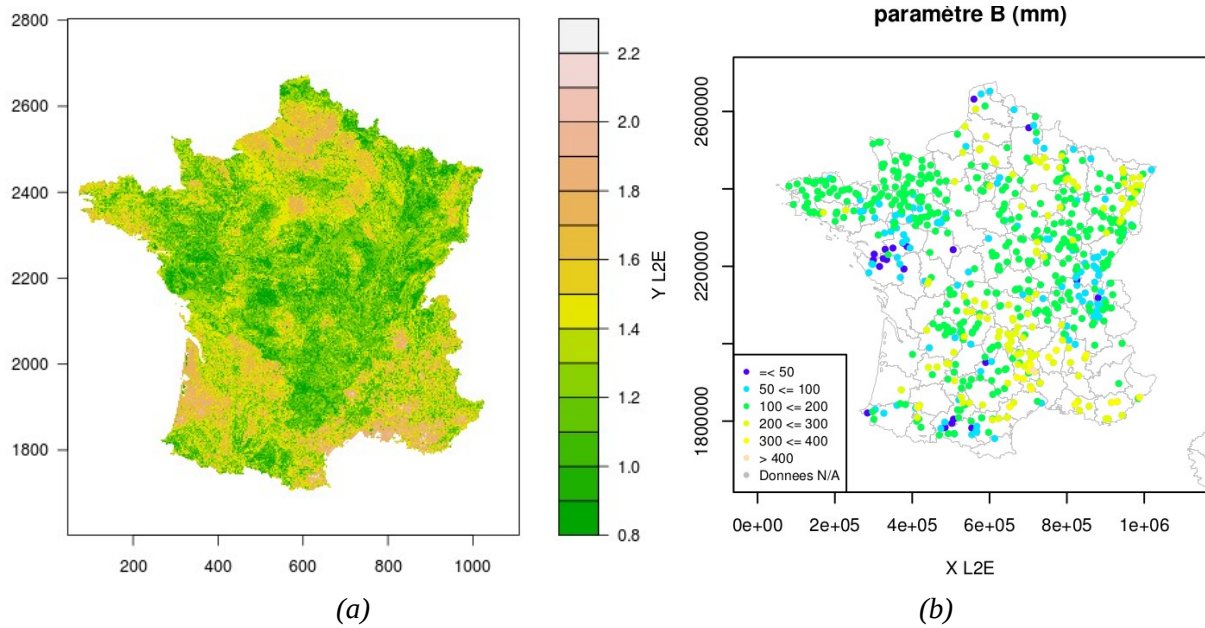


Figure 6 : Cartographie de la grille du paramètre a retenue (a) et valeurs du paramètre B aux bassins versants de la régionalisation (b)

## Conclusion et perspectives

Le système d'anticipation des crues soudaines dont le SCHAPI prévoit la mise en application pour 2016 s'appuiera sur une modélisation hydrologique consistant en un couplage d'un modèle horaire semi-distribué GR-SD (production distribuée et transfert global) et d'un modèle journalier global GR4J. Son calage et sa régionalisation sur le territoire national permettent de disposer d'un jeu de paramètres restituant au mieux les hydrogrammes de crue et le déclenchement d'avertissements pour un échantillon d'environ 700 stations hydrométriques.

Cette modélisation pourra être améliorée par des développements ultérieurs en prenant en compte la neige dans les entrées de pluie. Par ailleurs, les efforts qui pourront être menés pour améliorer la pertinence des données hydrométriques en crue seront les bienvenus et pourront conforter le calage et la régionalisation des modèles hydrologiques. Il pourrait également être intéressant de sélectionner les stations hydrométriques retenues en fonction de leur temps de réaction compatible avec les objectifs du système d'anticipation des crues.

Par ailleurs, la mise en œuvre progressive de la prévision d'ensemble de pluie informera sur les incertitudes liées aux entrées de pluie. Dans l'attente, il pourrait être envisagé de générer des hydrogrammes issues de différentes paramétrisations obtenues avec des variantes du modèle dont les performances sont proches du modèle retenu.

Enfin, il paraît souhaitable de poursuivre la recherche pour la mise en œuvre d'un modèle horaire continu du type GR4H.



## Bibliographie

CASERI A. (2012), *Comparaison des méthodes d'avertissement de crues en France et au Brésil - Application en France*, Rapport de stage de la spécialisation génie de l'environnement, 69 p.

GERRITY, J.P., Jr., 1992. A note on Gandin and Murphy's equitable skill score. *Monthly Weather Review*, 120, 2709–2712.

HANSEN, A.W., and W.J.A. KUIPERS, 1965. On the relationship between the frequency of rain and various meteorological parameters. *Mededeelingen en Verhandelingen*, 81, 2–15.

HEIDKE, P., 1926. Berechnung des Erfolges und der Güte der Windstärkevorhersagen im Sturmwarnungsdienst. *Geografika Annaler*, 8, 301–349.

MAIRE A. et JAVELLE P. (2012), *Extension nationale de la méthode AIGA : Comparaison à des avertissements basés sur des dépassements de seuil de pluie*, rapport d'étude Irstea, 44 p.

ORGANDE D. (2013), *Extension nationale de la méthode AIGA, Évaluation de AIGA débit sur un échantillon de bassins versants du territoire national*, rapport d'étude hydric hydrologie, 39 p.

ORGANDE D. (2013), *Amélioration de l'approche AIGA par l'extension nationale de son domaine d'application*, rapport d'étude hydric hydrologie, 33 p.

ORGANDE, D., ARNAUD P., FINE J.-A., FOUCHIER C., FOLTON N. et LAVABRE J. (2013), Régionalisation d'une méthode de prédétermination de crue sur l'ensemble du territoire français : la méthode SHYREG. *Rev. Sci. Eau* 26 (1) : 65-78



# ANNEXES

# Annexe 1 :

## Livrable 00060, Calage local

# Annexe 2 :

## Livrable 00070, Régionalisation

# Annexe 3 :

## Tableaux de contingence par Hydro-écorégions regroupées

HER 1								HER 2							
		débit dépassé en observation					TOTAL			débit dépassé en observation					TOTAL
		0 m3/s	Q2/2	Q2	Q10	Q50				0 m3/s	Q2/2	Q2	Q10	Q50	
débit dépassé en prévision	0 m3/s	2633	190	18	0	0	2841	débit dépassé en prévision	0 m3/s	3818	306	50	2	0	4176
	Q2/2	90	158	26	0	0	274		Q2/2	153	289	99	13	1	555
	Q2	11	65	30	3	1	110		Q2	30	132	76	10	1	249
	Q10	1	16	7	2	0	26		Q10	2	41	28	3	1	75
	Q50	6	6	5	1	0	18		Q50	1	8	7	1	0	17
TOTAL		2741	435	86	6	1	3269	TOTAL		4004	776	260	29	3	5072
HER 3								HER 4							
		débit dépassé en observation					TOTAL			débit dépassé en observation					TOTAL
		0 m3/s	Q2/2	Q2	Q10	Q50				0 m3/s	Q2/2	Q2	Q10	Q50	
débit dépassé en prévision	0 m3/s	7309	538	70	8	3	7928	débit dépassé en prévision	0 m3/s	2359	112	22	4	1	2498
	Q2/2	309	405	105	10	1	830		Q2/2	43	63	24	2	0	132
	Q2	50	161	53	8	2	274		Q2	13	41	26	3	0	83
	Q10	8	46	23	6	1	84		Q10	2	21	13	6	3	45
	Q50	2	15	11	1	0	29		Q50	2	2	2	0	0	6
TOTAL		7678	1165	262	33	7	9145	TOTAL		2419	239	87	15	4	2764
HER 5								HER 6							
		débit dépassé en observation					TOTAL			débit dépassé en observation					TOTAL
		0 m3/s	Q2/2	Q2	Q10	Q50				0 m3/s	Q2/2	Q2	Q10	Q50	
débit dépassé en prévision	0 m3/s	1751	76	10	0	0	1837	débit dépassé en prévision	0 m3/s	3674	462	52	5	0	4193
	Q2/2	51	97	24	1	0	173		Q2/2	254	304	60	8	1	627
	Q2	8	49	24	2	0	83		Q2	84	158	47	11	1	301
	Q10	2	10	4	2	1	19		Q10	18	70	35	11	0	134
	Q50	0	3	3	0	0	6		Q50	9	39	25	9	1	83
TOTAL		1812	235	65	5	1	2118	TOTAL		4039	1033	219	44	3	5338
HER 7								HER 8							
		débit dépassé en observation					TOTAL			débit dépassé en observation					TOTAL
		0 m3/s	Q2/2	Q2	Q10	Q50				0 m3/s	Q2/2	Q2	Q10	Q50	
débit dépassé en prévision	0 m3/s	5346	743	77	4	0	6170	débit dépassé en prévision	0 m3/s	5207	661	127	15	0	6010
	Q2/2	335	584	138	12	0	1069		Q2/2	606	453	143	41	9	1252
	Q2	85	284	136	14	1	520		Q2	149	196	79	23	6	453
	Q10	32	105	63	22	4	226		Q10	36	88	45	15	5	189
	Q50	12	57	39	12	1	121		Q50	8	39	20	10	3	80
TOTAL		5810	1773	453	64	6	8106	TOTAL		6006	1437	414	104	23	7984