

ENS - Géologie



Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg



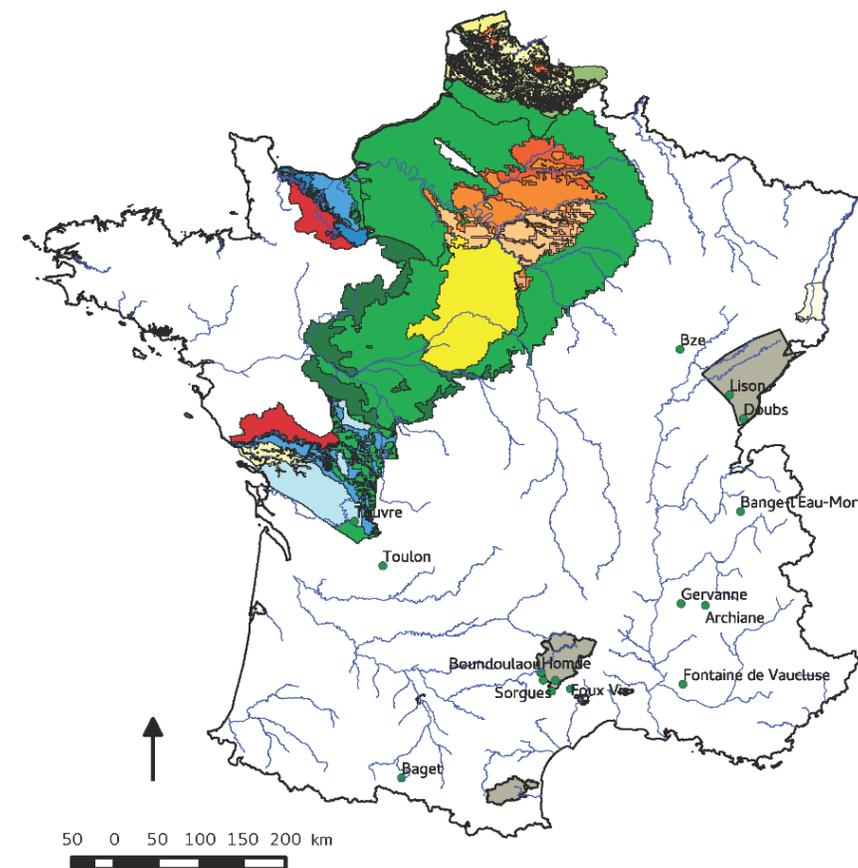
Cerfacs



Prévisions saisonnières des ressources en eau souterraine du bassin de la Loire avec la plateforme Aqwi-FR

Jean-Pierre Vergnes (BRGM), Claire Magand (AFB), Delphine Leroux (Météo-France, CNRM), et al.

Orléans, 19 septembre 2019



Projet Aquif-FR en quelques mots

- **Objectifs**

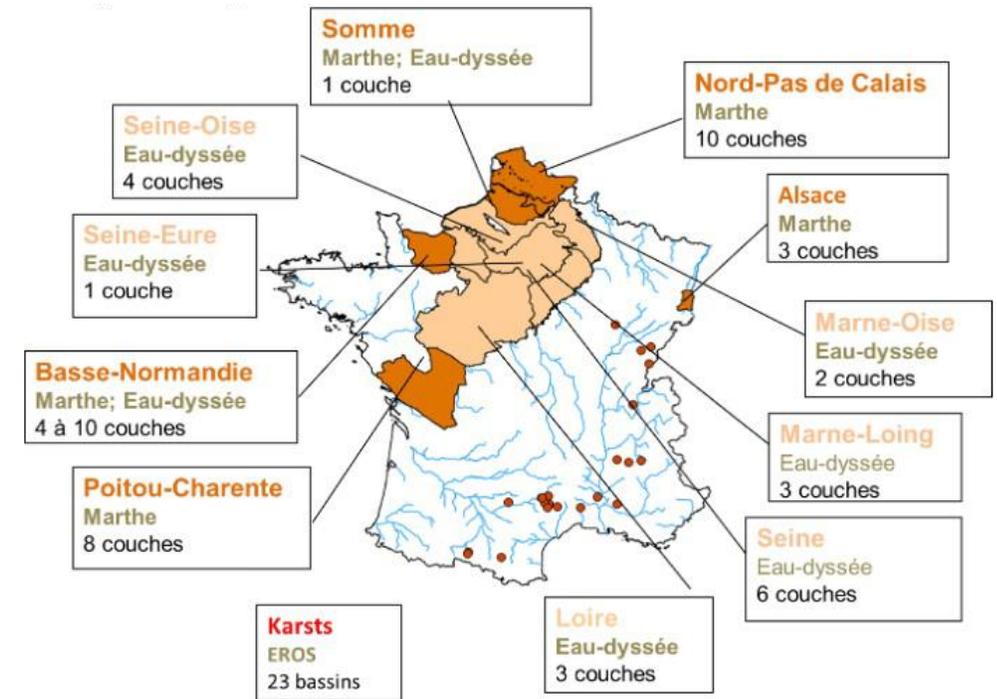
- Suivi et prévisions des ressources en eau souterraine en France (analyse rétrospective, à 10 jours, saisonnier, long terme)
- Mieux comprendre et mieux gérer nos ressources pour adapter nos usages

- **Prévisions hydrologiques**

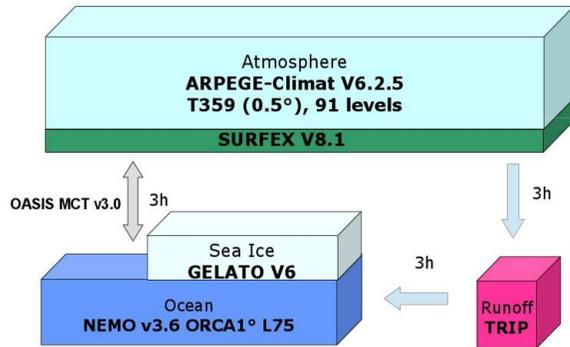
- S'appuie sur des modèles hydrogéologiques déjà existants (1 à 10 couches, 100m-1km de résolution) pour une vision nationale
- Meilleures prévisions des débits quand les aquifères sont représentés (Singla et al., 2010)

- **Prévisions saisonnières à Météo-France**

- ARPEGE Système 6



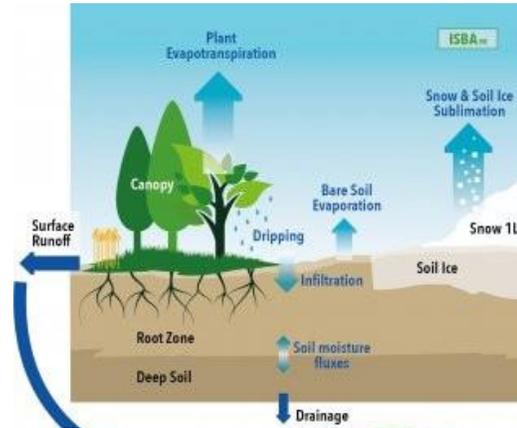
Plateforme Aqui-FR



Conditions atmosphériques :

- Run long, SAFRAN [t°, précip, etc.] (REA, 1958-2019)
- Prévisions à 6 mois, ARPEGE S6 (PSE, 51 membres en quasi "temps réel", 25 membres sur hindcast 1993-2016)

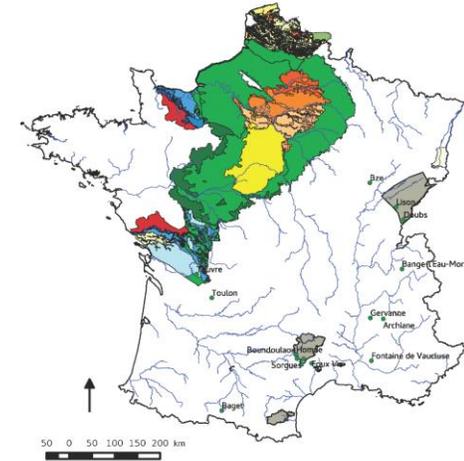
(8 km)



Modèle de surface :

- SURFEX V8, ISBA-DIF (version SIM2 avant MODCOU)
- Cumul journalier de drainage et de ruissellement (51 ou 25 scénarios)

(8km)

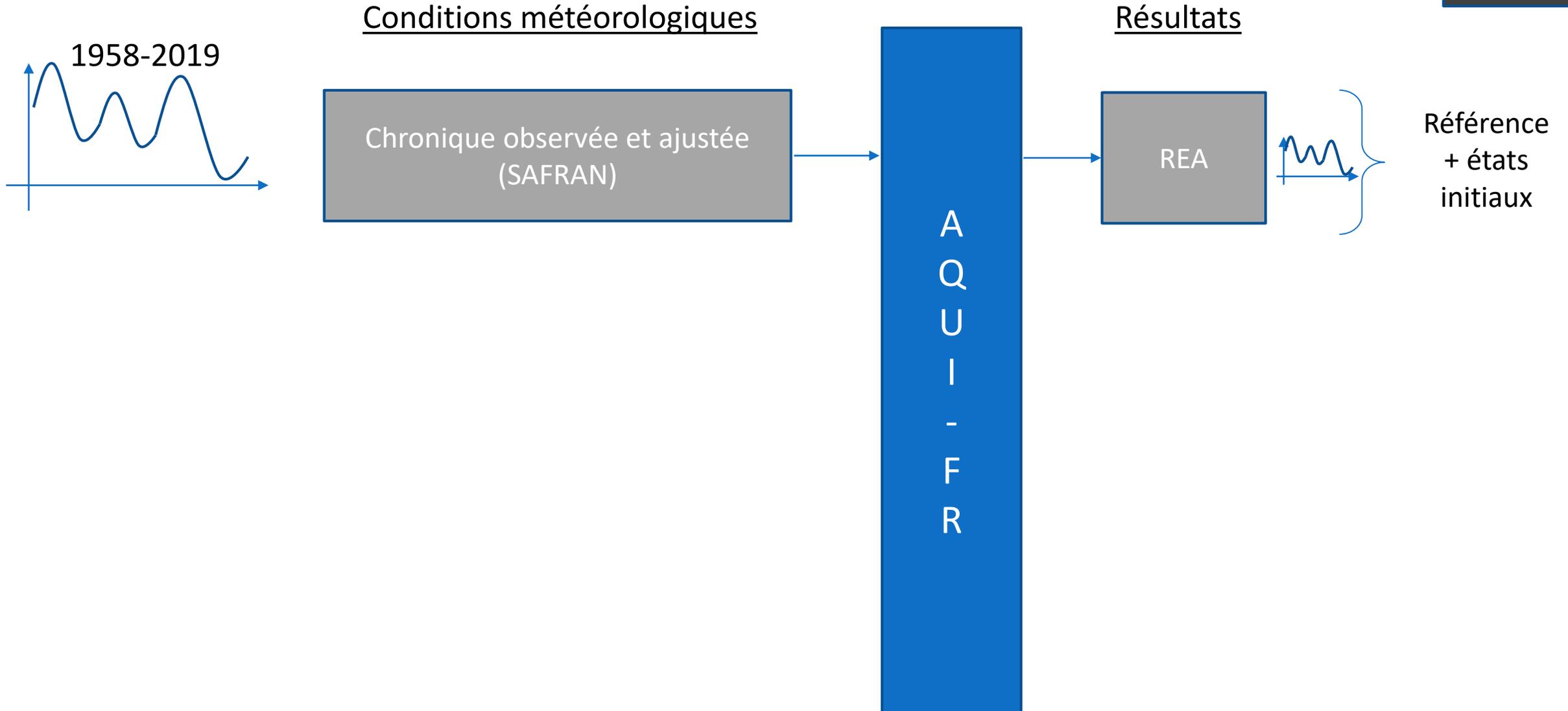


AQUI-FR :

- Hauteurs piezos, échanges nappe-rivière, débits
- Mensuel sur chaque point de la grille, journalier aux stations piezos

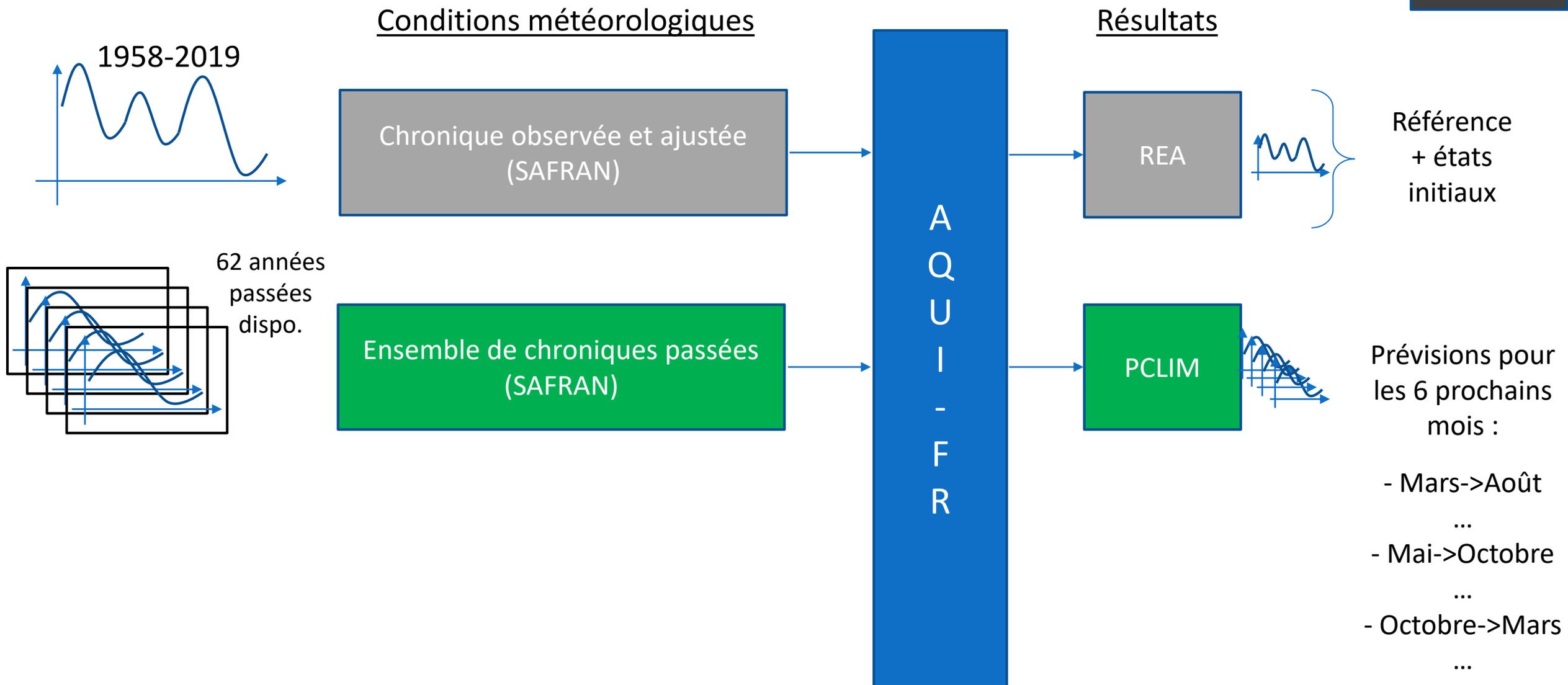
Fonctionnement de la PS

OBS



Fonctionnement de la PS

OBS

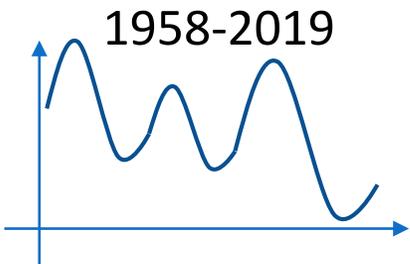


Fonctionnement de la PS

OBS

Conditions météorologiques

Résultats



Chronique observée et ajustée (SAFRAN)

Ensemble de chroniques passées (SAFRAN)

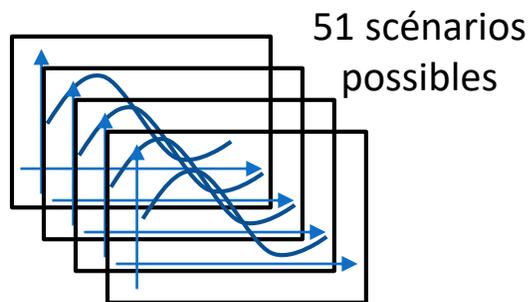
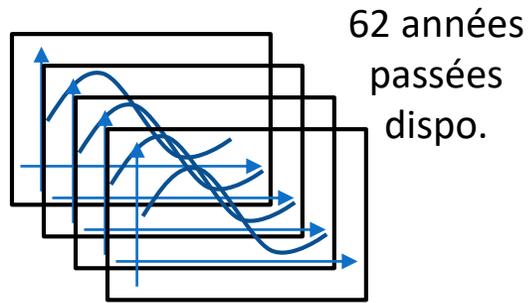
Prévisions d'ensemble à 6 mois (ARPEGE system 6)

A
Q
U
I
-
F
R

REA

PCLIM

PARP6



Référence + états initiaux

Prévisions pour les 6 prochains mois :

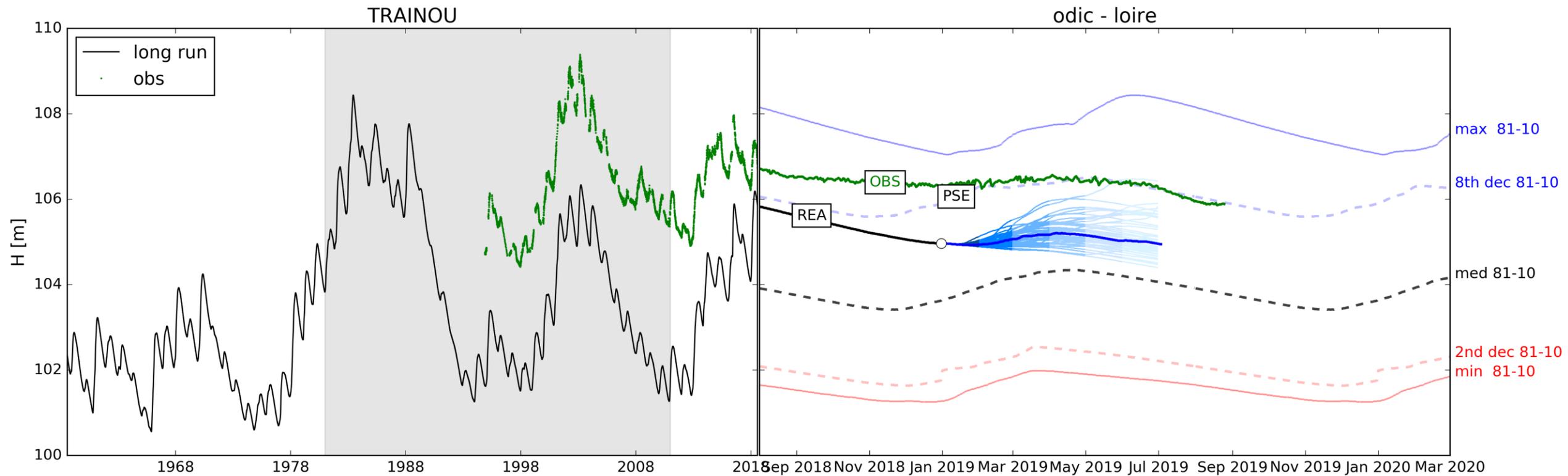
- Mars->Août
- ...
- Mai->Octobre
- ...
- Octobre->Mars
- ...

PS en quasi-TR

- Forçages disponibles au 20 de chaque mois
- PARP6 avec 51 membres
- REA donne l'état initial au 1^{er} août 2019
- Exemples sur quelques stations de la Loire:
 - Trainou
 - Epieds-en-Beauce
 - Fains-la-Folie
- Cartes du bassin
 - REA jusqu'en juillet
 - Médiane des PS d'août à janvier

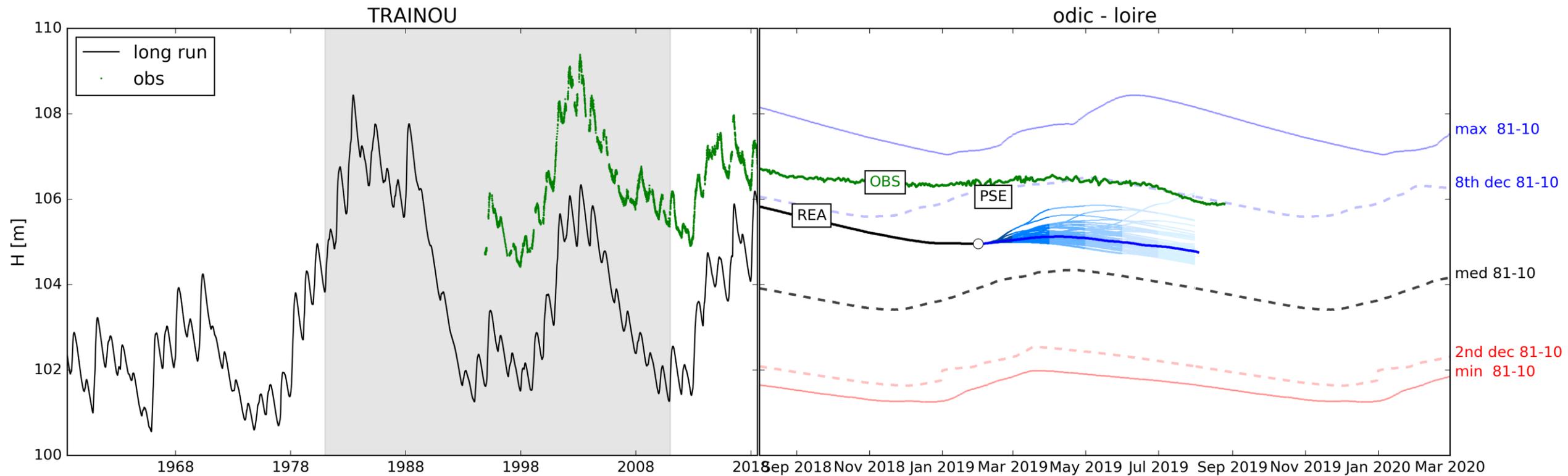
Chroniques PIEZOS

- Traînou (ODIC-Loire)
 - Biais existant, très bon suivi temporel de la dynamique
 - $R=0.92$, bias=-2.9m, std=0.6m



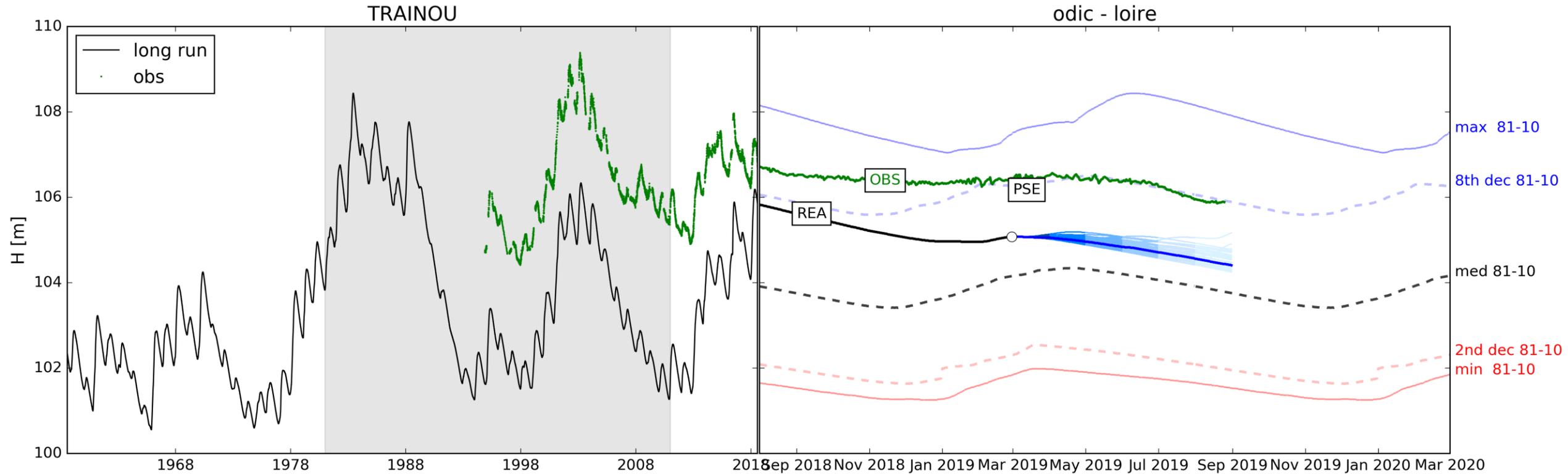
Chroniques PIEZOS

- Traînou (ODIC-Loire)
 - Biais existant, très bon suivi temporel de la dynamique
 - $R=0.92$, bias=-2.9m, std=0.6m



Chroniques PIEZOS

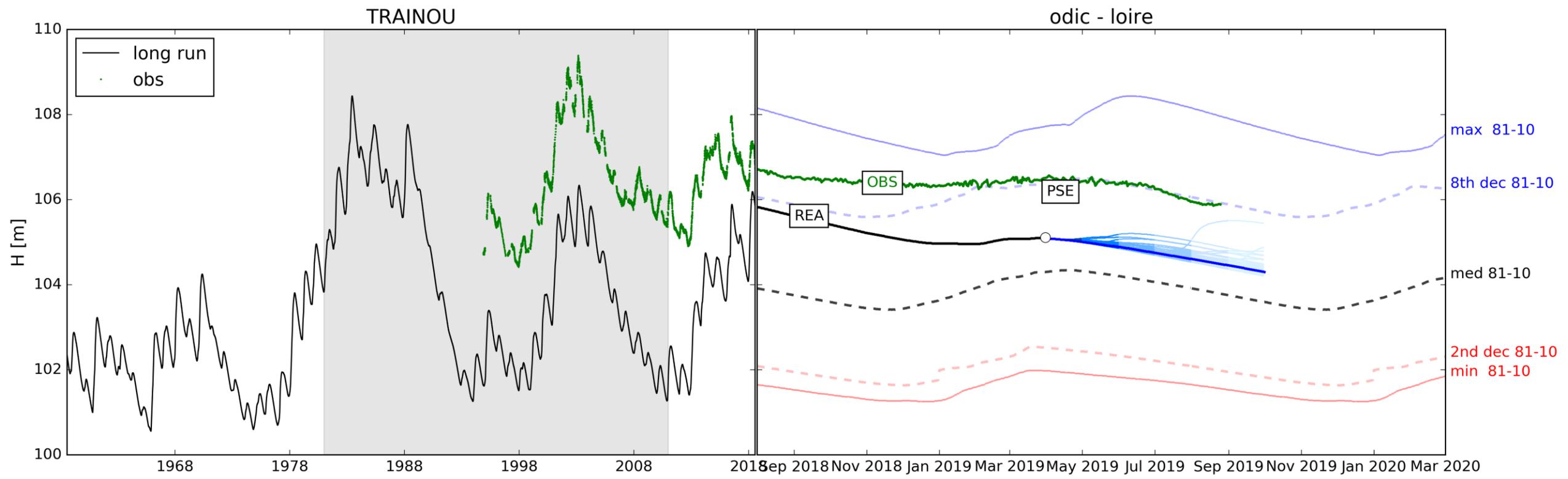
- Traînou (ODIC-Loire)
 - Biais existant, très bon suivi temporel de la dynamique
 - $R=0.92$, bias=-2.9m, std=0.6m



Chroniques PIEZOS

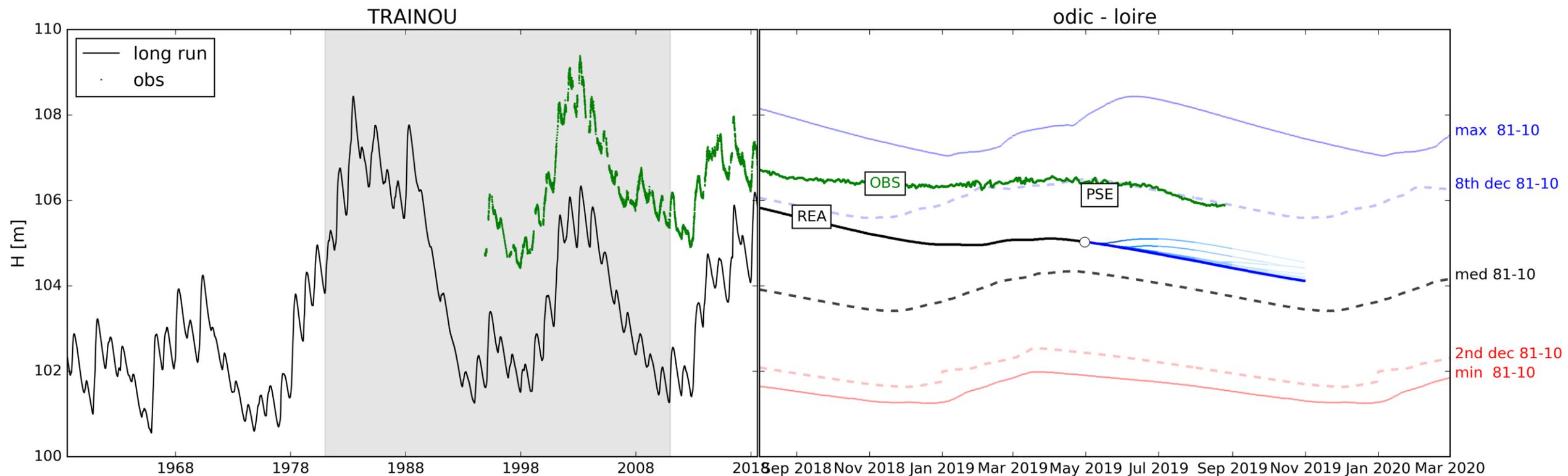


- Traînou (ODIC-Loire)
 - Biais existant, très bon suivi temporel de la dynamique
 - $R=0.92$, bias=-2.9m, std=0.6m



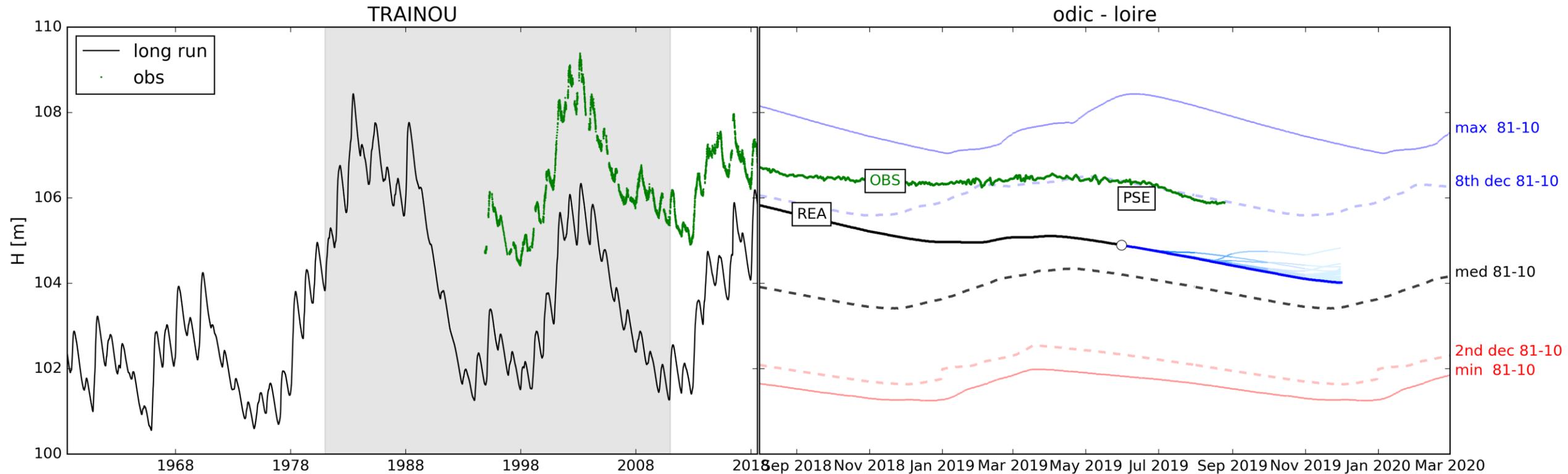
Chroniques PIEZOS

- Traînou (ODIC-Loire)
 - Biais existant, très bon suivi temporel de la dynamique
 - $R=0.92$, bias=-2.9m, std=0.6m



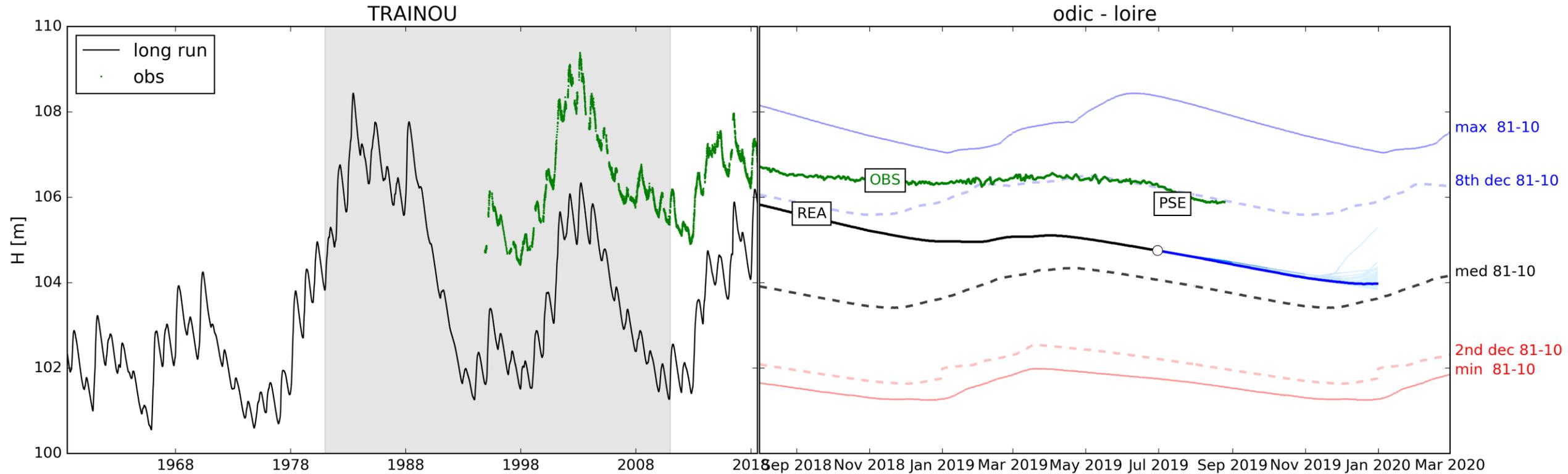
Chroniques PIEZOS

- Traînou (ODIC-Loire)
 - Biais existant, très bon suivi temporel de la dynamique
 - $R=0.92$, bias=-2.9m, std=0.6m



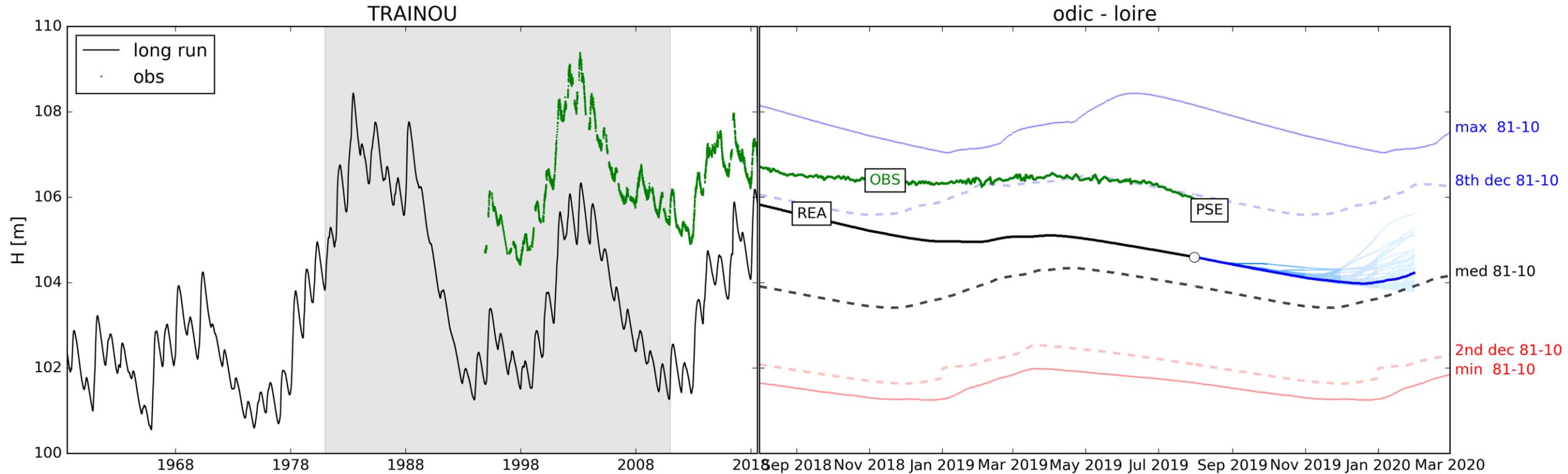
Chroniques PIEZOS

- Traînou (ODIC-Loire)
 - Biais existant, très bon suivi temporel de la dynamique
 - $R=0.92$, bias=-2.9m, std=0.6m



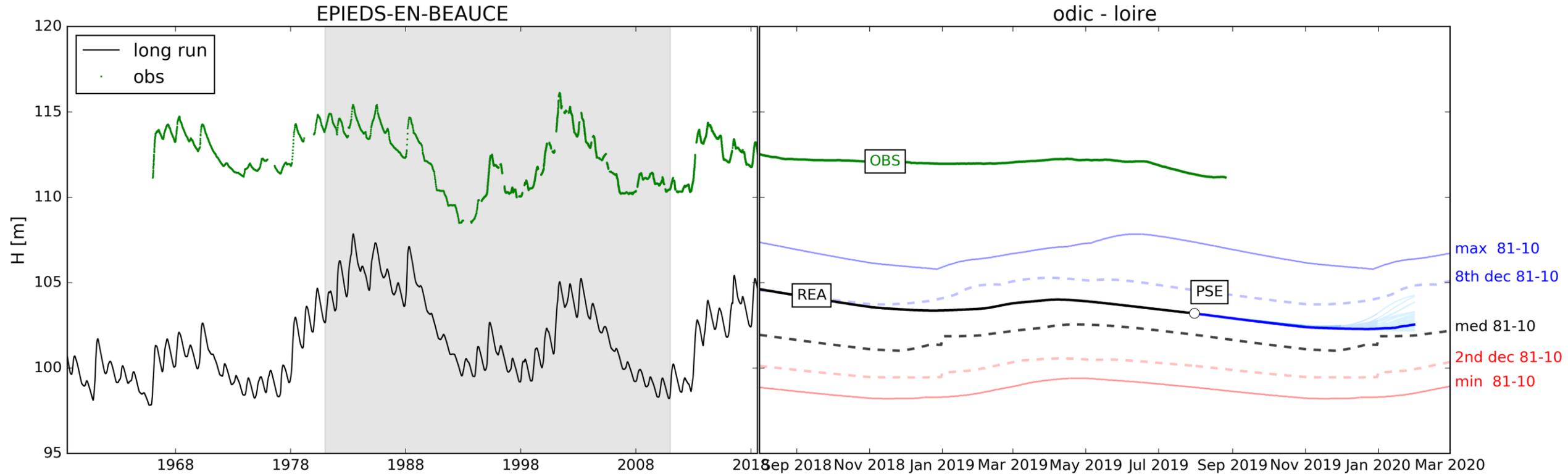
Chroniques PIEZOS

- Traînou (ODIC-Loire)
 - Biais existant, très bon suivi temporel de la dynamique
 - $R=0.92$, bias=-2.9m, std=0.6m



Chroniques PIEZOS

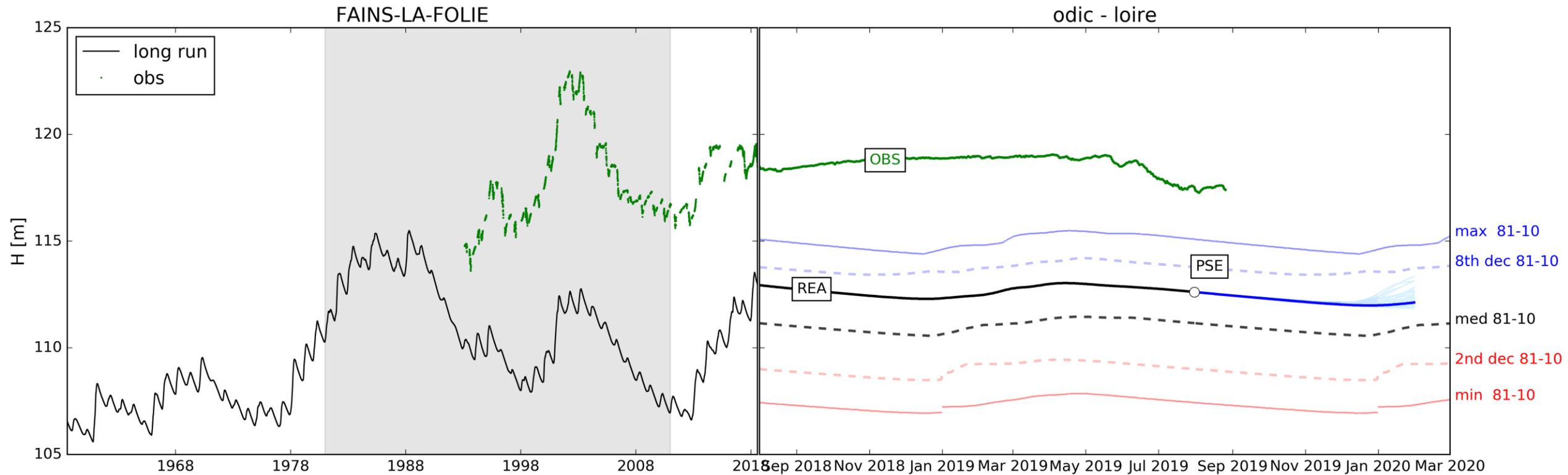
- Epieds-en-Beauce (ODIC-Loire)
 - Biais existant, très bon suivi temporel de la dynamique
 - $R=0.79$, bias=-10.6m, std=1.3m



Chroniques PIEZOS

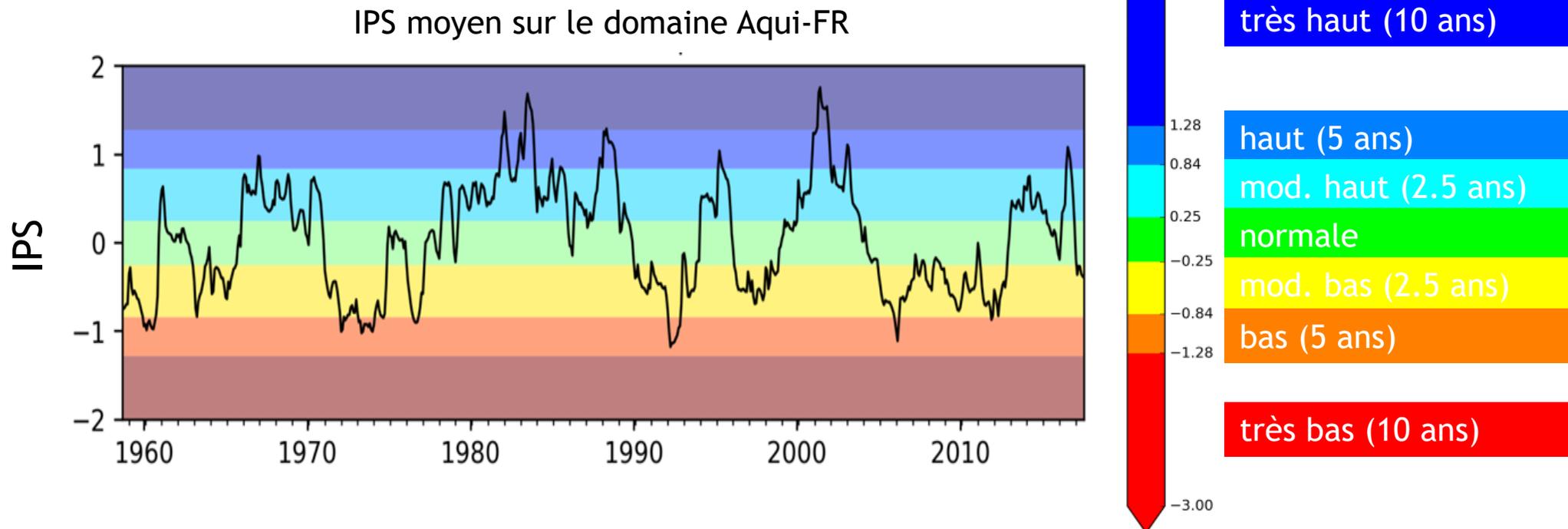
- Fains-la-Folie (ODIC-Loire)

- Biais existant mais constant, très bon suivi temporel de la dynamique
- $R=0.71$, bias=-8.1m, std=1.4m



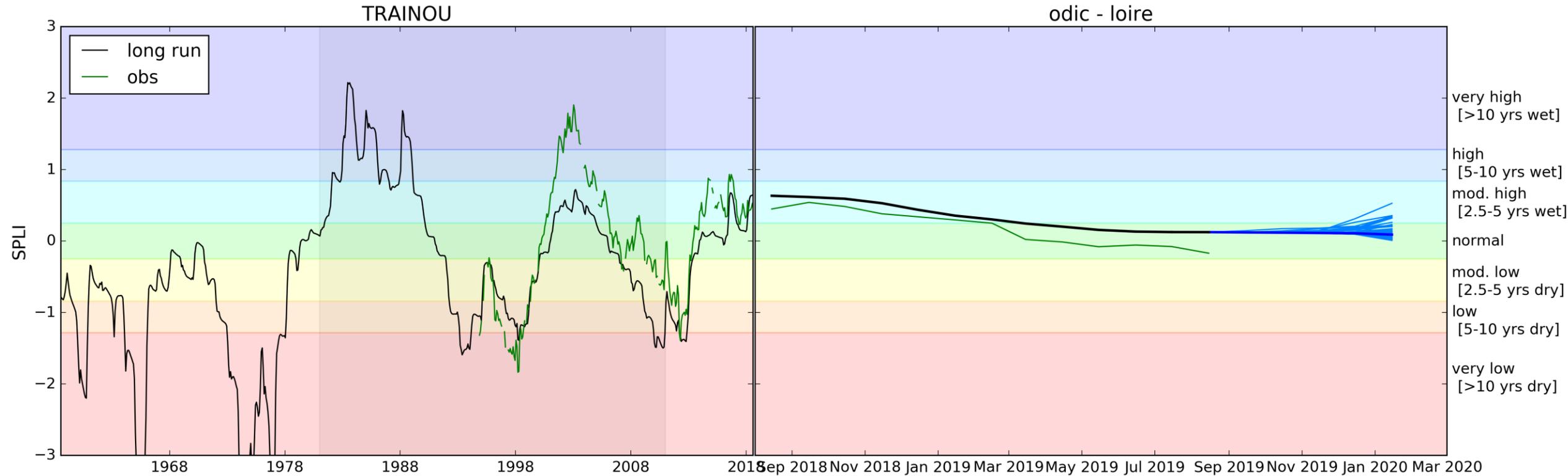
Passage en IPS – période de retour

- Pour pouvoir comparer les différents niveaux sur une même carte (sinon on ne voit que la topographie), on utilise un indicateur fréquentiel (IPS – Indice Piézométrique Standardisé) basé sur la période de retour
 - $IPS < -1.28$: 10 ans sec, peut être interprété comme une sécheresse importante (période de retour à 10 ans)
 - $IPS > 1.28$: 10 ans humide, peut vouloir dire un risque de saturation, ou d'inondation, si la nappe remonte à la surface
 - Besoin de définir une période de référence (1981-2010)



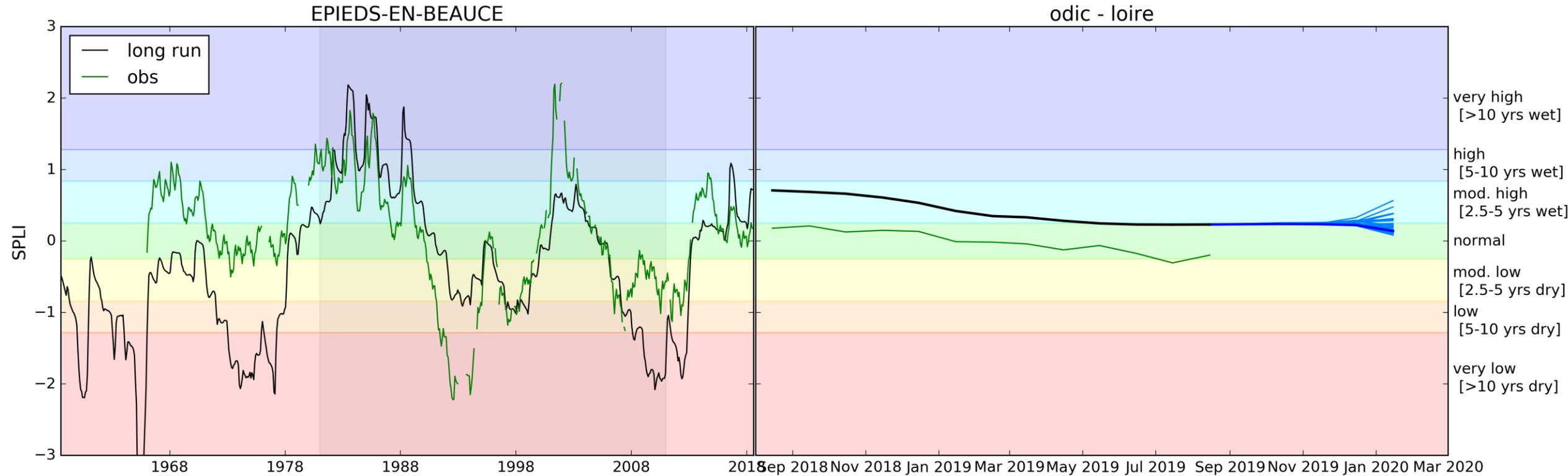
Chroniques IPS

- Traînou (ODIC-Loire)
 - Bon suivi temporel de la dynamique du IPS



Chroniques IPS

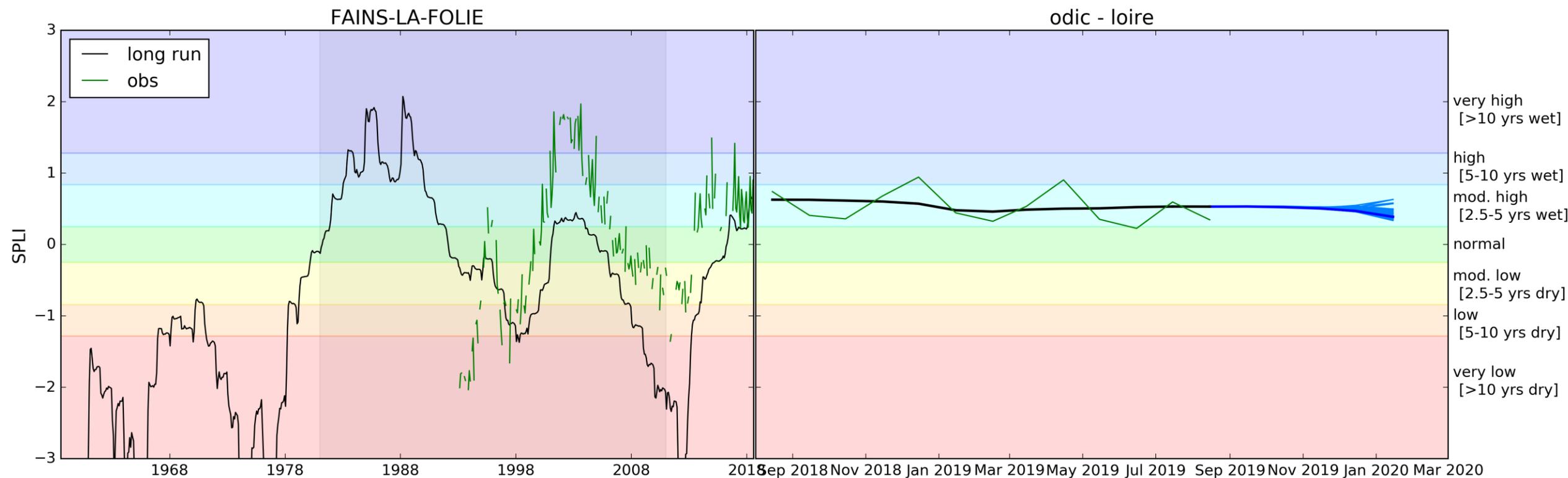
- Epieds-en-Beauce (ODIC-Loire)
 - Biais encore existant, bon suivi temporel de la dynamique



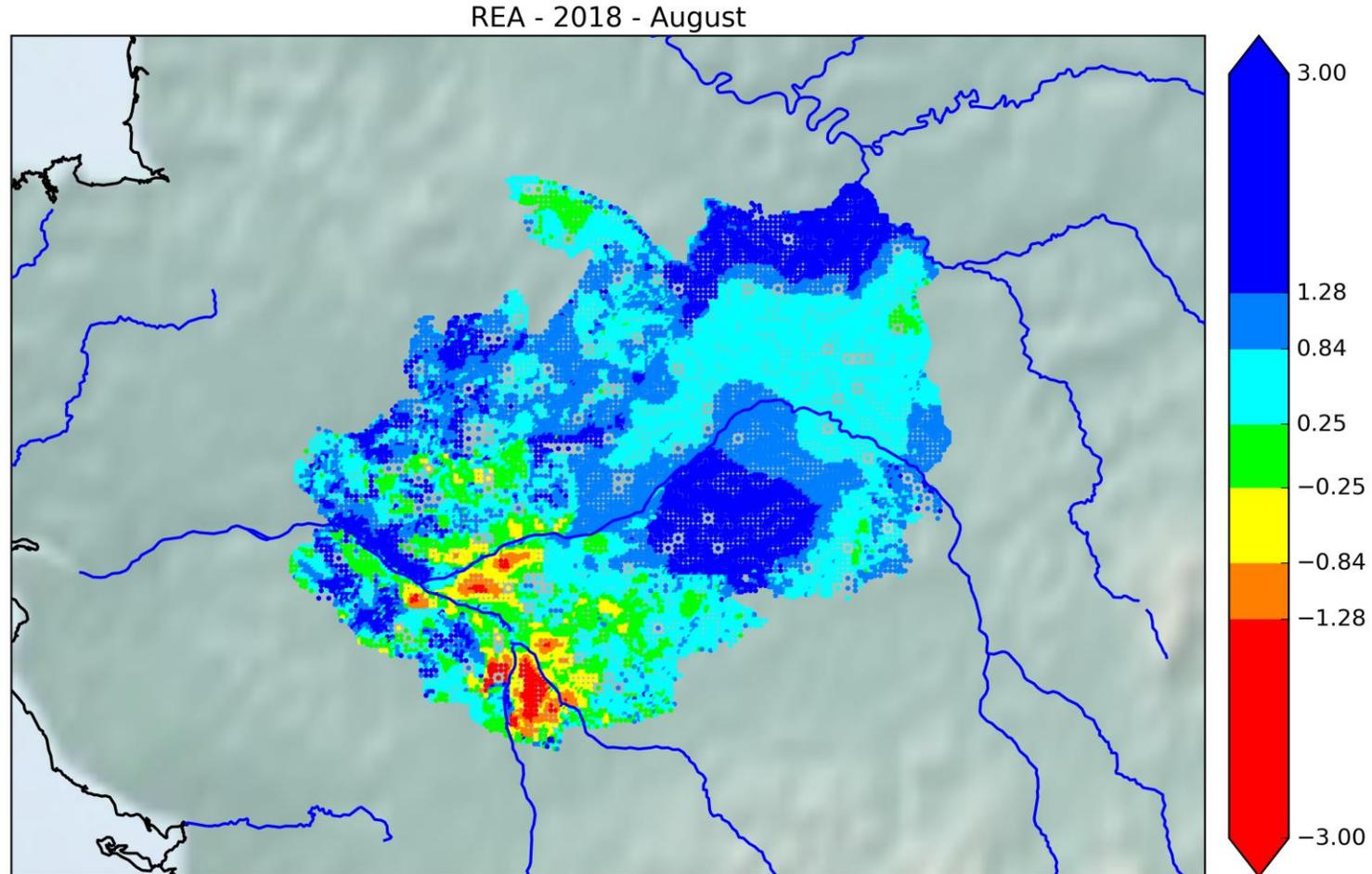
Chroniques IPS

- Fains-la-Folie (ODIC-Loire)

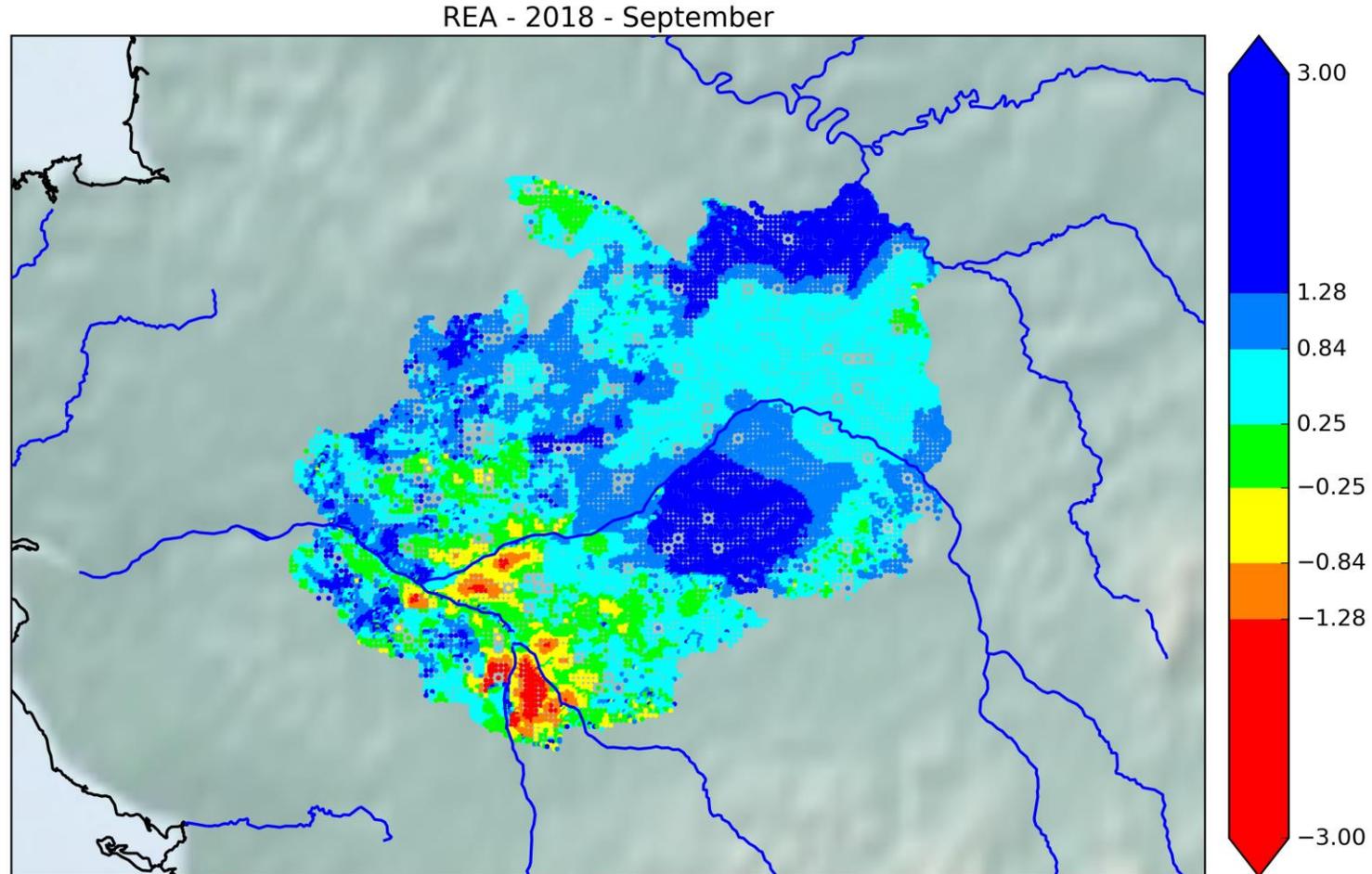
- Bon suivi temporel de la dynamique
- Nombre de mesures peut-être un peu juste pour le calcul du IPS



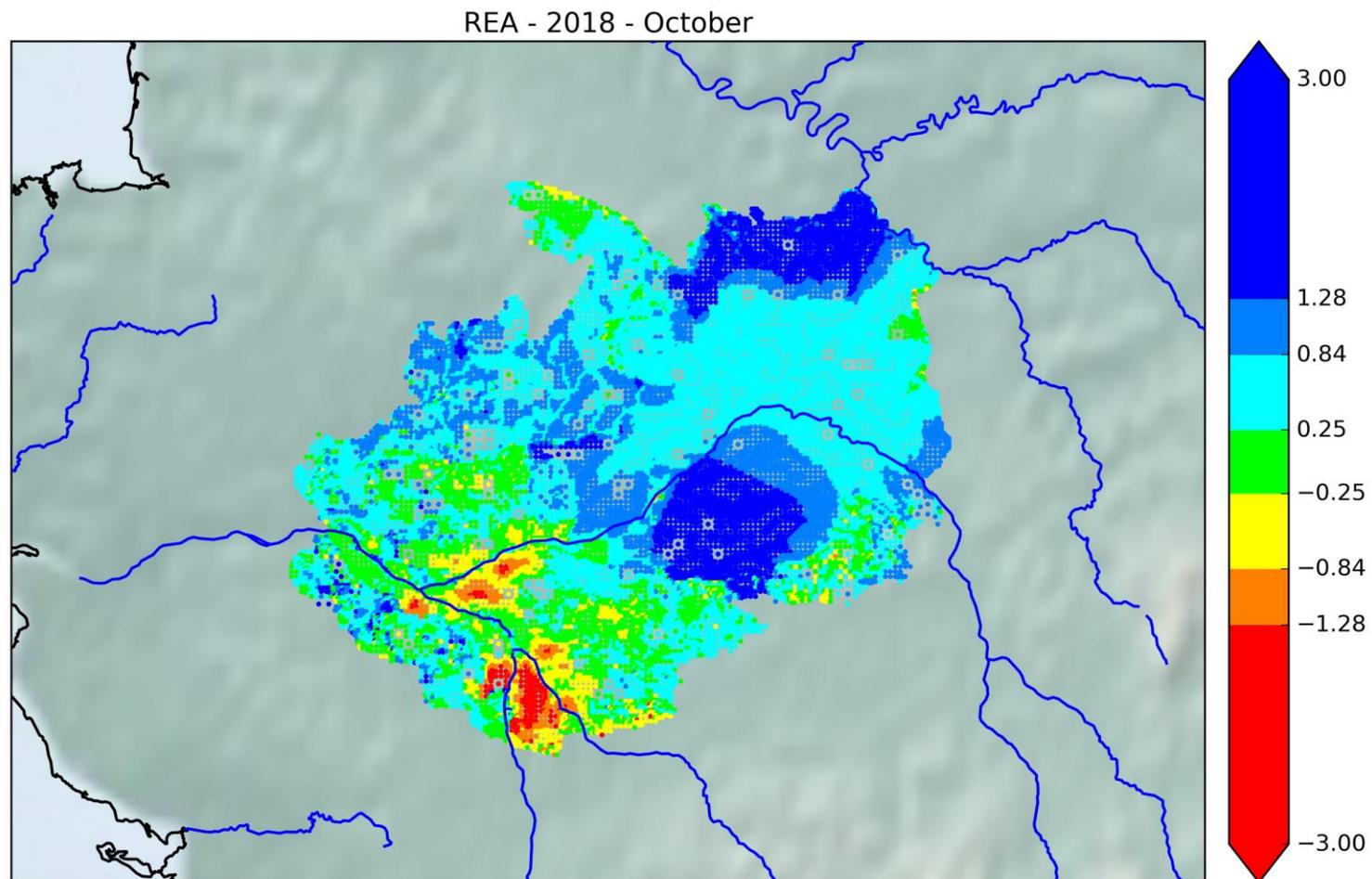
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



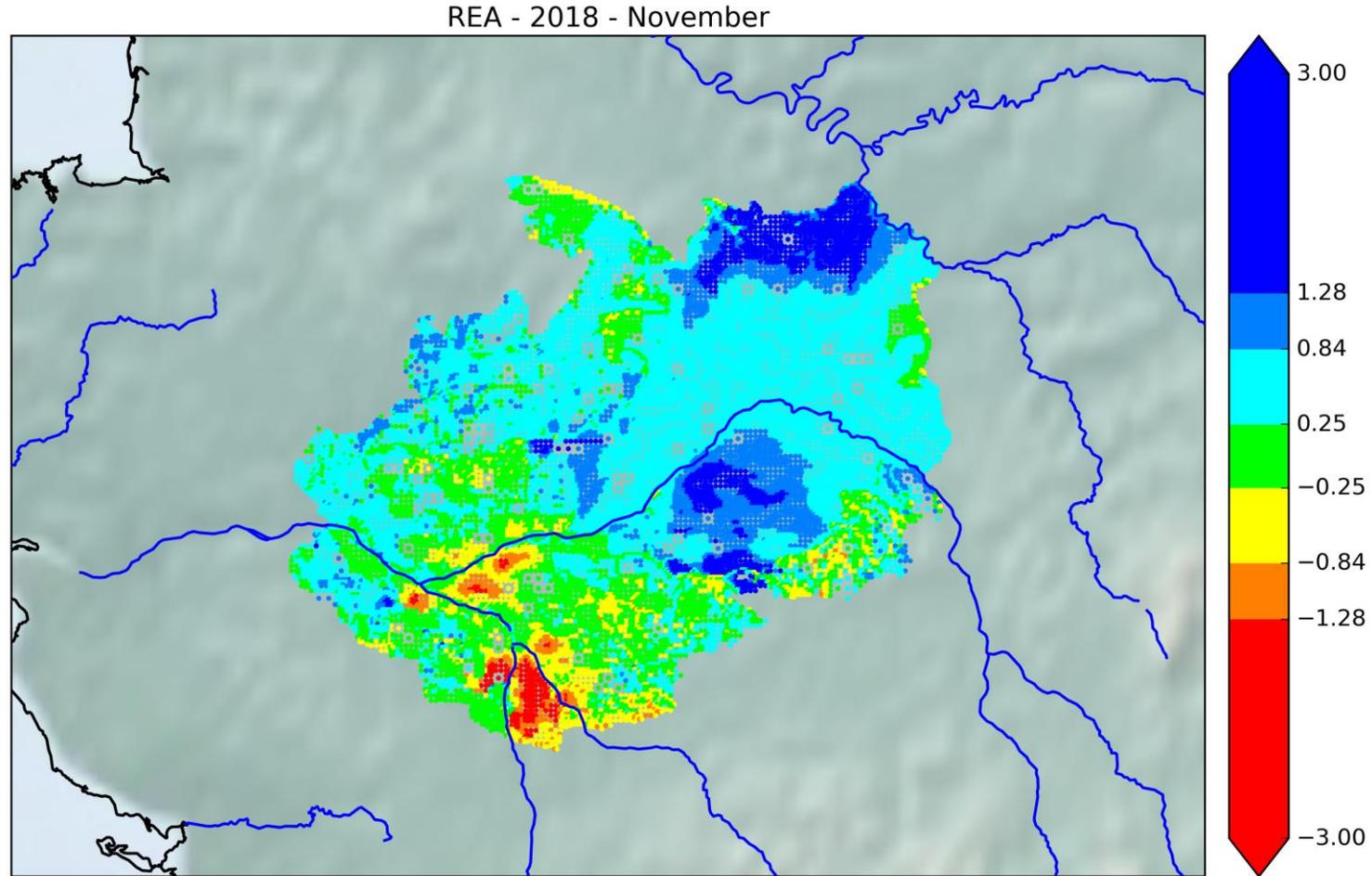
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



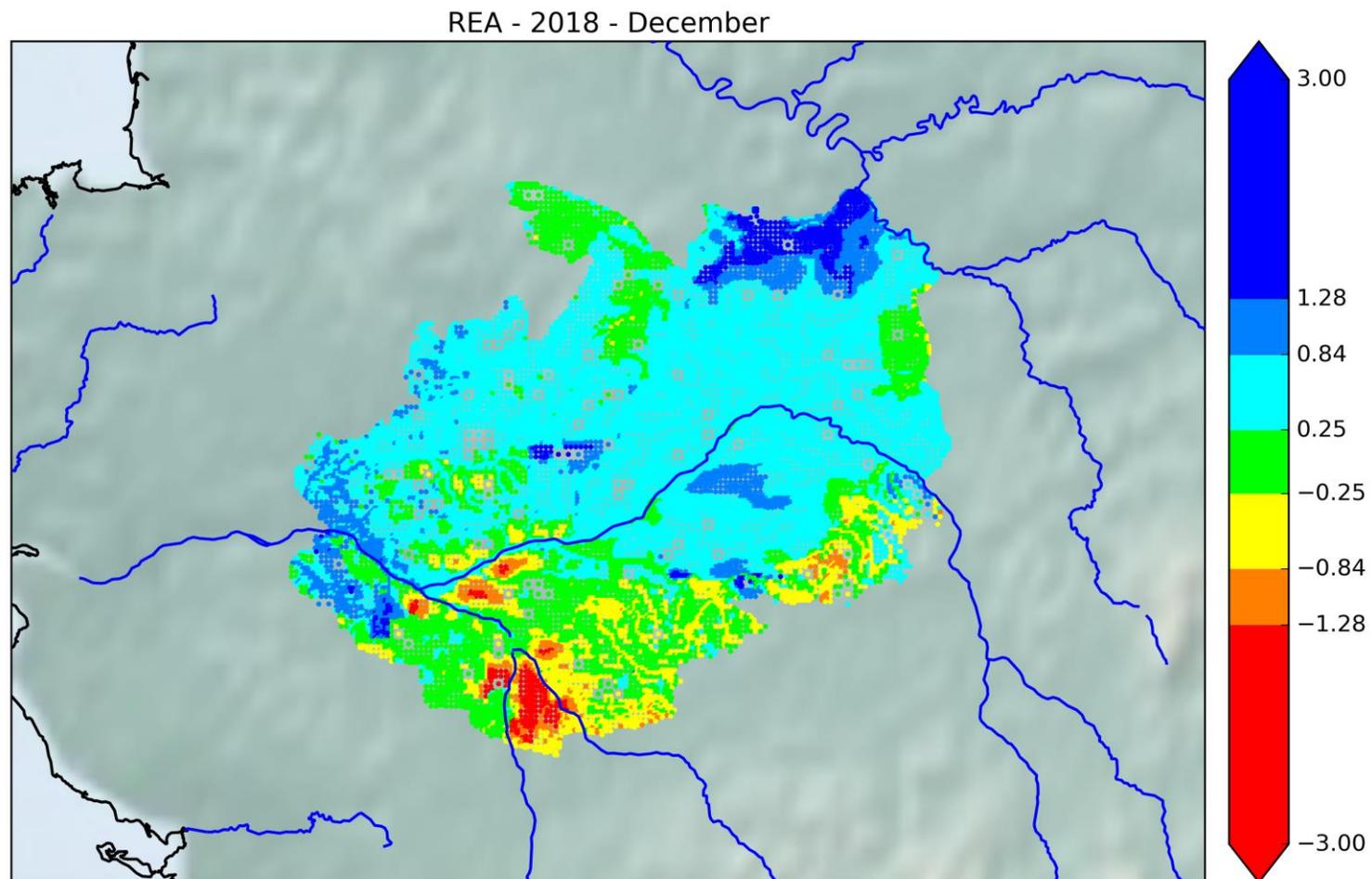
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



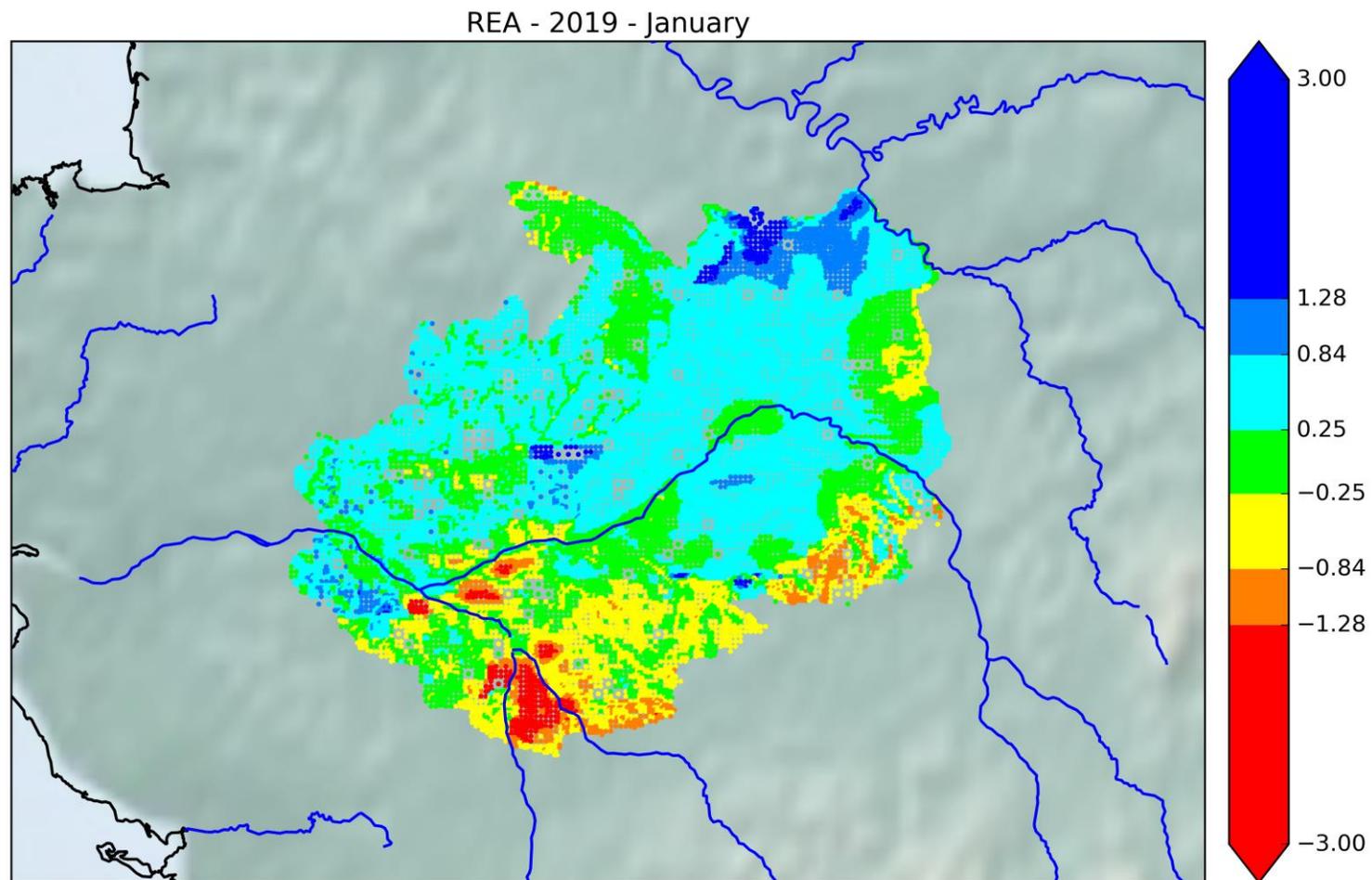
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



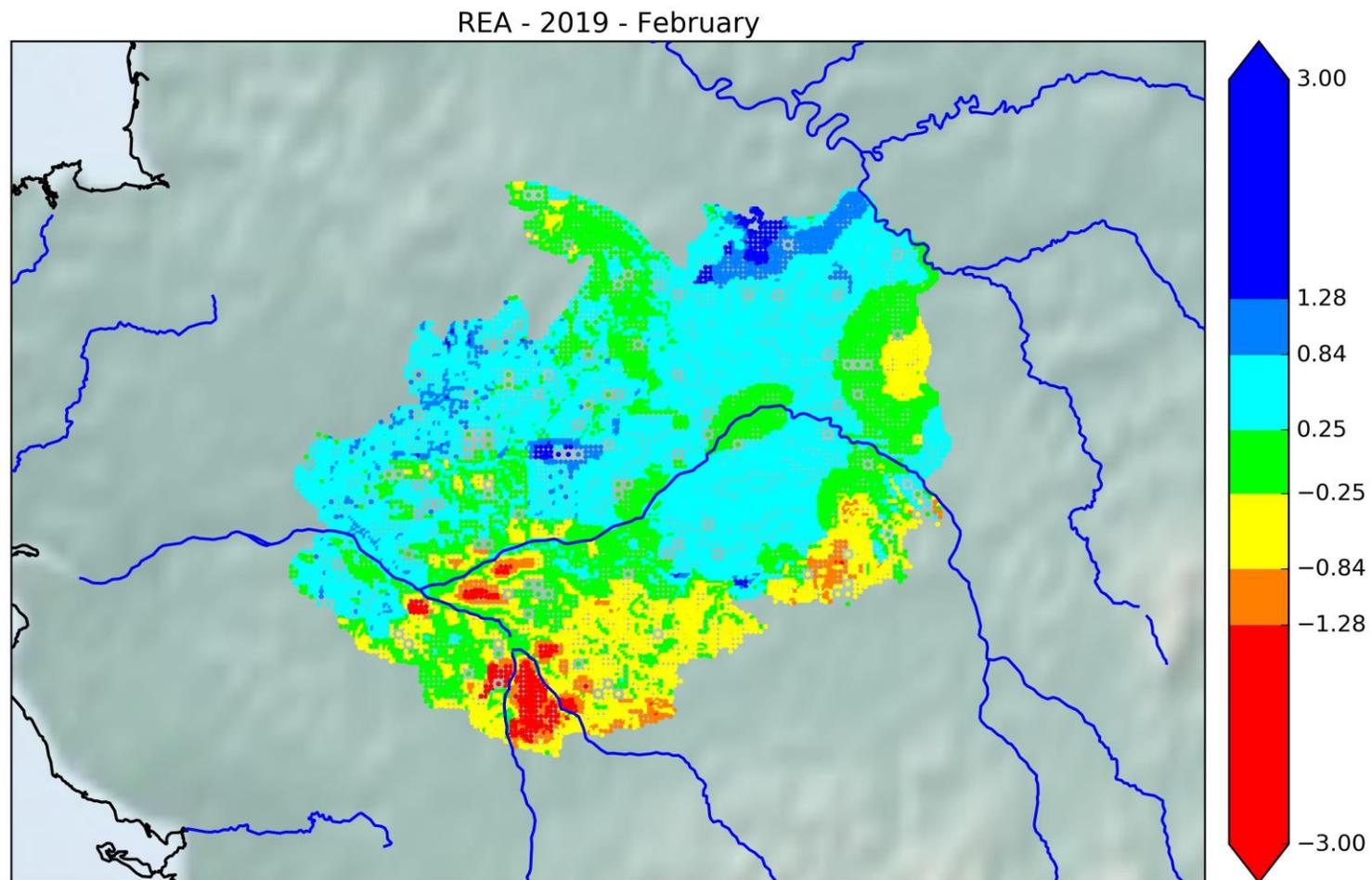
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



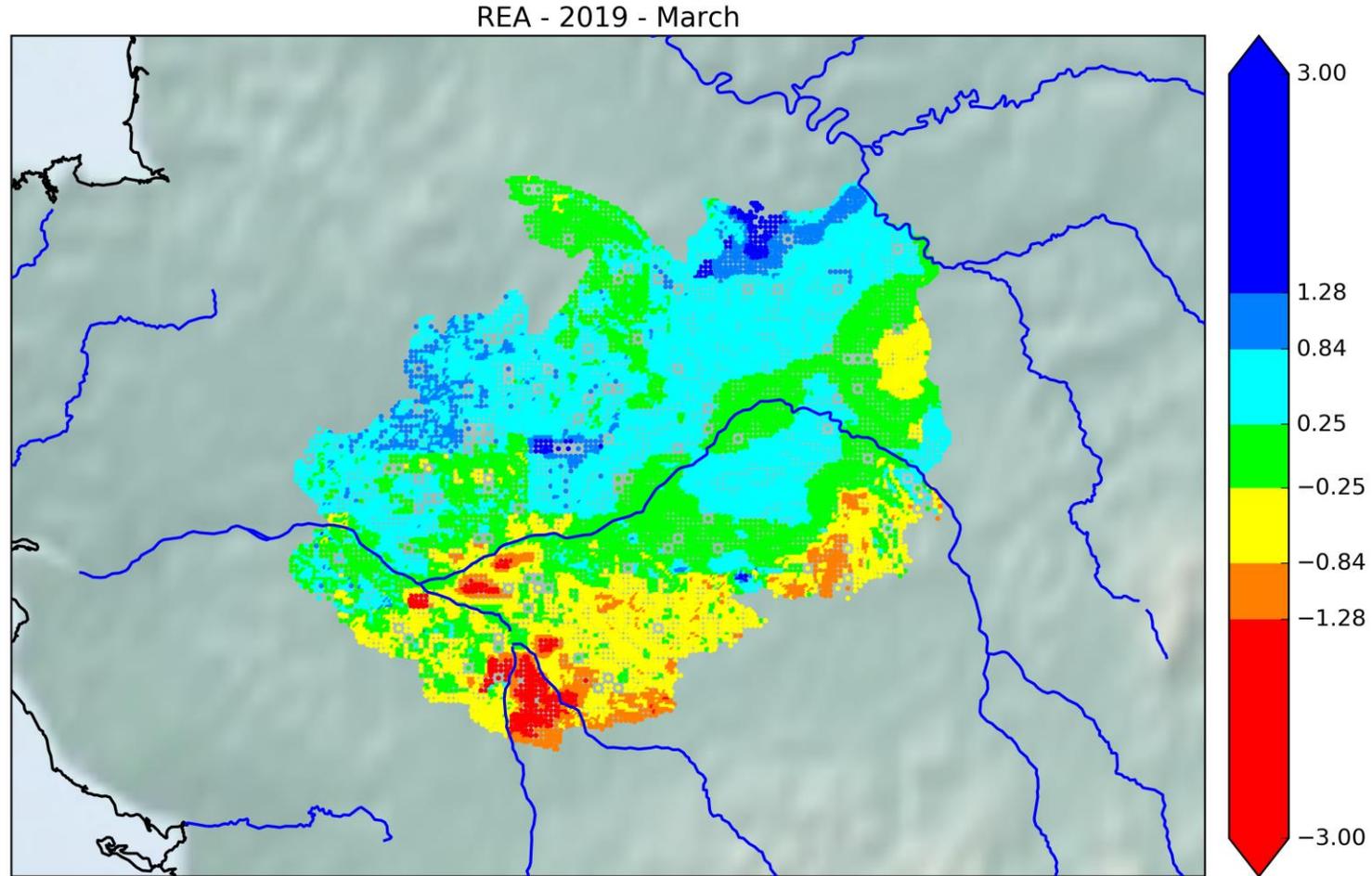
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



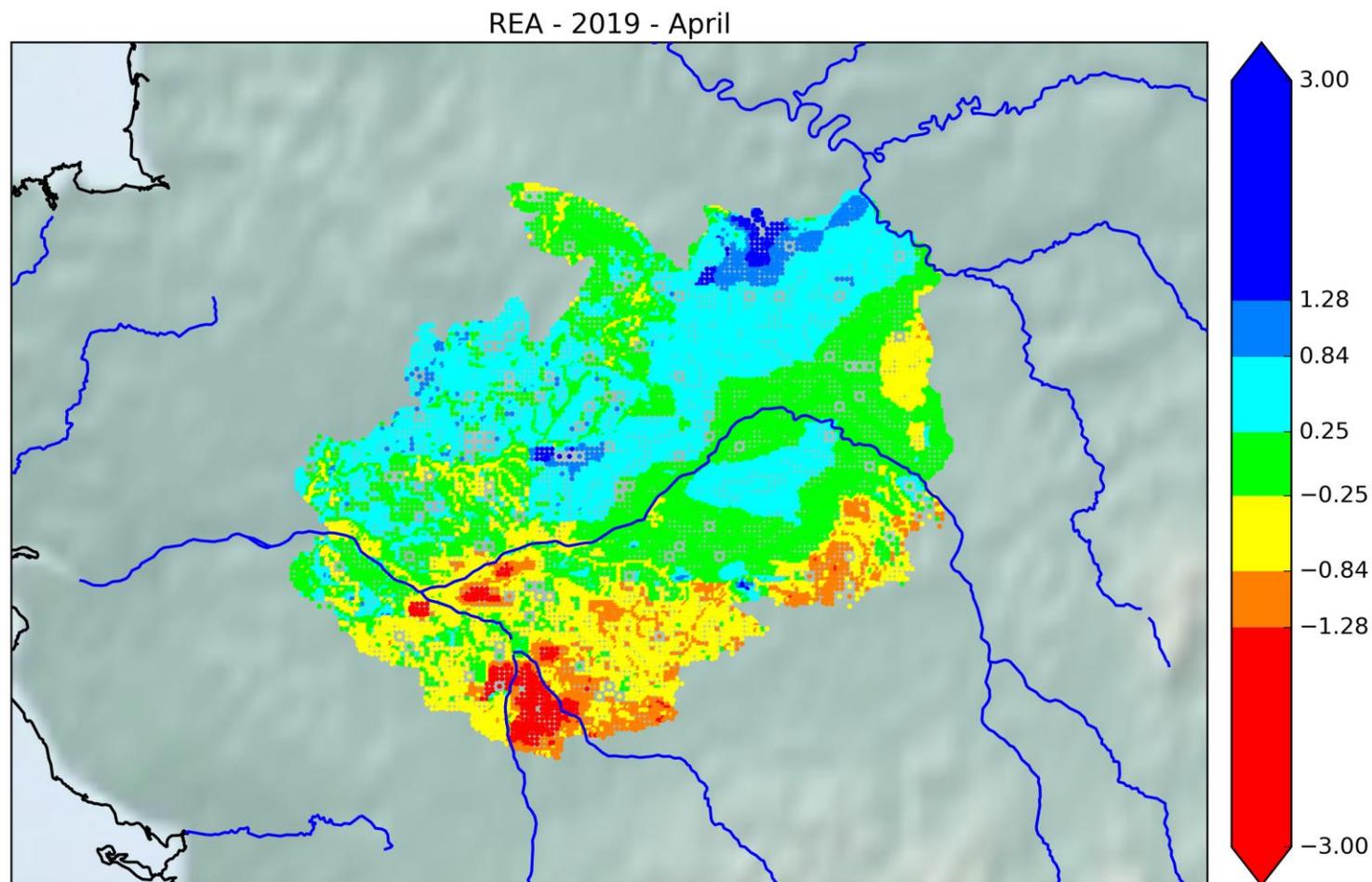
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



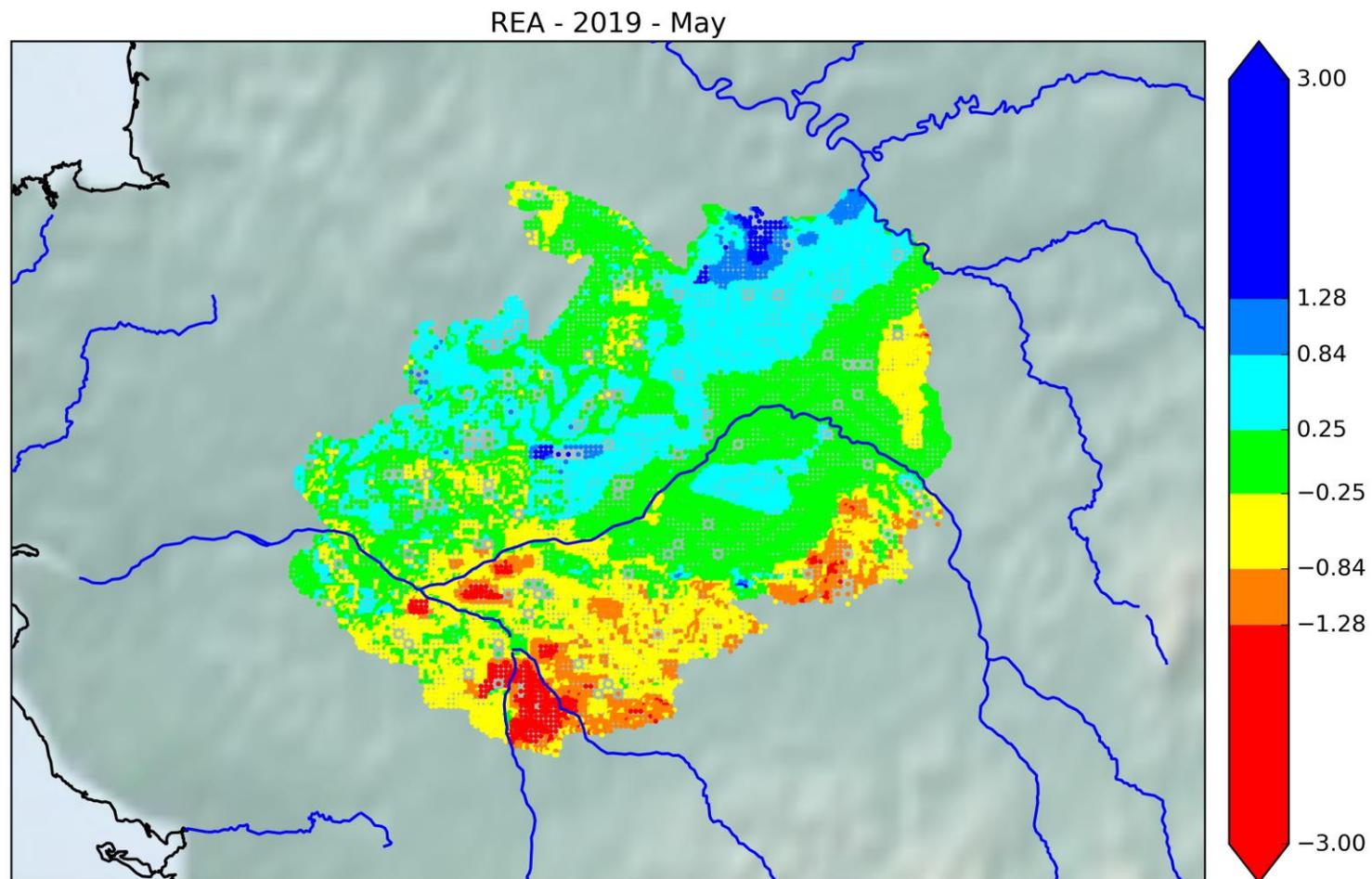
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



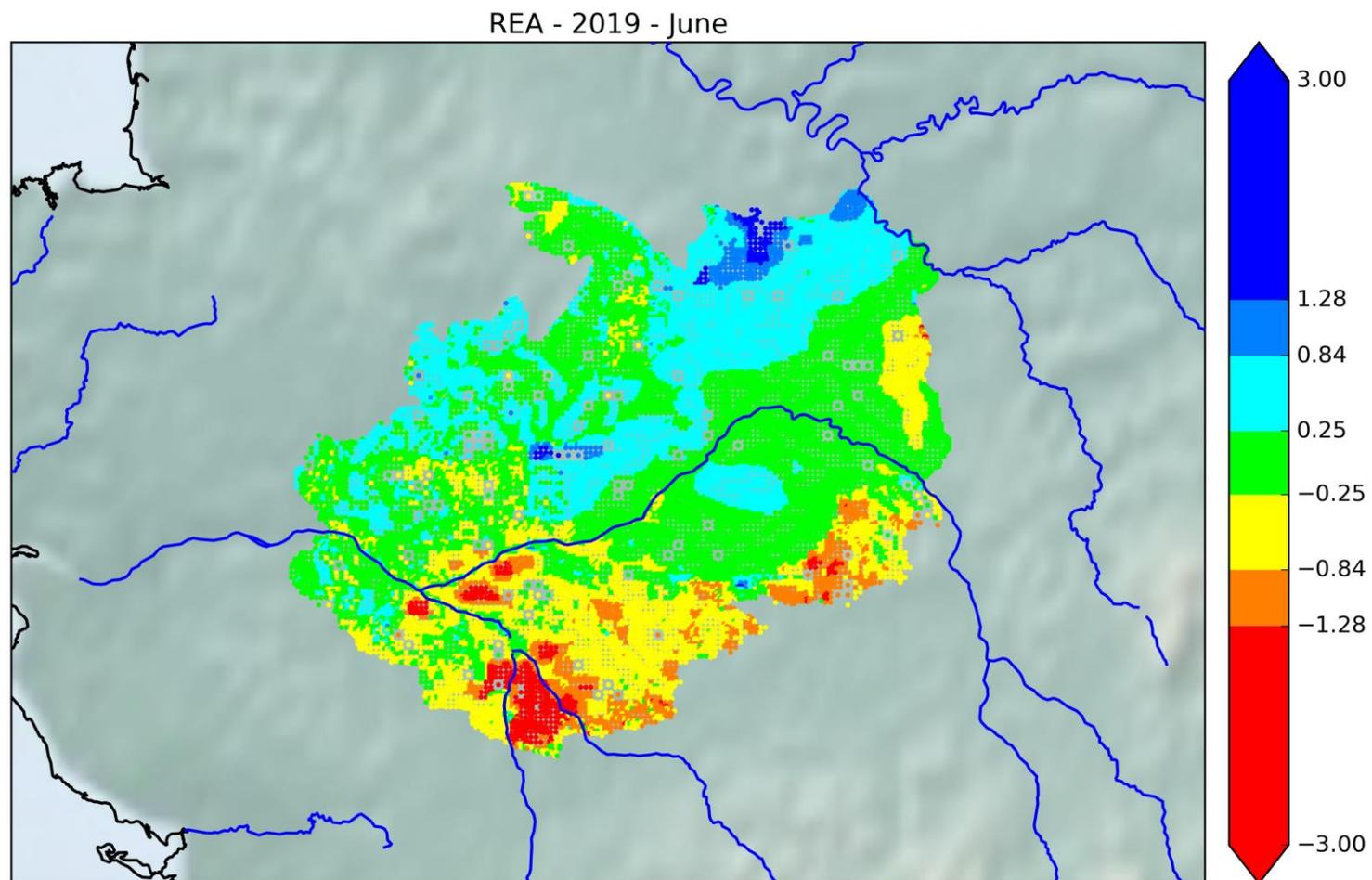
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



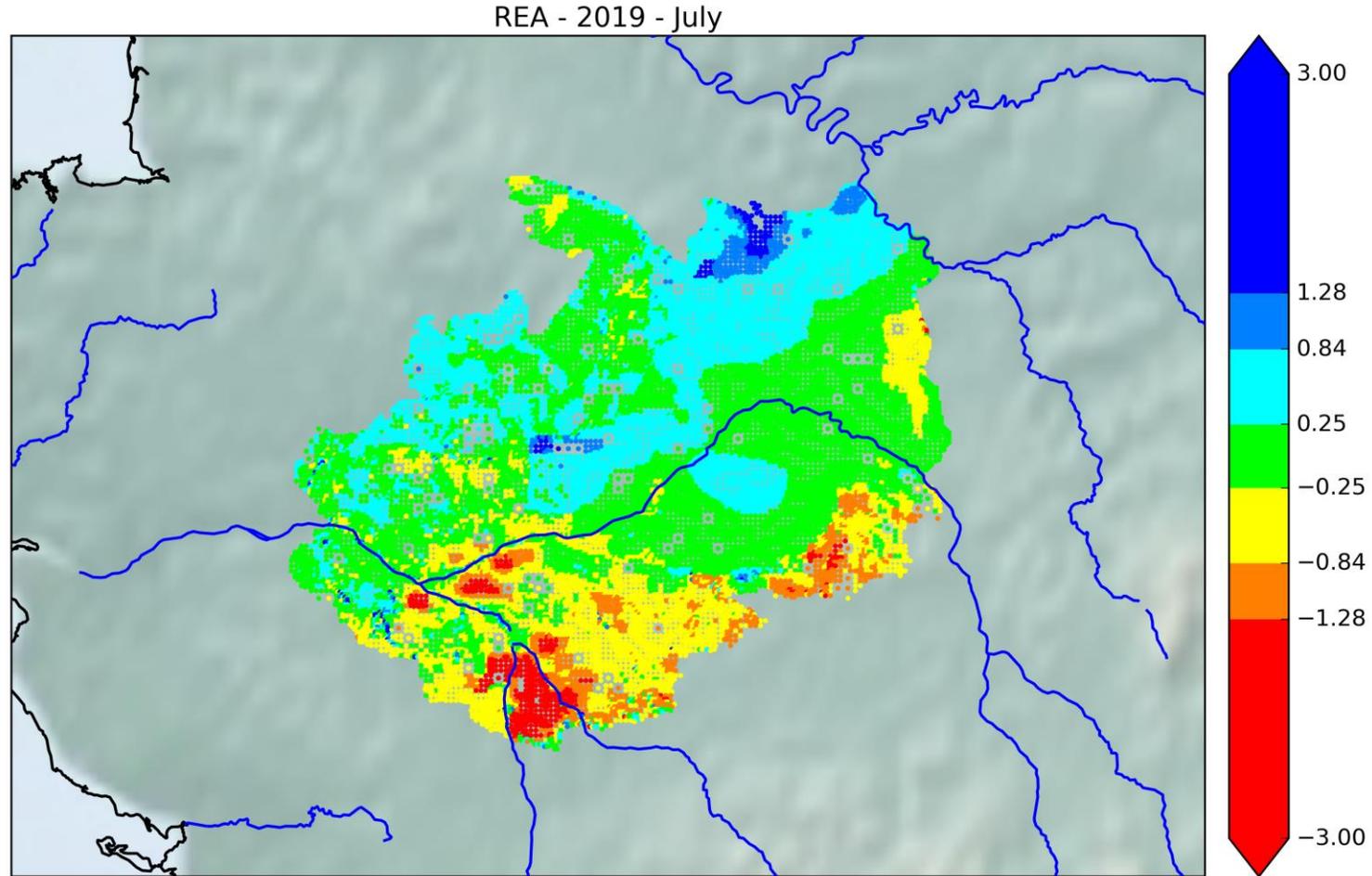
Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019

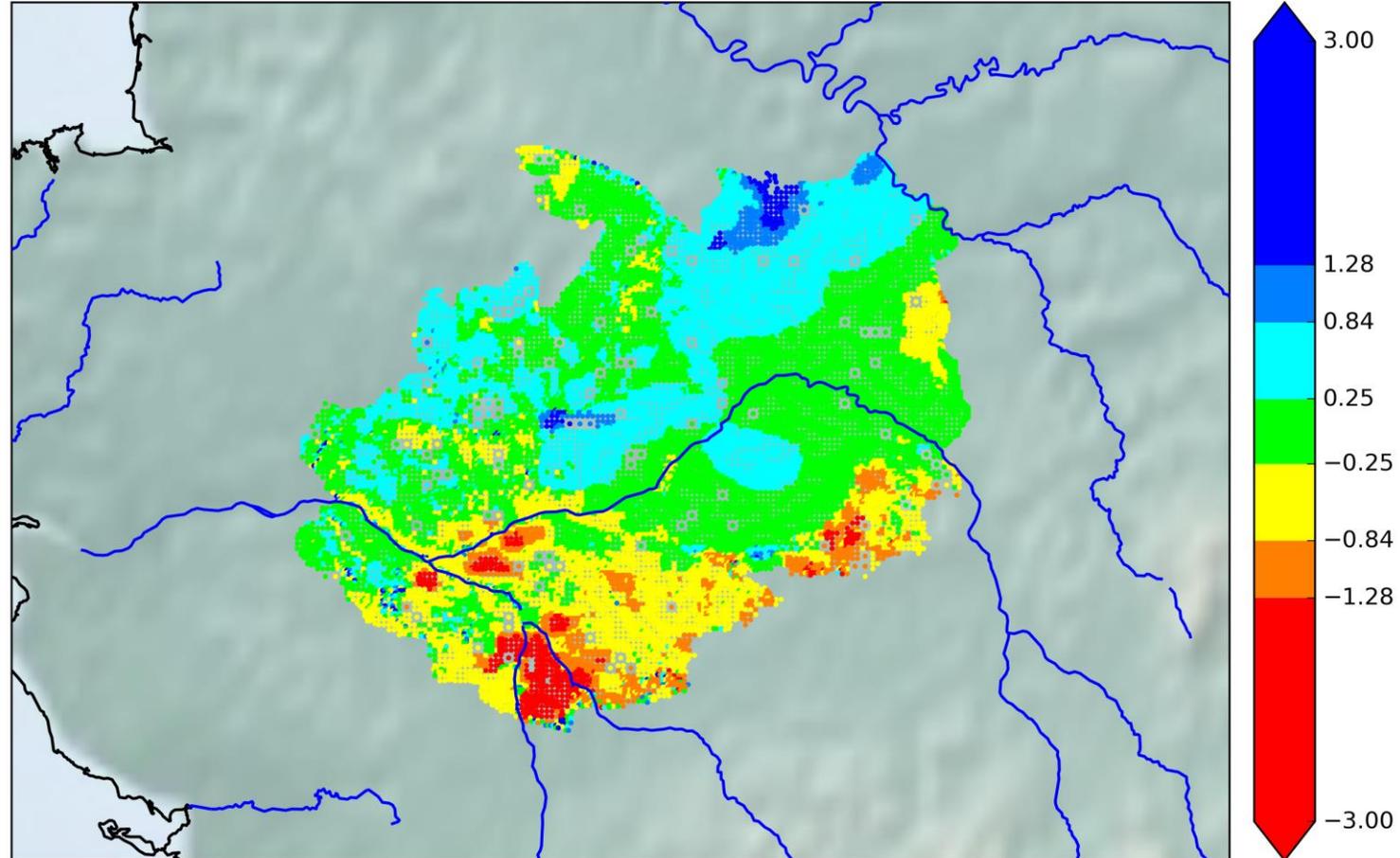


Cartes des IPS – Suivi d'août 2018 à juillet 2019



Cartes des IPS – médiane des PS d'août 2019 à Janvier 2020

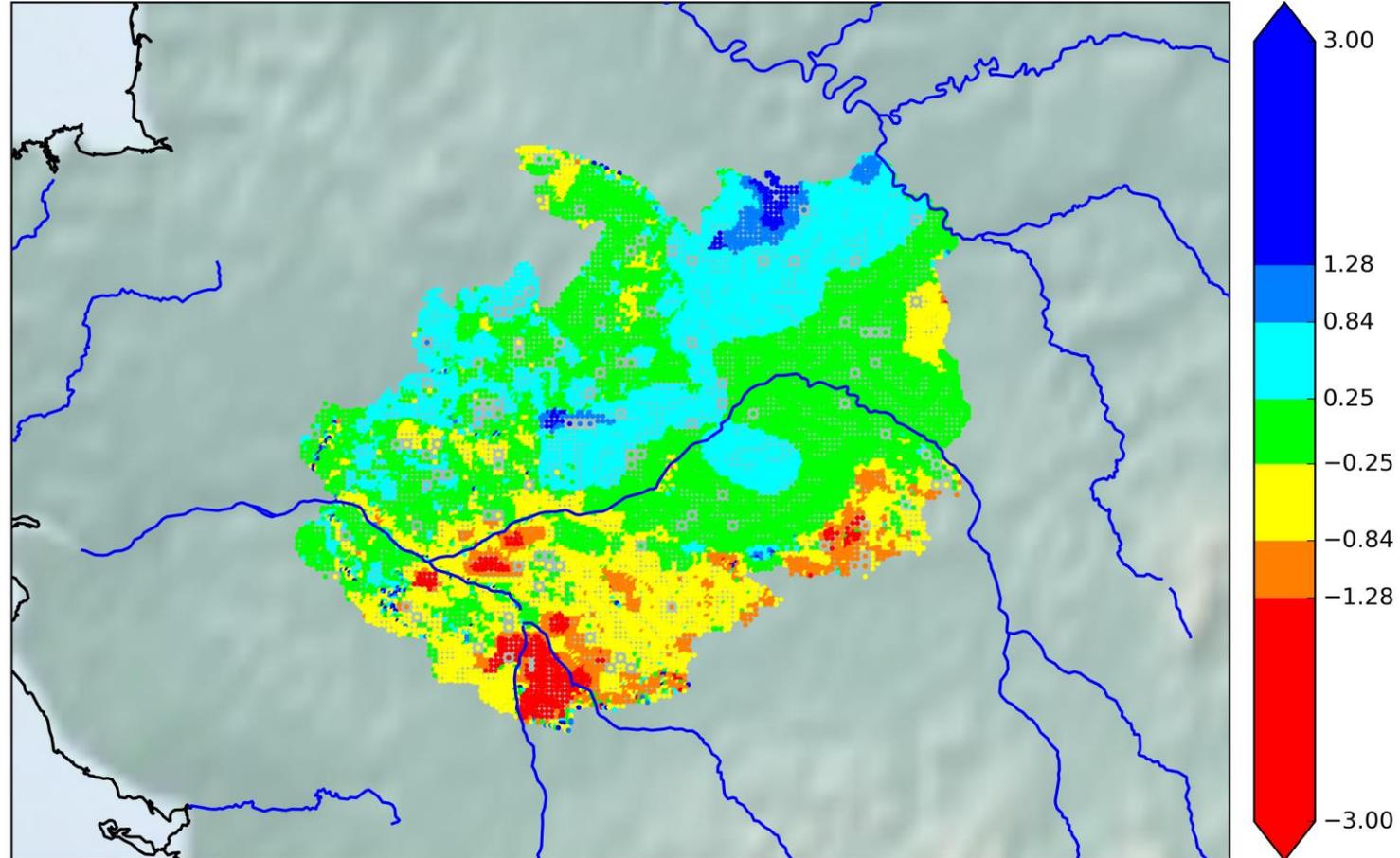
median PARP6 - 2019 - August



Prévi
M1

Cartes des IPS – médiane des PS d'août 2019 à Janvier 2020

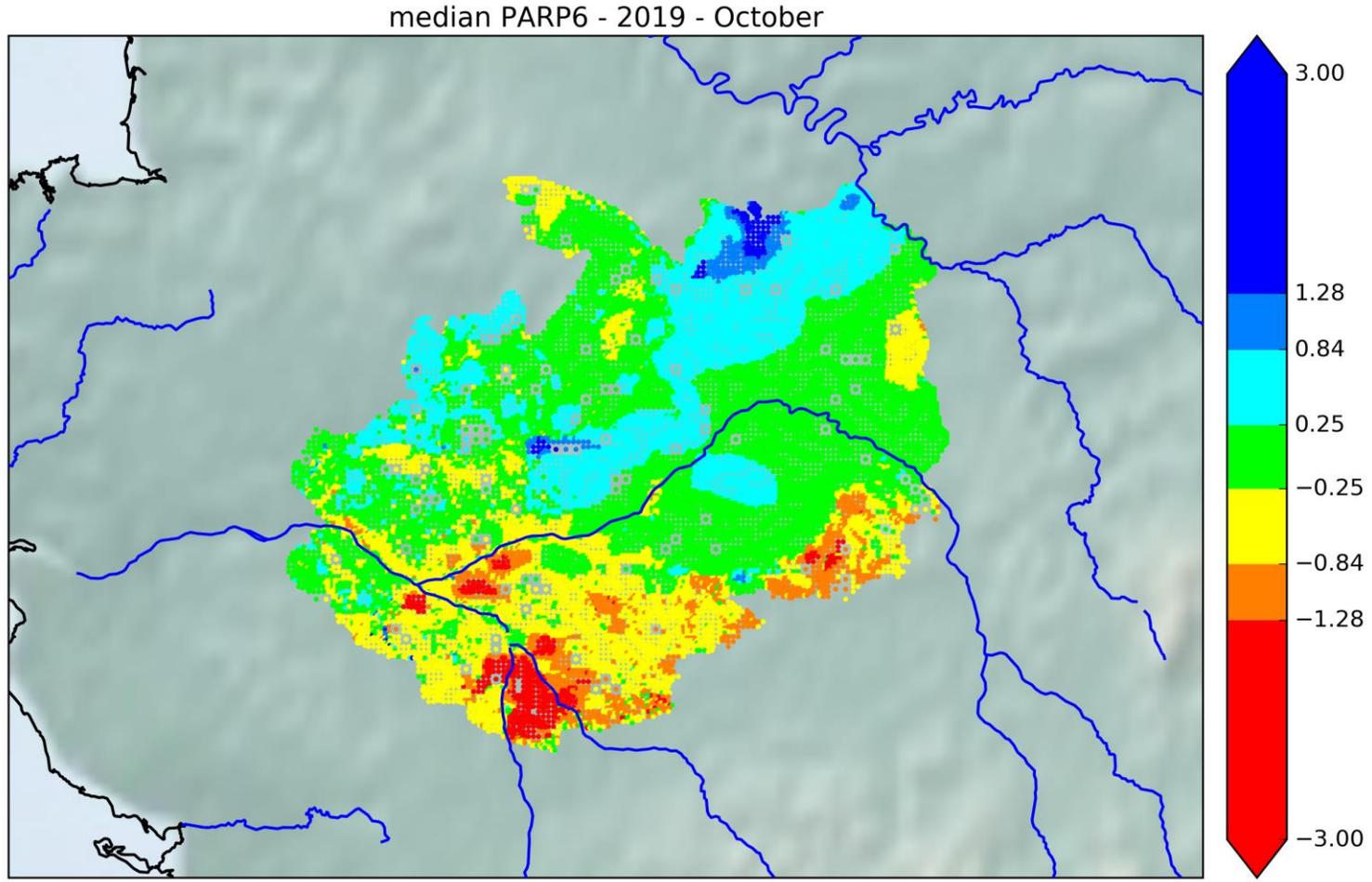
median PARP6 - 2019 - September



Prévi
M2

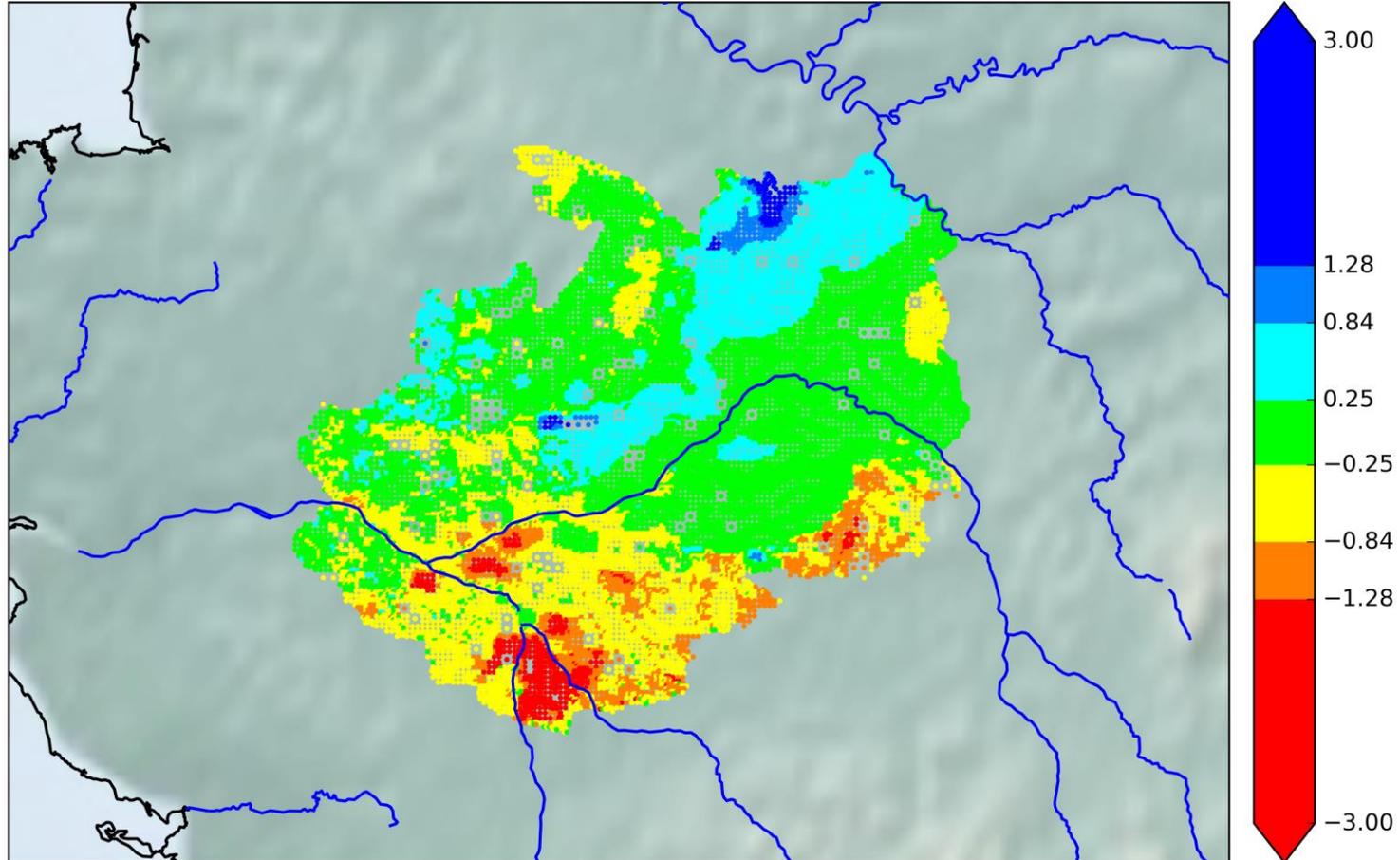
Cartes des IPS – médiane des PS d'août 2019 à Janvier 2020

Prévi
M3



Cartes des IPS – médiane des PS d'août 2019 à Janvier 2020

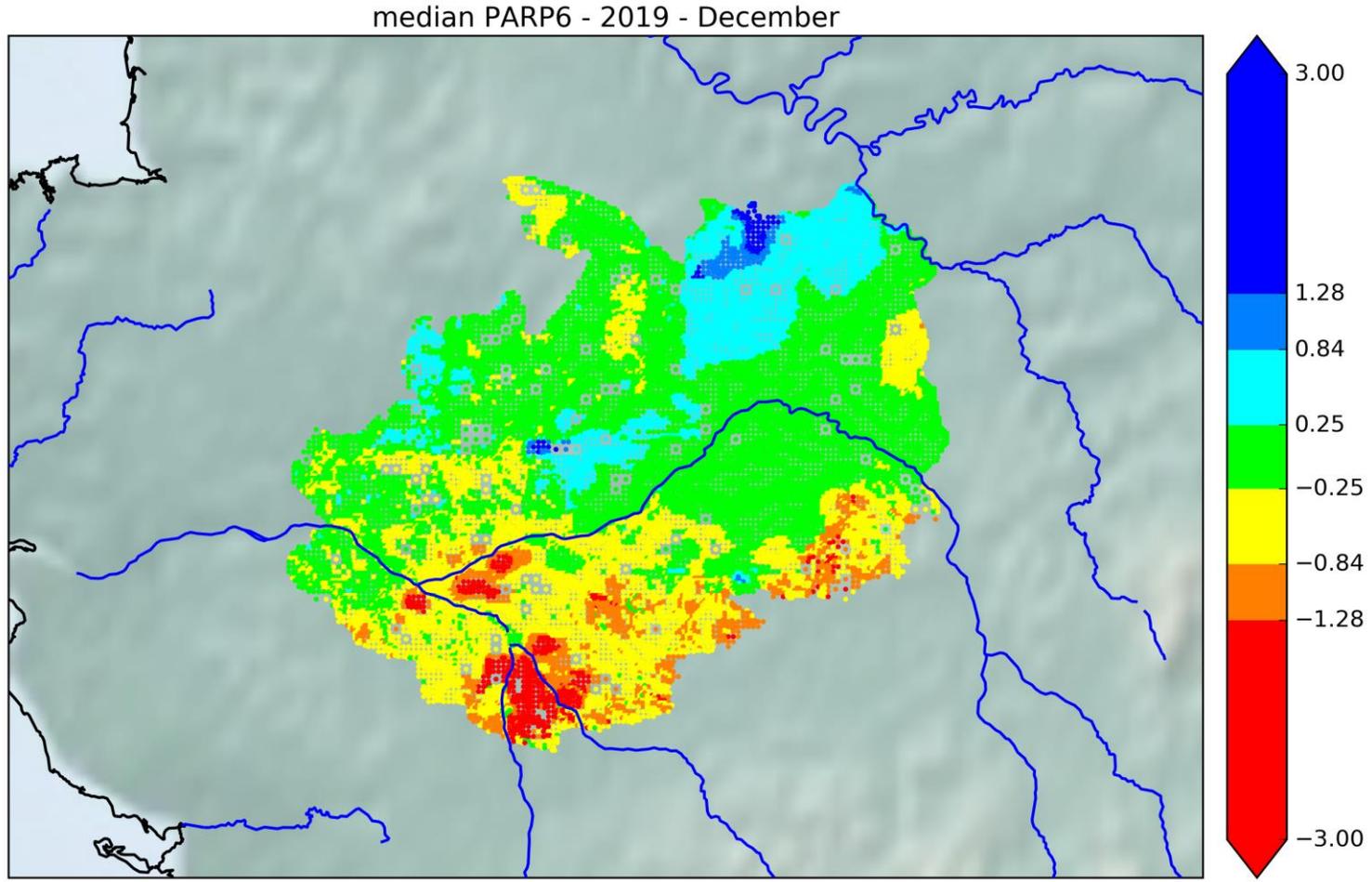
median PARP6 - 2019 - November



Prévi
M4

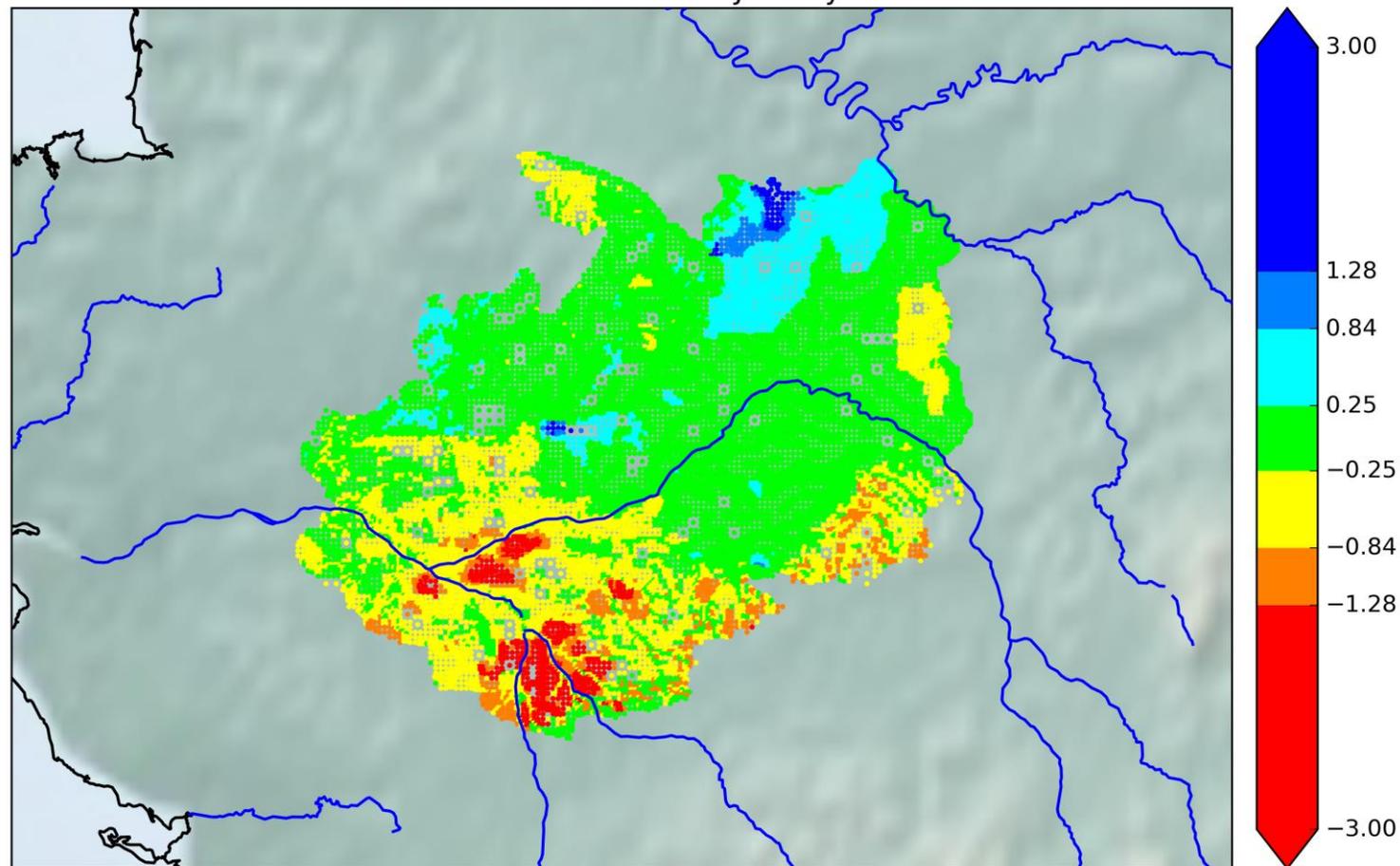
Cartes des IPS – médiane des PS d'août 2019 à Janvier 2020

Prévi
M5



Cartes des IPS – médiane des PS d'août 2019 à Janvier 2020

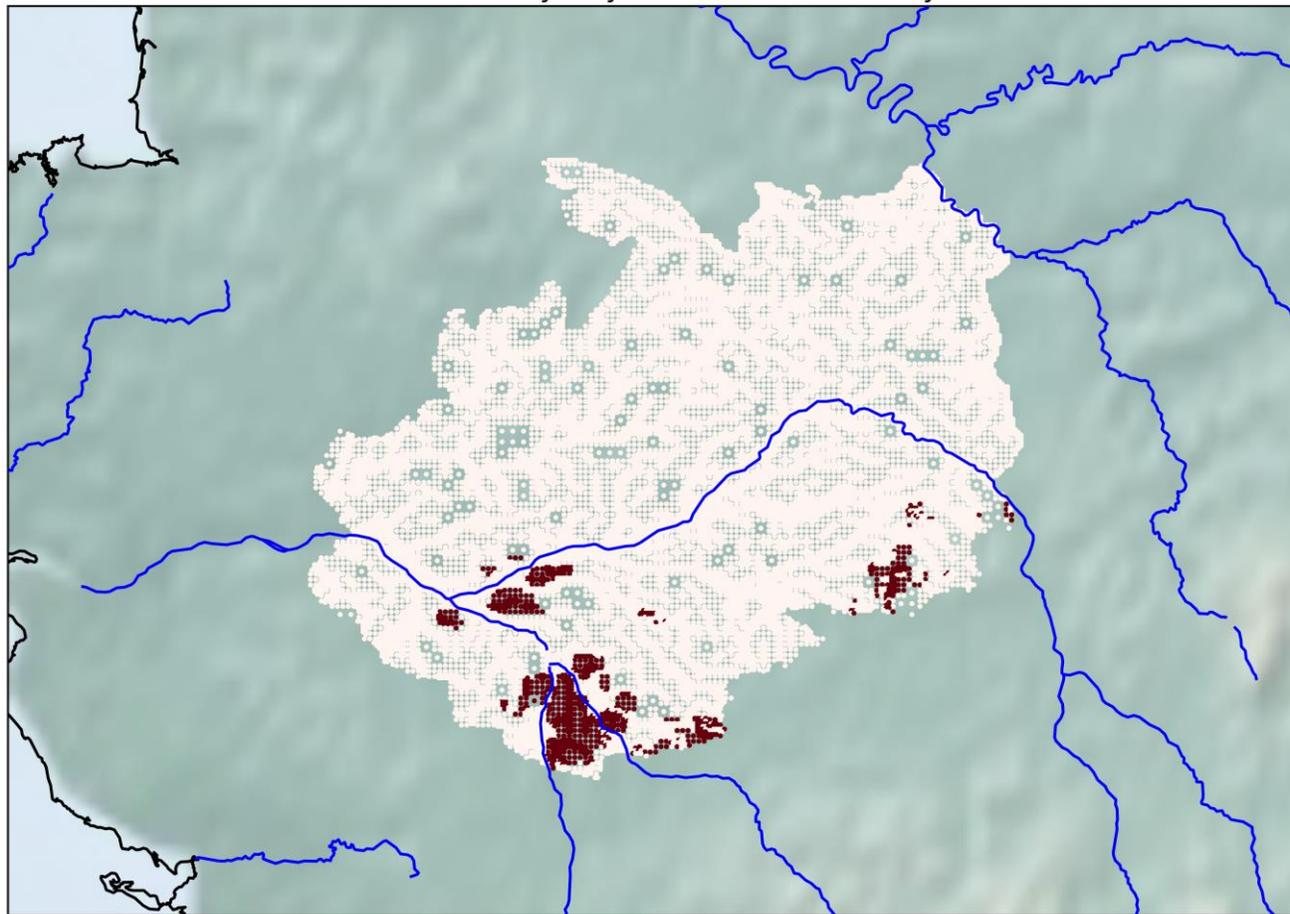
median PARP6 - 2020 - January



Prévi
M6

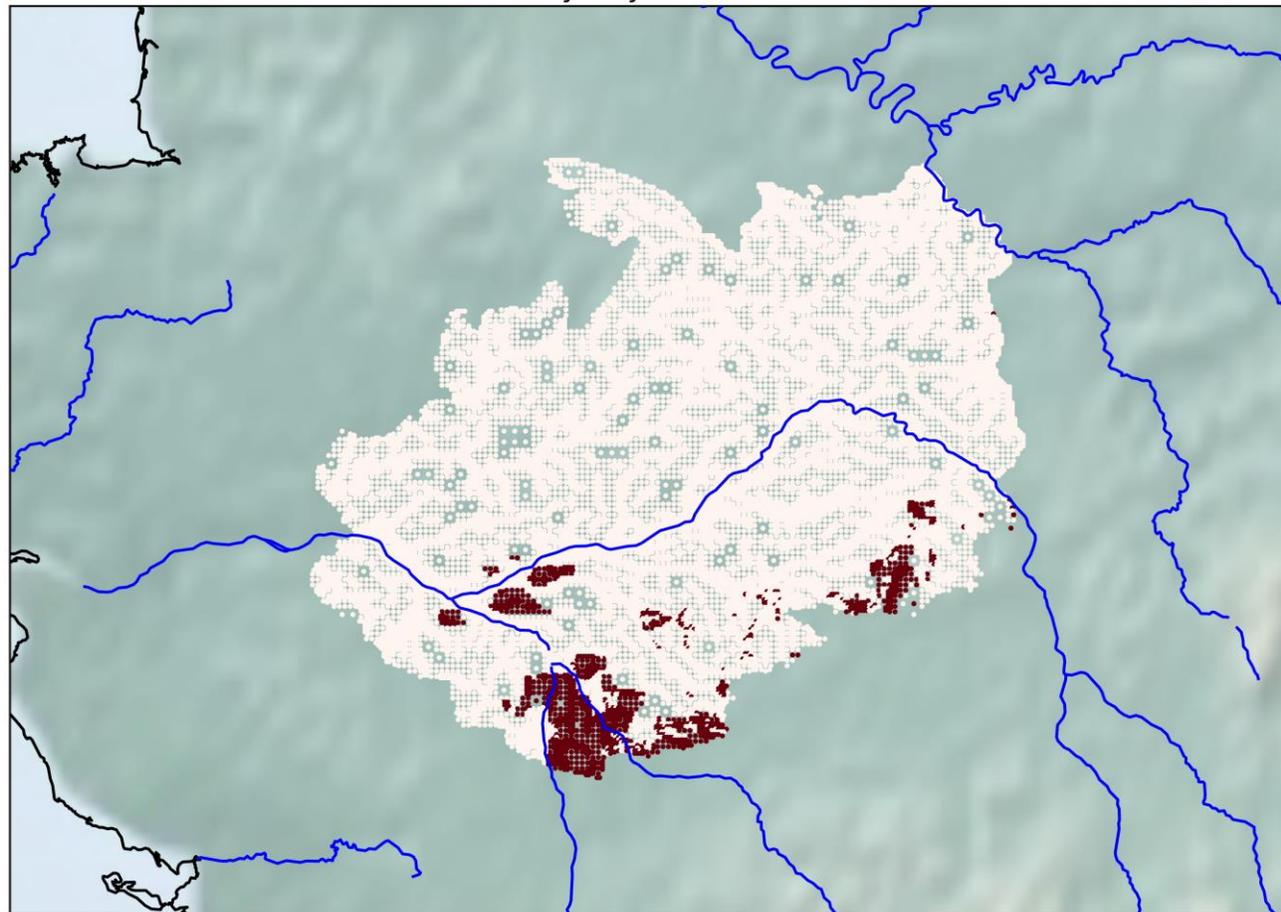
Evolution de l'étendue des sécheresses (IPS<5 ans sec)

REA below 5yr dry SPLI - 2019 - February



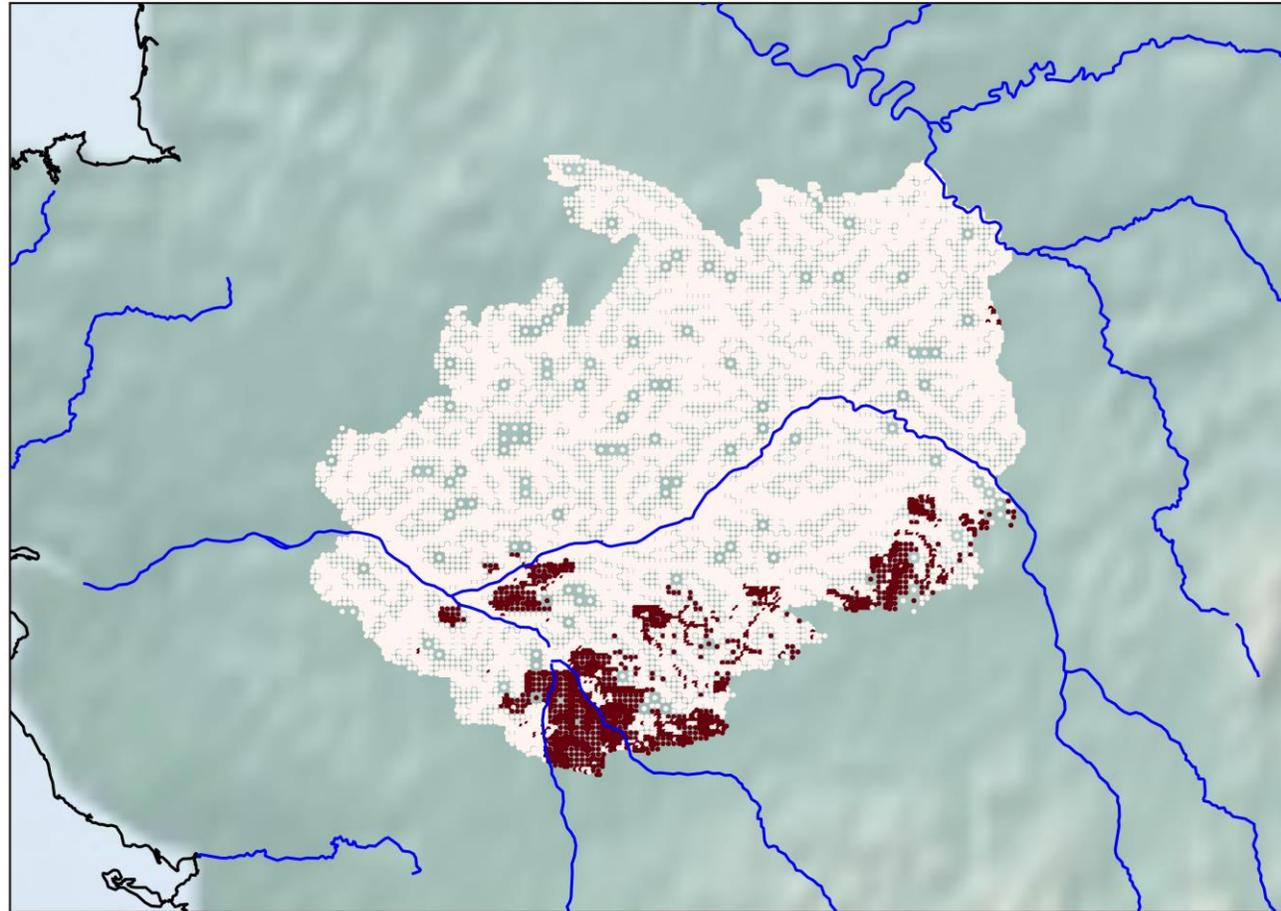
Evolution de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)

REA below 5yr dry SPLI - 2019 - March



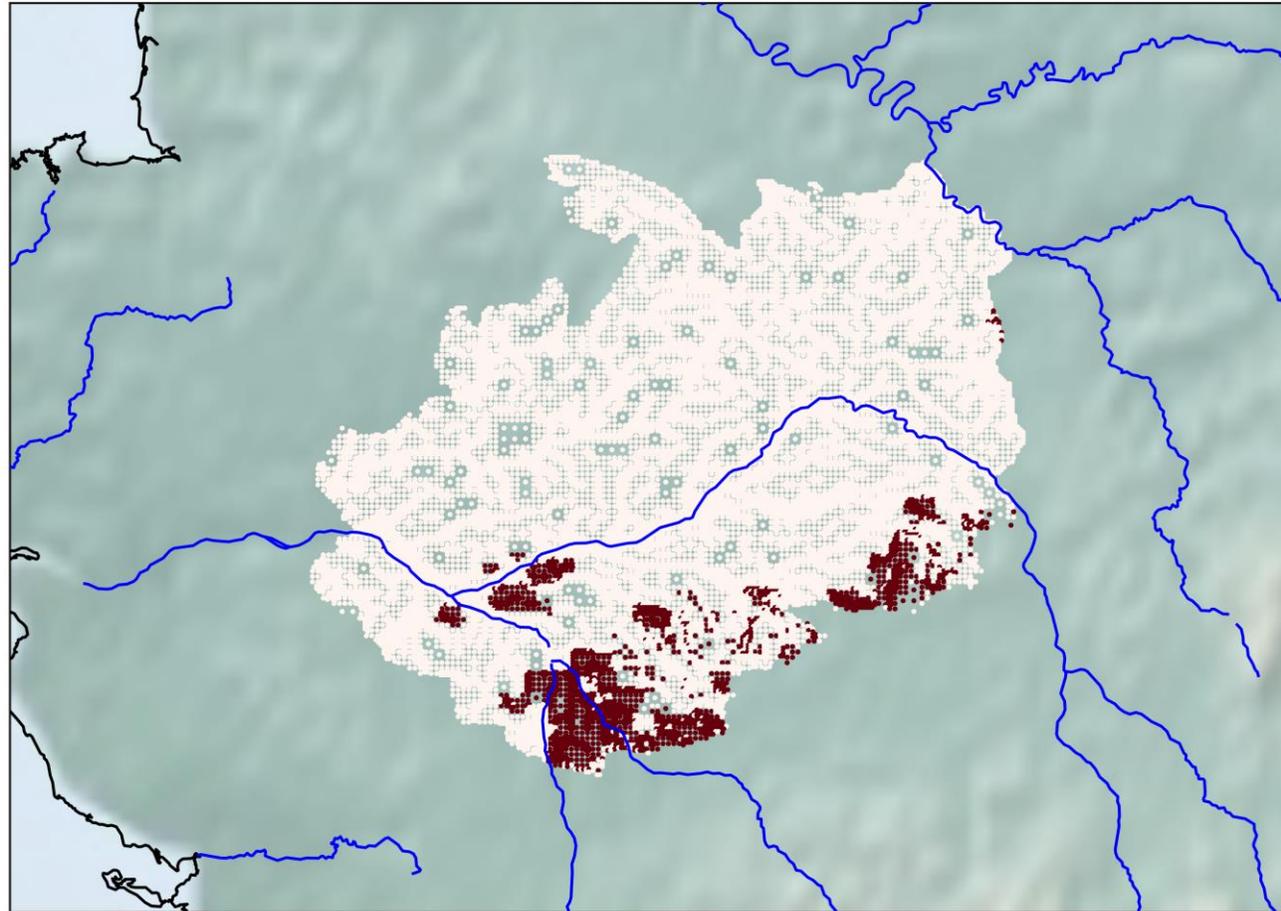
Evolution de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)

REA below 5yr dry SPLI - 2019 - April



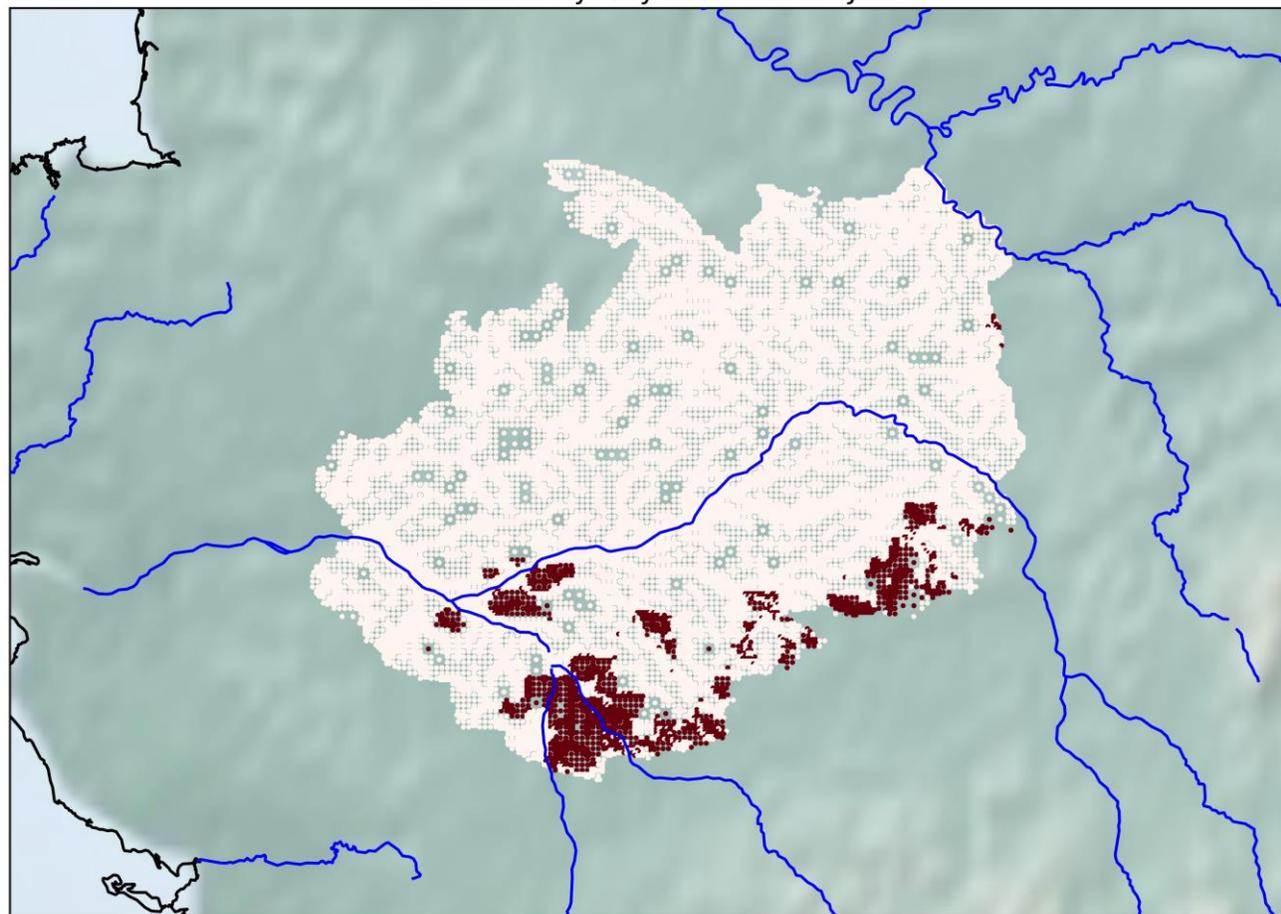
Evolution de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)

REA below 5yr dry SPLI - 2019 - May



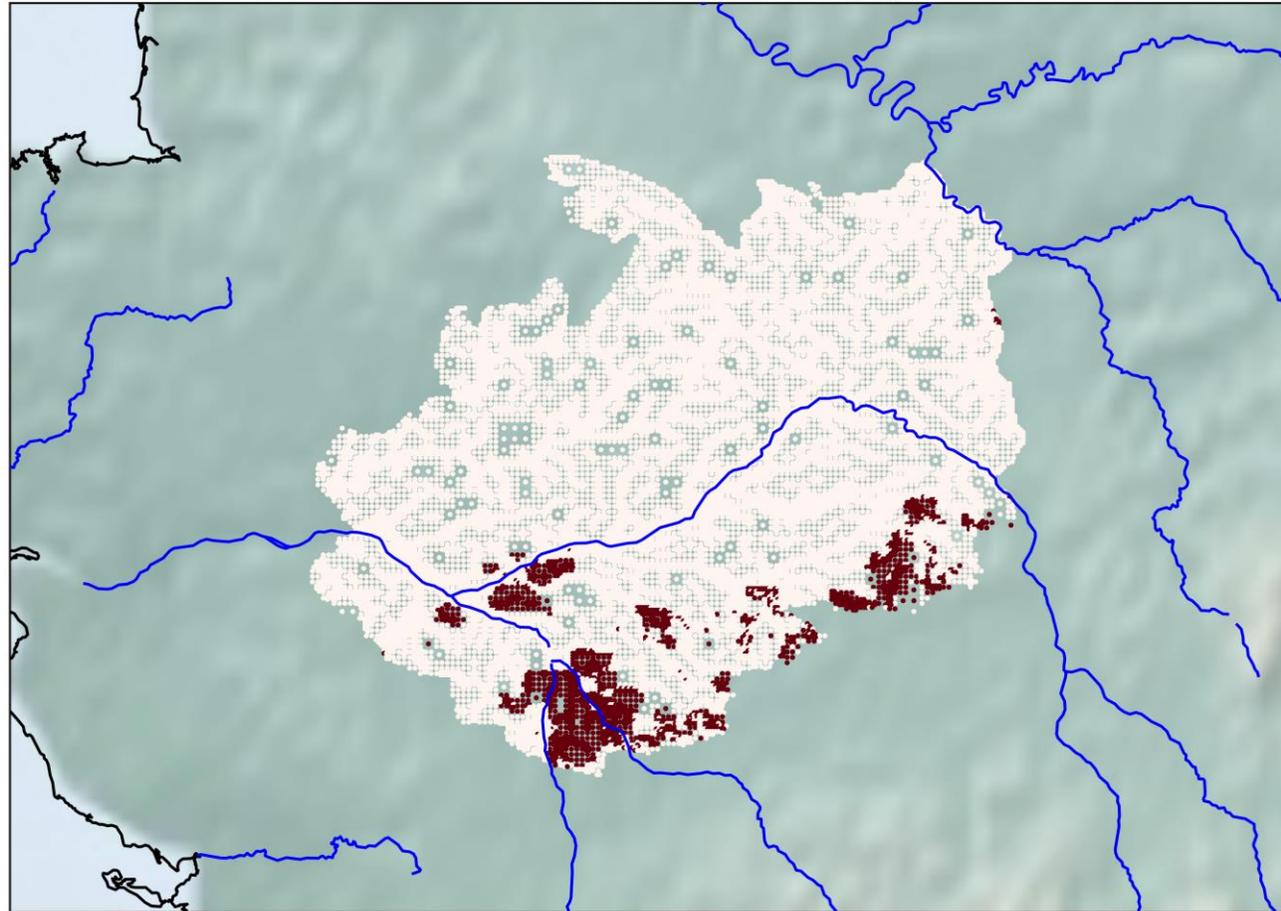
Evolution de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)

REA below 5yr dry SPLI - 2019 - June

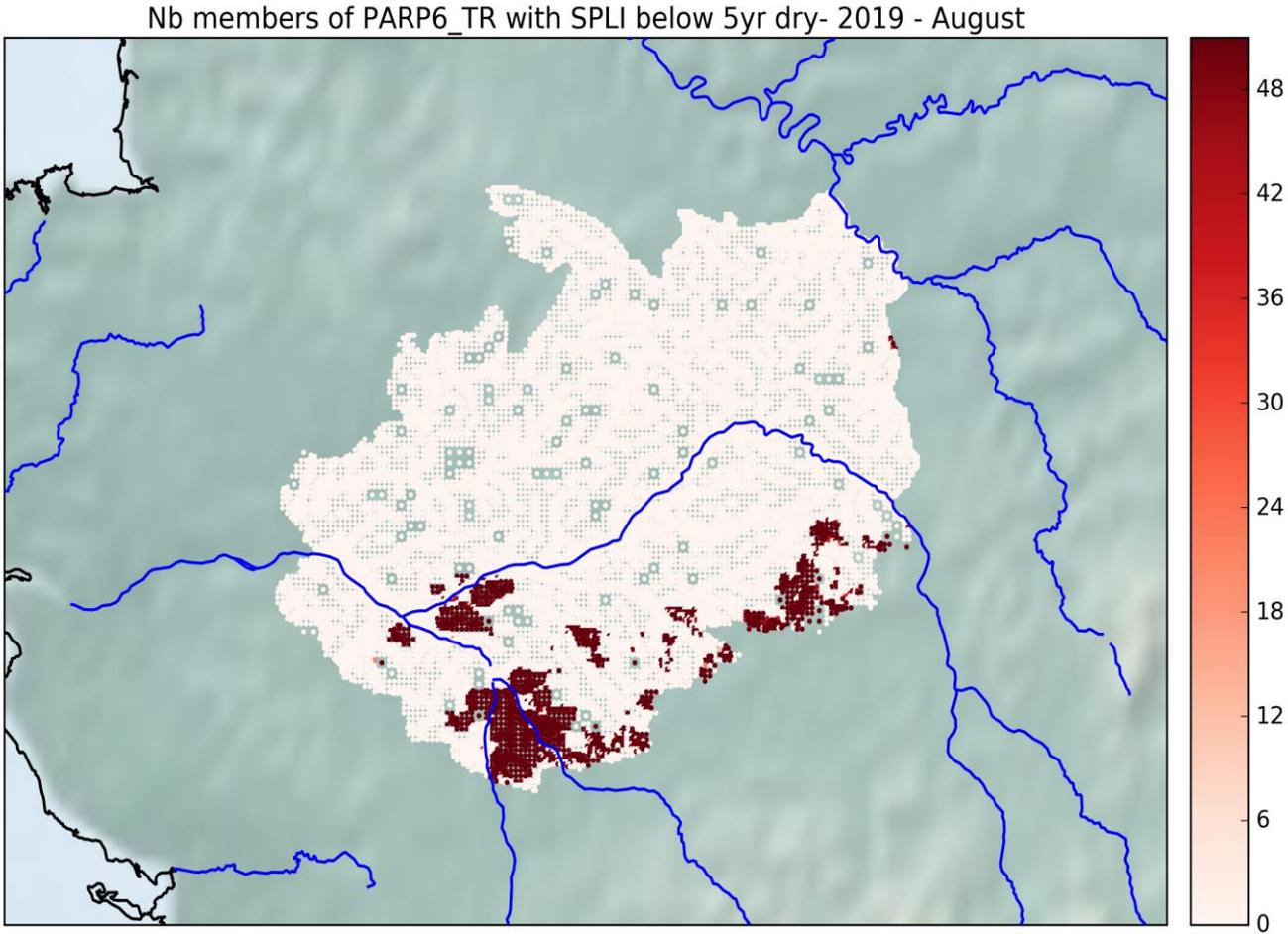


Evolution de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)

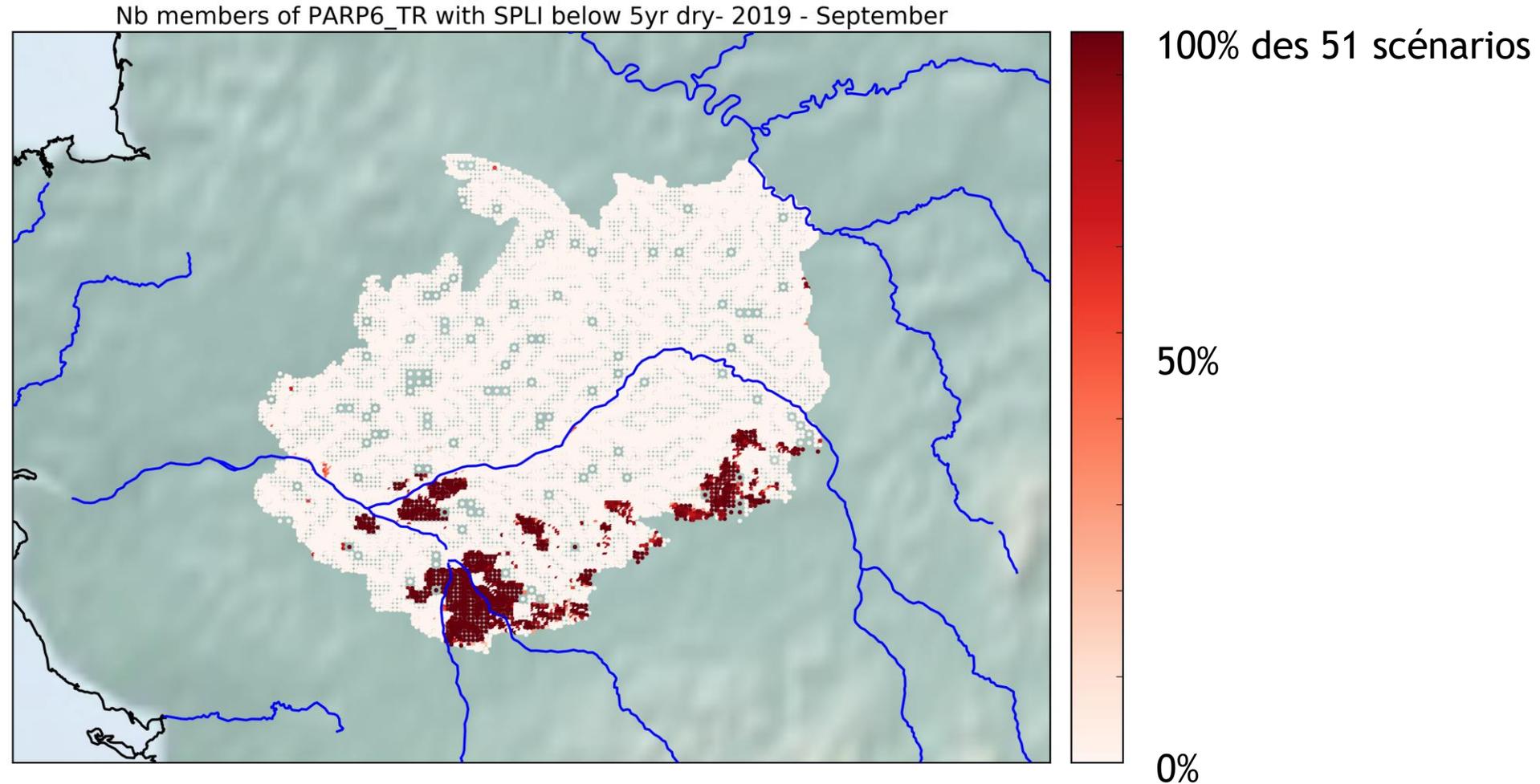
REA below 5yr dry SPLI - 2019 - July



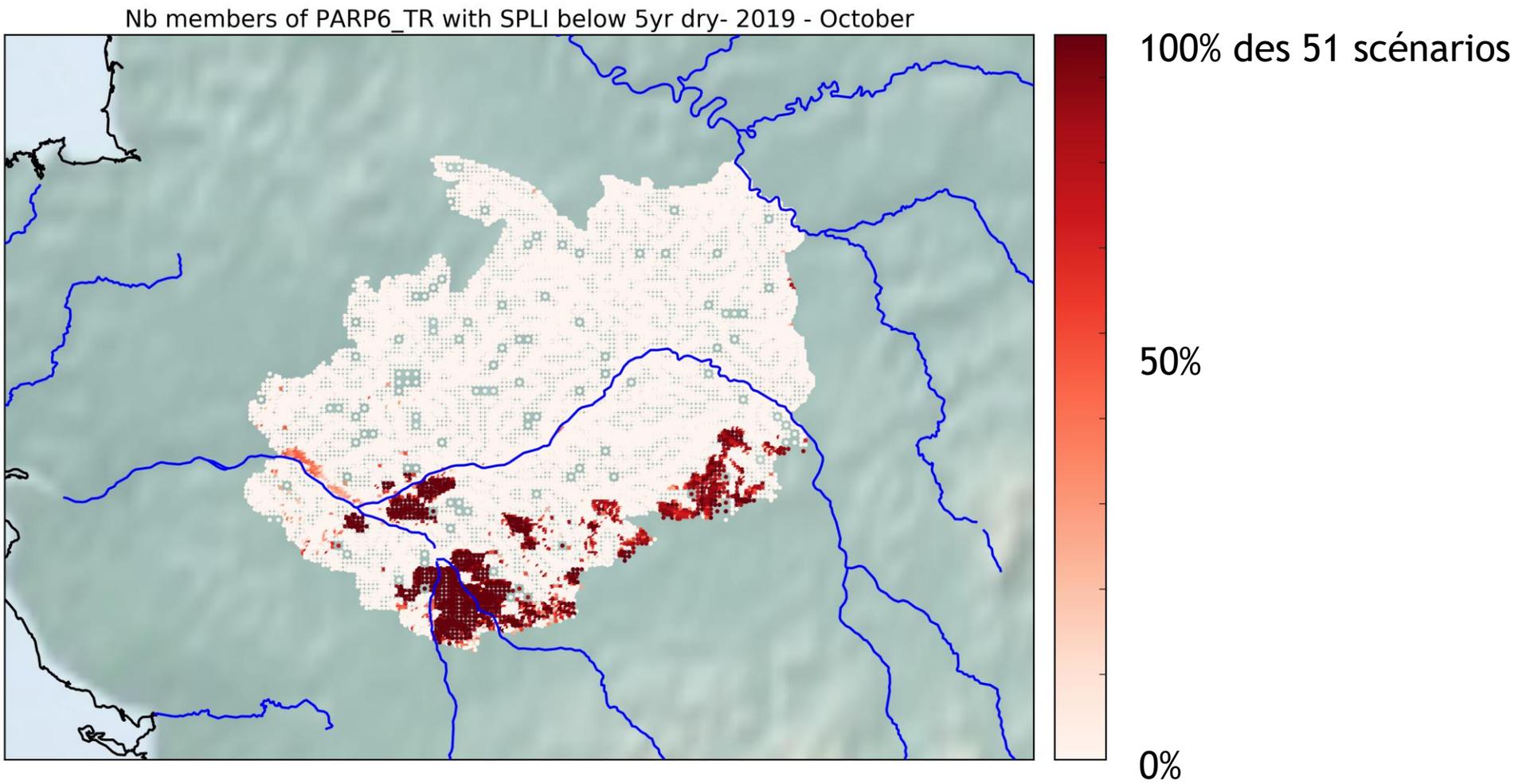
Evolution de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)



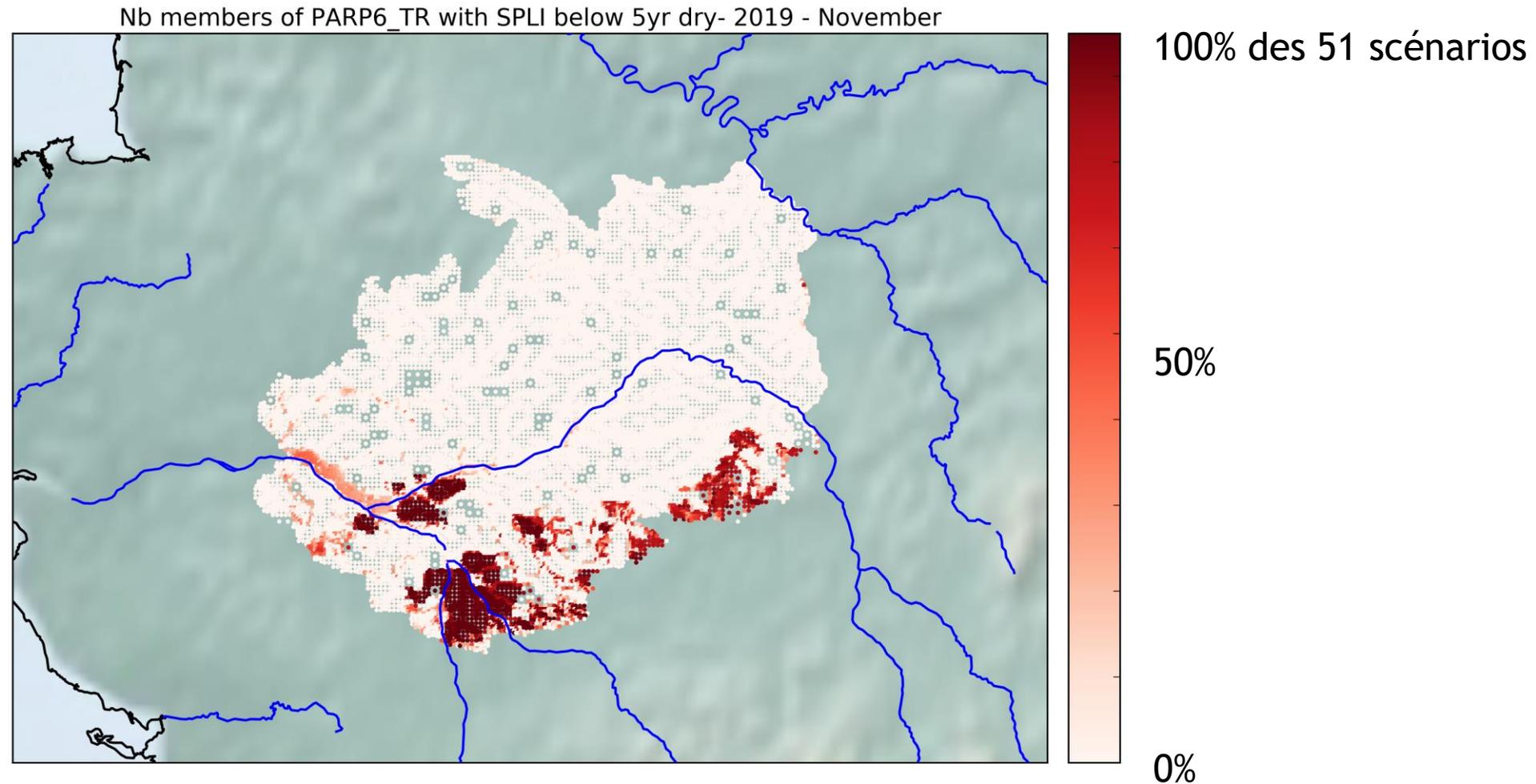
Prévision de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)



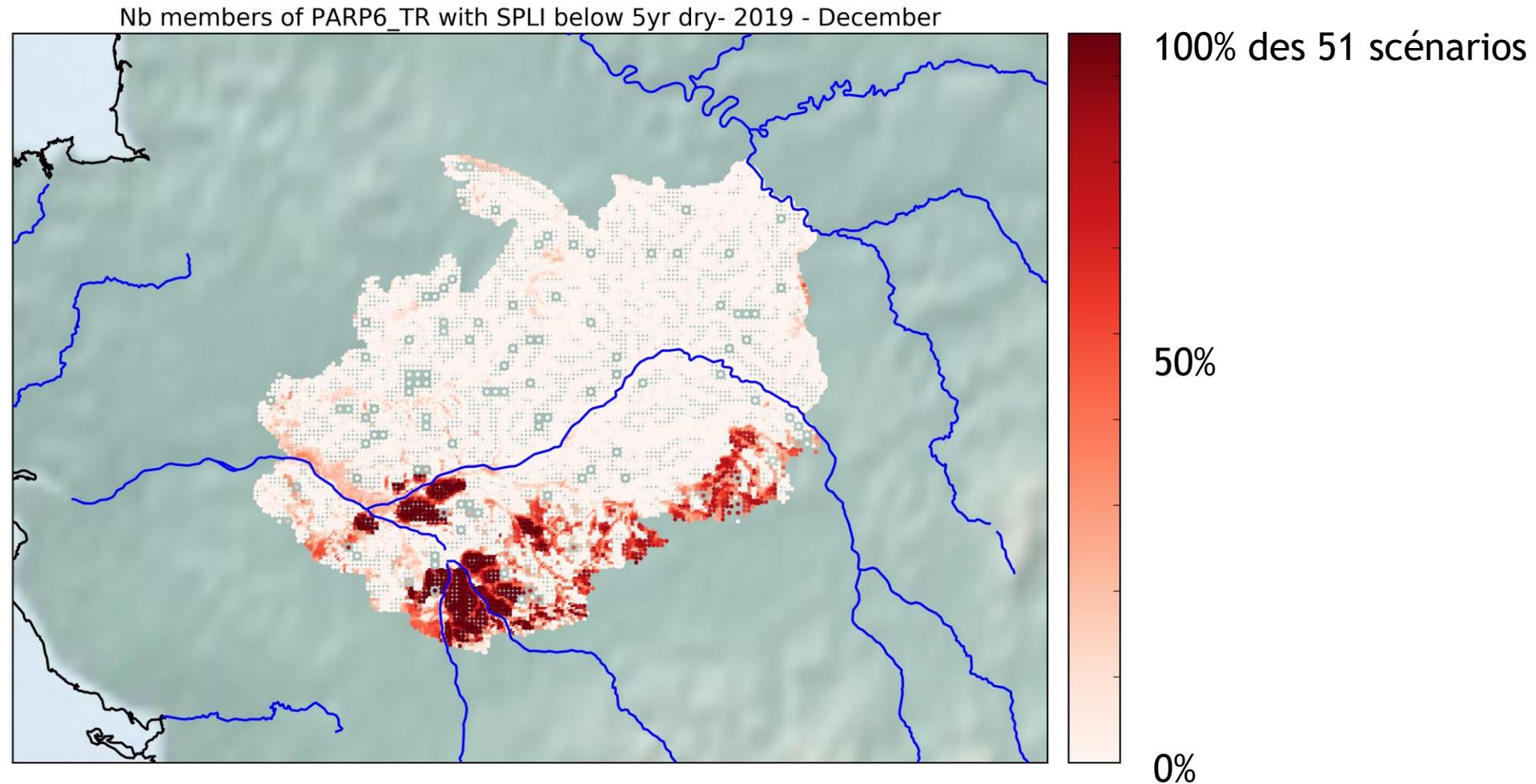
Prévision de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)



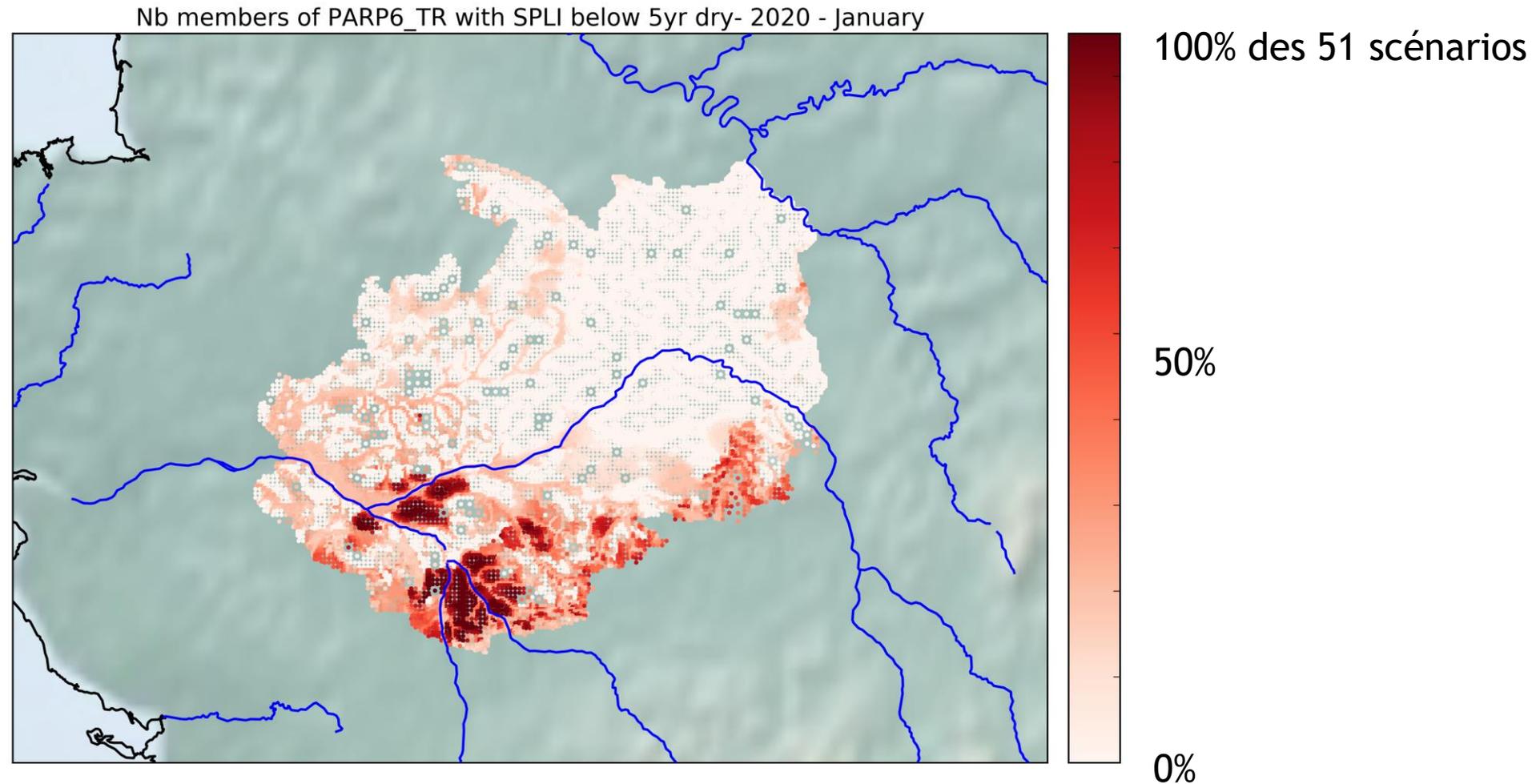
Prévision de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)



Prévision de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)

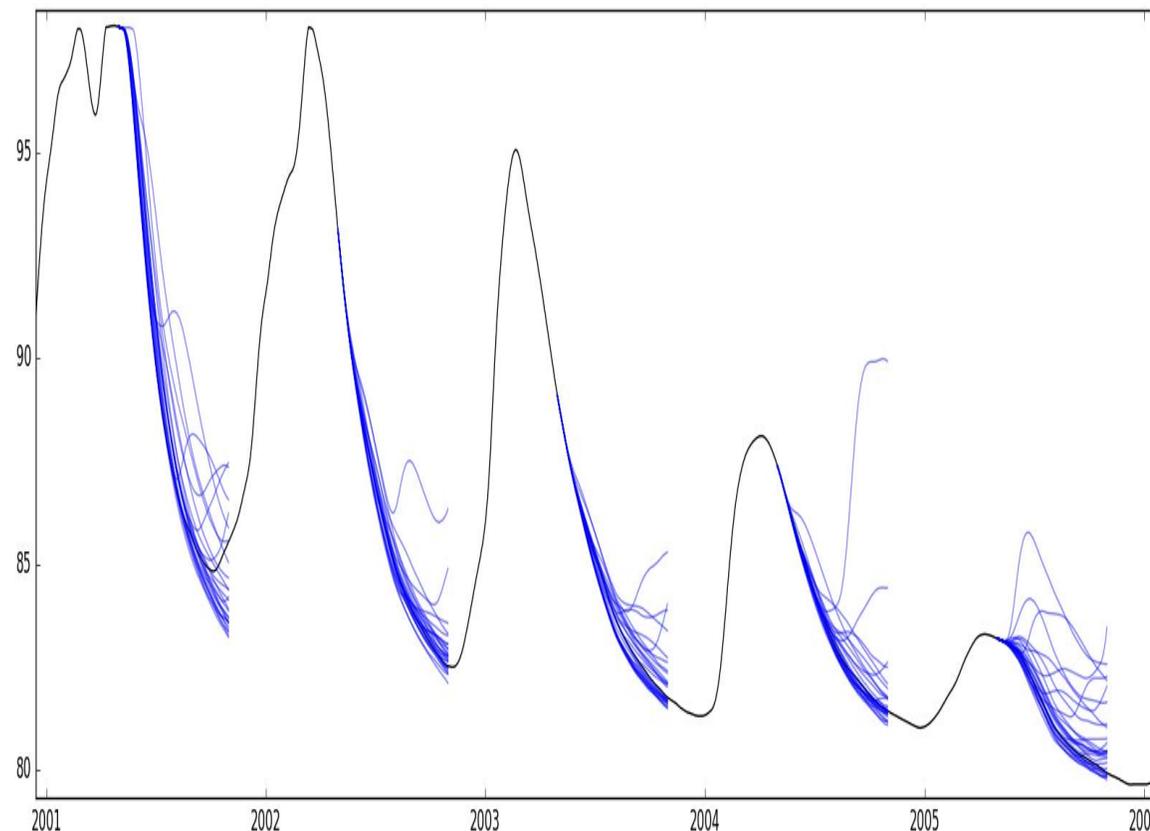


Prévision de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)



Prévision de l'étendue des sécheresses (IPS < 5 ans sec)

Les 5ème et 6ème
mois de PS
présentent
beaucoup
d'incertitude quant
à l'évolution de la
sécheresse

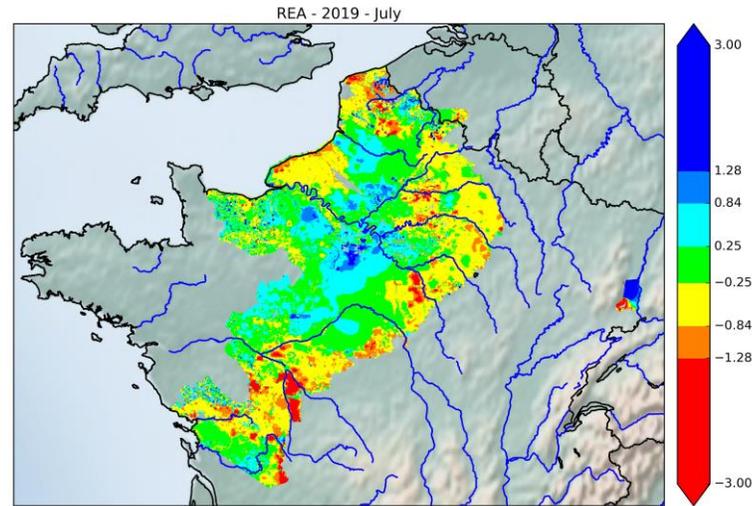
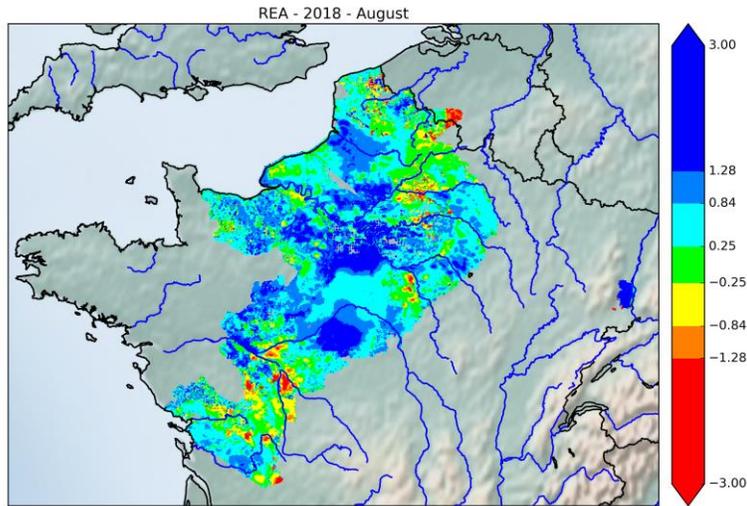


100% des 51 scénarios

50%

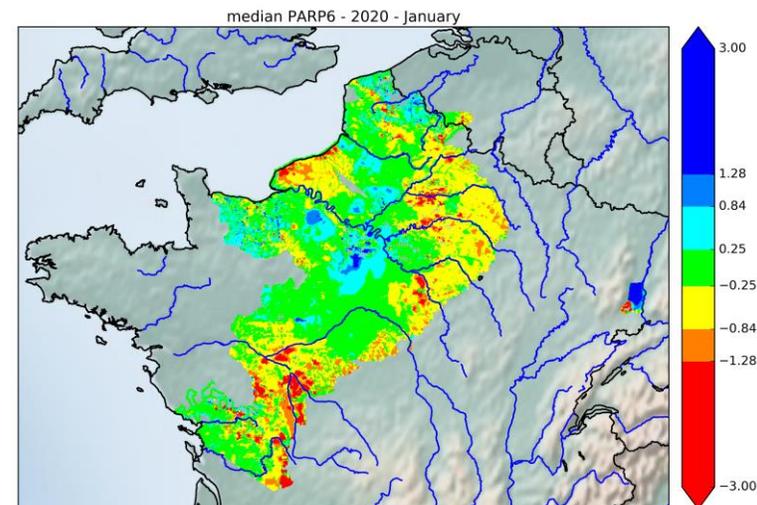
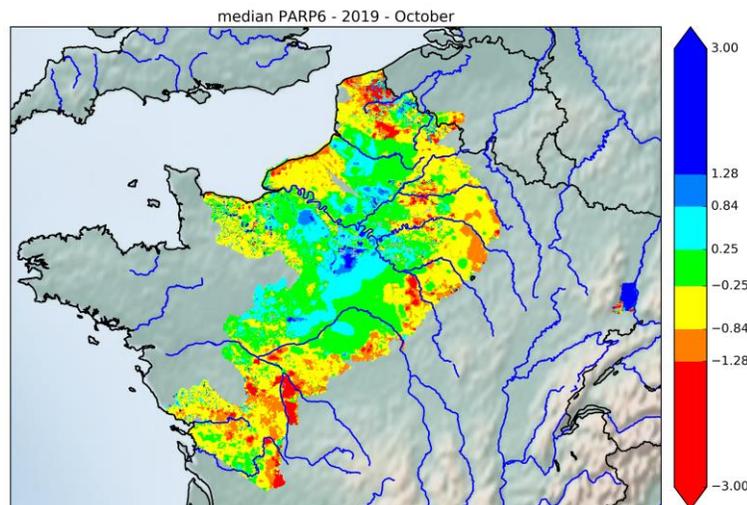
0%

A l'échelle nationale (domaine Aqui-FR)



Evolution de l'IPS
entre août 2018
(plutôt humide) et
juillet 2019 (plutôt
sec)

Médiane des
prévisions à M+3
(octobre 2019) et
M+6 (janvier 2020) -
on reste sur un
scénario sec



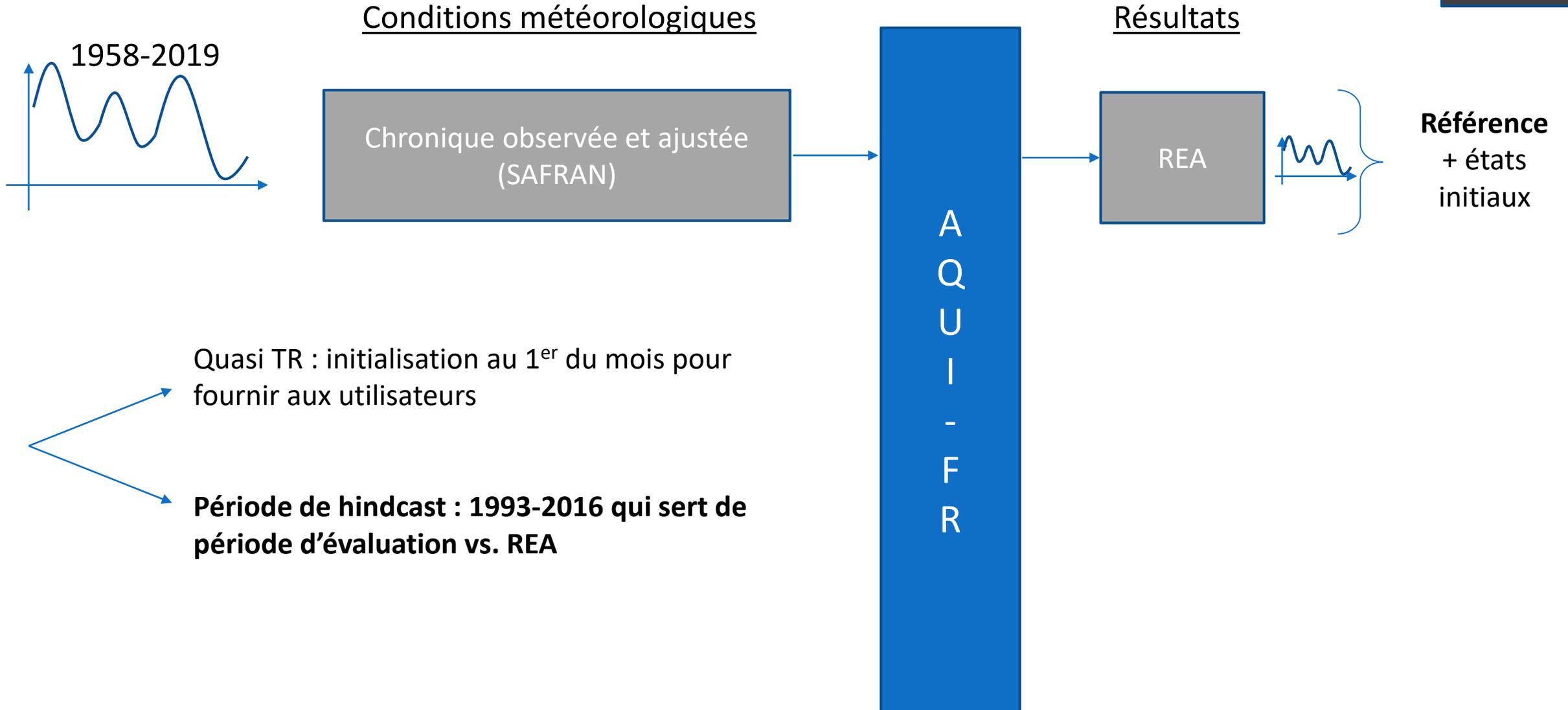
Evaluation de la PS

- Scores statistiques usuels en PS (PARP6 et PCLIM) pendant la période hindcast 1993-2016:
 - CORR : corrélation temporelle entre les mois de chaque année
 - corrélation temporelle entre la moyenne des PS et la référence REA
 - score parfait : 1
 - RPSS : ranked probability skill score
 - évaluation de la qualité de la prévision en termes d'ordonnancement
 - est-ce que la moyenne des PS et REA sont ordonnancés de la même façon sans prendre en compte les amplitudes
 - score parfait : 1
- > 2 métriques complémentaires pour évaluer les prévisions

Dépend de la
localisation et du
mois d'initialisation

Fonctionnement de la PS

OBS



Fonctionnement de la PS

OBS

Conditions météorologiques

Résultats

Chronique observée et ajustée (SAFRAN)

Ensemble de chroniques passées (SAFRAN)

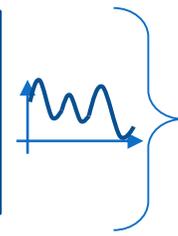
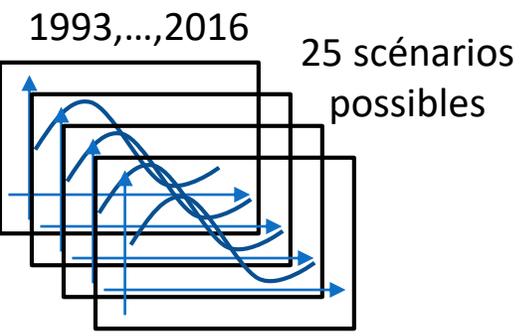
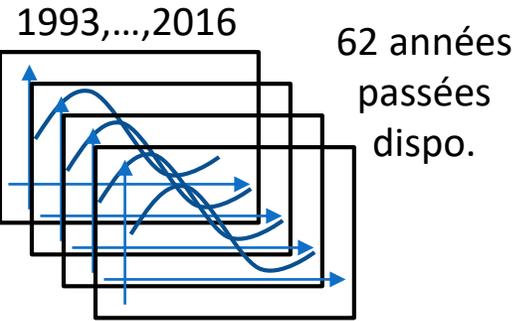
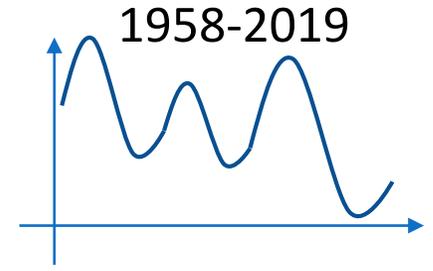
Prévisions d'ensemble à 6 mois (ARPEGE system 6)

A
Q
U
I
-
F
R

REA

PCLIM

PARP6

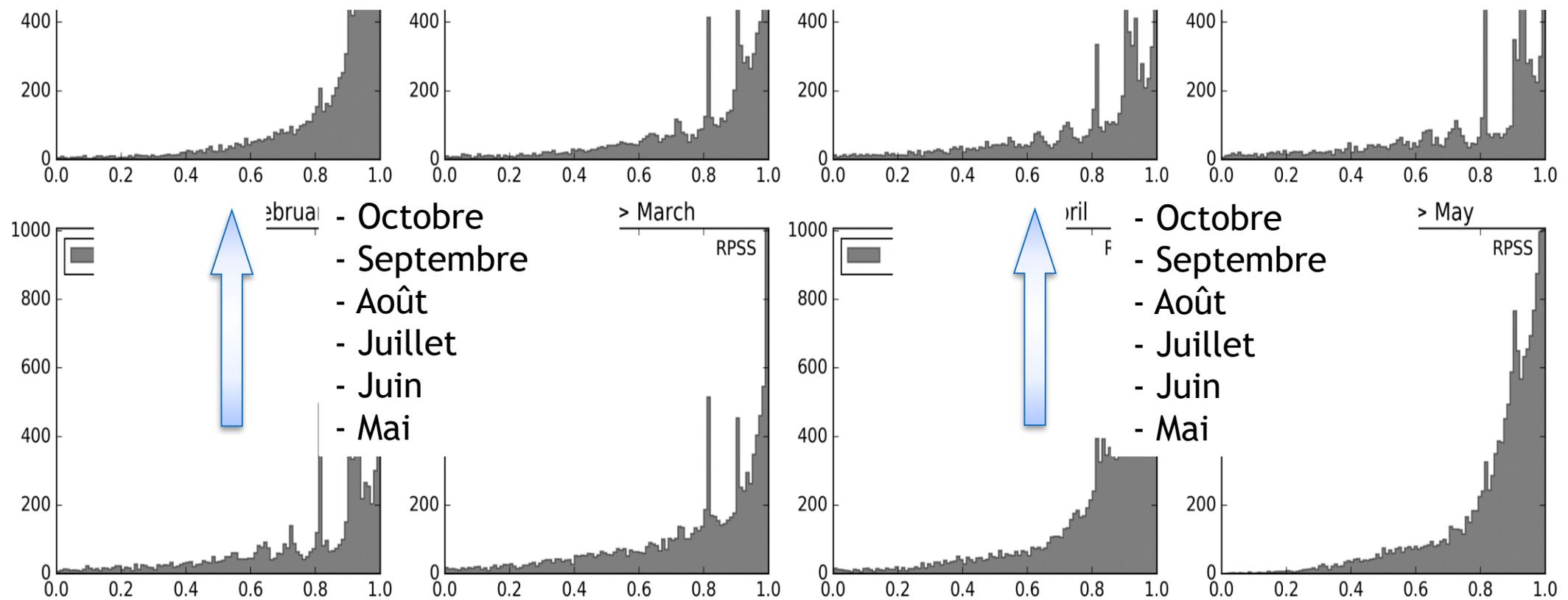


Référence + états initiaux

Prévisions pour les 6 prochains mois :

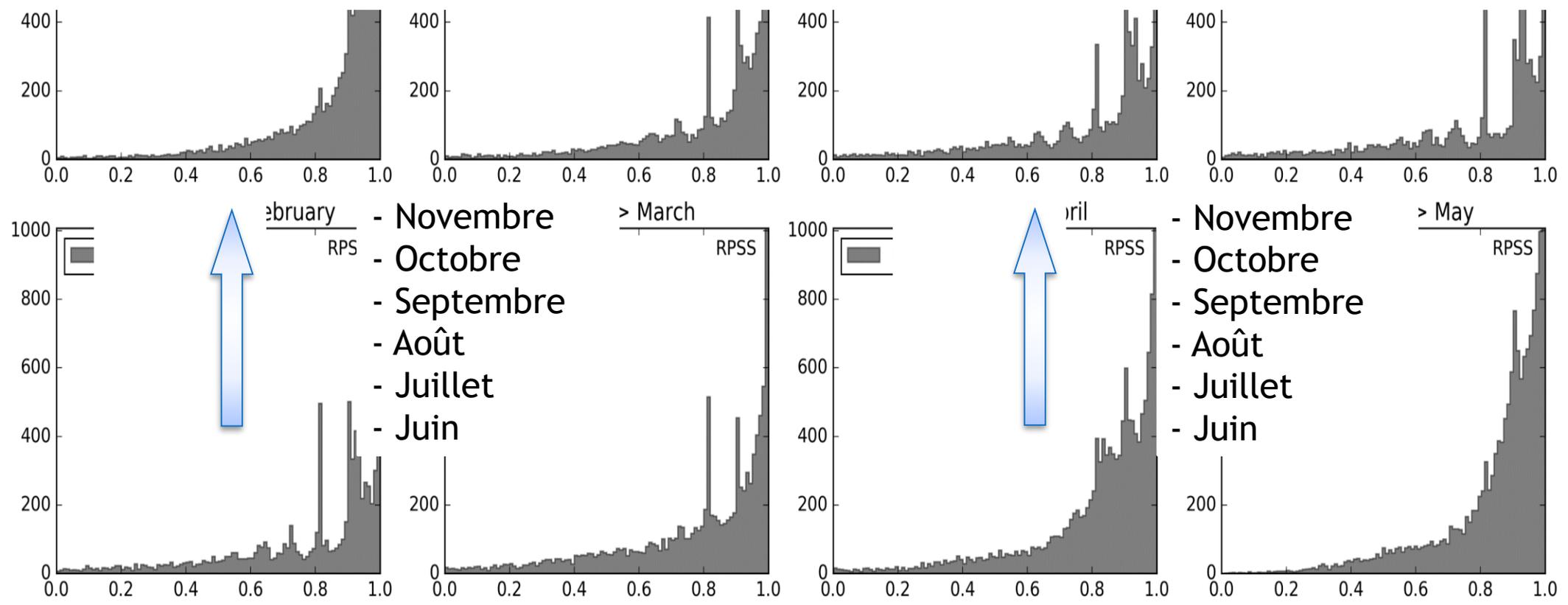
- Mars->Août
- ...
- Mai->Octobre
- ...
- Octobre->Mars
- ...

Evaluation de la PS localement – PARP6



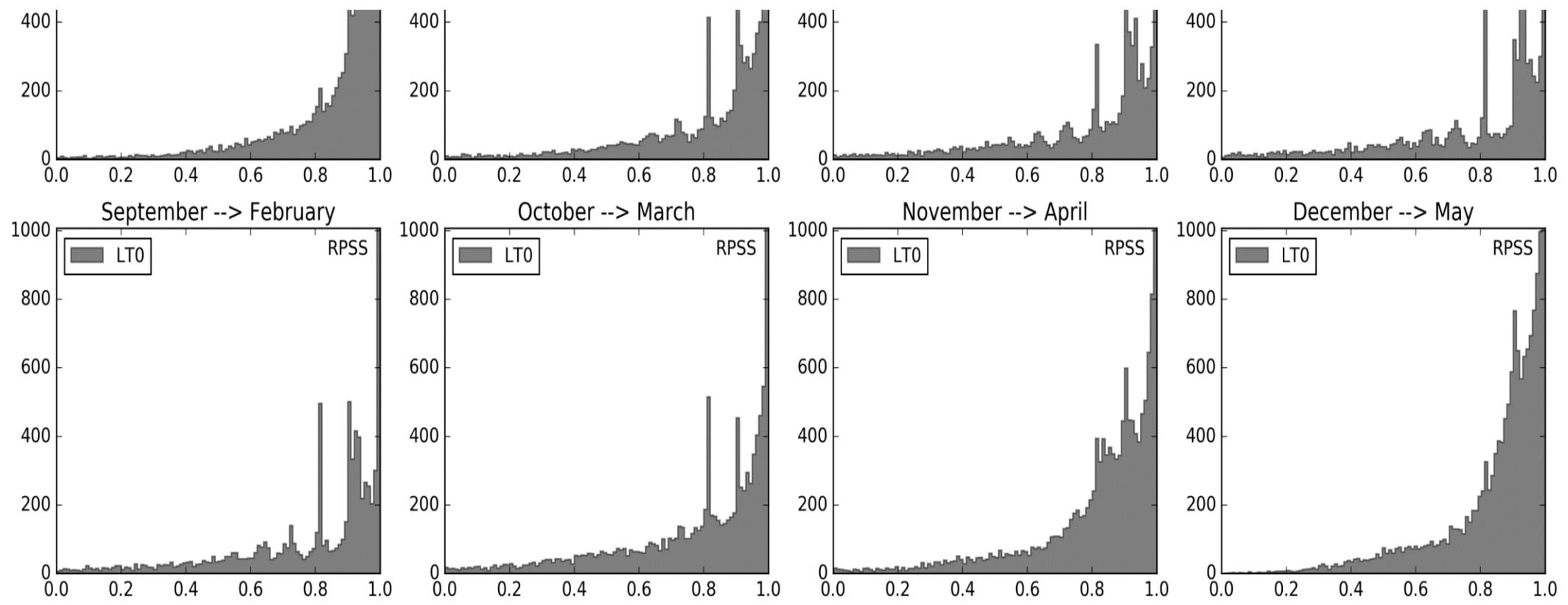
- Exemple sur Epieds-en-Beauce (odic – loire) pour PARP6

Evaluation de la PS localement – PARP6



- Exemple sur Epieds-en-Beauce (odic – loire) pour PARP6

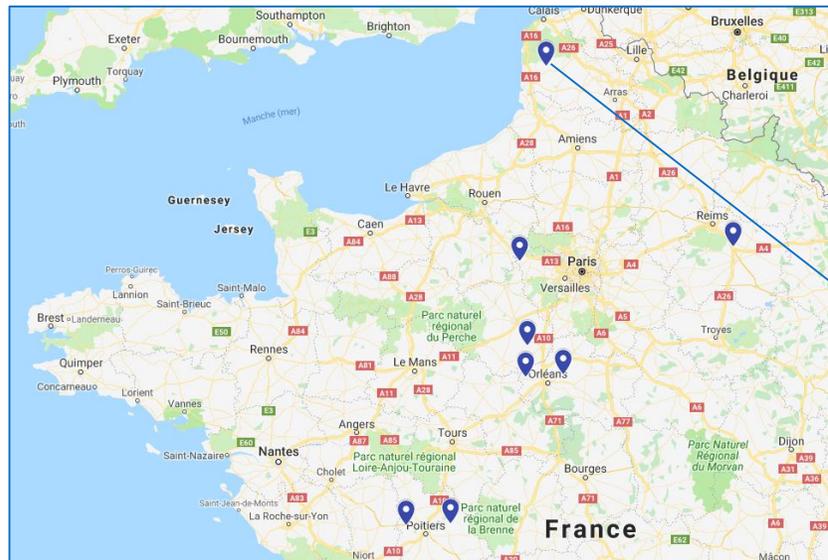
Evaluation de la PS localement – PARP6



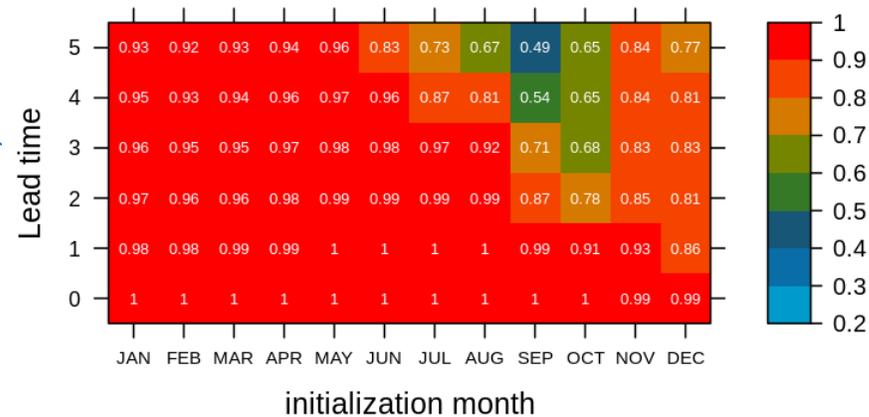
- Exemple sur Epieds-en-Beauce (odic – loire) pour PARP6

Evaluation de la PS localement – PARP6

- Exemple sur la station de Preures (MART – Nord-Pas-de-Calais) pour PARP6

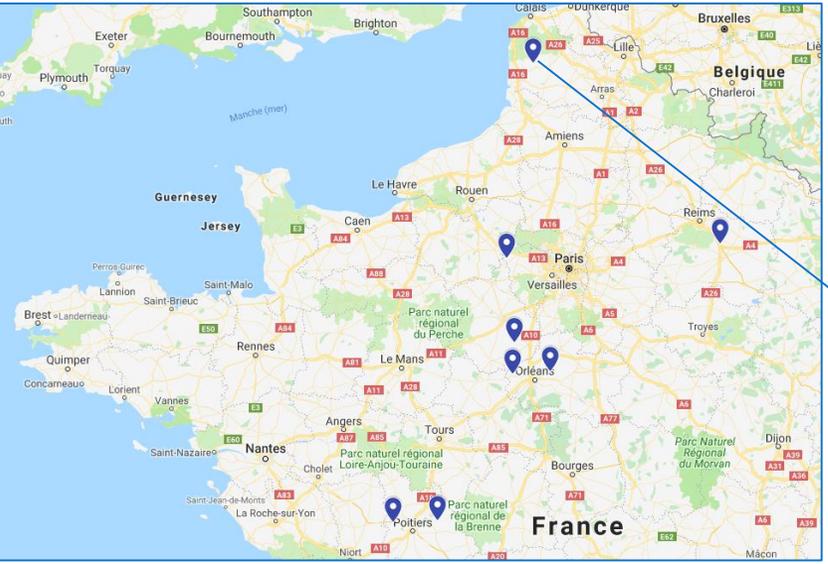


METEO-FRANCE Sys. 6 - H
Correlation - reference REA 1993-2016
1-Month forecasts

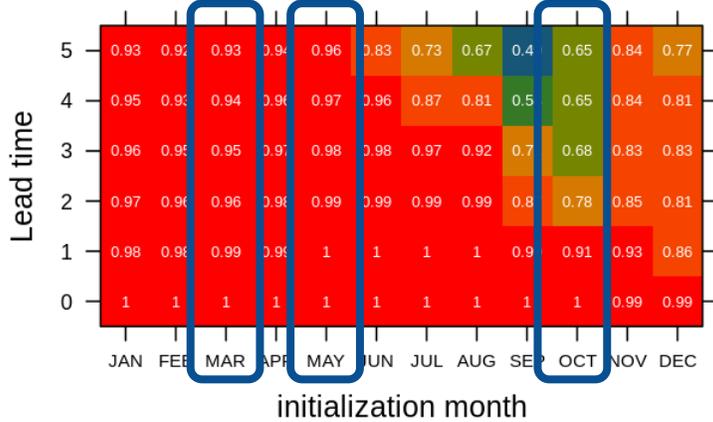


Evaluation de la PS localement – PARP6

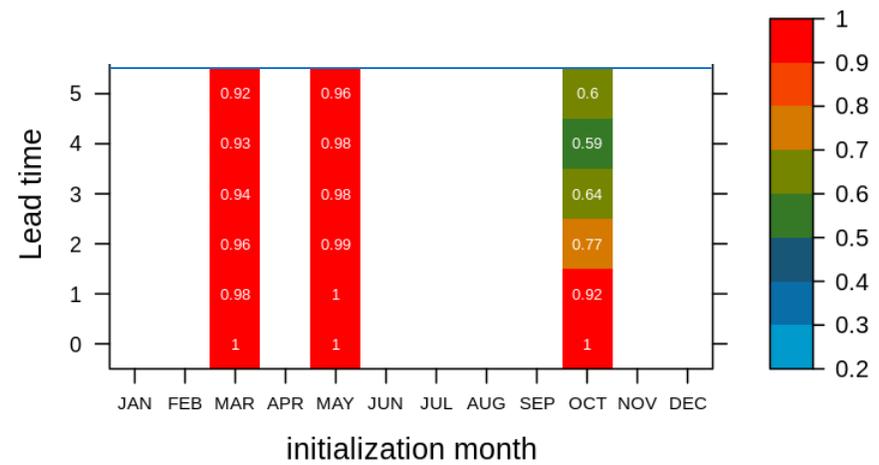
- Exemple sur la station de Preures (MART – Nord-Pas-de-Calais) pour PARP6 et PCLIM



METEO-FRANCE Sys. 6 - H
Correlation - reference REA 1993-2016
1-Month forecasts

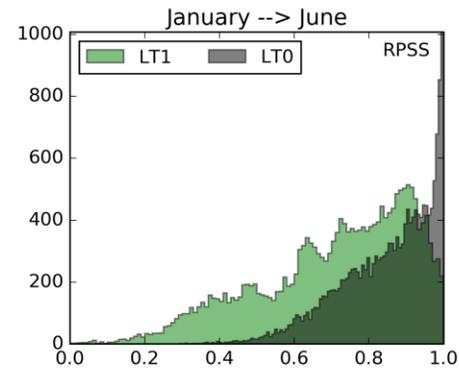


METEO-FRANCE Sys. 6 - H
Correlation - reference REA 1993-2016
1-Month forecasts



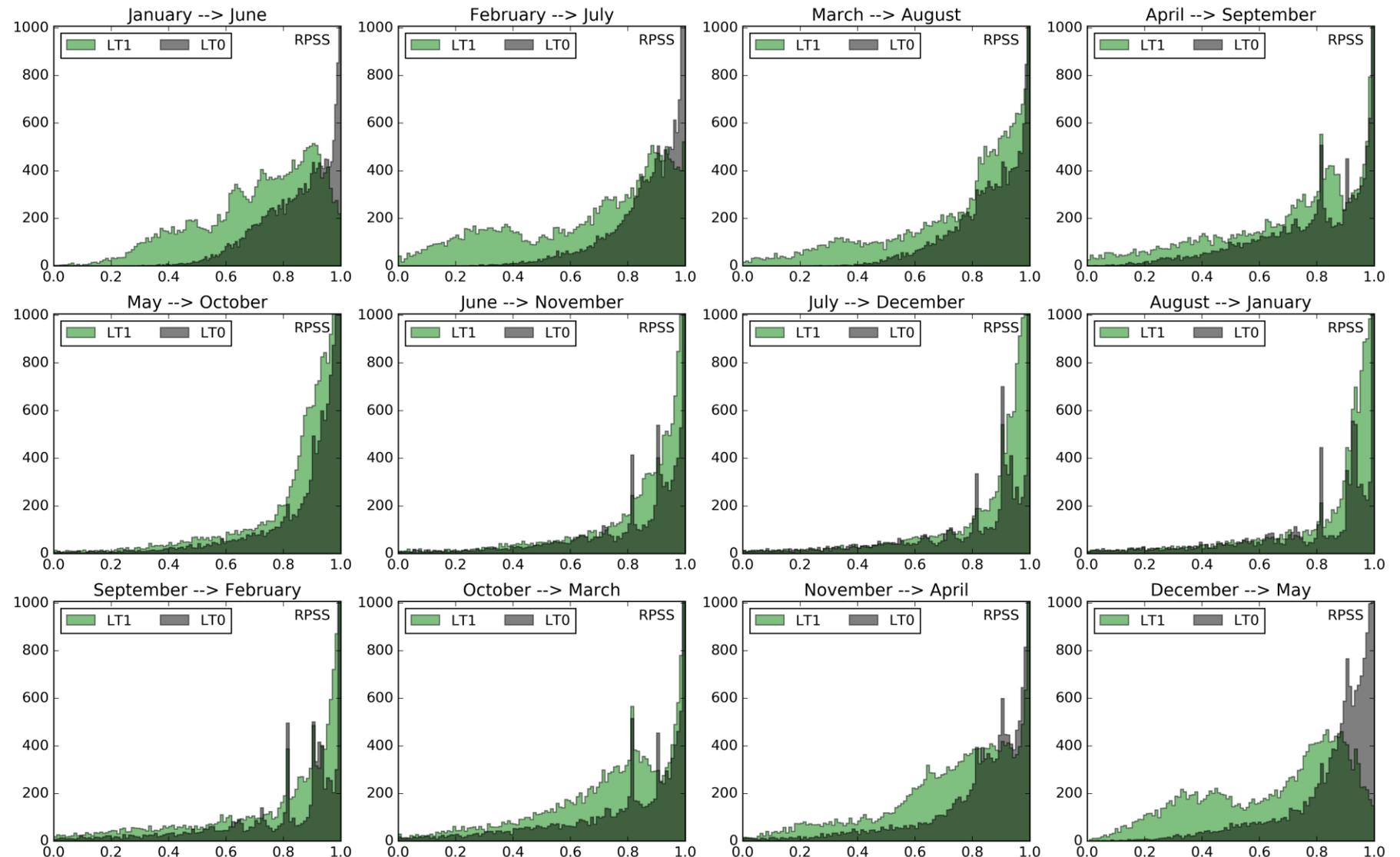
Evaluation de la PARP6 par bassin et par mois

- **ODIC-Loire**
 - 20,127 points
- Histogramme des RPSS de tous les points du bassin



Evaluation de la PARP6 par bassin et par mois

- **ODIC-Loire**
 - 20,127 points
- Histogramme des RPSS de tous les points du bassin
 - 1^{ers} mois de PS avec d'excellents scores



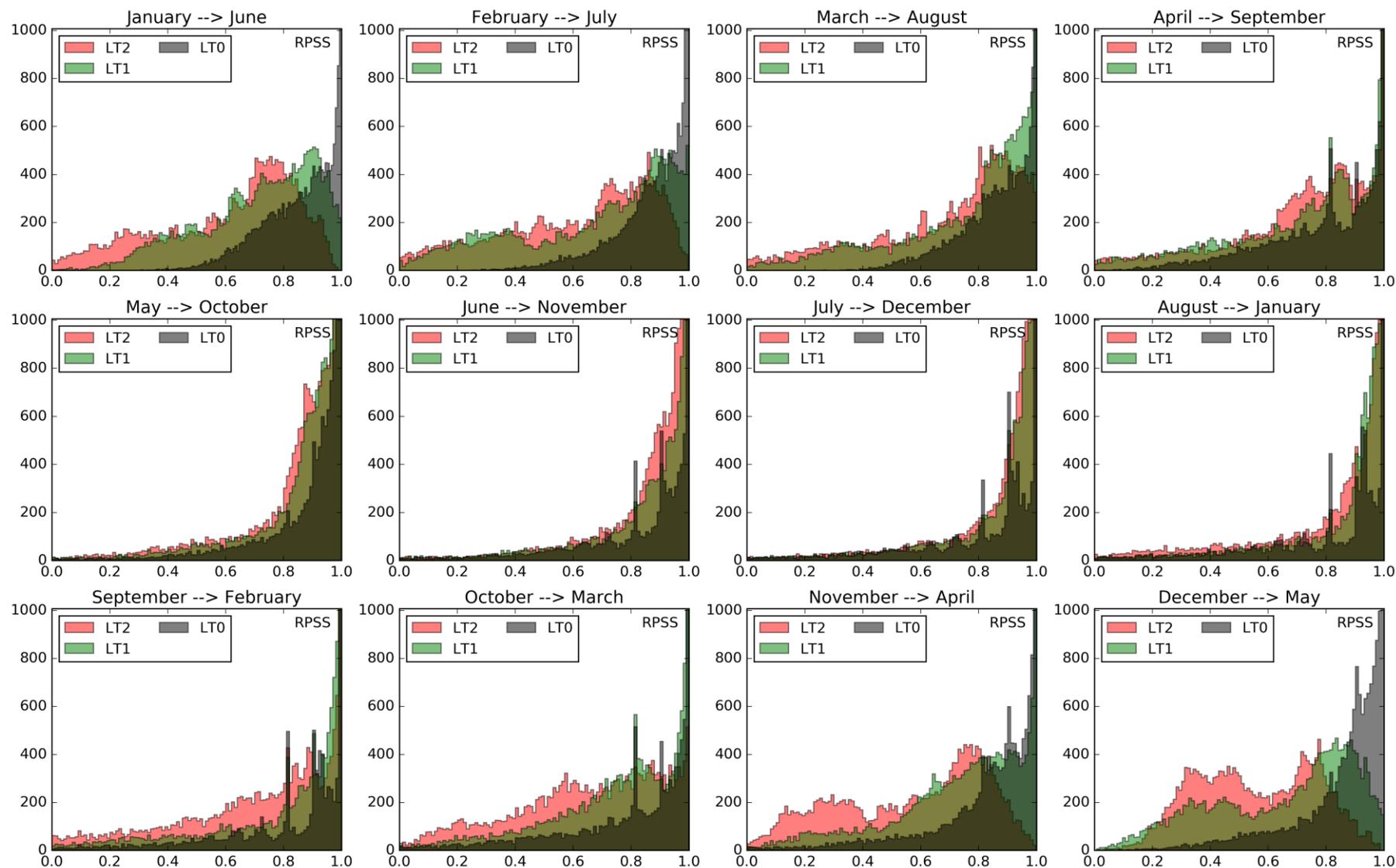
Evaluation de la PARP6 par bassin et par mois

- **ODIC-Loire**

- 20,127 points

- Histogramme des RPSS de tous les points du bassin

- 1^{ers} mois de PS avec d'excellents scores



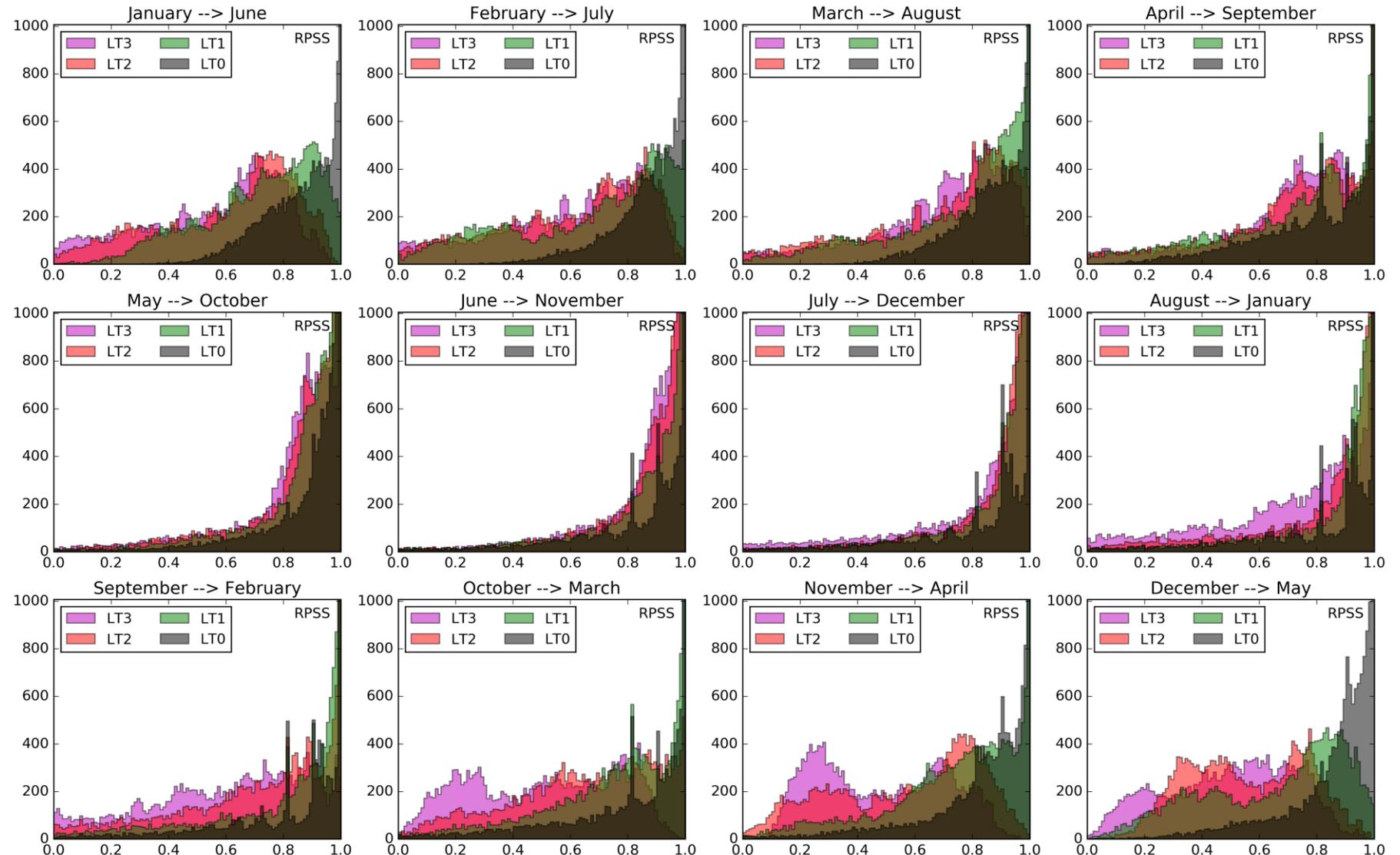
Evaluation de la PARP6 par bassin et par mois

- **ODIC-Loire**

- 20,127 points

- Histogramme des RPSS de tous les points du bassin

- 1^{ers} mois de PS avec d'excellents scores
 - Dégradation des scores à partir des 3-4^{ers} mois de PS



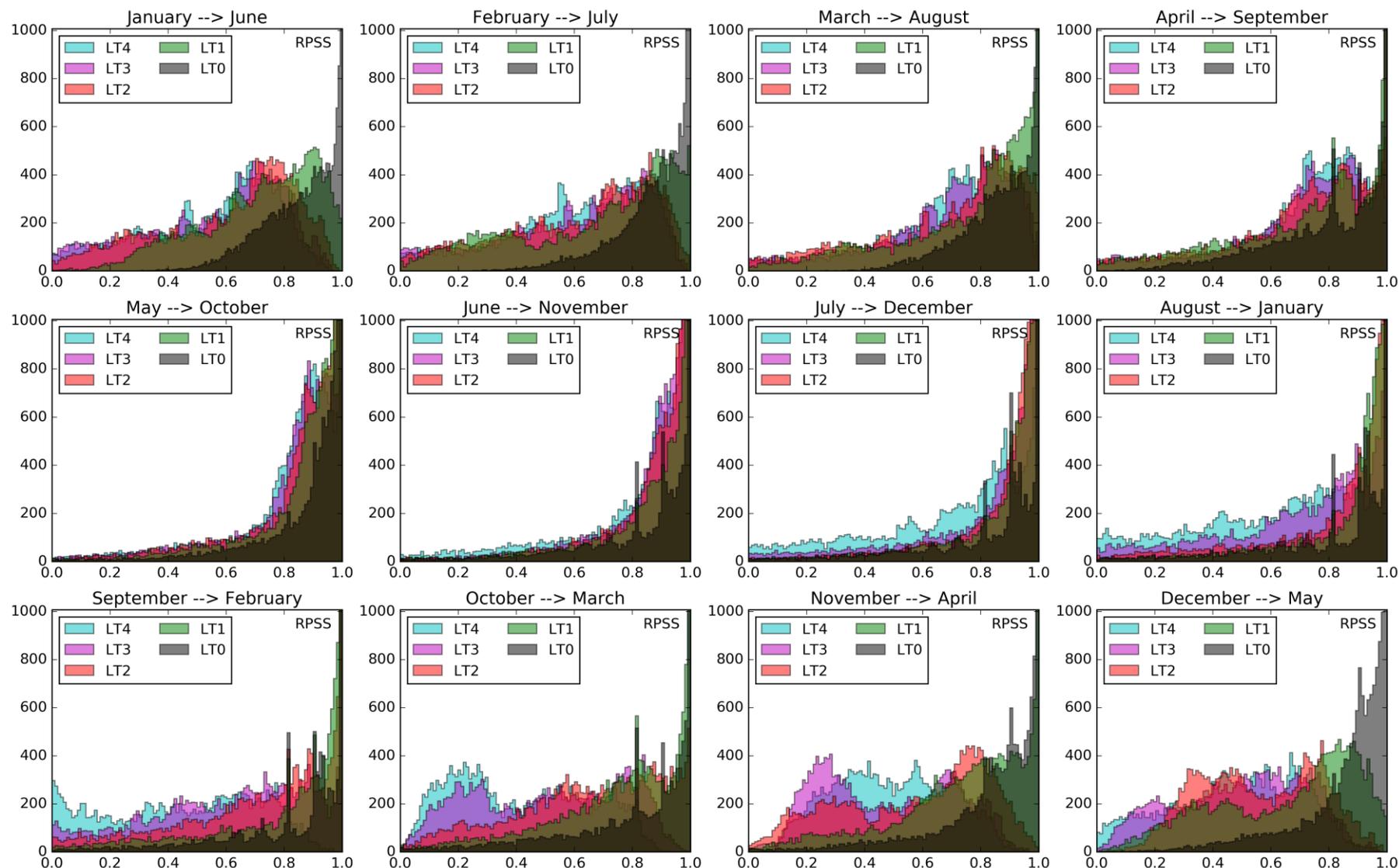
Evaluation de la PARP6 par bassin et par mois

- **ODIC-Loire**

- 20,127 points

- Histogramme des RPSS de tous les points du bassin

- 1^{ers} mois de PS avec d'excellents scores
 - Dégradation des scores à partir des 3-4^{ers} mois de PS



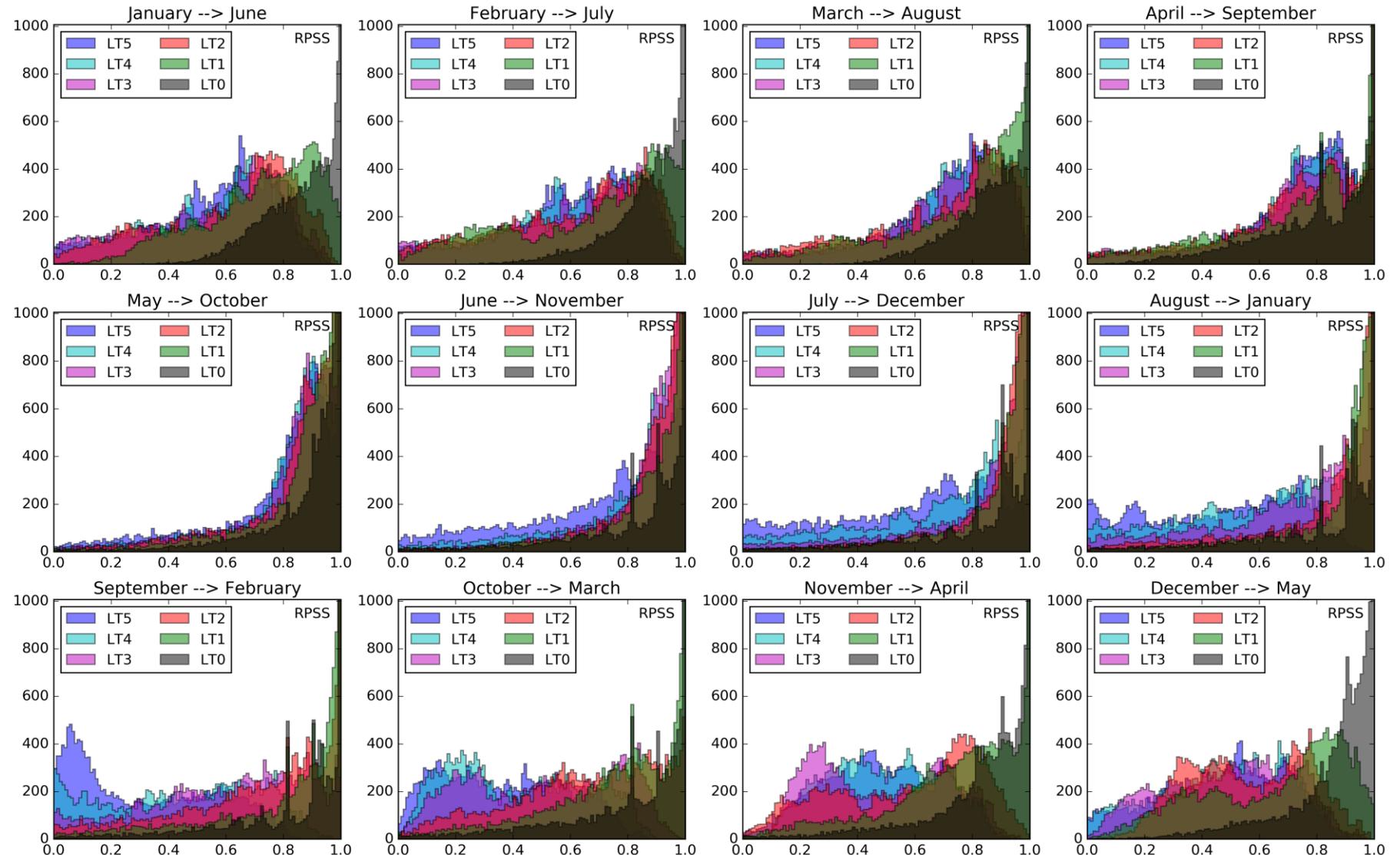
Evaluation de la PARP6 par bassin et par mois

- **ODIC-Loire**

- 20,127 points

- Histogramme des RPSS de tous les points du bassin

- 1^{ers} mois de PS avec d'excellents scores
 - Dégradation des scores à partir des 3-4^{ers} mois de PS



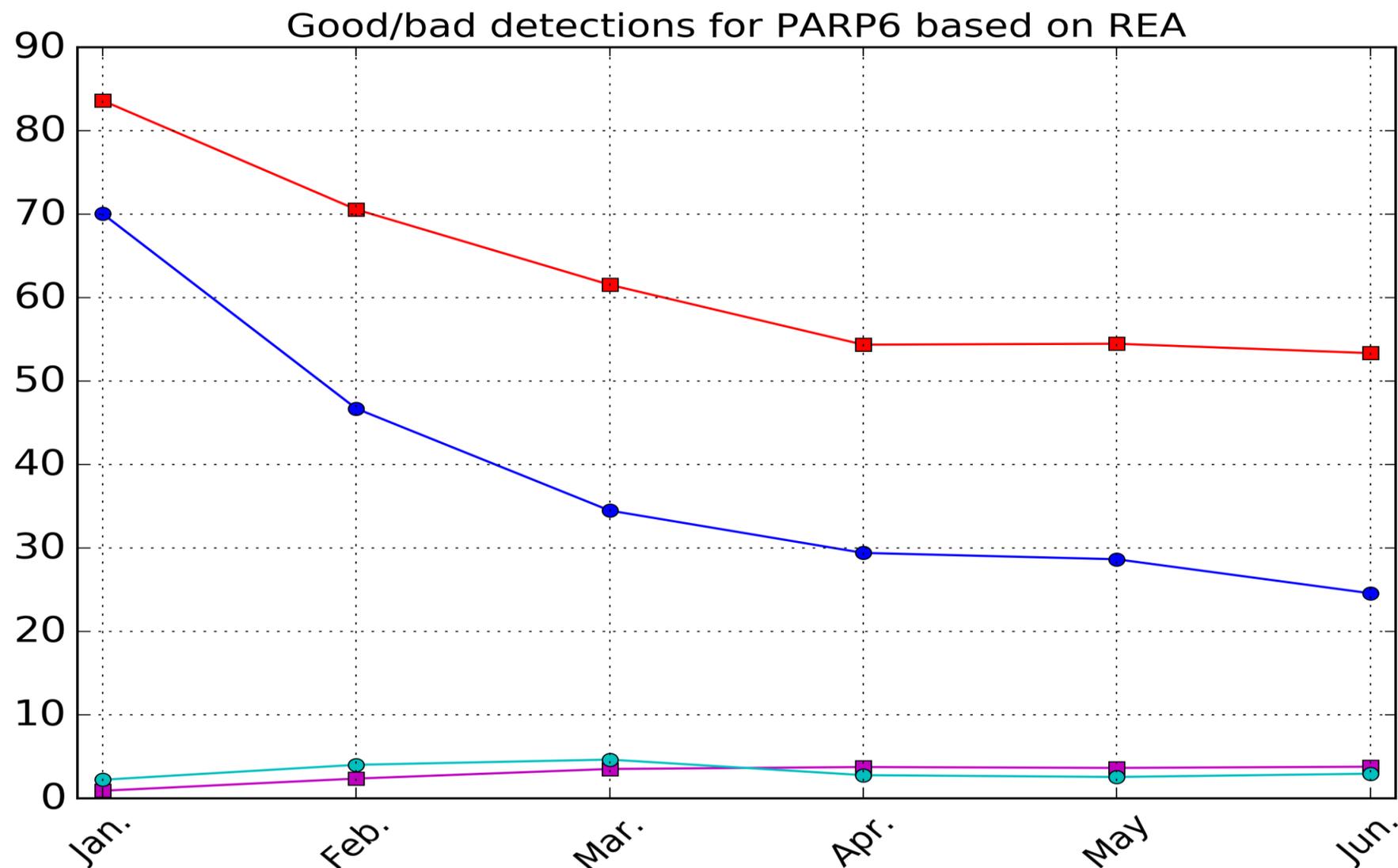
Evaluation de la PARP6 par bassin et par mois

- **ODIC-Loire**

- 20,127 points

- Histogramme des RPSS de tous les points du bassin

- 1^{ers} mois de PS avec d'excellents scores
 - Dégradation des scores à partir des 3-4^{ers} mois de PS
 - Moins bons sur les mois d'hiver (attendu car le forçage est plus incertain de base)



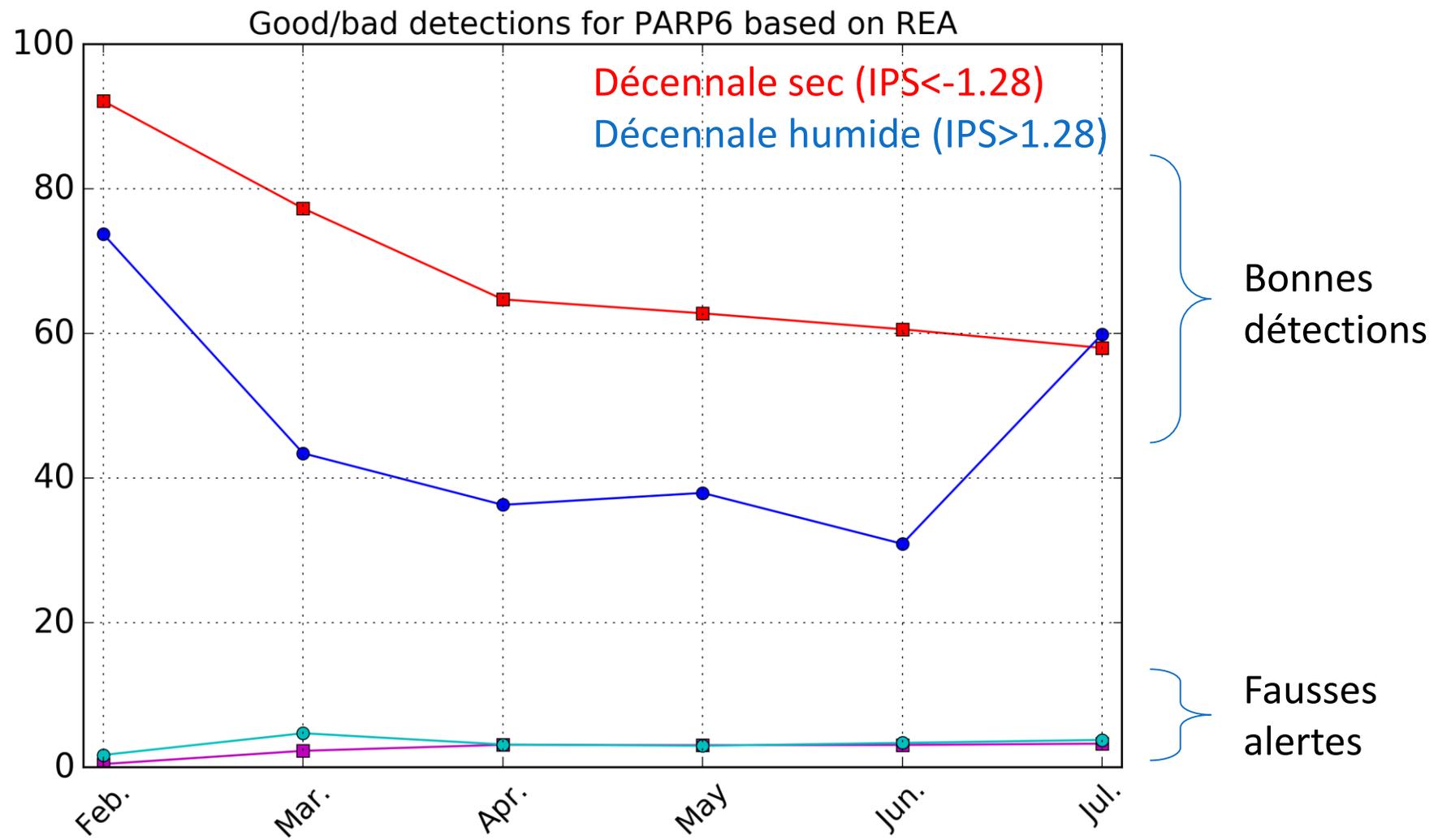
Résumé et perspectives

- Aqui-FR est un outil à l'échelle nationale permettant le suivi des ressources en eau souterraine
 - Nouvelles applications en cours d'intégration : Bretagne, Sud-Ouest
- Aqui-FR permet d'avoir une vision spatialisée des ressources
 - Bon moyen de suivre et mesurer l'étendue des sécheresses
- Egalement :
 - Bons taux de détection des sécheresses sur la période de hindcast pour PARP6 (~95% le 1^{er} mois, ~50% à 6 mois d'échéance), toujours meilleurs qu'avec la PLCIM (plus-value pour les événements extrêmes)
- Travail en cours et perspectives :
 - Comparer PARP6 avec la PCLIM pour évaluer les conditions (temporelles et spatiales) des avantages de l'un et de l'autre
 - Continuer les discussions avec les différentes agences pour co-construire des indicateurs utiles et adaptés aux besoins
 - Travailler sur un indicateur de qualité et de confiance de nos prévisions saisonnières

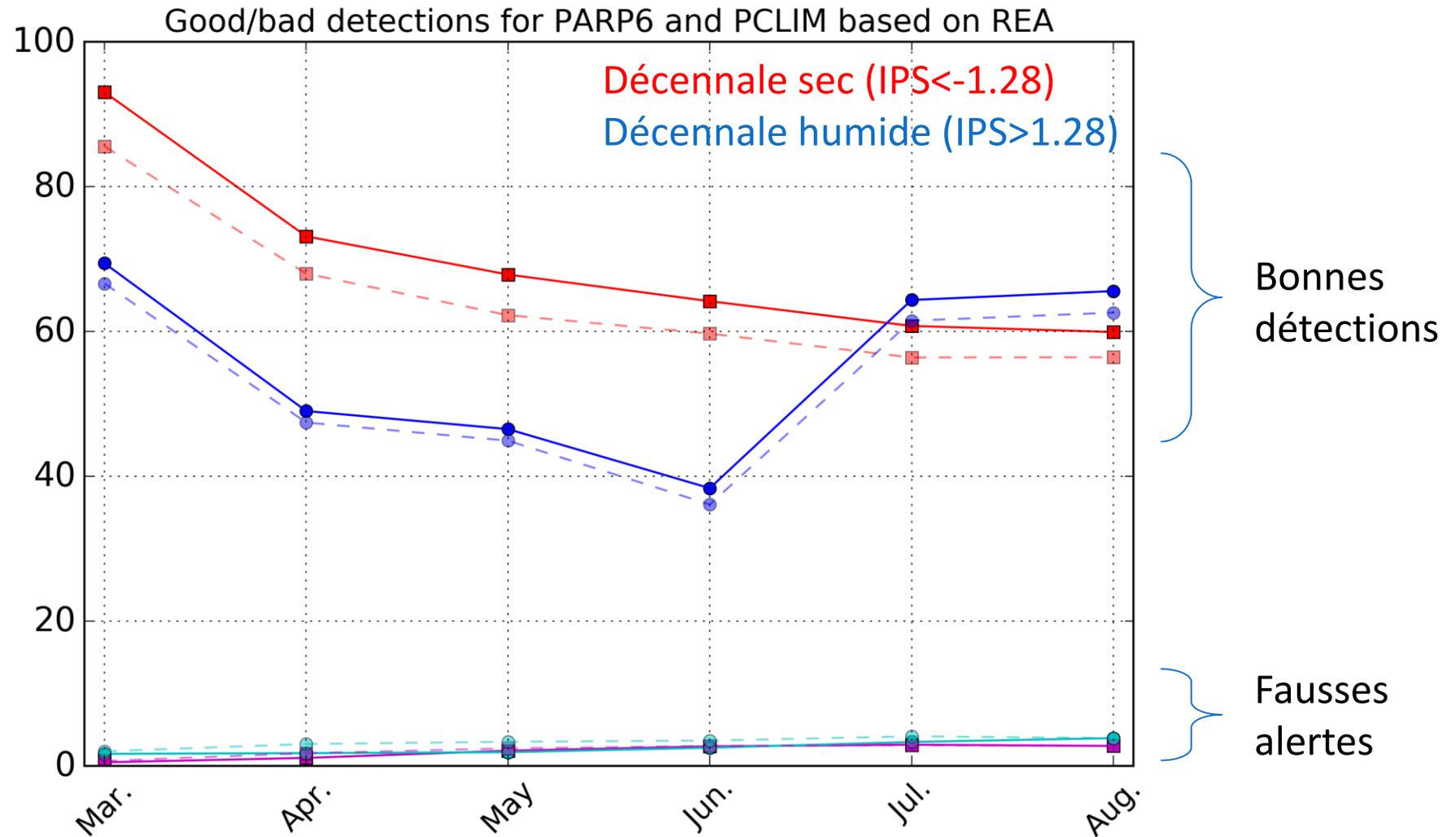
Détection des évènements « extrêmes » en IPS

- Si IPS de la REA est en dessous de -1.28 (décennale sec) ou au-dessus de 1.28 (décennale humide), alors on est en présence d'un évènement « extrême »
- Est-ce que la PS (PARP6 ou PCLIM) est capable de le détecter correctement ?
- % des membres indiquant ou non l'évènement
 - à voir comment pondérer et mettre une valeur seuil à la détection : la moitié des membres ? Le tiers, les deux tiers ?

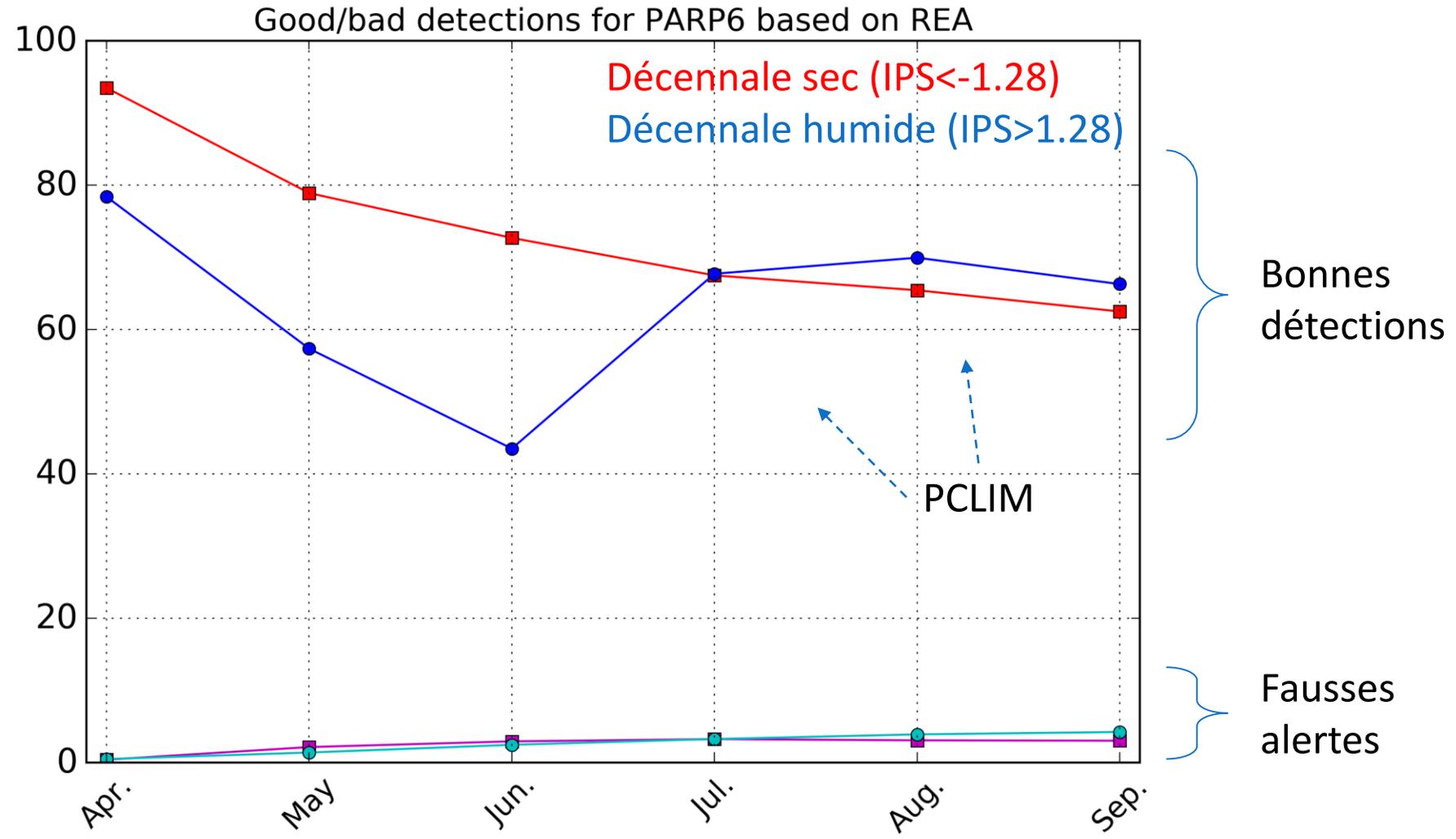
Init :
Janvier



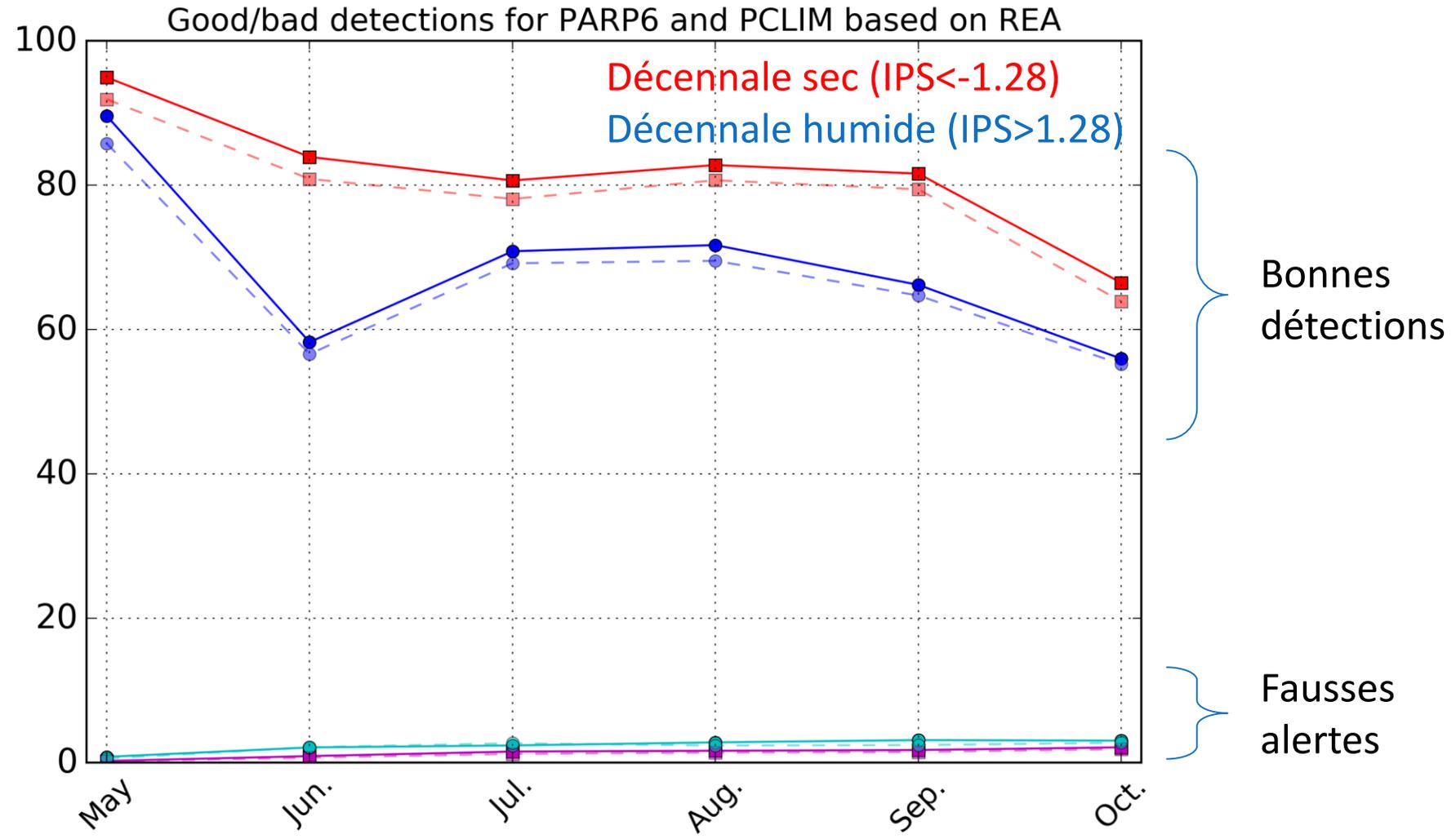
Init :
Février



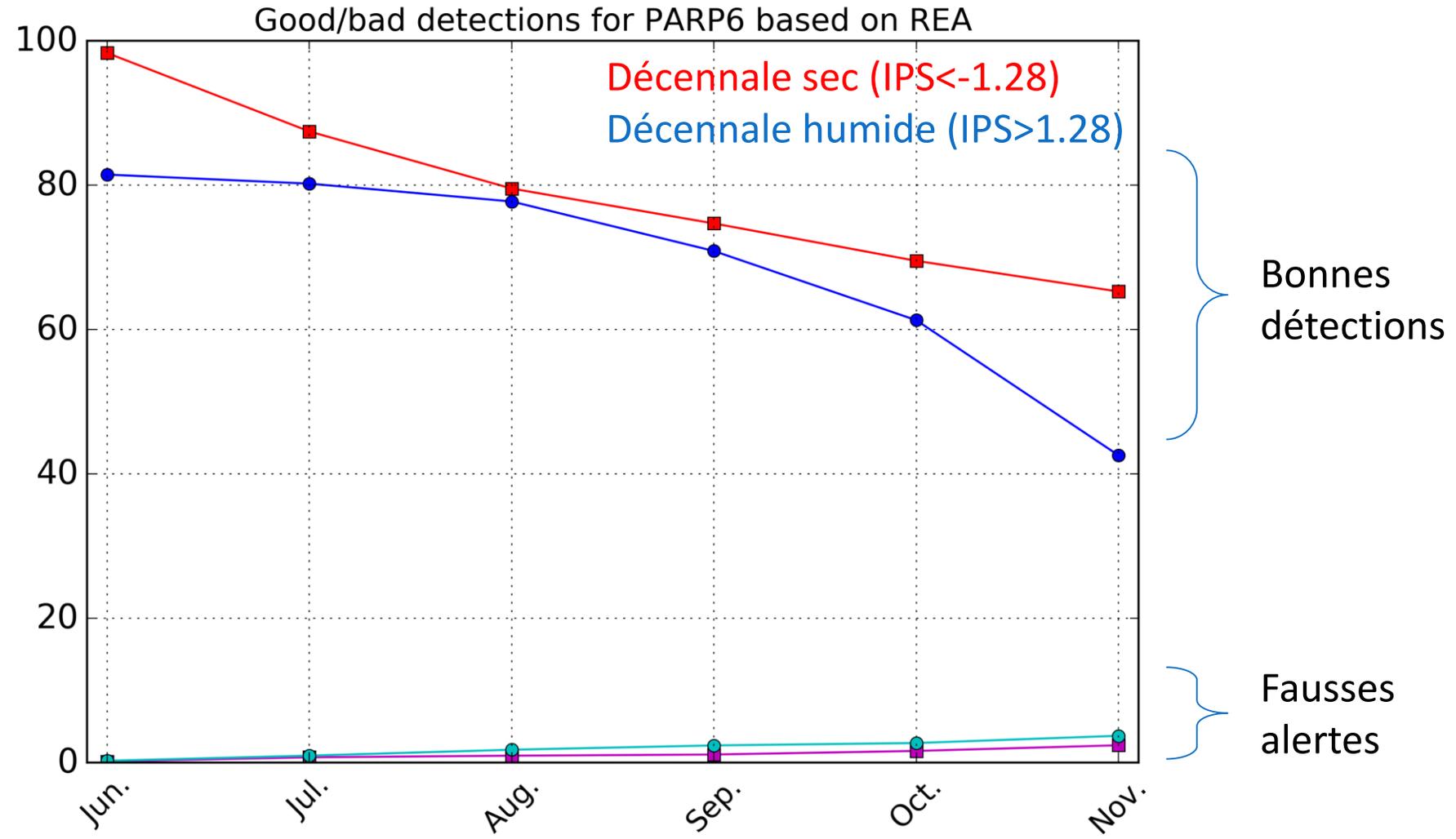
Init :
Mars



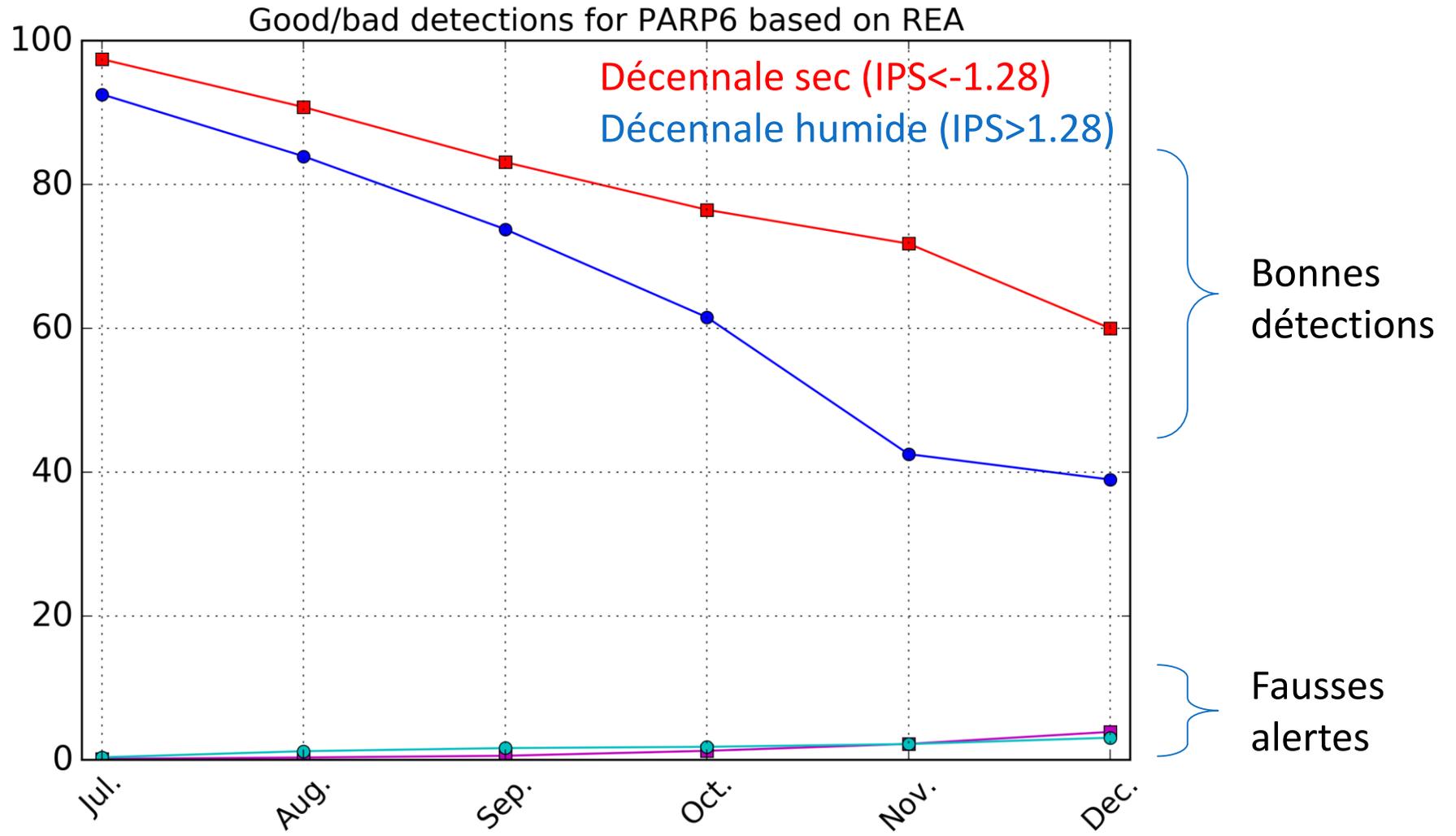
Init :
Avril



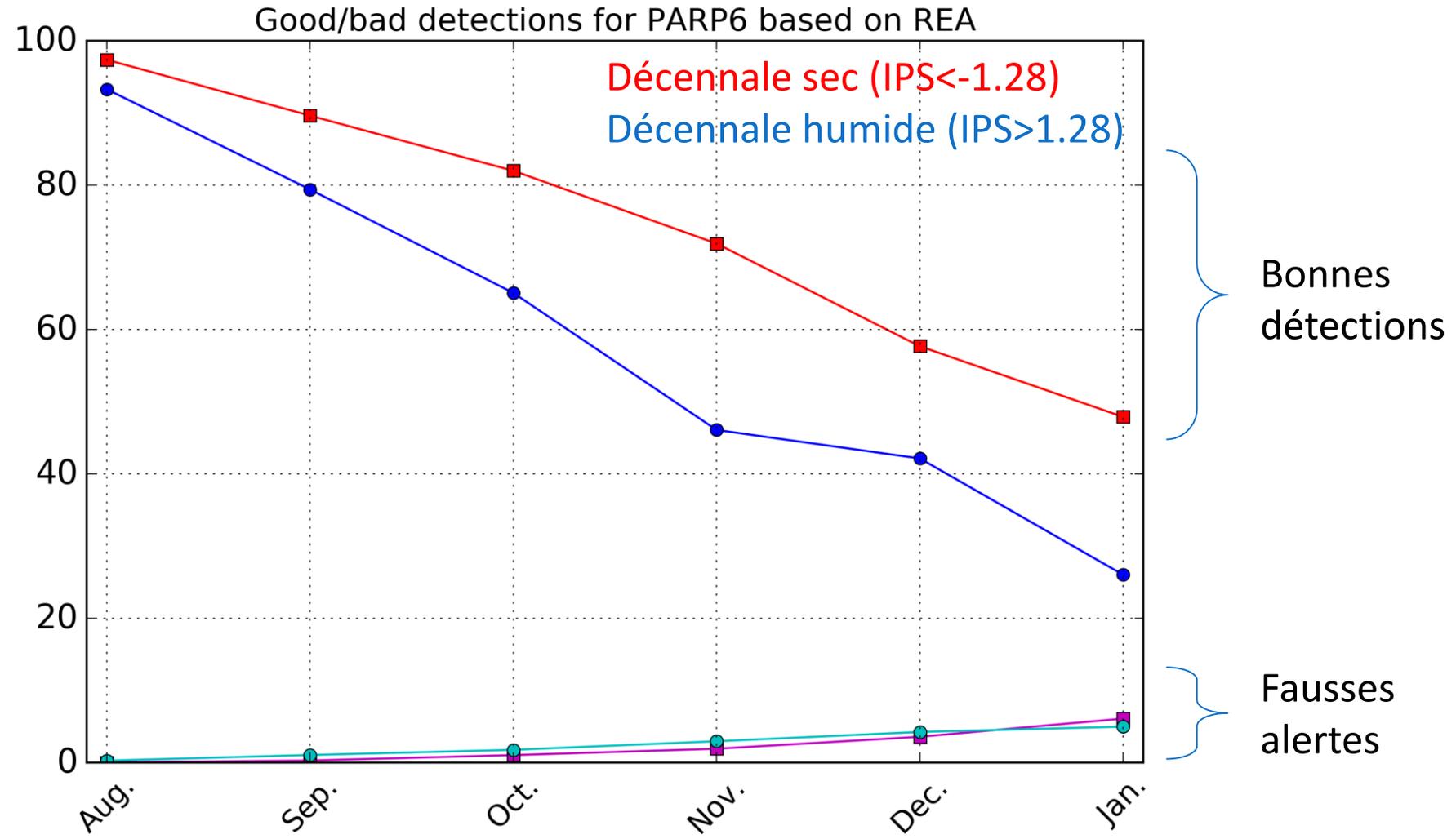
Init :
Mai



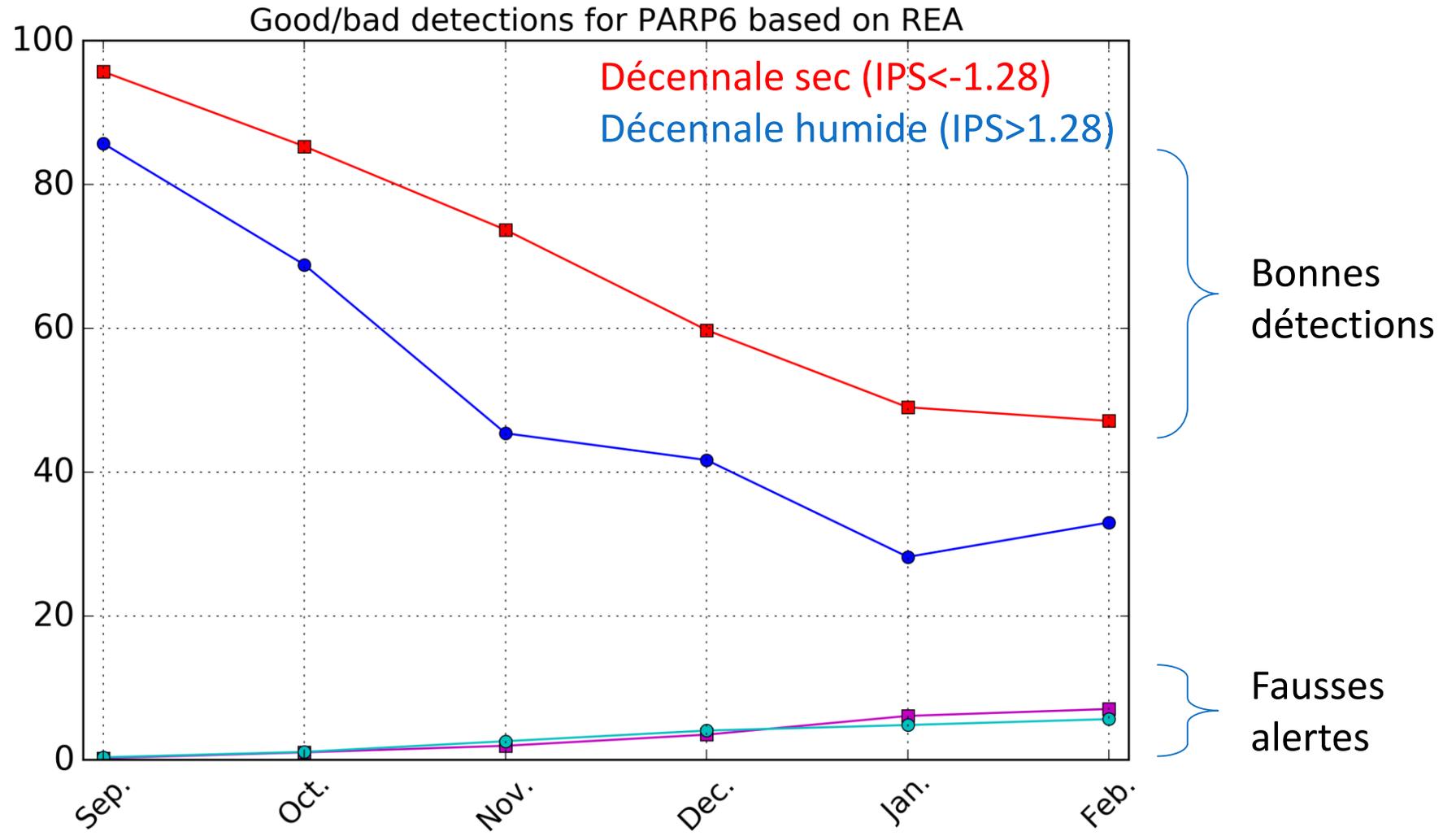
Init :
Juin



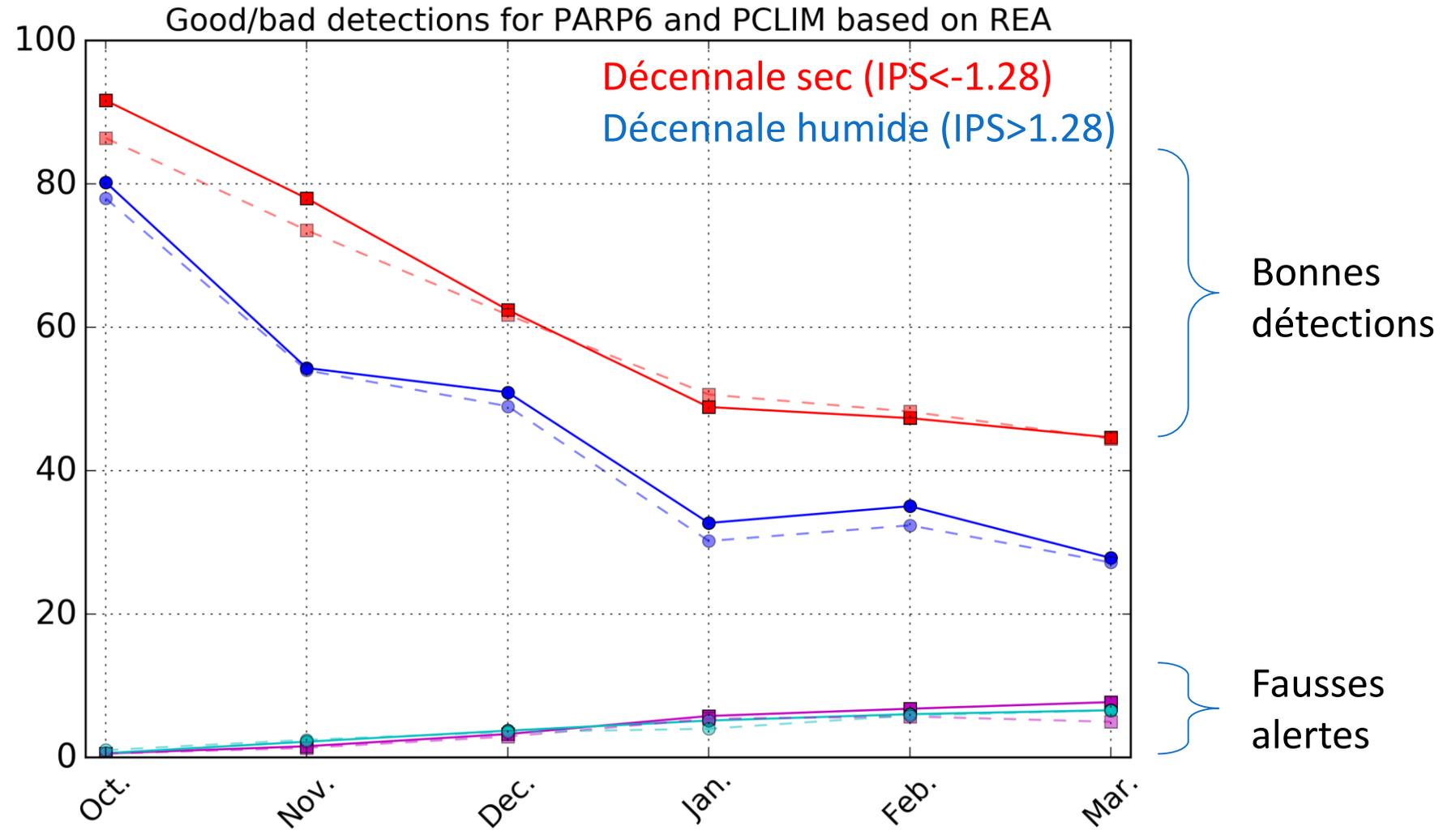
Init :
Juillet



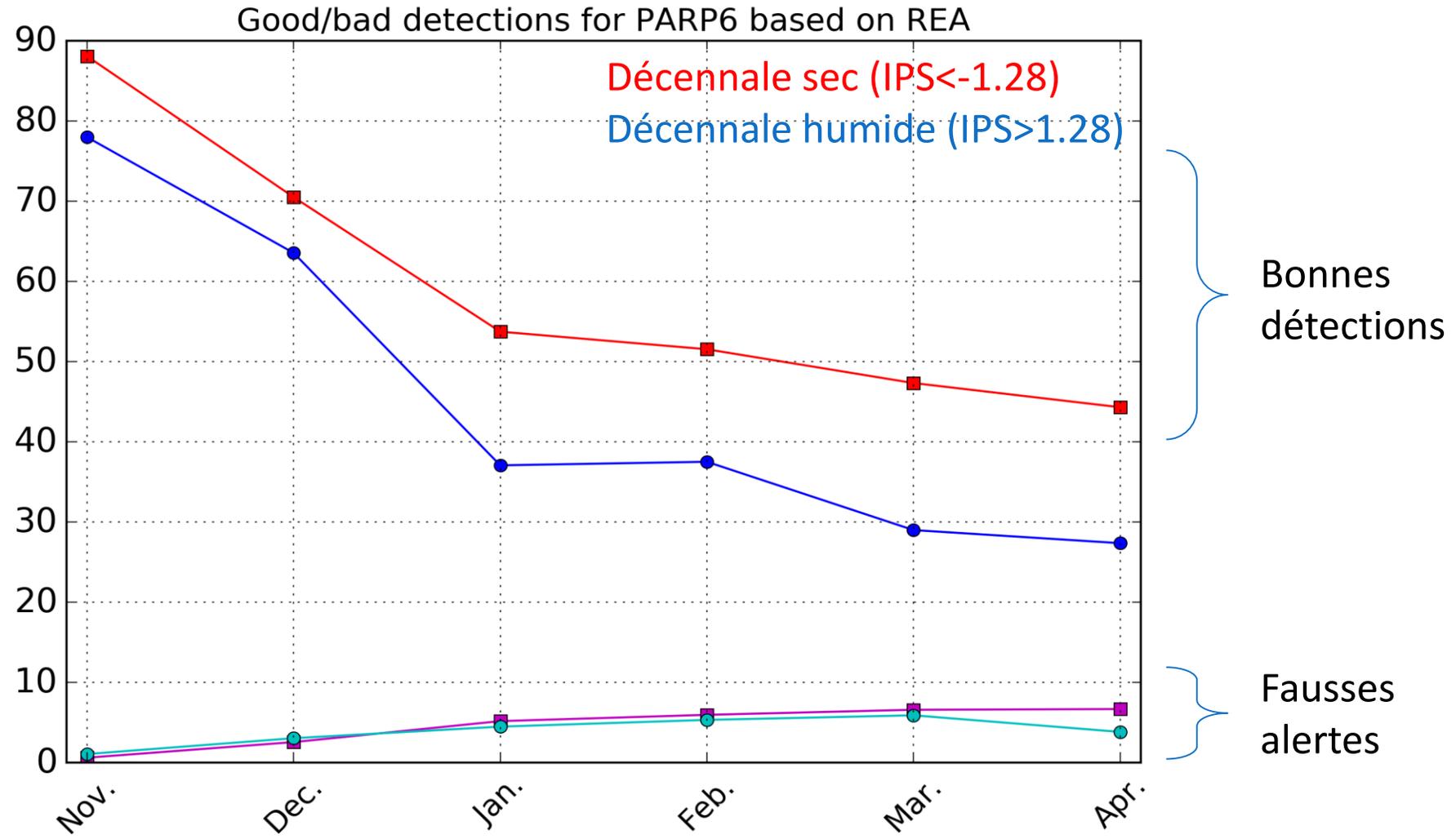
Init :
Août



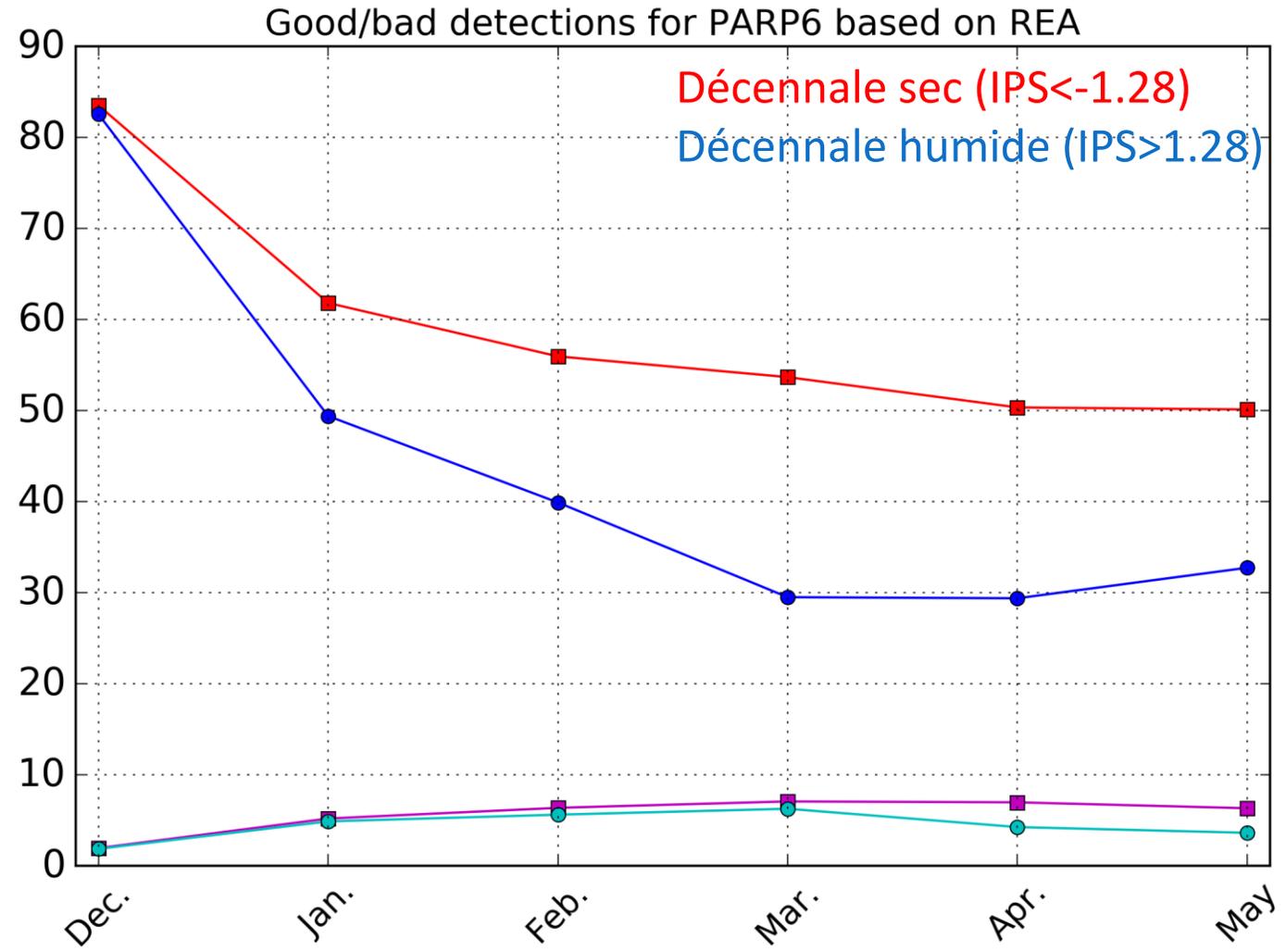
Init :
Septembre



Init :
Octobre



Init :
Novembre



Bonnes
détectons

Fausse
alertes

Init :
Décembre

