

Sécheresse et étiages 2022

Recueil des résumés





Comité de pilotage

Eric Gaume (Université Gustave Eiffel) /	Coordinateur
François Bourgin (INRAE)	Mathilde Morel (MTECT)
Cyrielle Briand (ANEB)	Charles Perrin (INRAE)
Patrick Charbonnier (BRGM)	Jérémy Savatier (ISL)
Anaïs Coulon-Toutain (Univ. Eiffel)	Jean-Michel Soubeyroux (Météo France)
Simon Gascoin (CESBIO)	Luc Tabary (EDF)
Frédéric Hedrinckx (EDF)	Jean-Philippe Vidal (INRAE)
Claire Magand (OFB)	Patrick Sauvaget (SHF)

Nos partenaires





















Sommaire

PROGRAMME DU COLLOQUE	7
SESSION 1 : Bilan de la sécheresse et des étiages 2022	15
O.1.1 Caractérisation climatique (Simon Mittelberger) O.1.2. Caractérisation hydrologique (François Tilmant, Claire Magand) O.1.3. Caractérisation hydrogéologique (Francis Garrido)	17 19 23 27 31
SESSION 2 : Caractère exceptionnel, attribution au chan- gement climatique, prévision	33
8	35
O.2.1. La sécheresse 2022 à l'aune des événements passés (Jean-Philippe Vidal)	37
matique? (Aurélien Ribes)	41 45
O.2.4. L'anticipation des étiages sur le bassin de la Loire et de l'Allier	49
Posters session 2	55
, 0	57
P.2.3. Prédiction de niveaux piézométriques à partir d'algorithmes	63
1	67
 P.2.4. Le jumeau numérique de bassin versant, un outil au service de la gestion intégrée de la ressource en eau (Raphaël Lamouroux) . P.2.5. Suivi, anticipation et prévision de la sécheresse 2022 des nappes 	71
	75

P.2.6. Incertitudes et décisions dans la gestion du soutien d'étiage (Brunon Coupry)	83
P.2.7. Chaine intégrée pour la prévision hydrométéorologique des étiages	00
et des sécheresses (CIPRHES) en France (François Tilmant)	89
P.2.8. Modélisation de l'assèchement du réseau hydrographique de l'Albarine – sous bassins de l'Ain, lors de la sécheresse 2022 (Alexandre	
Devers)	93
${\bf P.2.9.} \ {\bf Les \ conditions \ hydro-climatiques \ de \ 2022 \ au \ regard \ des \ r\'{e}analyses$	
SAFRAN depuis 1959 (Aglae Jezequel)	101
améliorer la gestion de la ressource en eau et anticiper les étiages	
sévères, retour sur l'année 2022 (Pierre Bernard)	107
SESSION 3 : Améliorer la surveillance pour l'aide à la	
décision: mesures, suivis, caractérisation des situations	
d'étiage et de tension sur l'eau	109
Programme oral session 3	111
O.3.1. La mesure hydrométrique en étiage sévère sur le bassin de la	119
Loire en amont de la Vienne (François Charpentier) O.3.2. L'hydrométrie pour le suivi des étiages : retour d'expérience	119
2022 d'EDF sur le Sud-Ouest (Arnaud Belleville)	121
O.3.3. Utilisation d'une vaste base de données de jaugeages pour créer	105
un référentiel d'étiage (Benjamin Grelier)	125 133
0.9.4. OTOLE of demarches participatives (Cenne Howar,	
Posters session 3	137
P.3.1. Vers une harmonisation de la production et de la diffusion des données de débits en étiage (Stéphanie Poligot-Pitsch)	130
P.3.2. Un demi-siècle de mesure hydrologique en milieu forestier méditerr	
au service de l'analyse rétrospective dans le contexte du change-	
ment climatique (Nathalie Folton)	
P.3.4. Etude de l'impact des sécheresses sur la recharge des aquifères :	101
retour d'expérience de 2022 via les lysimètres (Antoine Sobaga) .	155
P.3.5. Suivi des variations du stock des lacs par altimétrie et imagerie	150
satellitaire : exemple du lac de Montbel (Ariège) (Franck Mercier)	1139
CECCION 4 Determined by the contract of the co	
SESSION 4 : Retours d'expérience territoriaux sur la sécheresse et les étiages 2022 et leur gestion	1 63
	100
Programme oral session 4	165
O.4.1. Incidence socio-économique et environnementale des étiages sur le bassin de la Seine (Charlotte Barbé)	167
O.4.2. L'étiage 2022 dans les bassins français de la Meuse et du Rhin	-0.
(Didier François)	175
O.4.3. Caractérisation et gestion de la sécheresse 2022 sur le bassin de la Corse et adaptations (Camille Ceccaldi)	181

 O.4.4. Le rôle de l'EPTB Durance pendant et après la crise sécheresse de l'été 2022 (Johan Garrigou)	
Posters session 4	211
P.4.1. Proposition de schéma de gestion de l'eau dans le bassin versant du fleuve Sénégal dans le contexte du changement climatique (Abdoulaye Faty)	
de la DREA aux gestionnaires de crise (Stéphane Marlette) P.4.3. Réponse hydrologique et écologique du bassin versant du Coues-	
non à la sécheresse 2022 (Laureen Maury, Kate Ferrara) P.4.4. Les caractéristiques de la sécheresse de l'été 2022 dans le bassin	221
genevois (Ion Iorgulescu)	227
de l'eau sur le dunkerquois (Fanny Serret)	231
Grands Lacs en 2022 (Manon Cassagnole)	237
SESSION 5 : Impact de la sécheresse 2022 pour différent usages et sur la gestion de la ressource	$rac{\mathbf{s}}{243}$
usages et sur la gestion de la ressource Programme oral session 5	
usages et sur la gestion de la ressource Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)	243
Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)	243245
Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)	243245247253
Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)	243245247253257
Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)	243245247253257
Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)	243245247253257263271
Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)	243245247253257263271273
Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)	243245247253257263271
Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot) O.5.2. Les enjeux de la production d'électricité dans un contexte de changement climatique et de pression croissante sur les usages – retour d'expérience de 2022 (Luc Tabary)	 243 245 247 253 257 263 271 273 279 285
Programme oral session 5 O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)	243 245 247 253 257 263 271 273 279 285 le

PROGRAMME DU COLLOQUE



Programme du Mercredi 8 mars

Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022 : caractérisation, attribution, performances des modèles de prévision.

14:00 - 14:20 20 mn Introduction par MTECT (Charles Hazet) / SHF (Jean-Paul Chabard)

		•
	Session	1 - Bilan de la sécheresse et des étiages 2022
14:20 - 15:30	1h10	 Caractérisation climatique Simon Mittelberger (Météo France) Caractérisation hydrologique François Tilmant (INRAE) Caractérisation hydrogéologique Francis Garrido (BRGM) Etat des lieux pour la cryosphère Simon Gascoin (CESBIO)

15:30 – 16:30 60 mn Posters session 2 et pause-café (Voir détail plus bas)

Session 2 - Caractère exceptionnel, attribution au changement climatique, prévision • La sécheresse 2022 à l'aune des événements passés Jean-Philippe Vidal (INRAE) • La sécheresse 2022 est-elle une conséquence du changement climatique ? Aurélien Ribes (CNRM) • Quelle anticipation de la sécheresse 2022 ? Analyse croisée sur les prévisions météorologique, hydrologique et hydrogéologique François Bourgin, Jean-Michel Soubeyroux, Florence Habets (INRAE, Météo-France, ENS,) • L'anticipation des étiages sur le bassin de la Loire et de l'Allier : outils de la DREAL Centre – Val de Loire, quelques enseignements de l'étiage 2022 Fabien Pasquet (DREAL CVL)



Programme du Jeudi 9 mars

La sécheresse 2022 – Observations et suivis, gestion des étiages et évaluation de leurs impacts ; quelles leçons tirer pour la gestion des sécheresses à venir ?

Session 3 : Améliorer la surveillance pour l'aide à la décision : mesures, suivis, caractérisation des situations d'étiage et de tension sur l'eau

9:00 - 10:00 1h00

11:00 -12:30

1h30

- La mesure hydrométrique en étiage sévère sur le bassin de la Loire en amont de la Vienne François Charpentier (DREAL CVL)
- L'hydrométrie pour le suivi des étiages : retour d'expérience
 2022 d'EDF sur le Sud-Ouest Arnaud Belleville (EDF)
- Utilisation d'une vaste base de données de jaugeages pour créer un référentiel d'étiage Benjamin Grelier (Univ. Lorraine)
- ONDE et démarches participatives Céline Nowak (OFB)

Session 4 : Retours d'expérience territoriaux sur la sécheresse et les étiages 2022 et leur gestion

- Incidence socio-économique et environnementale des étiages sur le bassin de la Seine Charlotte Barbé (EPTB Seine Grands Lacs)
- L'étiage 2022 dans les bassins français de la Meuse et du Rhin Didier François (Univ. Lorraine)
- Caractérisation et gestion de la sécheresse 2022 sur le bassin de la Corse et adaptations Camille Ceccaldi (OEHC, Corse)
- Le rôle de l'EPTB Durance pendant et après la crise sécheresse de l'été 2022 Johan Garrigou (EPTB Durance)
- Gestion de l'eau dans le Sud-Ouest de la France en 2022 : le point de vue d'un gestionnaire de l'eau Maud Pauthier (CACG)
- Retour d'expérience de la gestion de la sécheresse 2022 sur le territoire de la Garonne Bernard Leroy (SMEAG)

Société Hydrotechnique de France



12:30– 14:00 1h30 Déjeuner

Session 5 : Impact de	e la sécheresse 2022 pour différents usages et sur la gestion de la ressource
l4:00 – 15:15 1h15	 Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura Jean-Baptiste Fagot (Fédération du Jura pour la pêche) Les enjeux de la production d'électricité dans un contexte de changement climatique et de pression croissante sur les usages – retour d'expérience de 2022 Luc Tabary (EDF) Sécheresse 2022 : suivi, anticipation et adaptations du service distribution d'eau potable sur le territoire de la métropole Nice Cote d'Azur Félix Billaud (Eau d'Azur) La sècheresse vécue : traitement médiatique, appropriation usagers et gestion par les acteurs de l'eau en 2022 Manon

15:15 – 16:00 45mn Posters session 5 et pause-café (Voir détail plus bas)

Vivière (Suez)

Table ronde - Sécheresse et étiages : d'une gestion conjoncturelle à une gestion structurelle					
16:00 – 17:00 1h	 Un regard du ministère de l'agriculture Alain Joly (CGAER) Le regard des EPTB Catherine Grémillet (ANEB) Le regard des collectivités en charge de l'adduction d'eau Régis Taisne (département cycle de l'eau, FNCCR) La vision du METCT Charles Hazet (sous-direction à la protection et la gestion de l'eau) Les perspectives scientifiques Dominique Darmendrail (BRGM, coordinatrice du projet PEPR OneWater) 				

Conclusion

17:00 – 17:15 15mn

Clôture de la journée par **Patricia Blanc**, coordinatrice de la mission de retour d'expérience sur la sécheresse 2022, commandée à l'IGEDD



Liste des posters

Liste des posters session 2 :

- 2.1. Comment passer de l'anticipation des sécheresses hydrogéologiques à une gestion anticipée de celles-ci? – Cyril Bourgeois (BRGM)
- 2.2. Étude de l'influence des eaux souterraines sur la résilience des rivières françaises par la plateforme de modélisation AquiFR – Luca Guillaumot (Météo France, CNRM)
- 2.3. Prédiction de niveaux piézométriques à partir d'algorithmes d'intelligence artificielle sur le département de la Manche : retour d'expérience sur l'été 2022 Jean Luchier (Imageau, SAUR)
- 2.4. Le jumeau numérique de bassin versant, un outil au service de la gestion intégrée de la ressource en eau – Raphaël Lamouroux (EDF R&D)
- 2.5. Suivi, anticipation et prévision de la sécheresse 2022 des nappes Violaine Bault (BRGM)
- 2.6. Incertitudes et décisions dans la gestion du soutien d'étiage Brunon Coupry (EAUCEA)
- 2.7. Chaine intégrée pour la prévision hydrométéorologique des étiages et des sécheresses (CIPRHES) en France François Tilmant (INRAE CIPRHES)
- 2.8. Modélisation de l'assèchement du réseau hydrographique de l'Albarine sous bassins de l'Ain, lors de la sécheresse 2022 : mise en perspective avec les intermittences historiques et futures – Alexandre Devers (INRAE, RiverLy)
- 2.9. Les conditions hydro-climatiques de 2022 au regard des réanalyses SAFRAN depuis 1959 -Aglae Jezequel (LMD / IPSL)
- 2.10. La prévision hydrologique saisonnière : un outil précieux pour améliorer la gestion de la ressource en eau et anticiper les étiages sévères, retour sur l'année 2022. Pierre Bernard (EDF)



Liste des posters sessions 3 & 4 :

- 3.1. Vers une harmonisation de la production et de la diffusion des données de débits en étiage Stéphanie Poligot-Pitsch (MTECT-SCHAPI)
- 3.2. Un demi-siècle de mesure hydrologique en milieu forestier méditerranéen au service de l'analyse rétrospective dans le contexte du changement climatique – Nathalie Folton (INRAE, RECOVER)
- 3.3. Outil de caractérisation des étiages David Besson (DREAL Centre Val de Loire)
- 3.4. Etude de l'impact des sécheresses sur la recharge des aquifères : retour d'expérience de 2022 via les lysimètres – Antoine Sobaga (Laboratoire de géologie, ENS)
- 3.5. Suivi des variations du stock des lacs par altimétrie et imagerie satellitaire : exemple du lac de Montbel (Ariège) – Franck Mercier (Groupcls)
- 4.1. Proposition de schéma de gestion de l'eau dans le bassin versant du fleuve Sénégal dans le contexte du changement climatique – Abdoulaye Faty (Université Cheikh Anta DIOP de Dakar)
- 4.2. Retour d'expérience de l'étiage 2022 en Pays de la Loire. Appui de la DREA aux gestionnaires de crise Stéphane Marlette (DREAL Pays de Loire)
- 4.3. Réponse hydrologique et écologique du bassin versant du Couesnon à la sécheresse 2022 –
 Laureen Maury, Kate Ferrara (ENS, Rennes)
- 4.4. Les caractéristiques de la sécheresse de l'été 2022 dans le bassin genevois lon lorgulescu (Office cantonal de l'état de Genève)
- 4.5. Sécheresse 2022, un épisode inédit amenant à repenser la gestion de l'eau sur le dunkerquois
 Fanny Serret (Communauté urbaine de Dunkerque)
- 4.6. Action de soutien d'étiage des lacs-réservoirs gérés par Seine Grands Lacs en 2022 Manon Cassagnole (EPTB Seine Grands Lacs)



Liste des posters session 5 :

- 5.1. Les cultures du blé, du maïs et de la vigne sous le climat qui change Carina Furusho Percot (INRAE, AgroClim)
- 5.2. Analyse de la sévérité croissante des étiages sur la dégradation du paramètre phosphore en cours d'eau sur la dernière décennie. Application au territoire de l'agence de l'eau Rhin-Meuse Adrien Delaval (Adict Solutions)
- 5.3. Caractérisation de la sécheresse 2022 sur le bassin du Rhône et ses impacts pour la CNR Laurie Caillouet (Compagnie Nationale du Rhône)
- 5.4. La sécheresse de 2022, retour d'expérience de la concession régionale du Canal de Provence Annie Randrianasolo (Société du canal de Provence)

SESSION 1 : Bilan de la sécheresse et des étiages 2022

Programme oral session 1

O.1.1 Caractérisation climatique (Simon Mittelberger)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

> Simon Mittelberger simon.mittelberger@meteo.fr

Bilan de la sécheresse et des étiages 2022 : Caractérisation climatique

Auteurs: MITTELBERGER Simon¹, SOUBEYROUX Jean-Michel¹, SOREL Matthieu¹

1 METEO-FRANCE, DCSC, 42 AVENUE GASPARD-CORIOLIS, BP 45712, 31057 TOULOUSE CEDEX 1

Choix du thème/session : Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs : Sécheresse 2022, Pluviométrie, Indice d'humidité des sols

Orateurs: Simon Mittelberger

Résumé:

L'année 2022 restera dans les annales comme une année exceptionnellement sèche et chaude dans le contexte climatique des deux premières décennies du XXIè siècle. Ainsi sur l'ensemble de l'année 2022, la France a connu une anomalie record de température de +1,5°C par rapport à la référence 1991-2020 et un déficit pluviométrique de 25 % se situant à la deuxième, quasiment ex æquo avec 1989.

La liste des records battus en 2022 est particulièrement longue. L'année 2022 apparaît d'abord comme l'année la plus sèche en termes de précipitations efficaces (précipitation s'infiltrant dans le sol) depuis 1960. L'hiver météorologique 2022 avait été marqué par un déficit de précipitations de près de 15 % et par un enneigement irrégulier selon les massifs : normal sur les Pyrénées et très déficitaire sur les Alpes et la Corse. L'année 2022 s'est ensuite poursuivie avec un printemps remarquablement sec, avec un déficit généralisé de 40 % à l'échelle de la France, le troisième printemps le plus sec enregistré depuis le début des mesures en 1959. Les sols, plus secs que la normale à partir de la mi janvier, ont continué à s'assécher à la fin de l'hiver et la sécheresse agricole (niveau décennal sec de l'humidité du sol) s'est installée sur le quart nord-est de la France dès la fin du mois de mars. Malgré le léger répit en avril, la sécheresse s'est à nouveau aggravée au mois de mai qui a connu un déficit exceptionnel de précipitations de près de 70 %, record mensuel (depuis le début des mesures en 1959). La sécheresse

agricole, déjà présente sur le Nord-Est, s'est étendue à l'ensemble du pays. Les précipitations orageuses excédentaires dans certaines régions durant le mois de juin n'ont permis une accalmie que de courte durée. Les faibles précipitations associées aux températures élevées notamment durant les deux vagues de chaleur en juillet et août ont entraîné un assèchement des sols superficiels atteignant un niveau record historique à l'échelle de la France du 17 juillet au 17 août 2022, devançant les niveaux atteints en 2003. L'humidité des sols est restée très proche d'une situation record jusqu'au 23 septembre. La pluviométrie d'octobre 2022 a de nouveau été remarquablement déficitaire dans le Sud, où les sols sont restés très secs jusqu'à la fin du mois de novembre. À l'échelle de la France, la pluviométrie de décembre 2022, proche des normales, a permis de ré-humidifier les sols superficiels sur la plupart des régions (à l'exception notable du Roussillon) mais les pluies efficaces à nouveau très déficitaires de l'automne 2022 et début d'hiver 2023 maintiennent une forte tension sur la ressource en eau sur de nombreux territoires

Cette année 2022 s'inscrit aussi pleinement dans la perspective du changement climatique en illustrant en termes de températures moyennes et extrêmes, sécheresse estivale, sécheresse des sols les évolutions attendues sur notre pays à l'horizon des prochaines décennies.

 ${
m O.1.2.}$ Caractérisation hydrologique (François Tilmant, Claire Magand)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

TILMANT François

francois.tilmant@inrae.fr

Sécheresse 2022 : caractérisation hydrologique des étiages

Auteurs : TILMANT François¹, MAGAND Claire², ROMAN VILLAFAÑE Sebastián¹, BOURGIN François¹, NOWAK Céline², POLIGOT-PITSCH Stéphanie³, MOREL Mathidle⁴, ANDRÉASSIAN Vazken¹, PERRIN Charles¹

¹Université Paris-Saclay, INRAE, UR HYCAR, 1, rue Pierre-Gilles de Gennes, CS10030, 92761 Antony Cedex

²Office français de la biodiversité (OFB), 5, square Félix Nadar, 94300 Vincennes

³Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI), 42 avenue Gaspard Coriolis, 31100 Toulouse

⁴Direction de l'Eau et de la Biodiversité, MTECT, Tour Séquoia, 1 place Carpeaux, 92055 Paris-La-Défense Cedex

Choix du thème/session:

Bilan de la sécheresse et des étiages 2022

Mots clefs: Sécheresse 2022, Observations, Etiages, Assecs

Orateurs: François Tilmant (francois.tilmant@inrae.fr), Claire Magand

(claire.magand@ofb.gouv.fr)

Résumé:

Le territoire métropolitain français a connu une sécheresse de grande ampleur et de forte intensité au cours de l'année 2022. Cette sécheresse a affecté tous les compartiments du cycle de l'eau (atmosphère, eau de surface, eau souterraine, cryosphère), avec des impacts multiples sur les écosystèmes aquatiques et terrestres, et sur les différents usages de l'eau.

L'évolution de la sécheresse des cours d'eau a pu être suivie par les réseaux nationaux de mesure et d'observation en place. Il s'agit en particulier :

 du réseau d'hydrométrie national, auquel contribuent différents partenaires (principalement DREAL mais aussi DDT, compagnies d'hydroélectricité, compagnies d'aménagement, etc.). Il permet d'acquérir des observations de hauteur et/ou débit sur environ 3000 sites en service, dont environ 2000 sont pertinents en étiage. Ces données sont consultables en temps réel et/ou après expertise dans l'HydroPortail¹;

 de l'Observatoire national des étiages² (Onde), piloté par l'Office français de la biodiversité (OFB). Il permet de recueillir, sur plus de 3000 stations, l'état d'écoulement, notamment pour repérer les assecs. Complémentaire du réseau hydrométrique, il porte essentiellement sur les têtes de bassin.

La gestion de la sécheresse se base notamment sur ces deux réseaux qui permettent - en intégrant d'autres sources de données - d'objectiver l'état des ressources en eau et de prendre les mesures de restriction en conséquence. Les arrêtés de restriction des usages de l'eau entrant ainsi en vigueur décrivent différents niveaux de gravité de la sécheresse qui sont représentés sur le site Propluvia³.

La communication proposera une synthèse des observations disponibles sur cet événement qui a concerné l'ensemble des bassins métropolitains. Nous montrerons plus particulièrement comment la sécheresse a impacté les écoulements, comment elle a évolué au cours de l'année, quels débits critiques ont été atteints, et comment la reprise des écoulements s'est produite.

¹ https://hydro.eaufrance.fr/

² https://onde.eaufrance.fr/

³ http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/propluvia/faces/index.jsp

O.1.3. Caractérisation hydrogéologique (Francis Garrido)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Les impacts de la Sécheresse 2022 sur les eaux souterraines en France - solutions en appui à la décision et à la gestion, Francis GARRIDO,

Paris, 8&9 Mars 2023

Francis GARRIDO f.garrido@brgm.fr

LES IMPACTS DE LA SECHERESSE 2022 SUR LES EAUX SOUTERRAINES EN FRANCE - SOLUTIONS EN APPUI A LA DECISION ET A LA GESTION

THE IMPACTS OF THE 2022 DROUGHT ON GROUNDWATER IN FRANCE - SOLUTIONS IN SUPPORT OF DECISION-MAKING AND MANAGEMENT

Auteurs: GARRIDO Francis¹, PANNET Pierre²

¹ DEPA/DIR, 3 avenue Claude-Guillemin - BP 36009 - 45060 ORLÉANS Cedex 2, France, f.garrido@brgm.fr

² DAT/DIR, 3 avenue Claude-Guillemin - BP 36009 - 45060 ORLÉANS Cedex 2, France, p.pannet@brgm.fr

Choix du thème/session : Bilan de la sécheresse et des étiages 2022

Mots clefs: eaux souterraines, anticipation, gestion, aide à la décision **Orateur:** Francis GARRIDO / f.garrido@brgm.fr

Les cinq dernières années ont été particulièrement marquées par la récurrence des épisodes de sécheresse avec une année 2022 exceptionnelle due à un effet cumulé de déficit pluviométrique et de de températures élevées, un déficit pluviométrique majeur et un ensoleillement supérieur à la moyenne à l'échelle de l'ensemble du territoire national. L'effet cumulé de ces 3 paramètres ont conduit à un niveau des nappes d'eaux souterraines en France bas à très bas sur la quasi-totalité du territoire dès la sortie d'hivers 2021-2022 avec des niveaux qui ont globalement baissé tout au long de l'année. Cette situation exceptionnelle a eu des impacts importants sur la distribution d'eau potable, l'agriculture, la production d'électricité, les transports, la sécurité incendie, la biodiversité ...Plus de 90% des départements faisait l'objet d'un arrêté préfectoral de restrictions d'usage de l'eau.

Afin de faire face à cette situation, l'état a mis en place une Cellule Interministérielle de Crise Sécheresse le 5 août 2022, présidée par le Cabinet de Mme la 1ère Ministre E. Borne. Cette CIC s'est ajouté au comité sécheresse agricole présidé par M le Ministre de l'Agriculture, M. Fesneau et Mme la Secrétaire d'Etat B. Couillard ainsi que le Comité d'Anticipation et de Suivi Hydrologique (CASH) présidé par Mme la Secrétaire d'Etat B. Couillard.

Le BRGM a été sollicité pour participer à l'ensemble de ces dispositifs pour apporter son expertise scientifique et technique sur les eaux souterraines afin d'éclairer les décideurs politiques dans la prise de décisions dans ces différentes instances.

Concernant l'évolution du niveau des nappes en France sur l'année 2022, sur la base du bulletin mensuel de situation hydrogéologique, nous pouvons résumer l'évolution de l'année de la façon suivante :

- Les niveaux de nappes à l'entrée de l'hiver 2021-2022 étaient globalement très satisfaisants sur une très grande partie du territoire, avec des niveaux (82 % des nappes situés entre les valeurs moyennes et des valeurs très hautes);
- Une recharge déficitaire des nappes durant l'hiver 2021-2022 qui a conduit à une situation dégradée des nappes sur les 2/3 du territoire à la sortie de l'hiver;
- Des niveaux de nappes d'eaux souterraines qui ont globalement continués à baisser jusqu'à l'automne avec des niveaux de nappes inférieurs aux normales mensuelles des années précédentes;
- Les niveaux des nappes à l'entrée de l'hiver 2022-2023 sont très inférieurs aux niveaux de l'année précédente. En effet, au 1^{er} novembre, 2/3 des nappes françaises ont affichés des niveaux sous les normales mensuelles, avec 1/3 à des niveaux bas à très bas ;
- De novembre à décembre 2022, la recharge des nappes phréatiques est restée peu intense. Plus des 3/4 des nappes demeurent sous les normales mensuelles (donnée issue du dernier bulletin de situation hydrogéologique au 1^{er} janvier 2023).

Sur la base de cette analyse de l'évolution des nappes au cours de la dernière année et du déficit de recharge actuellement constaté, il est dès à présent nécessaire d'être très vigilant sur l'évolution du niveau des nappes et de mettre en œuvre des mesures de gestion par anticipation afin que l'année 2023, et plus particulièrement l'été, se déroule dans de meilleurs conditions que l'année précédente. Pour cela, et afin de mieux maîtriser les effets de ces évènements extrêmes qui d'après les conclusions du GIEC sont amenés à se reproduire à une fréquence plus élevée, il faut s'assurer d'une meilleure capacité à surveiller mais aussi à prédire l'évolution des eaux souterraines.

En terme de perspective, ce retour d'expérience de cette année 2022, et les projections d'évolution climatique, il est clairement mis en évidence la nécessité d'améliorer l'anticipation par la surveillance et la prévision de l'évolution des nappes afin d'accompagner les prises de décision au niveau national et local, à différentes échelles de temps :

- A l'échelle saisonnière, en sachant mieux identifier les épisodes de crise qui se profilent et donc mieux les anticiper;
- A moyen et long terme, en menant des politiques de l'eau garantissant une ressource en eau pérenne et de qualité sur l'ensemble du territoire et pour tous les usages et pour le soutien des minima environnementaux (soutien d'étiage, biodiversité, ...).

Afin de répondre à ces objectifs, le BRGM propose de déployer dans les 5 prochaines année et sur l'ensemble du territoire national :

- L'outil MétéEAU Nappes (meteeaunappes.brgm.fr) qui permet d'informer sur la situation en temps réel et surtout d'anticiper l'évolution à court terme du niveau des nappes, de quelques semaines à plusieurs mois. Cet outil ne couvre aujourd'hui qu'environ 5 % des aquifères régionaux d'importance. Il est donc proposé de passer à 80 % des aquifères régionaux d'importance, ce qui permettrait aux décideurs ou aux gestionnaires des captages d'eau potable de disposer d'un outil opérationnel permettant de prendre plus tôt des mesures adéquates telles que des limitations de prélèvement, des interconnexions de réseaux ou des implantations de nouveaux forages;
- Des outils de gestion spatialisés à grande échelle (masse d'eau ou bassin versant important) qui prennent la forme de modèles maillés, permettant à chaque acteur des territoires, de disposer d'outils adaptés pour la prise de décision afin de garantir autant que possible un accès pérenne à une ressource de qualité en tenant compte des spécificités hydrogéologiques et des usages dans les territoires. Ils permettront de simuler l'impact de plusieurs scénarios tant pour le changement climatique, que pour différentes politiques de gestion de l'eau et d'aménagement du territoire (évolution démographique, urbanisme, pratiques agricoles et industrielles, ...).

O.1.4. Etat des lieux pour la cryosphère (Simon Gascoin)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Simon Gascoin simon.gascoin@univ-tlse3.fr

Impact de la sécheresse 2022 sur la cryosphère en France

Auteurs: GASCOIN Simon¹, SOUBEYROUX Jean-Michel², SIX Delphine³, GOUTTEVIN Isabelle⁴, LEJEUNE Yves⁴, KARBOU Fatima⁴

¹CNRS, Centre d'études spatiales de la biosphère, 18 avenue E. Belin 31400 Toulouse,

France, e-mail: simon.gascoin@univ-tlse3.fr

²Météo-France, Toulouse, France

²Univ. Grenoble Alpes, Université de Toulouse, Météo-France, CNRS, CNRM, Centre d'Études de la Neige, 38000 Grenoble, France

²Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, G-INP, IGE, Grenoble, France

Choix du thème/session : 1/ Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022 :

Mots clefs: neige, glacier Orateur: (Simon Gascoin)

L'Europe de l'ouest en 2022 a connu un déficit de précipitations au printemps et des vagues de chaleur en été. De plus, un épisode de poussières sahariennes particulièrement intense a été observé en mars 2022. La combinaison de ces conditions météorologiques a eu un impact profond sur la cryosphère des montagnes françaises (manteau neigeux et glaciers). Les données issues de mesures de terrain et de la télédétection indiquent que le manteau neigeux a disparu de façon précoce dans tous les massifs et que les glaciers ont connu un record de perte de masse. Toutefois il existe des disparités régionales avec notamment un déficit d'accumulation et une fonte particulièrement précoce dans les Alpes Maritimes alors que dans les Pyrénées, une anomalie positive d'accumulation de neige issue des chutes de neige abondantes en hiver 2021-2022 a permis au manteau neigeux de résister au printemps. Ces différences de stockage nival avant le début de la sécheresse et la fonte intense des glaciers devront être pris en compte pour comprendre la sévérité des étiages dans les cours d'eau du sud de la France.

SESSION 2 : Caractère exceptionnel, attribution au changement climatique, prévision

Programme oral session 2

 ${\rm O.2.1.}$ La sécheresse 2022 à l'aune des événements passés (Jean-Philippe Vidal)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Modèle à utiliser pour le résumé

Jean-Philippe Vidal jean-philippe.vidal@inrae.fr

L'étiage de 2022 à l'aune des événements passés sur les 150 dernières années

The outstanding 2022 hydrological drought in France within a 150-year historical context

Auteurs: VIDAL Jean-Philippe¹, DEVERS Alexandre¹, LAUVERNET Claire¹, HERAUT Louis¹ & DELAIGUE Olivier²

¹INRAE, UR RiverLy, 5 rue de la Doua, CS 20044, 69625 Villeurbanne Cedex, France ^xINRAE, UR HYCAR, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, Antony Cedex, France

Choix du thème/session : Caractère exceptionnel, attribution au changement climatique, prévision

Mots clefs: Étiage, historique, réanalyse

Orateur: Jean-Philippe Vidal / jean-philippe.vidal@inrae.fr

La sécheresse européenne de 2022 a touché l'ensemble de la France, entraînant des étiages estivaux très sévères. Les caractéristiques exceptionnelles de cet événement sont étudiées ici dans un contexte historique de long terme. L'étude s'appuie sur plus de 600 séries de débits journaliers mesurés sur des bassins versants faiblement influencés. Le contexte historique est fourni par la réanalyse hydrologique ensembliste FYRE Hydro qui couvre la période 1871-2012 pour les stations ci-dessus. FYRE Hydro provient d'une simulation ensembliste de débits utilisant le modèle hydrologique conceptuel GR6J. Ces simulations intègrent trois types d'incertitudes : (1) l'incertitude météorologique par l'utilisation des 25 membres de la réanalyse météorologique haute résolution FYRE Climate (Devers et al., 2021) comme forçages, (2) l'incertitude dans les débits observés utilisés pour calibrer les modèles hydrologiques, et (3) l'erreur du modèle hydrologique basée sur les écarts relatifs entre débits observés et simulés (Bourgin et al. 2014). Un filtre de Kalman d'ensemble a ensuite permis de combiner ces simulations ensemblistes avec les séries historiques disponibles ainsi que leurs incertitudes pour produire la réanalyse hydrologique – elle aussi ensembliste – FYRE Hydro. Les débist observés

en 2022 sont comparés aux années d'étiage sévère dans la réanalyse FYRE Hydro telles qu'identifiées par Caillouet et al. (2021). Les résultats montrent notamment que les caractéristiques d'étiage ont atteint des valeurs avec des périodes de retours très élevées, et cela sur un grand nombre de stations de l'ensemble du territoire, confirmant le caractère exceptionnel de cet événement d'étiage.

Références

- Bourgin, F., Ramos, M., Thirel, G., and Andréassian, V.: Investigating the interactions between data assimilation and post-processing in hydrological ensemble forecasting, Journal of Hydrology, 519, 2775-2784, 85 https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.07.054, 2014
- Caillouet, L., Vidal, J.-P., Sauquet, E., Devers, A., Lauvernet, C., Graff, B., and Vannier, O.: Inter-comparison of extreme low-flow events in France since 1871, LHB: Hydroscience Journal, 107, 1-9 https://doi.org/10.1080/00186368.2021.1914463, 2021
- Devers, A., Vidal, J.-P., Lauvernet, C., and Vannier, O.: FYRE Climate: a high-resolution reanalysis of daily precipitation and temperature in France from 1871 to 2012, Clim. Past, 17, 1857-1879, https://doi.org/10.5194/cp-17-1857-2021, 2021

 ${
m O.2.2.}$ La sécheresse 2022 est-elle une conséquence du changement climatique? (Aurélien Ribes)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Aurélien Ribes aurelien.ribes@meteo.fr

La sécheresse 2022 est-elle une conséquence du changement climatique ?

Auteur: Aurélien MITTELBERGER Simon RIBES¹, Robert VAUTARD², Lola CORRE³, Agathe DROUIN³, Brigitte DUBUISSON³, Jean-Michel SOUBEYROUX³

- ¹ CNRM, Universite de Toulouse, Meteo France, CNRS, France
- ² IPSL, CNRS, Universite Paris-Saclay, Sorbonne Universite, France
- ³ DCSC, METEO FRANCE, FRANCE

Choix du thème/session : Caractère exceptionnel, attribution au changement climatique, prévision

Mots clefs : Sécheresse 2022, Pluviométrie, Indice d'humidité des sols

Orateurs: Aurélien Ribes

Résumé:

L'attribution d'événements extrêmes particuliers s'est développée, ces deux dernières décennies, dans le but de décrire dans quelle mesure l'influence humaine sur le climat a pu modifier les caractéristiques (probabilité d'occurrence, intensité) d'un événement extrême observé particulier. Par extension, ce type d'étude permet de situer l'événement étudié dans un contexte de climat changeant, en évaluant la rareté de l'événement dans le climat actuel, et l'évolution attendue des risques dans le climat futur.

Sur la base de la littérature scientifique disponible, cette présentation s'intéresse à trois variables : température, précipitation, eau du sol – les débits ne sont pas abordés. Pour chacune de ces variables, le 6ème rapport d'évaluation du GIEC (2021) fournit déjà un certain nombre de conclusions sur l'évolution passée et future des extrêmes dans notre région : hausse marquée des vagues de chaleur, augmentation attendue du nombre de jours secs consécutifs, assèchement des sols.

Dans le détail, les études d'attribution menées à Météo France indiquent une contribution très claire des activités humaines aux pics de chaleur de l'été 2022, comme aux valeurs élevées de températures moyennes au cours de l'été étendu (mai à août). Sur l'épisode le plus chaud, du 12 au 25 juillet, l'influence humaine induit une probabilité d'occurrence multipliée par un facteur 8 [x4 à x20], et une augmentation de température de +2 [+1.4 à +2.6] °C. De façon remarquable, les pics de chaleur de l'été 2022 semblent relativement banals dans le climat actuel (durée de retour estimée à 4 ans). C'est sur une plus longue durée (e.g., Mai-Août) que la chaleur de 2022 est remarquable.

Du côté des précipitations, on ne dispose pas d'étude d'attribution dédiée. Néanmoins, le déficit de précipitations de 2022 s'inscrit dans un contexte de diminution attendue des précipitations en été, alors que l'évolution sur l'ensemble de l'année est nettement plus incertaine.

Le faible contenu en eau du sol, qui a atteint une valeur record à l'échelle de la métropole, a fait l'objet d'une étude d'attribution spécifique. Cette étude suggère que l'influence humaine a multiplié la probabilité d'un événement aussi sec d'un facteur 3 à 6, selon la profondeur de sol considérée, tout en pointant un certain contraste entre la forte tendance observée et celles simulées par les modèles de climat (CMIP6). Ce résultat est qualitativement cohérent avec l'assèchement des sols attendu dans le futur, qui suggère que le niveau de sécheresse observé en 2022 pourrait devenir normal en fin de siècle dans un scénario de fort réchauffement.

Enfin, d'un point de vue météorologique, la sécheresse 2022 est aussi liée à une configuration particulière de circulation atmosphérique, avec une récurrence de situations anticycloniques, et je discuterai brièvement l'état des connaissances sur ce front.

O.2.3. Quelle anticipation de la sécheresse 2022? (François Bourgin, Jean-Michel Soubeyroux, Florence Habets)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

BOURGIN François francois.bourgin@inrae.fr

Quelle anticipation de la sécheresse 2022 ? Analyse croisée sur la prévision météorologique, hydrologique et hydrogéologique

Auteurs : BOURGIN François¹, SOUBEYROUX Jean-Michel², HABETS Florence³, TILMANT François¹, ROMAN VILLAFAÑE Sebastián¹, ROUSSET Fabienne², PERRIN Charles¹, BATTE Lauriane²

¹Université Paris-Saclay, INRAE, UR HYCAR, 1, rue Pierre-Gilles de Gennes, CS10030, 92761 Antony Cedex

²Météo-France, DCSC, 42 avenue Gaspard-Coriolis, BP 45712, 31057 Toulouse Cedex 1 ²ENS, Laboratoire de Géologie, Département de Géosciences, 24 rue Lhomond, 75231 Paris Cedex 05

Choix du thème/session :

Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: Sécheresse 2022, Prévisibilité, Prévision à moyenne échéance, Prévision saisonnière;

Orateurs: Jean-Michel Soubeyroux (<u>jean-michel.soubeyroux@meteo.fr</u>), François Bourgin (françois.bourgin@inrae.fr), Florence Habets (florence.habets@ens.fr)

Résumé:

La sécheresse qu'a connu le territoire français métropolitain en 2022 constitue un événement exceptionnel par sa durée, son intensité et son emprise spatiale. Il s'agit d'un événement comparable à d'autres sécheresses majeures qui avaient affecté le territoire, comme celle de 1976. La sécheresse atmosphérique a eu des répercussions sur les sols, les rivières, les nappes et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres. Elle a eu des impacts socio-économiques majeurs et a affecté de nombreux secteurs d'activité (agriculture, production d'énergie, alimentation en eau, etc.) et des infrastructures (maisons notamment). On estime aujourd'hui que le coût de la sécheresse pourrait être supérieur à 2,5 milliards d'euros.

Pour améliorer la gestion des phénomènes de sécheresse et limiter leurs impacts, l'anticipation constitue un atout important, et l'utilisation de systèmes de prévision peut permettre d'aider à la prise de décision sur des mesures de gestion des usages de l'eau et sur la protection des écosystèmes. En France, plusieurs systèmes opérationnels ou pré-opérationnels produisent des prévisions, avec des échéances allant de quelques jours à quelques mois. Il s'agit notamment :

- des chaînes de prévision atmosphérique à moyenne échéance et saisonnière forçant le modèle hydrologique SIM2 de Météo-France,
- de la plateforme multi-modèle PREMHYCE de prévision des étiages en rivière,
- de la plateforme AquiFR de prévision des niveau de nappes (voir exemple en Figure 1).

Comme tout dispositif de prévision, ces outils sont soumis à de nombreuses sources d'incertitudes. La qualité des prévisions décroit généralement avec l'échéance et les horizons auxquels on peut espérer disposer d'une information utile sont limité par la prévisibilité des variables prévues dans les systèmes étudiés.

A la sortie d'un hiver 2021-2022 déjà très sec, les systèmes de prévision saisonnière avaient annoncé dès le mois de février un signal sec et doux pour le printemps avec une forte probabilité. Cette prévisibilité atmosphérique, valorisée par les différentes plateformes hydrologiques s'est poursuivie en grande partie tout au long de l'année 2022 et a alimenté de nombreux dispositifs opérationnels de suivi de la sécheresse 2022.

L'objectif de la communication sera de faire une analyse de ces prévisions, d'analyser leurs forces mais aussi les limites rencontrées, et de discuter des perspectives d'utilisation de ces prévisions dans un contexte de récurrence accrue des sécheresses.

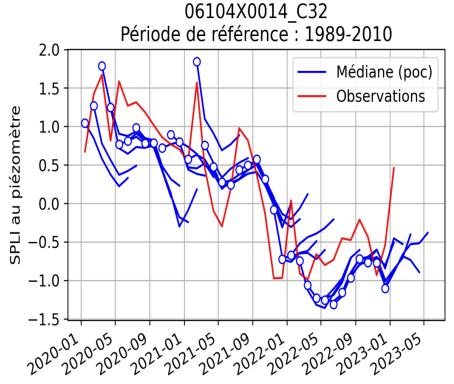


Figure 1 Exemple de prévision saisonnière par Aqui-FR sur le piézomètre de Saint Gelais dans les Deux Sèvres: en bleu, la médiane des 6 mois de prévision, le cercle correspondant à l'état initial des prévisions. En rouge, les observations. La variable est l'indice standardisé du niveau piézomètrique. Un indice compris entre +0.25 et -0.25 correspond à un état normal pour le mois donné. Entre -0.84 et -1.28, il s'agit d'un état sec, au-delà, il s'agit d'un état très sec, au-delà de la décennale sèche

O.2.4. L'anticipation des étiages sur le bassin de la Loire et de l'Allier (Fabien Pasquet)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Modèle à utiliser pour le résumé

PASQUET Fabien fabien.pasquet@developpement-durable.gouv.fr

L'ANTICIPATION DES ETIAGES SUR LE BASSIN DE LA LOIRE ET DE L'ALLIER – LES OUTILS DE LA DREAL CENTRE – VAL DE LOIRE ET QUELQUES ENSEIGNEMENTS DE L'ETIAGE 2022

LOW DISCHARGES FORECASTING ON LOIRE AND ALLIER RIVER – DREAL CENTRE – VAL DE LOIRE TOOLS AND 2022 LEARNINGS

Auteurs : MARTY Renaud¹, CHARPENTIER François¹, PASQUET Fabien¹, FEUILLET Christian²

¹DREAL Centre – Val de Loire – Service hydrométrie, prévision des étiages, des crues et des inondations – 5, avenue Buffon, 45000 Orléans – France

²DREAL Centre – Val de Loire – Service eau, biodiversité, risques naturels et Loire – Délégation de bassin Loire – Bretagne – 5, avenue Buffon, 45000 Orléans - France

Choix du thème/session:

Mots clefs: soutien d'étiage, prévision, Prémhyce, MORDOR, prévision probabiliste, Loire,

Allier

Orateur: à déterminer parmi les auteurs

Le bassin de la Loire et de l'Allier, soumis à des influences climatiques variées, est, comme d'autres, très sensibles aux situations d'étiage. A ce titre, les épisodes 2019, 2020 et 2022 constituent une succession de trois étiages sévères voire historiques (2019 étant plus marqué sur les bassins du Cher et de l'Indre, celui de 2022 plus marqué sur l'amont de la Loire et de l'Allier). Des épisodes historiques ont par ailleurs marqué les esprits, comme celui de 1949, lors duquel la Loire était réputée traversable à pied sec à Orléans.

Pour autant, des dispositions ont été historiquement prises ou envisagées pour pallier la faiblesse des débits et répondre aux différents usages (eau potable, refroidissement des quatre centrales nucléaires sur la Loire, agriculture notamment en Limagne). Depuis 1985, les axes Loire et Allier bénéficient d'un soutien d'étiage, grâce aux retenues de Naussac (sur le Donozeau, sur l'extrême amont du bassin de l'Allier) et Villerest (sur la Loire, à l'amont de Roanne).

Le pilotage du soutien d'étiage sur les axes Loire et Allier

Les ouvrages de Villerest et Naussac, propriétés de l'Etablissement Public Loire (EPL) ont pour objectif (notamment) de fournir un soutien d'étiage aux deux grands axes Loire et Allier. Leur fonctionnement est guidé par un règlement d'eau, visant à remplir les retenues en hiver et au printemps (mais aussi de vider celle de Villerest pour les crues d'automne, sur lesquelles il doit jouer un rôle d'écrêteur – deux objectifs contradictoires à concilier). Le comité de gestion des réservoirs de Naussac et Villerest et des étiages sévères (CGRNVES), présidé par la préfète coordinatrice du bassin Loire - Bretagne, et constitué des services de l'État et de ses établissements publics, de représentants des collectivités et des usagers désignés au sein du comité de bassin Loire-Bretagne et de l'EPL, assure une gestion coordonnée du soutien d'étiage sur l'axe Loire-Allier, en déterminant des débits objectifs de soutien d'étiage (DOSE) notamment à Gien sur la Loire et à Vic-le-Comte sur l'Allier. L'expérience des étiages passés, et notamment celui de 2003, lors duquel le soutien avait été jugé particulièrement « consommateur » (maintien d'un débit élevé à Gien – environ $60 \text{ m}^3/\text{s}$ – au risque d'aboutir à une situation de rupture de soutien en fin d'étiage, survenu en décembre cette année là) a conduit à revoir le pilotage du soutien. L'OSE à Gien est dorénavant ajustable, en fonction du remplissage et des prévisions hydrologiques des semaines suivantes, avec une valeur maximale de 60 m³/s. L'OSE de Vic-le-Comte est également ajustable entre 10 et 12 m³/s.

L'évaluation de la situation pour la fixation des OSE se fait depuis quelques années avec l'appui des résultats probabilistes d'une simulation hydrologique réalisée sur le logiciel MORDOR d'EDF, avec qui une convention d'utilisation a été passée par la DREAL Centre – Val de Loire. Les hydrologues du service hydrométrie, prévision des étiages, des crues et des inondations, sont chargés de la réalisation de ces simulations, au moins tous les 15 jours, voire toutes les semaines en cas de crise sévère. Le rôle du CGRNVES est alors de décider du risque acceptable de rupture de soutien en cours ou fin d'étiage, tout en tâchant de préserver les différents usages de l'eau ainsi que le milieu aquatique.

La modélisation d'étiage avec MORDOR

Le modèle MORDOR est un modèle hydrologique conceptuel semi-distribué, représentant sept sous-bassins des sources jusqu'à Gien, fonctionnant en continu, avec un pas de temps journalier simulant le débit naturel des grands axes. Alimenté par 70 scénarios météorologiques à 15 jours (précipitations et températures) issus des 51 « runs » du centre européen de la météorologie, complétés par 70 chroniques climatologiques depuis 1948, il permet d'obtenir 70 scénarios de débit, sur lesquels sont calculés les volumes nécessaires pour respecter le ou les OSE visés. Une fois ces résultats probabilisés, il est possible de fournir les quantiles des volumes nécessaires. Est plus particulièrement regardé le quantile 10 % de chaque simulation (majoré de 15 % pour tenir compte des incertitudes et notamment celles liées à la gestion des ouvrages), généralement considéré par le CGRNVES comme le scénario à garantir.

¹ D'autres projets de barrages réservoirs, Serre de la Farre en Haute-Loire ou Chambonchard sur le Haut-Cher ont été abandonnés, suite à de fortes oppositions locales.

Le soutien d'étiage sur la Loire et l'Allier en 2022

A la suite d'un hiver et d'un printemps déficitaires, les premières modélisations de la fin avril — début mai montraient un besoin prévisible particulièrement fort et la nécessité de fixer un OSE à Gien relativement faible (50 m³/s) dès le début de la campagne de soutien d'étiage, sans pour autant qu'il ne soit nécessaire de le mettre en œuvre (débit naturel restant supérieur à 50 m³/s).

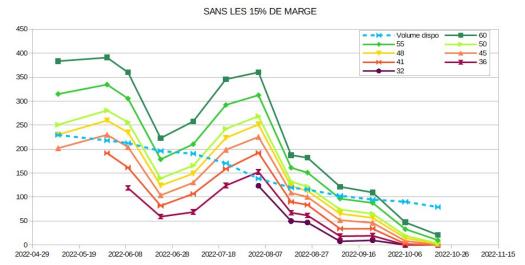


Illustration – Evolution des prévisions de volume de soutien nécessaire (quantile 10%) tout au long de la saison d'étiage – en pointillés bleus, figure l'évolution du volume disponible dans les deux retenues de Villerest et Naussac – la simulation du 4 août montre que seul un DOSE à Gien de 32 m³/s était soutenable sur le long terme (courbe violette sous la courbe en pointillés bleus)

Un premier épisode pluvieux début juin puis un second particulièrement intense sur l'aval du bassin de l'Allier (secteur de Vichy) ont assoupli les contraintes jusqu'à la fin juillet. L'absence de pluie sur le mois de juillet, le plus sec sur la période 1959 – 2022, a dégradé rapidement la situation (débit soutenu à Gien à 43,4 m³/s le 15 août, jamais atteint depuis la mise en place du soutien d'étiage, pour un débit naturel reconstitué à 16-17 m³/s), amenant à envisager début août des OSE jamais connus jusqu'à alors, jusqu'à 32 m³/s. A de tels niveaux, qui n'ont finalement heureusement pas été atteints, les conséquences sur l'alimentation en eau potable étaient mal connues, les centrales nucléaires de la Loire auraient dû généraliser le stockage de leurs effluents et la Loire se serait retrouvée quasiment à sec à Orléans (sous l'effet des pertes karstiques entre Gien et Orléans). Si les premières dispositions de crise ont été prises par plusieurs acteurs (producteurs d'eau potable, EDF), cette situation de crise majeure a finalement pu être évitée grâce aux pluies survenues à la mi-août, permettant une remontée du débit à plus de 75 m³/s à Gien. Si les débits sont restés faibles durant septembre, un OSE entre 55 et 60 m³/s s'avérait acceptable sur cette période (même s'il est resté à 52 m³/s par mesure de précaution), où les besoins, notamment de l'agriculture céréalière, sont nettement moins prégnants. Même si aucun épisode cévenol n'est venu changer radicalement la situation, la météorologie est devenue plus favorable à partir de la fin septembre.

L'expérience tendue de l'étiage 2022 amènera certainement à privilégier à l'avenir une gestion encore plus parcimonieuse de la ressource. Ce sera possiblement le cas lors de l'étiage 2023, l'automne et l'hiver derniers n'ayant jusque-là pas permis de recharger les sols et reconstituer les réserves nécessaires, notamment sur l'ouvrage de Naussac, rempli seulement au tiers à la fin janvier 2023. Le service hydrométrie, prévision des étiages, des crues et des inondations de la DREAL Centre – Val de Loire envisage plusieurs évolutions des produits de simulation mis à disposition du CGRNES pour fournir une palette complète de données nécessaires à un pilotage adéquat et fin du soutien d'étiage (notamment une prévision probabiliste des volumes nécessaires au soutien d'étiage, avec un OSE évolutif au long de la saison).

Le suivi et l'anticipation des étiages sur les stations réglementaires

Au-delà de son implication dans la fourniture d'éléments techniques au CGRNVES, la DREAL Centre — Val de Loire, toujours à travers son service hydrométrie, prévision des étiages, des crues et des inondations, est particulièrement impliquée dans le suivi hydrométrique des stations réglementaires pour la gestion de la ressource en eau. Le service met ainsi à disposition de tous les usagers, mais plus particulièrement des services de police de l'eau, deux à trois fois par semaine, un tableau des données de débits journaliers pré-validés sur les sept derniers jours. Sur ce tableau, au-delà des valeurs consolidées des débits journaliers, sont fournis également différents éléments utiles à la bonne appréciation de l'incertitude de la donnée (valeur et date du dernier jaugeage, valeur et date du jaugeage le plus faible, incertitude calculée...). Ces éléments doivent permettre aux utilisateurs de la donnée de bien percevoir les limites des données publiées, notamment dans les cas où l'incertitude peut atteindre plus de 100 % de la valeur mesurée (et potentiellement aller au-delà des seuils réglementaires).

Au-delà de ces éléments sur les débits observés, la DREAL Centre – Val de Loire a cherché à valoriser les résultats des modélisations issues de la plate-forme Prémhyce de l'INRAE sur ces stations réglementaires pour appuyer son pilotage de la gestion estivale de la ressource. Une supervision semi-automatique a été mise en place par le service hydrométrie, prévision des étiages, des crues et des inondations. Elle est basée sur une qualification de l'incertitude des données observées et une comparaison de ces prévisions avec une prévision d'évolution linéaire des débits. Elle permet in fine d'exclure les résultats manifestement erronés. Sur les stations où les résultats de la plate-forme sont jugés pertinents, ils sont présentés qualitativement, en positionnant les quantiles 10, 50 et 90 % par rapport aux seuils réglementaires, à J+3, J+7, J+10 (prévisions CEP), J+15, J+30, J+45, J+60 (climatologie).

Code Station	Nom Station	Rivière	DSA	DAR	DCR	Prévalidation	Tendance	Débits prévus (1)		
								17/11/2022	+3j	+7j
	Saclas	Juine	is .		0,550	Bonne	HAUTE - 90			
F456042001							MEDIANE - 50			
	1000000						BASSE - 10			
		Puiseaux 0,100			0,010	Moyenne	HAUTE - 90			
H320331001	SaintHilaire sur Puiseaux		0,100	00			MEDIANE - 50			
							BASSE - 10		V.V.	
H332201001 Pannes	Pannes	Bezonde	0,200	0,066		Médiocre	HAUTE - 90			
					0,066		MEDIANE - 50			
	1.00.311600						BASSE - 10			
	G 97	1000 200	1 = 1 = .				HAUTE - 90			
H352201010	Courtempierre	Fusain	0,280		0,120	Bonne	MFDIANE - 50			
5	18-40 M2 - 18 (18 M) (18 M) (18 M) (18 M)			8 8			B/ SSF - 10			
H402203001 E	Boulancourt	Essonne			0,200	0 Bonn	HAUTE - 90			
							MEDIANE - 50			
			s				BASSE - 10		13	
									The second second	

Illustration : tableau présentant les tendances probabilistes de franchissement des seuils réglementaires pour le suivi de l'étiage, issues de la plate-forme Premhyce, après supervision semi-automatique

Ces éléments sont encore fournis à titre expérimental et sous mot de passe aux DDT du territoire de compétence de l'hydrométrie de la DREAL Centre – Val de Loire. Le retour sur leur usage est actuellement inexistant, malgré une sensibilisation annuelle systématique au début de la saison d'étiage. Une qualification des performances de cet outil, sur la base du rejeu de l'étiage 2019, historique, notamment sur les bassins du Cher et de l'Indre, devrait fournir des éléments objectifs pour illustrer l'intérêt de telles prévisions. Il est d'ailleurs probable que l'intérêt le plus grand pour la gestion de la ressource soit relatif aux prévisions à moyen terme et long terme, indicatrice d'une sensibilité plus ou moins grande à la sécheresse, indépendamment de prochains épisodes pluvieux ponctuels.

L'utilisation concrète de ces éléments, même qualifiés, reste toutefois limitée. En effet, à ce stade, il s'agit d'un élément, parmi d'autres, permettant de déclencher une pré-alerte, non restrictive. Le déclenchement de mesures de restriction réellement efficaces restent uniquement lié à des franchissements constatés des seuils réglementaires.

La DREAL Centre – Val de Loire est fortement positionné sur le suivi des situations d'étiage, que ce soit à travers la coordination des services de police de l'eau, le pilotage du soutien d'étiage sur la Loire et l'Allier ou la production de données pré-validées sur les stations réglementaires de suivi de l'étiage. La DREAL, notamment à travers l'activité de son service hydrométrie, prévision des étiages, des crues et des inondations, et ses hydrologues, cherche à développer de nouveaux outils ou méthodes permettant d'améliorer et faciliter son action administrative. Un important travail de sensibilisation des DDT à ces éléments parfois très techniques est toutefois encore nécessaire pour qu'ils soient utilisés utilement et à bon escient.

Posters session 2

P.2.1. Comment passer de l'anticipation des sécheresses hydrogéologiques à une gestion anticipée de cellesci ? (Cyril Bourgeois)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Bourgeois Cyril c.bourgeois@brgm.fr

Comment passer de l'anticipation des sécheresses hydrogéologiques à une gestion anticipée de celles-ci ?

How can we move from anticipating hydrogeological droughts to managing them in advance?

Auteurs: BOURGEOIS Cyril¹, MOUGIN Bruno², NEVERRE Noémie³

¹BRGM, 1039 Rue de Pinville, Montpellier, France, et UMR G-EAU, 361 Rue Jean-François Breton, Montpellier, France. Email : c.bourgeois@brgm.fr

²BRGM, 2 rue de Jouanet, Rennes, France. Email : b.mougin@brgm.fr

³BRGM, 1039 Rue de Pinville, 34000 Montpellier, France, et UMR G-EAU, 361 Rue Jean-François Breton, Montpellier, France. Email : n.neverre@brgm.fr

 Choix du thème/session : Sécheresse 2022, préfiguratrice des sécheresses de demain / Préparation aux sécheresses à venir

Mots clefs: Anticipation des sécheresses, gestion anticipée, système d'alerte précoce **Orateur:** Bourgeois Cyril/ c.bourgeois@brgm.fr

Le résumé doit être concis et doit présenter le but du travail, les résultats essentiels et la conclusion. Caractère times new roman 11.

But du travail

Ces dernières années se sont caractérisées par des situations de sécheresses prolongées et répétées, dont le dernier épisode en 2022 a conduit à la mise en œuvre de nombreux arrêtés préfectoraux dits « arrêtés sécheresse » entraînant des mesures de restriction des consommations d'eau sur la quasi-totalité du territoire français, voir même des interdictions pour certains usages (exemples : irrigation de certains types de cultures agricoles, nettoyage des véhicules, arrosage des terrains de sport, remplissage des

piscines...). Dans certains départements (par exemple le Finistère, le Var, la Corrèze, l'Aveyron) des communes ont même dû recourir à des camions-citernes pour pouvoir être alimentées en eau potable.

La présente communication se focalise sur les eaux souterraines.

Face à cette problématique récurrente, depuis quelques années, de nombreux systèmes d'alerte se sont mis en place pour tenter d'anticiper ces épisodes de sécheresse (<u>MétéEAU Nappes</u> en France, <u>Hydrological Outlook UK</u> au Royaume Uni). Si ces outils sont essentiels pour prévoir les niveaux piézométriques futurs et connaître les risques de sécheresses potentielles, leur application d'un point de vue de la gestion est limitée si elle ne s'accompagne pas de mesures permettant d'atténuer voire d'éviter les risques de sécheresses.

Si les stratégies de gestion anticipée de la ressource en eau souterraine sont propres à chaque territoire en fonction de leur spécificité et des caractéristiques de l'aquifère capté, deux questions semblent pertinentes à se poser :

- À quel moment faut-il anticiper la sécheresse ? C'est-à-dire à partir de quand peut-on, par une réduction des prélèvements, dévier suffisamment d'une trajectoire de baisse prévoyant un niveau piézométrique sous le seuil de crise sécheresse (et que le niveau de réduction de prélèvement n'engendre pas de coût disproportionnée face à ce risque) ?
- Quels sont les indicateurs pertinents à considérer pour gérer de façon anticipée le risque de sécheresse ?

On propose de traiter ces questions sur le territoire de la CABBALR (Communauté d'Agglomération de Béthune Bruay Artois Lys Romane) situé dans les Hauts-de-France et qui a fait l'objet d'une étude dans le cadre du projet INTERREG « Water for Tomorrow ». Ce territoire est l'un des plus vastes ensembles intercommunaux de France. Il est composé de 100 communes pour 280 000 habitants, sur un territoire de quelques 647 km². Sur celui-ci, la totalité de l'eau potable consommée est captée dans les nappes phréatiques du sous-sol à travers 35 points de forage, ce qui lui permet de produire près de 15 millions de mètres cubes d'eau par an et d'alimenter en eau potable la totalité du territoire. Les nappes phréatiques sont plutôt présentes dans le réservoir crayeux qui a une épaisseur comprise entre 60 et 120 m. Le focus sera porté sur le piézomètre de Mazingarbe, dont le comportement hydrogéologique, basé sur des cycles annuels de vidange et de recharge, est représentatif des piézomètres dans le contexte d'aquifère crayeux majoritaire sur le territoire.

Dans un premier temps, nous allons montrer qu'une gestion anticipée, même au début de période de vidange environ 3 mois avant la crise sécheresse peut s'avérer insuffisante, puis dans un second temps que le niveau de recharge de l'aquifère en fin d'hiver semble être un indicateur clef du risque à venir de sécheresse.

Résultat essentiels

L'anticipation en période de vidange

La CABBALR n'ayant pas connu historiquement de période de sécheresse sévère franchissant le seuil de crise (les autres seuils piézométriques sécheresse ont néanmoins été franchis en 2017 et 2019), nous avons construit une situation fictive illustrative se basant sur la dynamique du piézomètre de Mazingarbe. Dans cette situation, le seuil de crise serait franchi début juin, 2.5 mois après le début de la prévision (la crise ayant ensuite une durée de 2 mois). En faisant varier les prélèvements (existants autour du piézomètre) et la date à laquelle on commence à les faire diminuer (cf Figure1), on constate que seule une réduction drastique des prélèvements de 50% permettrait de l'éviter. Une réduction moins importante mais néanmoins significative de l'ordre de 25% permettrait seulement de limiter la durée de la crise (durée de 1 mois au lieu de 2).

S'il est donc techniquement possible d'éviter le franchissement du seuil de crise, cela demande des restrictions supérieures à celles atteignable par les arrêtés préfectoraux lorsque l'on est effectivement

en période de crise sécheresse. En l'absence d'une ressource de substitution disponible (eaux de surface, ou un aquifère proche avec une dynamique piézométrique différente), cela implique que cette anticipation est trop tardive pour pouvoir être efficace. Ainsi, dans le cas d'aquifères à cycle annuel, avec des saisons de vidange et de recharge, se concentrer sur la période de vidange revient à négliger la moitié de la dynamique du système.

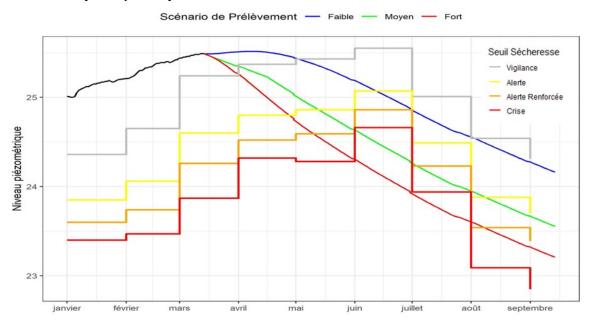


Figure 1 - Impact de réductions préventives des prélèvements sur le niveau piézométrique et sur l'atteinte du seuil de crise (les courbes verte et bleue illustrent respectivement les trajectoires de niveau de nappe correspondant à une réduction des prélèvements de 25 et 50%)

Quels indicateurs mettre en place?

Pour le piézomètre de Mazingarbe, la nappe suit des variations annuelles et pluriannuelles qui dépendent de son inertie et de son remplissage par les pluies. Une analyse de la chronique piézométrique permet de remarquer que les seuils sécheresses sont franchis les années où les niveaux piézométriques ont été les plus bas en fin de période de recharge (~26 m NGF). Le niveau de remplissage atteint à la fin de cette période de recharge semble donc être un facteur clé. En effet, en 2022, les seuils d'alerte n'ont pas été franchis alors que la vidange a été exceptionnelle (-3,2 m contre un maximum de -2,6 m les années précédentes). Cela est dû au fait que le niveau piézométrique en fin de recharge était relativement haut en mars 2022 (~27 m NGF). Par contre, dans le cas où cette pluviométrie ne serait pas au rendez-vous lors du présent hiver 2022/2023 (exemple d'une prévision de niveau de nappe tenant compte d'une pluviométrie avec période de retour 10 ans sec), le niveau piézométrique ne remontrait que vers 26 m NGF. Une vidange de l'aquifère identique à l'été 2022 qui se déroulerait en 2023 entraînerait alors un passage prolongé sous le seuil de crise, entraînant des restrictions d'usages de l'eau. Une sécheresse de type 2019 conduirait à une situation à peine meilleure (cf Figure 2).

Le niveau de recharge de la nappe semble donc être un facteur clé à regarder pour les politiques de gestion anticipée de la sécheresse. En effet, la hauteur des niveaux piézométriques en fin de période de recharge pourrait être une sorte d'assurance pour éviter la sécheresse estivale à venir ou au contraire un signal d'alarme.

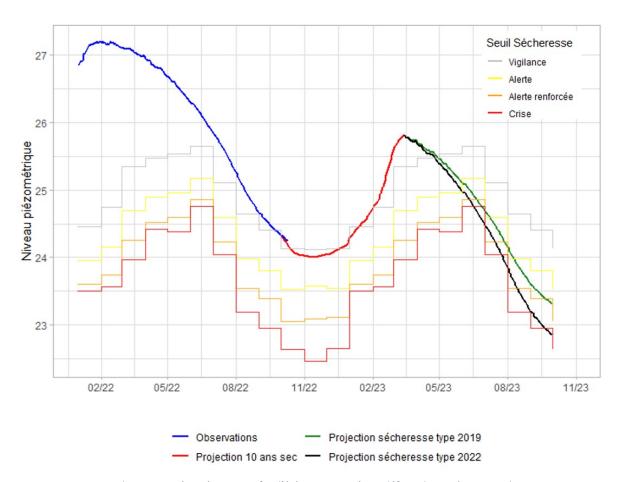


Figure 2 - Projection du niveau piézométrique en fin d'été 2023 suite à un déficit pluviométrique en hiver 2022. En noir : projection d'une baisse de niveau similaire à 2022, en vert : similaire à 2019 ou 2017 (la courbe rouge correspond à une prévision sur 6 mois avec une pluviométrie de période de retour 10 ans sec)

Peut-on agir dès la période de recharge hivernale pour éviter la crise sécheresse ?

Ce niveau de recharge minimum à atteindre peut s'anticiper, grâce à des systèmes d'alerte précoce comme MétéEAU Nappes, de la même façon que ceux-ci peuvent anticiper un risque de sécheresse estivale. Sur le site de Mazingarbe, les projections réalisées montreraient qu'une baisse des prélèvements de l'ordre de 50% effectuée dès la fin de la période d'étiage (entre mi-octobre et fin novembre) permettrait de relever le niveau piézométrique d'environ +1 m NGF et de pouvoir ainsi affronter une période de sécheresse comme celle de 2022 en évitant des passages prolongées sous le seuil de crise. Bien évidemment, on est encore sur des niveaux de réductions relativement importants et difficiles à mettre en œuvre. Cela dit, les options pour économiser l'eau en hiver s'avèrent plus nombreuses. Contrairement à la période estivale, les eaux de surface peuvent être mobilisables, ce qui est le cas sur la CABBALR grâce à la rivière de la Lys. D'autres aquifères voisins (exemple de la nappe crayeuse captive) se retrouvant parfois en situation de débordement pourraient également être mobilisés. Ces options de substitution permettraient d'atténuer, par un phénomène de report spatial, l'impact d'une baisse des prélèvements. De plus, d'autres politiques plus structurelles et ayant plus d'impact en période hivernale, comme celle favorisant l'infiltration pourrait influer directement sur le niveau de recharge, et par conséquent diminuer l'objectif de réduction des prélèvements.

Conclusion

Bien que soumis à des incertitudes, en premier lieu desquelles se trouvent les conditions météorologiques à venir, les conclusions sur le territoire de la CABBALR tendant à suggérer les points suivants :

- Une anticipation printanière de la crise sécheresse peut être trop tardive pour permettre d'éviter la crise.
- Le niveau de remplissage de l'aquifère atteint en fin d'hiver parait être un indicateur clé à anticiper pour estimer le risque de sécheresse estivale.
- Des actions peuvent être menées dès la période automnale pour favoriser la recharge de l'aquifère en tant qu'assurance contre le risque de sécheresse.

Ces actions, à court-terme, concernent principalement la réduction des prélèvements dans le milieu. Cependant, si on entend par réduction des prélèvements la réduction de la consommation en eau, les solutions paraissent limitées sans action structurelle : de l'ordre de 5 à 15% des prélèvements totaux (Rapport CGEDD n°012985-01). Par contre, d'autres type de réductions de prélèvements sur le milieu sont envisageables.

Par exemple, pour les territoires où cela est possible, en hiver prélever l'eau en rivière plutôt que dans les nappes d'eau souterraine. Cela peut favoriser la remontée des niveaux piézométriques pendant la période de recharge, et ainsi de disposer d'une assurance plus importante en cas de sécheresse estivale, quand les prélèvements en rivière ne sont pas possibles faute de débit suffisant. Cela nécessite cependant des investissements conséquents, car cela demande de repenser le schéma d'approvisionnement en eau, et l'eau surface est en général plus coûteuse à traiter pour la rendre potable car de moins bonne qualité. Cela nécessite également d'étudier les interactions existantes entre eaux de surface et eaux souterraines.

P.2.2. Étude de l'influence des eaux souterraines sur la résilience des rivières françaises par la plateforme de modélisation AquiFR (Luca Guillaumot)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Guillaumot Luca luca.guillaumot@meteo.fr

Étude de l'influence des eaux souterraines sur la résilience des rivières françaises par la plateforme de modélisation AquiFR Study of groundwater control on the resilience of French rivers using the AquiFR modelling platform

GUILLAUMOT Luca¹, MUNIER Simon¹, LE MOIGNE Patrick¹, ABHERVE Ronan², VERGNES Jean-Pierre³ & HABETS Florence⁴

¹CNRM, Université de Toulouse, Météo-France, CNRS, Toulouse, France

²Univ Rennes / CNRS, Géosciences Rennes, 263 Av. Général Leclerc, 35042 Rennes, France ³BRGM, 45060 Orléans Cedex 2, France

Choix du thème/session : Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022 / Performance des modèles de prévision et d'anticipation

Mots clefs: modélisation, hydrogéologie, interactions nappe-rivière, **Orateur:** Guillaumot Luca / <u>luca.guillaumot@meteo.fr</u>

L'année 2022 a été caractérisée par un important déficit de précipitation sur l'ensemble des bassins versants modélisés par la plateforme de modélisation hydrogéologique nationale AquiFR (~1/3 de la France). Il en a découlé un déficit de recharge des nappes d'eau souterraine de février à mai 2022 en dépit d'une recharge plutôt moyenne jusqu'en janvier 2022. De par leur inertie, les nappes restituent l'eau stockée durant la saison humide de façon diffuse dans le temps, ce qui permet d'alimenter les cours d'eau jusqu'au début de la saison humide suivante. Cette redistribution de l'eau est critique puisqu'elle conditionne la présence d'eau dans les rivières ainsi que leur continuité hydrologique tout au long de l'année. Chaque été en France, une part importante du réseau hydrographique s'assèche car n'étant plus supportée ni par le ruissellement superficiel ni par les nappes. Un grand nombre de cours d'eau se sont progressivement asséchés au cours de l'année 2022 comme notamment montré les observations des étiages du réseau (https://onde.eaufrance.fr/acces-aux-donnees/france/2022-09). Les cours d'eau en tête de bassin seraient les principaux et premiers touchés car drainant de plus petites surfaces. Nous proposons donc d'étudier l'étendue de l'assèchement du réseau hydrographique

⁴Ecole Normale Supérieure, Institut Pierre Simon Laplace, CNRS, 75005 Paris, France

français ainsi que sa dynamique en utilisant les simulations de la plateforme AquiFR. De manière générale nous posons la question de la résilience des cours d'eau français aux sécheresses.

Conceptuellement, les eaux souterraines alimentent le réseau hydrographique de surface lorsque le niveau d'eau de la nappe intersecte la surface du sol. L'apport des nappes peut alors avoir lieu sous les rivières si le niveau de nappe est supérieur au niveau d'eau dans la rivière, au droit des sources à l'extrême amont des rivières, ou plus occasionnellement en dehors du réseau hydrographique. Dans ce dernier cas, l'eau peut soit stagner en surface soit s'écouler selon la pente et rejoindre un cours d'eau. La dynamique des niveaux de nappe dépend de plusieurs facteurs tels que le climat, la géomorphologie, la géologie ou encore l'activité humaine. La capacité à simuler ces niveaux de nappe convenablement dans le temps et l'espace reste difficile de par l'hétérogénéité du sous-sol. La difficulté est d'autant plus grande à l'échelle régionale du fait de l'utilisation de résolutions spatiales plus grossières (0,1-10 km typiquement) et d'une moins bonne connaissance du territoire. Les modèles hydrogéologiques sont exclusivement calibrés et validés sur des mesures de niveau de nappe dans les puits et sur des débits de rivière plutôt en aval des bassins, voire sur des données gravimétriques GRACE. Les modèles hydrologiques se focalisent quant à eux sur les débits de rivière voire sur des mesures satellitaires d'humidité du sol. Ces modèles reposent sur des réseaux de rivière prédéfinis ou bien considèrent que le ruissellement et les apports de nappe s'écoulent dans le sens de la pente sans simuler explicitement les rivières. Il en résulte que les modèles hydro(géo)logiques sont rarement évalués sur leur capacité à reproduire les écoulements de l'eau dans les tronçons de rivière ou les zones humides. Finalement, en dépit de son importance, la question de la représentation des cours d'eau et de leur résilience aux sécheresses a été sous-évaluée pour des raisons techniques et la difficulté de rassembler les observations nécessaires. Ces deux verrous sont abordés dans nos travaux.

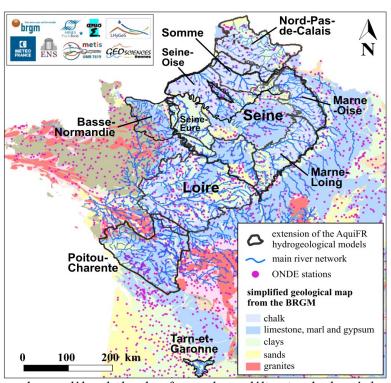


Figure 1: Carte des modèles de la plateforme de modélisation hydrogéologique AquiFR.

La plateforme AquiFR (https://www.geosciences.ens.fr/recherche/projets/aqui-fr) permet de simuler les niveaux de nappe et les débits de rivière sur plusieurs bassins français (Figure 1). Elle rassemble des connaissances hydrogéologiques sur différentes régions au sein de modèles numériques développés par le BRGM et différents partenaires

académiques. Elle bénéficie également de l'expérience de Météo-France qui fournit les taux de recharge des nappes et de ruissellement à pas journalier grâce au modèle de surface SURFEX. Depuis 2021, la plateforme fournit en temps réel une prévision à 6 mois des niveaux de nappe en se basant sur les prévisions saisonnières météorologiques. AquiFR permet donc d'avoir une vision globale de l'état des nappes en France. De par sa description physique des nappes d'eau souterraine et sa couverture spatiale, la plateforme AquiFR est également le seul outil permettant d'étudier la dynamique spatiale et temporelle des apports de nappe aux cours d'eau sur plusieurs grands bassins versants.

En complément, nous comparons, pour la première fois à cette échelle, les résurgences de nappe simulées à deux jeux d'observation originaux : (1) le réseau hydrographique issu de la BD TOPO® (https://geoservices.ign.fr/bdtopo) et (2) les observations de l'écoulement des cours d'eau de l'Observatoire National Des Étiages (ONDE). La comparaison avec la BD TOPO permet de vérifier la cohérence entre la présence ou l'absence de cours d'eau et les niveaux simulés des nappes (Figure 2C). La comparaison avec les données ONDE permet de vérifier la cohérence entre l'assèchement des cours d'eau et la déconnexion des nappes avec la surface au cours du temps (Figures 2A et 2B). Ces deux jeux de données sont donc très complémentaires, la BD TOPO fournissant une information spatialisée et ONDE fournissant des informations plus ponctuelles mais temporelles. Finalement, ces travaux extrapolent les observations locales du réseau ONDE dans le temps et l'espace grâce à la modélisation numérique des nappes. Ils permettront de corriger les éventuels biais d'observation du réseau ONDE dus à l'échantillonnage préférentiel des petits ruisseaux intermittents et de mieux estimer l'ampleur du phénomène d'intermittence des cours d'eau. Les modèles rassemblés au sein de la plateforme AquiFR permettront ensuite d'évaluer la résilience des cours d'eau aux futures sécheresses.

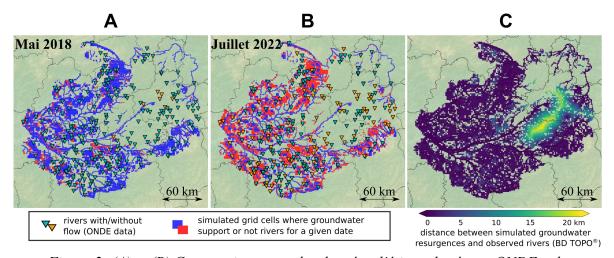


Figure 2: (A) et (B) Comparaison entre les données d'étiage du réseau ONDE et le tarrissement des résurgences de nappe simulées avec AquiFR sur une partie du bassin de la Loire à deux dates différentes. Les mailles affichées sont celles où le modèle simule un apport de nappe aux rivières de façon récurrente (bleu si il y a un apport de nappe à la date indiquée, rouge sinon). (C) Comparaison entre les résurgences de nappe simulées et la présence de cours d'eau selon les données de la BD TOPO®.

À titre d'exemple, les modèles hydrogéologiques révèlent que les étiages de 2022 sont assez variables entre les régions. Suite à un déficit de recharge depuis février 2022 sur toutes les régions modélisées, le nombre de résurgences de nappe alimentant les rivières a rarement été aussi faible depuis 1958 en Poitou-Charentes, Nord-Pas-de-Calais, et Tarn-et-Garonne et dans une moindre mesure dans les secteurs Loire et Marne-Oise (voir localisation sur la *Figure 1*). En revanche, les assèchements semblent moins marqués dans les secteurs Somme, Seine, Seine-Eure, Seine-Oise et Marne-Loing, ce qui illustre une certaine résilience des nappes à ce genre d'épisode de sécheresse.

P.2.3. Prédiction de niveaux piézométriques à partir d'algorithmes d'intelligence artificielle sur le département de la Manche : retour d'expérience sur l'été 2022 (Jean Luchier)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Prédiction de niveaux piézométriques à partir d'algorithmes d'intelligence artificielle sur le département de la Manche : retour d'expérience sur l'été 2022, Jean LUCHIER Paris, 8&9 Mars 2023

Jean LUCHIER jean.luchier@imageau.com

Prédiction de niveaux piézométriques à partir d'algorithmes d'intelligence artificielle sur le département de la Manche : retour d'expérience sur l'été 2022

Groundwater level forecasting based on artificial intelligence on the Manche region: feedback on summer 2022

Auteurs: FERRAOUN Rafik¹, HAMEL Mickaël², LUCHIER Jean¹

¹imageau (SAUR), 102 Allée de l'Amérique Latine 30900 Nîmes, France, e-mail: <u>jean.luchier@imageau.com</u>, <u>rafik.ferraoun@imageau.com</u>,

² SDEAU 50, 110 rue de la Liberté 50000 St-Lô, France, e-mail: mhamel@sdeau50.fr

Choix du thème/session : Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022 – Performance des modèles de prévision et d'anticipation

Mots clefs: IA, Sécheresse, modélisation, hydrogéologie, eaux souterraines Orateur: Jean LUCHIER, jean.luchier@imageau.com

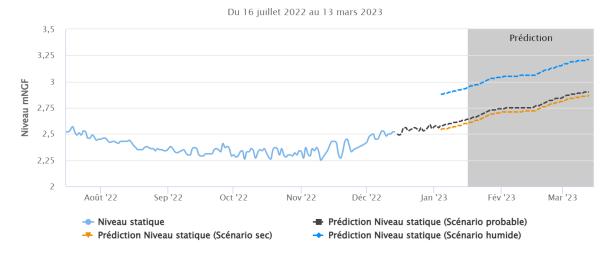
En 2022, une sécheresse hydrologique a frappé l'ensemble de la France métropolitaine. Après une recharge hivernale courte et peu active, l'été long et caniculaire a induit une pression forte sur les eaux souterraines, et est venu accentuer davantage les conflits d'usage de l'eau. A cause du changement climatique, des épisodes de sécheresse similaires sont amenés à devenir plus fréquents, les acteurs de l'eau doivent donc être mieux outillés pour y faire face.

Afin de préparer au mieux les périodes de basses eaux, et d'anticiper les situations de crise, les collectivités ont besoin d'outils leur donnant des prédictions sur les niveaux des eaux de surface ou des eaux souterraines. Aujourd'hui, la plupart des modèles de prédiction utilisés sont des modèles physiques, reproduisant le fonctionnement d'une rivière ou d'un aquifère, et alimentés par des données de prévision météo. Ces modèles sont souvent lourds, couteux, difficilement déployable à grande échelle et peu fiables à plusieurs mois d'échéance.

Toutefois, l'émergence des sciences de la donnée nous offre une nouvelle approche pour prédire le niveau des nappes. Contrairement à un modèle physique, un modèle d'Intelligence Artificielle (IA) une fois entraîné est plus frugal, et peut être plus simplement déployé sans demander une grande puissance de calcul. C'est pourquoi un modèle utilisant plusieurs méthodes d'IA a été développé par imageau en

collaboration avec le Syndicat des Eaux de la Manche (SDEAU 50), et permet de donner des prédictions sur le niveau des nappes jusqu'à 90 jours.

Niveau statique - Piézomètre Forage du marais de la Grosnière (Saint-André-de-Bohon) - 50



Ce modèle est déployé sur 10 piézomètres du département de la Manche depuis le printemps 2021, et donne quotidiennement au travers de la plateforme EMI des prédictions actualisées pour les 90 prochains jours. Ce modèle est en réalité composé de plusieurs sous-modèles en fonction de l'échéance de prédiction :

- A court terme (moins de 20 jours), des modèles de Machine Learning s'appuyant sur des données météo sont utilisés
- A moyen et long terme (20 à 90 jours), c'est un modèle statistique additif qui a été choisi

Ainsi, en 2022 par exemple, le SDEAU 50 a pu s'appuyer sur ce modèle pour anticiper des transferts d'eau entre ses unités de distribution pendant l'été. Si le modèle est globalement performant en conditions normales, et notamment dans des conditions similaires à sa période d'entrainement (entre 2000 et 2021), les conditions exceptionnelles de l'année 2022 (une recharge courte et peu active, suivie de fortes chaleurs et d'un fort déficit pluviométrique) ont compliqué ce travail de prédiction. A moins de 20 jours, la prédiction est restée globalement de bonne qualité, mais des erreurs importantes ont été observées sur la prédiction du niveau à 90 jours, car le modèle (basé sur approche statistique) a surestimé la recharge hivernale.

Ce retour d'expérience montre qu'il est possible d'utiliser l'IA pour faire des prédictions sur les eaux souterraines, et que sous certaines conditions, les résultats obtenus par le modèle sont fiables, transposables d'un site à l'autre, et déployables à grande échelle. Toutefois, la robustesse de ce modèle dans des conditions de sécheresse exceptionnelles, telles qu'observées en 2022, doit être renforcée, notamment pour des prévisions à 3 mois. Imageau travaille à l'amélioration de ce modèle en essayant d'autres méthodes d'IA pour prédire les niveaux d'eau à cette échéance.

P.2.4. Le jumeau numérique de bassin versant, un outil au service de la gestion intégrée de la ressource en eau (Raphaël Lamouroux)



« Sécheresse & Étiages 2022 » « Avancées, valorisation et perspectives » Paris, 8&9 Mars 2023

Lamouroux Raphaël - raphael.lamouroux@edf.fr

Le jumeau numérique de bassin versant, un outil au service de la gestion intégrée de la ressource en eau (Easing integrated water resources management thanks to watershed digital twins).

Auteur : LAMOUROUX Raphaël¹

¹EDF R&D, LNHE, 6 quai Watier 78400 Chatou, France, raphael.lamouroux@edf.fr

Choix du thème/session : <u>Poster</u> pour le thème 3b (*Sécheresse 2022, préfiguratrice des sécheresses de demain : préparation aux sécheresses à venir*)

Mots clefs : modélisation hydrologique, gestion multi-usages, gestion intégrée de la ressource en eau, aide à la décision.

Orateur: (Raphaël Lamouroux, raphael.lamouroux@edf.fr)

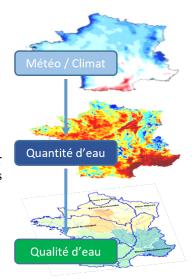
Les effets du changement climatique sur la ressource en eau (modification du cycle de l'eau, étiages, crues sévères...), les évolutions des activités anthropiques (prélèvements en eau pour l'agriculture, pour l'eau potable, rejets industriels...) et la dégradation des milieux engendrent une tension accrue sur la ressource en eau. Or l'eau est une ressource fondamentale, en particulier pour le secteur de l'énergie (production hydroélectrique et refroidissement des centrales nucléaires) au sein duquel EDF occupe une place majeure en France en tant que producteur, mais également en tant que gestionnaire de la ressource en eau (gestion des réservoirs hydro-électriques). Le changement climatique renforce les tensions déjà observées autour de son utilisation, tensions qui auront à terme des impacts importants sur le fonctionnement et la gestion des moyens de production d'électricité en France.

Pour faire face à ces enjeux, les gestionnaires et utilisateurs de la ressource en eau sont en recherche d'une capacité de prévision (court terme et long terme) et de gestion de la ressource en eau. Cet objectif passe par le développement de la capacité à représenter la distribution naturelle (débits, niveaux des nappes ...) et anthropique (prélèvements, gestion de retenues...) de la ressource en eau, que ce soit quantitativement (volumes d'eau, débits ...) et qualitativement (température, oxygène dissous, nutriments...).

Dans le cadre du projet **VisiEau** de la R&D d'EDF, le développement de **Jumeaux Numériques de bassin versant** propose d'apporter une solution méthodologique à ce besoin de prévision, de dialogue et d'adaptation. EDF s'appuie pour cela sur une longue expérience dans le domaine des modèles numériques performants et de l'acquisition de séries de données. Les jumeaux numériques de bassin versant se fondent sur une capitalisation et une mise en forme des données de surveillance, une modélisation numérique de l'anthropo-hydrosystème et une capacité d'optimisation. Ces jumeaux numériques ont pour objectif de mettre à disposition en tout point de l'espace et à tout instant une

description de la qualité et de la quantité d'eau, afin de pouvoir proposer la construction de stratégies de gestion dédiées à l'optimisation de l'utilisation de la ressource en eau.

La mise en œuvre de ces jumeaux se base sur l'agrégation autour d'un modèle hydrologique spatialisé de différentes briques de simulation représentative des différents usages de l'eau (usages agricoles et industriels) et de sa gestion (optimisation de la ressource). L'alimentation à l'aide de données descriptives de scénarios représentatifs de l'évolution climatique permet de quantifier la relation entre l'évolution des usages et le renforcement des tensions sur la ressource. A terme, l'intégration de modèles représentants l'évolution de l'état biogéochimique de l'eau permet d'avoir pour objectif la mise à disposition d'informations autour de l'évolution de la qualité des masses d'eau (c.f. schéma ci-contre).



P.2.5. Suivi, anticipation et prévision de la sécheresse 2022 des nappes (Violaine Bault)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Suivi, anticipation et prévision de la sécheresse 2022 des nappes, Bault V. et al.

Paris, 8&9 Mars 2023

BAULT Violaine v.bault@brgm.fr

SUIVI, ANTICIPATION ET PREVISION DE LA SECHERESSE 2022 DES NAPPES MONITORING, ANTICIPATION AND FORECAST OF THE 2022 GROUNDWATER DROUGHT

Auteurs : BAULT Violaine¹, LAURENCELLE Marc², NICOLAS Jérôme³, & MOUGIN Bruno⁴

¹BRGM DEPA/EVE, 3 avenue Claude-Guillemin - BP 36009 - 45060 ORLÉANS Cedex 2, France, v.bault@brgm.fr

²BRGM DEPA/EVE, 3 avenue Claude-Guillemin - BP 36009 - 45060 ORLÉANS Cedex 2, France, m.laurencelle@brgm.fr

³BRGM DEPA/EVE, 3 avenue Claude-Guillemin - BP 36009 - 45060 ORLÉANS Cedex 2, France, j.nicolas@brgm.fr

⁴BRGM DAT/DRREN, Atalante Beaulieu - 2 rue de Jouanet - 35700 RENNES, France, b.mougin@brgm.fr

Choix du thème/session : 1/ Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: retour d'expérience, suivi des nappes, anticipation des sécheresses, prévisions des niveaux piézométriques, outils d'aide à la décision Orateur: Bault Violaine / v.bault@brgm.fr

Analyse de la sécheresse 2022

La situation des nappes en fin de période de recharge, soit au milieu du printemps, dépend du niveau des nappes lors de l'étiage précédent, des pluies efficaces infiltrées en profondeur lors de l'automne et l'hiver (recharge) et de la cyclicité des nappes.

Suite à une période de recharge 2020-2021 excédentaire et à plusieurs épisodes inhabituels de recharge entre mai et juillet 2021, l'étiage de l'automne 2021 a été très favorable, avec des niveaux généralement au-dessus des normales mensuelles. Seules exceptions, la Corse, la Provence et la région de Montpellier-Nîmes ont subi un étiage plus sévère du fait de pluies efficaces déficitaires en 2020 et 2021.

La recharge 2021-2022 s'est révélée très déficitaire sur la plupart des nappes, en moyenne de -70% par rapport à une recharge normale de 100%. La période de recharge a été écourtée puisqu'elle s'est terminée entre janvier et mars, soit avec 2 à 3 mois d'avance, seuls quelques secteurs ont été épargnés : Ainsi, à la sortie de l'hiver, la situation était dégradée avec environ un tiers du territoire qui affichait des niveaux sous les moyennes mensuelles. Les nappes ont cependant réagi différemment à cette recharge déficitaire selon leur cyclicité.

Les nappes inertielles, à cyclicité pluriannuelle, ont été moins impactées par la recharge déficitaire et leur état s'est peu dégradé. Les nappes réactives, à cyclicité annuelle, sont sensibles aux pluies infiltrées. Les écoulements sont rapides au sein de l'aquifère. L'absence de pluie a fortement impacté ces nappes : la situation s'est rapidement dégradée à partir de février.

En conséquence, une grande partie des nappes affichaient des niveaux modérément bas à très bas dès le début du printemps. Seules les nappes inertielles ainsi que les nappes réactives ayant bénéficié d'une recharge proche des normales présentaient des niveaux proches à au-dessus des moyennes mensuelles.

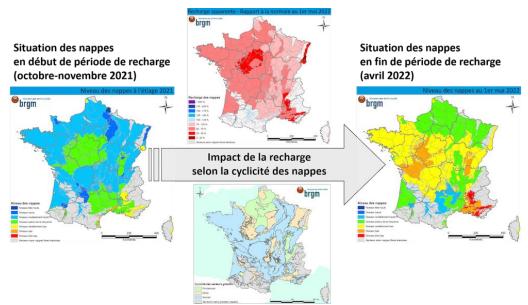


Figure 1 – Situation des nappes en début de printemps 2022, conséquence d'une recharge 2021-2022 déficitaire

La fin de l'hiver et le début du printemps sont une période charnière pour les nappes. Les épisodes de recharge apportés à cette époque permettent de repousser le début de la vidange des nappes. Au printemps 2022, l'absence de précipitation notable, la reprise précoce de la végétation et l'augmentation de l'évapotranspiration ont fortement impacté l'état des nappes. Tout d'abord, les pluies s'infiltrant dans le sol ont été peu efficaces pour assurer une recharge des nappes. Ensuite, les demandes en eau pour l'irrigation ont été importantes du fait de l'absence de pluies et d'une évapotranspiration importante. Des dégradations rapides des niveaux des nappes se sont observées sur de nombreux secteurs fortement sollicités par des prélèvements.

Durant l'été 2022, les niveaux des nappes sont restés en baisse et la situation s'est dégradée. Cependant, la diminution de la demande en eau (irrigation essentiellement), liée à la prise précoces d'arrêtés préfectoraux de restrictions d'usage de l'eau, a eu un effet positif en diminuant les volumes prélevés réduisant ainsi la pression sur les eaux souterraines. La décharge a été généralement moins intense et l'état de la plupart des nappes s'est ainsi dégradé moins rapidement qu'habituellement.

Durant l'été et jusqu'à l'étiage, la situation est demeurée préoccupante sur un grand nombre de nappes affichant des niveaux bas à très bas. La situation était particulièrement inquiétante, avec des niveaux localement très bas au centre-ouest (Charente, Poitou, Brenne, Maine, Touraine) et au sud-est (Bas-Dauphiné, Provence et Côte d'Azur).

L'étiage 2022 s'avère le plus intense jamais enregistré sur de nombreuses nappes. A titre d'exemple, les nappes des calcaires karstiques du Vaucluse et du centre Var se sont retrouvées en phase de tarissement. La nappe des alluvions et formations tertiaires du Var s'est déconnectée des eaux superficielles et n'a alors plus joué son rôle de régulateur de débit. Le BRGM développe actuellement des outils de visualisation permettant de repositionner l'année 2022 par rapport à des années antérieures.

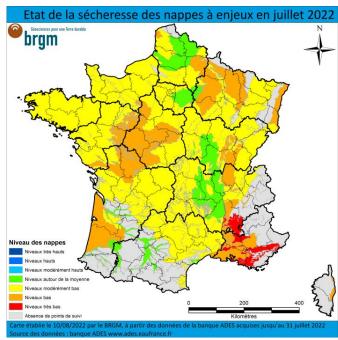


Figure 2 – Situation des nappes en juillet 2022

Les outils de suivi des nappes et de caractérisation de la sécheresse

Le suivi des niveaux des eaux souterraines est assuré par un réseau de plus de 1800 piézomètres dans le cadre de la directive cadre sur l'eau (directive 2000/60/CE). Environ 1700 piézomètres sont gérés par le BRGM. Les données collectées quotidiennement sont en accès libre et gratuit sur le site ADES (https://ades.eaufrance.fr/) et sont diffusées dès leur réception par une API disponible sur Hub'eau (https://hubeau.eaufrance.fr/). Elles permettent de connaître le niveau des nappes en temps réel mais également grâce à des chroniques de données longues (jusqu'à plus de 100 ans) de produire des indicateurs de suivi.

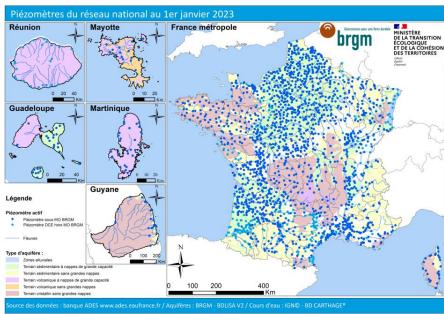


Figure 3 – Réseau piézométrique national

Parmi ces outils, l'Indicateur Piézométrique Standardisé (IPS) permet de qualifier l'écart à la moyenne des niveaux piézométriques d'une chronique. L'IPS représente l'évolution du niveau piézométrique, au

droit d'un point d'eau, comparativement aux mêmes mois des années antérieures. Autrement dit, il permet de positionner le niveau piézométrique moyen mensuel par rapport à ceux de l'ensemble de la série. L'IPS est disponible en ligne sur le site ADES depuis janvier 2017 (https://ades.eaufrance.fr/Spip?p=ips).

L'IPS est utilisé depuis 2017 comme indicateur d'état quantitatif des eaux souterraines lors de la réalisation des bulletins de situation hydrologique (BSH) nationaux et locaux. Il est également exploité pour quantifier la sévérité (durée et intensité) d'un événement extrême par rapport aux événements passés.

Depuis 1998, le BRGM est chargé par le Ministère en charge de l'environnement de l'élaboration du bulletin de situation hydrologique (BSH) sur les nappes. Ce bulletin est constitué d'un ensemble de cartes, de graphiques d'évolution et de leurs commentaires qui présentent la situation quantitative (IPS) et les tendances des nappes souterraines à une date donnée. Le BSH nappes est réalisée à plusieurs échelles (nationale, bassin, régionale et départementale) et à un pas de temps généralement mensuel. A l'échelle nationale, le territoire français est découpé par secteurs à comportement hydrogéologique homogène (géologie, cyclicité), associés à des piézomètres représentatifs (clustering).

L'objectif principal du BSH nappes est de mettre à la disposition des principaux acteurs, un bilan synthétique sur l'évolution des ressources en eau souterraine. Il permet notamment de coordonner les actions de communication et de décider d'une politique sur les mesures préventives voire compensatrices. Le BSH nappes constitue également un outil de communication à destination des utilisateurs de l'eau (sociétés de distribution d'eau, agriculteurs, industriels, presse, public...) souhaitant connaître l'état quantitatif des eaux souterraines. Ainsi, il fournit à un public non spécialiste une image régulière, synthétique et lisible de la situation quantitative des eaux souterraines.

Les niveaux mesurés sur certains piézomètres peuvent conditionner la mise en place de restrictions des usages de l'eau mis en place dans le cadre d'arrêtés préfectoraux.

Le BRGM a développé des méthodologies robustes permettant de choisir les piézomètres représentatifs du système aquifère pour caractériser la sécheresse (clustering, corrélogramme croisé avec débit, etc). Les seuils sécheresse sont fixés à partir d'une analyse statistique (fréquence d'occurrence, IPS, seuil historique) ou en fonction de contraintes à respecter sur les débits des cours d'eau dont le soutien d'étiage est assuré par la nappe ou sur le risque de dénoyage de la pompe d'un forage d'eau potable.

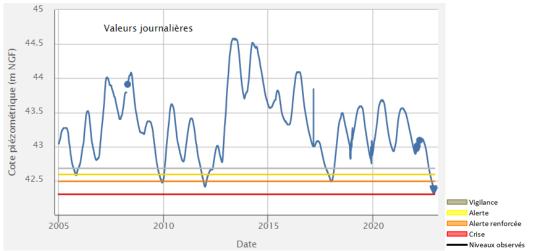


Figure 4 – Seuils sécheresse définis sur le piézomètre de Brion (Nappe des sables du Cénomanien du Maine)

Les outils d'anticipation

En 2020, à la demande du Ministère en charge de l'Environnement, une première carte du « risque sécheresse » sur les nappes a été réalisée début mai. Les résultats de cette carte sont globalisés à l'échelle départementale pour être compilés par le Ministère avec des données sur le déficit pluviométrique, la sécheresse des sols et la sécheresse hydrologique (https://www.ecologie.gouv.fr/secheresse-reunion-du-comite-danticipation-et-suivi-hydrologique). Le

Ministère en charge de l'Environnement peut ainsi communiquer auprès des élus et services de l'Etat locaux, des gestionnaires et des utilisateurs de l'eau sur la disponibilité de la ressource en période estivale.

La détermination du risque sécheresse sur les nappes repose sur la situation des nappes en fin de période de recharge, c'est-à-dire sur l'IPS d'avril, sur des prévisions saisonnières de Météo France et sur les prévisions issues de modèles hydrogéologiques globaux et maillés. L'expertise locale des hydrogéologues régionaux du BRGM s'avère indispensable pour valider la cohérence des résultats.

En 2022, les prévisions saisonnières de Météo France privilégiaient un scénario plus chaud que la normale sur l'ensemble du territoire et plus sec que la normale sur la moitié sud. La carte du risque sécheresse sur les nappes a été construite sur une hypothèse pessimiste, en considérant que la situation des nappes devrait continuer à se dégrader durant les prochains mois. 80 départements ont été classés avec un risque fort à très fort. Cette anticipation s'est avérée correcte à 86%, puisque ces 80 départements mais également 13 départements en risque faible ont pris des restrictions durant l'été.

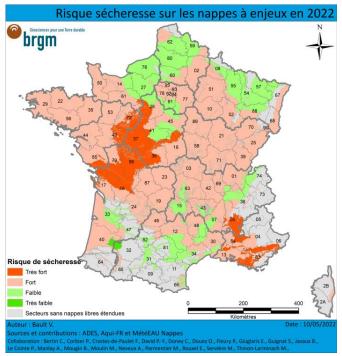


Figure 5 – Carte d'anticipation du risque sécheresse sur les nappes à enjeux en 2022

Les outils de prévision

Des outils prévisionnels et d'aide à la décision ont été développés par le BRGM pour proposer une gestion de situations hydrogéologiques extrêmes sur des secteurs à enjeux en matière de disponibilité de la ressource en eau souterraine.

Afin d'anticiper les niveaux des nappes en période d'étiage, le BRGM met à jour le site MétéEau Nappes (https://meteeaunappes.brgm.fr/) avec les nouveaux modèles globaux (Gardenia – BRGM©) qui sont développés. Les prévisions proposées sont actualisées automatiquement. Ces données prévisionnelles, proposées pour une période de 6 mois selon plusieurs scénarii de pluie et de prélèvements, sont comparées aux mêmes seuils statistiques que ceux utilisés dans le bulletin des nappes (Indicateur Piézométrique Standardisé) et aux éventuels seuils sécheresse définis sur le piézomètre.

Ces prévisions permettent une meilleure gestion de situations hydrogéologiques extrêmes et une meilleure anticipation d'éventuelles tensions sur la ressource en eau.

La partie cartographique du site permet de réaliser un BSH prévisionnel sur les piézomètres disponibles.



Figure 2 – Prévisions MétéEAU Nappes à septembre 2022, lancées au 01/04/2022, alimentées par des jeux météos statistiques

Conclusion

L'année 2022 a été marquante au niveau de l'intensité et de la durée de la sécheresse sur les nappes. Le retour d'expérience montre qu'il est indispensable d'anticiper le plus tôt possible, dès la fin de la période de recharge, le risque d'une sécheresse sur les ressources en eau. La surveillance des niveaux piézométriques et les outils d'anticipation et de prévision mis en place par le BRGM au niveau national et local ont permis d'anticiper les périodes de crises dès la sortie de l'hiver, de prendre des mesures afin de gérer cette situation exceptionnelle et de mesurer l'impact des prises de décision.

Toutefois, les outils du BRGM ne se sont pas montrés suffisamment pessimistes sur certains secteurs. En effet, ils n'ont pas été en capacité d'intégrer certains évènements inhabituels, tels que des niveaux historiquement bas, des prélèvements importants durant le printemps engendrant une dégradation plus rapide qu'ordinairement des niveaux, l'impact des restrictions des usages de l'eau durant l'été se traduisant par une courbe de décharge plus lente. Les modèles de prévisions vont être recalés pour intégrer les évènements de 2022 et ainsi être en capacité de les modéliser et de les reproduire en prévisions.

La sécheresse 2022 a également mis en exergue certains secteurs lacunaires en terme de surveillance des eaux souterraines, notamment en tête de bassin versant. Des outils robustes devraient également être développés ou améliorés afin de caractériser les épisodes de sécheresse et de les comparer aux années antérieures.

P.2.6. Incertitudes et décisions dans la gestion du soutien d'étiage (Brunon Coupry)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Incertitudes et décisions dans la gestion du soutien d'étiage, Coupry, Paris, 8&9 Mars 2023

GAUTHIER Alain alain.gauthier@eaucea.fr

INCERTITUDES ET DECISIONS DANS LA GESTION DU SOUTIEN **D'ETIAGE** UNCERTAINTIES AND DECISION HANDLING IN WATER SUPPLY **DURING LOW FLOW PERIOD**

Auteurs: COUPRY Bruno¹, CAU Marion² & GAUTHIER Alain³

¹EAUCEA, 72 rue Riquet, 31400 Toulouse, France, bruno.coupry@eaucea.fr ²EAUCEA, 72 rue Riquet, 31400 Toulouse, France, marion.cau@eaucea.fr

³EAUCEA, 72 rue Riquet, 31400 Toulouse, France, alain.gauthier@eaucea.fr

Choix du thème/session: Performance des modèles de prévision et d'anticipation & Impact des activités humaines sur les débits naturels

Mots clefs: prévision hydrologique, gestion opérationnelle, incertitudes, usages de l'eau Orateur: COUPRY Bruno, bruno.coupry@eaucea.fr

Le cadre d'intervention des prévisionnistes d'Eaucéa

Même s'il n'existe pas de compétence institutionnelle pour la gestion quantitative, beaucoup des grands axes hydrographiques font l'objet de soutien des débits en étiage sous maîtrise d'ouvrage de collectivité (EPTB et apparenté). Eaucéa est un bureau d'études experts dans la gestion des ressources en eau (Coupry & Perret, 2011). Il accompagne certains d'entre eux en produisant des prévisions hydrologiques en étiage, en alimentant en continu une plateforme d'échange de données favorisant la communication avec les acteurs du bassin et enfin en apportant des recommandations sur le placement stratégique des volumes disponibles.

En 2022, la sévérité des étiages a mis en tension l'ensemble du territoire national mais avec une acuité particulière sur les axes réalimentés par du soutien des débits. En effet, les attentes portées sur la gestion des stocks et donc sur les gestionnaires ont été considérables. L'inefficience du placement de l'eau apparait comme un gaspillage mal venu en période de crise. Elle constitue pourtant une dimension constitutive du soutien des débits. Par expérience, nous considérons qu'environ 20% des volumes lâchés ne servent pas directement l'objectif poursuivi (Eaucéa, 2019 à 2022) (Eaucéa, 2013 à 2021). Notre propos est d'illustrer au travers des 3 exemples opérationnels que sont la Garonne, la Charente et l'Ardèche comment Eaucéa dans son rôle de prévisionniste essaie de réduire au mieux cette « part des anges du soutien d'étiage » mais aussi quelles limites objectives nous rencontrons dans cet exercice quotidien.

Les prévisions hydrologiques de l'étiage 2022 couvrent trois bassins très contrastés :

- EPTB Charente: Le bassin de la Charente, se caractérise par un climat atlantique et un contexte sédimentaire souvent karstique et une forte pression de l'irrigation. Les temps de propagation sont longs. Les prévisions sont réalisées aux stations de la Charente à Vindelle et à Chaniers (proche estuaire) dans un contexte de réalimentation de la Charente par deux barrages en amont du bassin, Lavaud et Mas-Chaban, disposant au total d'environ 20 hm³ pour le soutien d'étiage.
- SMEAG: Le bassin de la Garonne, au régime pluvio-nival est sous influence des Pyrénées et du Massif Central; les temps de propagations sont rapides. Les prévisions sont réalisées aux stations consécutives de la Garonne à Valentine (Saint-Gaudens), Marquefave, Portet-sur-Garonne, Lamagistère et Tonneins. La réalimentation de la Garonne et de certains affluents se fait par des lâchers depuis des barrages soit exploités pour l'hydroélectricité (EDF), soit pour la compensation de prélèvements pour l'irrigation (lacs de Montbel et de Filhet, réservoirs de la Louge et du Touch). Le volume total garanti dédié au soutien d'étiage est de 72 hm³.
- EPTB Ardèche: Le bassin de l'Ardèche, est sous climat méditerranéen avec un contexte géologique complexe. Les temps de propagation sont courts. La ressource est issue du transfert de réservoirs hydroélectriques du bassin de la Loire et de barrages sur le Chassezac, principal affluent de l'Ardèche. Les volumes dédiés au soutien d'étiage dépendent des apports naturels constituants les stocks selon une convention de calcul. En 2022, le volume disponible était de 18,6 hm³ (seulement 70% du volume maximal conventionné côté Loire-Ardèche).

Les prévisions hydrologiques s'appuient sur des prévisions des apports naturels, des débits de soutien d'étiage ou hydroélectriques, des prélèvements et des conditions de propagation. Elles mobilisent donc un flux de données techniques brutes ou élaborées qui doit être traité de manière quotidienne ou hebdomadaire selon les situations.

Les principaux facteurs d'incertitudes dans les données d'entrée :

Différentes approches existent et permettent la gestion de la réalimentation de cours d'eau, par exemple la Loire opérée par l'EPTB Loire (EPTB Loire, 2023), (Mathevet, et al., 2010) et la Seine opérée par l'EPTB Seine Grands Lacs, ce dernier bassin ayant fait l'objet de modélisations par le BRGM (BRGM, 2005). Toutes ces situations de besoin d'anticipation des débits observés afin de prendre des décisions de lâchers de soutien d'étiage sont confrontées aux mêmes types d'incertitudes.

Le tableau ci-dessous expose quelques-unes des incertitudes incontournables avec lesquelles il faut composer. Les principales sont la météorologie prévisionnelle, les prélèvements d'irrigations à forte variabilité et l'activité hydroélectrique.

Critères (listes simplifiées)	Ardèche	Charente	Garonne	Réponses apportées
Fiabilité de l'hydrologie mesurée au jour j-1		Médiocre (végétation aquatique)	Bonne	Test de cohérence inter stations Ecart aux modèles hydrologiques Suivi des retarages en cours de campagne
Pluviométrie observée	Spatialisée à partir de pluviomètres	Spatialisées Antilope		Calage du modèle pluie débit sur structure des données disponibles

Critères (listes simplifiées)	Ardèche	Charente	Garonne	Réponses apportées
Pluviométrie prévisionnelle	Incertaine en montagne	Fiable	Incertaine en montagne	Expertise et hypothèse « zéro pluie ». Scénarios probabilistes
Contrôle des Débits lâchés	Complexe (hydroélec.)	Simple mais vulnérable	Complexe car 30 réservoirs impliqués sur le bassin dont hydroélectricité de pointe	Post évaluation fiabilité des organes de contrôles. Echange sur programme prévisionnel et réalisé avec EDF
Irrigations brutes	Simple	Complexe selon assolement (surfaces et cultures)		Calage modèle agronomique sur échantillon de données quotidiennes mesurées ou déclarées
Impacts hydrologiques des prélèvements	Simple	Complexe selon ressources souterraines		Expertises sur fonction de transfert Répartition fine des prélèvements
Impact restriction d'usage	Complexe			Expertise selon territoire et phase culturale
Calibration des modèles pluie-débit	Complexe car les débits observés cumulent les incertitudes			Réévaluation des paramètres durant la campagne selon la situation
Autres contraintes	Cote touristique			Evaluations des débits entrants

Tableau 1 : principales incertitudes impliquées dans la modélisation hydrologique opérationnelle

Conditions opérationnelles

Le modèle employé est un modèle semi-distribué sur la base d'un réseau hydrographique de sous-bassins chaînés les uns aux autres. L'hydrologie de chaque sous-bassin est modélisée par une combinaison d'un bilan des apports naturels notés $Q_{nat}(t)$ (modélisation pluie-débit avec par exemple GR4J (INRAE, 2023) ou un autre modèle conceptuel à réservoir), des débits des bassins situés en amont notés $Q_{amont}(t)$, des prélèvements pour l'irrigation (modélisation des besoins en eau pour l'irrigation par bilan des besoins en eau des plantes en fonction des ressources disponibles dans le sol) et leurs impacts sur les débits en tenant compte des restrictions notés $Q_{usages}(t)$, des apports provenant des lâchers depuis les retenues pour le soutien d'étiage notés $Q_{soutien}(t)$.

Sur Chaque bassin, le débit est donc estimé de la manière suivante :

$$Q_{simu}(t) = Q_{nat}(t) + Q_{soutien}(t - \Delta t_s) + Q_{amont}(t - \Delta t_a) - Q_{usages}(t)$$

Où Δt_s et Δt_a sont les temps de propagation des débits entre respectivement, les points de référence de soutien d'étiage et de bassin amont, et l'exutoire du bassin simulé.

Les analyses sont menées quotidiennement dans le cas de la Garonne, avec une modélisation au pas de temps journalier, compromis entre la gestion opérationnelle visant des objectifs distants (propagation supérieure à la journée) et le temps administratif qui décide des restrictions d'usages sur des VCN3 ou VCN5 ou la semaine. Le temps consacré à la prévision est parfois très court (cf. Figure 1) nécessitant l'automatisation de la plupart des tâches de collecte et de calcul. L'ensemble des données nécessaires à l'analyse de la situation par les partenaires décisionnaires (EPTB, Etat, Agence de l'eau,...) est présenté sur la plateforme dédiée e-tiage (www.e-tiage.com), développée conjointement par Eaucéa et Edf depuis 2014 et mise en œuvre sur les trois bassins.

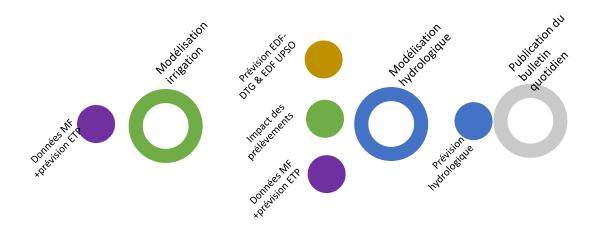


Figure 1 : schéma du principe de la procédure de modélisation contrainte par l'heure d'arrivée des données et celle de publication des résultats

La réduction des incertitudes dans la prévision

Elle doit être assumée par le prévisionniste et concerne chacun des paramètres constitutifs du calcul. Les ordres de grandeurs en débit permettent de pondérer le « risque » lié à une erreur d'appréciation. Ils dépendent de chaque bassin versant et de chaque station cible mais aussi des débits mobilisables pour le soutien (cf. Figure 2).

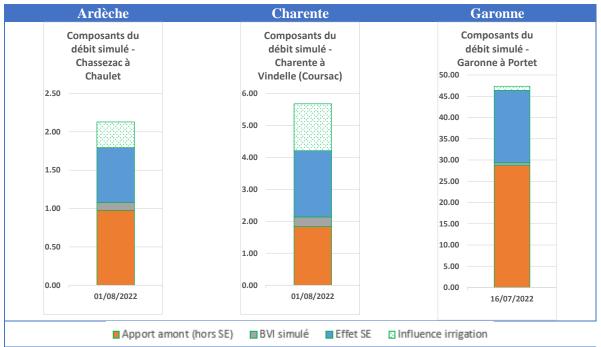


Figure 2 : illustration des ordres de grandeur des composantes du débit simulé sur trois bassins

La phase d'initialisation des simulation des modèles lors de la préparation d'une campagne de soutien d'étiage est très importante et s'appuie dans l'idéal sur la prolongation des phases précédentes. L'entrée en étiage constitue un moment critique qui doit être anticipé alors que beaucoup de critères ne sont pas certains : surfaces réellement irriguées, détarage des stations après les hautes eaux, modification des conditions de gestion, remise en route des stratégies de placement de l'eau et de partage de données, etc

L'expérience territoriale du maître d'ouvrage combinée à celle des prévisionnistes pallient souvent à des situations anormales (connaissance des ordres de grandeurs hydrologiques et des comportements d'acteurs).

Les incertitudes absolues des différents termes se cumulent. La multiplication des indicateurs mesurés (débits prélevés, piézométrie, débit en rivière sur plusieurs stations, etc..) offre autant de possibilité de calibration indépendante des modules impliqués dans le calcul. Seul problème, ils sont disponibles dans les jours qui suivent la prévision. La correction éventuelle des paramètres des modèles prend un temps incompressible en début de campagne. Ce temps de rétroaction dépend des paramètres. Pour la partie irrigation, Eaucéa valorise des données télétransmises (Compteurs communiquant) et a développé des outils spécifiques favorisant l'échange en temps réel entre les irrigants et leur représentants impliqués dans la gestion (Eaucéa, 2020).

La décision et le retour d'expérience 2022

Le gestionnaire ne lâche pas une probabilité de débit. Le prévisionniste doit lui simplifier la tâche mais rester humble devant l'incertitude. Les acteurs économiques qui dépendent de ces prévisions sont parfois loin d'imaginer la complexité de l'exercice, surtout quand il est performant.

2022 a poussé beaucoup de systèmes dans des conditions extrêmes et donc hors champs des conditions de calibration traditionnelle. Il a pourtant fallu extrapoler et paradoxalement la prévision des réponses du compartiment naturel a été facilitée par la constance de la sècheresse. Pour l'irrigation, la multiplication et la diversité des arrêtés de restriction ont nécessité des interprétations quant à leurs effets sans possibilité de les valider directement. Au final, le juge de paix pour le prévisionniste reste bien la comparaison « Prévu » et « Réalisé ». Il reste notre indicateur central pour encadrer l'effet cumulé des incertitudes et des mécanismes de régulation, et proposer un indice de confiance.

Références

BRGM. (2005). Élaboration d'outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne prenant en compte les eaux. BRGM/RP-53922-FR.

Coupry, B., & Perret, C. (2011). Le soutien d'étiage à partir des retenues hydroélectriques EDF en Adour Garonne. EDF.

Eaucéa. (2013 à 2021). Bilan du soutien d'étiage de la Garonne. SMEAG.

Eaucéa. (2019 à 2022). Bilan du Soutien d'étiage de la Charente. EPTB Charente.

Eaucéa. (2020). Partage collaboratif de données d'irrigation HYDRIM. Méthodologie et retour d'experience 2017-2019. COGESTEAU.

EPTB Loire. (2023). Gestion des étiages de la Loire. Récupéré sur https://etiage.eptb-loire.fr/

INRAE. (2023). Fonctionnement du modèle GR4J. Récupéré sur

 $https://webgr.inrae.fr/modeles/journalier-gr4j-2/fonctionnement_gr4j/$

Mathevet, T., Perret, C., Garçon, R., Periers, P., Goutx, D., Gibey, J.-M., . . . Roy, J.-L. (2010). Modèles de prévision et prise de décision pour le soutien d'étiage de la Loire. *La Houille Blanche*(5), 40-51.

P.2.7. Chaine intégrée pour la prévision hydrométéorologique des étiages et des sécheresses (CIPRHES) en France (François Tilmant)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

TILMANT François

francois.tilmant@inrae.fr

Sécheresse 2022 : caractérisation hydrologique des étiages

Auteurs : TILMANT François¹, MAGAND Claire², ROMAN VILLAFAÑE Sebastián¹, BOURGIN François¹, NOWAK Céline², POLIGOT-PITSCH Stéphanie³, MOREL Mathidle⁴, ANDRÉASSIAN Vazken¹, PERRIN Charles¹

¹Université Paris-Saclay, INRAE, UR HYCAR, 1, rue Pierre-Gilles de Gennes, CS10030, 92761 Antony Cedex

²Office français de la biodiversité (OFB), 5, square Félix Nadar, 94300 Vincennes

³Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI), 42 avenue Gaspard Coriolis, 31100 Toulouse

⁴Direction de l'Eau et de la Biodiversité, MTECT, Tour Séquoia, 1 place Carpeaux, 92055 Paris-La-Défense Cedex

Choix du thème/session:

Bilan de la sécheresse et des étiages 2022

Mots clefs: Sécheresse 2022, Observations, Etiages, Assecs

Orateurs: François Tilmant (françois.tilmant@inrae.fr), Claire Magand

(claire.magand@ofb.gouv.fr)

Résumé:

Le territoire métropolitain français a connu une sécheresse de grande ampleur et de forte intensité au cours de l'année 2022. Cette sécheresse a affecté tous les compartiments du cycle de l'eau (atmosphère, eau de surface, eau souterraine, cryosphère), avec des impacts multiples sur les écosystèmes aquatiques et terrestres, et sur les différents usages de l'eau.

L'évolution de la sécheresse des cours d'eau a pu être suivie par les réseaux nationaux de mesure et d'observation en place. Il s'agit en particulier :

 du réseau d'hydrométrie national, auquel contribuent différents partenaires (principalement DREAL mais aussi DDT, compagnies d'hydroélectricité, compagnies d'aménagement, etc.). Il permet d'acquérir des observations de hauteur et/ou débit sur environ 3000 sites en service, dont environ 2000 sont pertinents en étiage. Ces données sont consultables en temps réel et/ou après expertise dans l'HydroPortail¹;

- de l'Observatoire national des étiages² (Onde), piloté par l'Office français de la biodiversité (OFB). Il permet de recueillir, sur plus de 3000 stations, l'état d'écoulement, notamment pour repérer les assecs. Complémentaire du réseau hydrométrique, il porte essentiellement sur les têtes de bassin.

La gestion de la sécheresse se base notamment sur ces deux réseaux qui permettent - en intégrant d'autres sources de données- d'objectiver l'état des ressources en eau et de prendre les mesures de restriction en conséquence. Les arrêtés de restriction des usages de l'eau entrant ainsi en vigueur décrivent différents niveaux de gravité de la sécheresse qui sont représentés sur le site Propluvia³. La communication proposera une synthèse des observations disponibles sur cet événement qui a concerné l'ensemble des bassins métropolitains. Nous montrerons plus particulièrement comment la sécheresse a impacté les écoulements, comment elle a évolué au cours de l'année, quels débits critiques ont été atteints, et comment la reprise des écoulements s'est produite.

¹ https://hydro.eaufrance.fr/

² https://onde.eaufrance.fr/

³ http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/propluvia/faces/index.jsp

P.2.8. Modélisation de l'assèchement du réseau hydrographique de l'Albarine – sous bassins de l'Ain, lors de la sécheresse 2022 (Alexandre Devers)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Alexandre DEVERS ou Louise MIMEAU alexandre.devers@inrae.fr, louise.mimeau@inrae.fr

MODELISATION DE L'ASSÈCHEMENT DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE L'ALBARINE – SOUS BASSIN DE L'AIN-LORS DE LA SÉCHERESSE DE 2022 : MISE EN PERSPECTIVE HISTORIQUE ET FUTURE.

MODELLING FLOW INTERMITTENCE OVER THE ALBARINE RIVER NETWORK - AIN SUB-BASIN - DURING THE 2022 DROUGHT: COMPARISON WITH HISTORICAL AND FUTURE DRYING EVENTS.

Auteurs: DEVERS Alexandre¹ et MIMEAU Louise¹, KÜNNE Annika², BRANGER Flora¹, KRALISCH Sven¹, VIDAL Jean-Philippe¹, LAUVERNET Claire¹

¹INRAE, UR RiverLy, 5 rue de la Doua, CS 20244, 69625 Villeurbanne CEDEX, France ²Geographic Information Science Group, Institute of Geography, Friedrich Schiller University Jena, Löbdergraben 32, 07743 Jena, Germany

Choix du thème/session: 1/ Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022 ou 3/ Sécheresse 2022, préfiguratrice des sécheresses de demain

Mots clefs: Intermittence, réseaux de rivières, Albarine, modélisation hydrologique,

sécheresse 2022, projections climatiques

Orateur: Alexandre DEVERS (alexandre.devers@inrae.fr) ou Louise MIMEAU

(<u>louise.mimeau@inrae.fr</u>)

Introduction

Les rivières sont riches en biodiversité et servent de corridors écologiques pour les espèces végétales et animales (Deiner et al. 2016, Reid et al. 2018). Avec le changement climatique et l'augmentation de la demande anthropique en eau, on s'attend à des périodes d'assèchement plus fréquentes et plus longues dans les réseaux de rivières, ce qui met en danger la biodiversité et les écosystèmes des cours d'eau mais peut aussi impacter les usages de l'eau.

Dans le cadre du projet Horizon 2020 DRYvER (Drying River Networks and Climate Change) (Datry et al. 2021), une étude de modélisation hydrologique de l'assèchement est menée sur les réseaux hydrographiques de 6 rivières européennes (Croatie, Espagne, Finlande, France, Hongrie, République Tchèque). Ce projet vise à modéliser les dynamiques spatio-temporelles d'assèchement des réseaux de rivières en période présente et sous différents scénarios de changement climatique, puis à évaluer l'impact de l'intermittence de l'écoulement sur les écosystèmes.

Cette étude s'intéresse particulièrement au site de l'Albarine en France - sous-bassin de l'Ain d'une surface de 350 km² - avec un focus sur la sécheresse de l'année 2022. Les résultats de modélisation de l'intermittence menées dans le cadre du projet DRYvER ont été étendus pour simuler l'état d'écoulement dans le réseau hydrographique de l'Albarine pendant l'été 2022. Les objectifs de cette étude sont :

- d'évaluer l'état d'assèchement du bassin de l'Albarine pendant la sécheresse de 2022 ;
- de comparer les résultats obtenus en 2022 avec les dynamiques moyennes historiques d'assèchement et avec d'autres épisodes de sécheresse passés;
- de mettre en perspective l'état d'assèchement des cours d'eau de l'Albarine en 2022 avec des projections d'assèchement sous changement climatiques futur.

Modélisation de l'intermittence en période passée - présente

La modélisation hydrologique en période passée et présente est réalisée en couplant le modèle hydrologique distribué JAMS-J2000 (Krause, 2002) permettant de simuler les débits journaliers sur l'ensemble des tronçons de rivière du réseau, avec un modèle de classification ensembliste basé sur des forêts aléatoires (Random Forest, RF) (Breimann, 2001) pour prédire l'état d'écoulement journalier des tronçons (à sec ou en eau).

Le modèle JAMS-J2000 est forcé avec des données de la réanalyse ERA5-land (Muñoz-Sabater et al. 2021) au pas de temps journalier. Les paramètres du modèle hydrologique JAMS-J2000 ont été calibrés de façon à représenter particulièrement correctement les débits en période d'étiage, au niveau des stations de débits disponibles dans le bassin.

Le modèle RF utilise 20 variables explicatives en entrée:

- les caractéristiques des tronçons de rivière (spatialement distribuées) : aire drainée, pente, occupation du sol, type de sol, géologie;
- des variables hydro-météorologiques journalières agrégées à l'échelle du bassin : précipitations, température et évapotranspiration pendant les 10, 20 et 30 jours précédents, ainsi que la saturation du sol et de la nappe ;
- Des variables hydrologiques spatialement distribuées: débits et contributions souterraines aux débits journaliers et moyennes sur les 10 jours précédents.

Le Random Forest est entraîné avec des observations de l'état d'écoulement des rivières (binaires : sec ou en eau) issues de différentes sources (stations de jaugeage, stations du réseau ONDE¹), pièges à photos installés dans le cadre du projet DRYvER, applications de sciences participatives DryRivers et CrowdWater², expertise des membres du projet DRYvER pour la localisation des tronçons avec écoulement pérenne) disponibles sur la période 01/10/2005 - 30/04/2022. Une fois entraîné, le RF est

¹ Observatoire National des Etiages, https://onde.eaufrance.fr

² https://www.dryver.eu/app - https://crowdwater.ch/en/data/

utilisé pour extrapoler l'état d'écoulement journalier de l'ensemble des tronçons du bassin de l'Albarine sur la période 01/01/1970 - 31/10/2022.

Modélisation de l'intermittence en climat futur

La chaîne de modélisation JAMS-J2000 + RF nécessite l'utilisation de variables météorologiques haute résolutions (similaire à ERA5-Land, 0.1°). Pour obtenir ces forçages dans la période future, une descente d'échelle mutlivariée par analogie est appliquée sur les sorties de modèles climatiques globaux (GCMs) provenant de l'exercice CMIP6 du GIEC via le project ISIMIP (Lange et Büchner, 2021).

Afin de reconstruire des champs de précipitation, température et évapotranspiration journaliers sur le bassin versant de l'Albarine, une méthode de descente d'échelle par analogie (adaptée de Clemins et al., 2019) est appliquée sur les moyennes de bassin. Dans un premier temps, celles-ci sont calculées pour chaque jour et variable à l'aide des valeurs provenant des GCMs. Les jours possédant les valeurs les plus proches sont ensuites extraits d'une archive de ces même moyennes mais calculées à l'aide d'ERA5-Land. La sélection de ce jour analogue permet ensuite de reconstruire les différentes variables à une résolution de 0.1° .

La méthode est appliquée sur 5 GCMs différents sur la période 1971-2100 pour prendre en compte l'incertitude sur la modélisation du climat. De plus, 3 trajectoires socio-économiques partagées (Shared Socio-Economic Pathways, SSP) représentant la quantité d'émission de gaz à effet de serre (SSPs) sur la période sont également utilisés : SSP1-2.6 Durabilité, SSP3-7.0 Rivalités régionales, SSP5-8.5 Développement alimenté par les combustibles fossiles. Les sorties de la descente d'échelle sont ensuite utilisées comme forçages de JAMS-J2000 sur la période 1971-2100 pour chacune des combinaisons GCM x SSP. Les projections hydrologiques obtenues, couplées au Random Forest présenté dans la section précédente, permettent d'obtenir des projections de l'état d'écoulement journalier de l'ensemble des tronçons du bassin de l'Albarine sur la période 1985 – 2100.

Résultats

La chaîne de modélisation développée dans cette étude (JAMS-J2000 + RF) permet de représenter correctement les débits et l'état d'écoulement dans le bassin de l'Albarine. Concernant les débits simulés par JAMS-J2000 au niveau de la station de Saint-Rambert-en-Bugey, on obtient un KGE de 0,76 sur la période de calibration (1995-2009) et un KGE de 0,79 sur la période de validation (2009-2019). Pour avoir une idée de l'erreur sur l'extrapolation de l'état d'écoulement sur des données non-observées, le RF a été entraîné avec 75% des données observées disponibles et validé sur les 25% restantes. Dans ce cas, le modèle parvient à prédire plus de 90% des évènements secs sur l'échantillon de validation avec un taux de fausses alarmes (évènements secs prédits par erreur) autour de 5%. Pour la suite de l'étude, le modèle RF est entraîné avec l'ensemble des données observées disponibles.

Les bons résultats du RF permettent d'analyser les assecs les plus intenses – en termes de longueur de réseau moyen asséché au cours de l'année – sur la période 1970-2022. Les six années possédant des assecs les plus intenses sur l'Albarine sont (dans l'ordre décroissant) : 2003, 2020, 1989, 2018, 2022 et 2017. Ces résultats montrent que l'assèchement du bassin de l'Albarine a été exceptionnellement élevé en 2022 au regard de la période historique, même si d'autres années, telles que 2003, ont atteint des niveaux d'asséchement supérieurs.

Pour aller plus loin, la dynamique saisonnière des assecs de 2022 est mise en regard avec la climatologie des assecs sur la période 1985-2014 et de la sécheresse de 2003 (Figure 1). L'année 2022 se situe en effet au-dessus des assecs moyens, notament sur le début de saison en juin avec un asséchement supérieur à 2003, et de mi-juillet à mi-août avec cette fois-ci des valeurs légèrement inférieures à 2003. L'analyse de l'année 2022 met également en avant une remise en eau d'une partie des cours d'eau début juillet et une fin d'assec plus précoce que la moyenne début septembre.

Finalement, les années 2003 et 2022 sont mises en perspective des assecs obtenus via les projections hydrologiques sur la période 1985-2100 (Figure 2). Sur l'ensemble des projections, l'année 2022 est

considérée comme une année relativement moyenne dès les années 2015-2025, démontrant l'impact déjà présent du changement climatique. Pour le scénario le plus optimiste en termes d'émissions de gaz à effet de serre (SSP1-2.6), la sécheresse 2022 restera une année relativement moyenne en termes d'assecs même en fin de siècle. En revanche, pour le scénario SSP3-7.0 l'assec de l'année 2022 deviendra un événement moins sévère que la moyenne. Enfin, on peut noter qu'en fin de siècle sous scénario SSP5-8.5, les assecs moyens seront bien plus sévères que celui de 2022 et même que celui de 2003.

Conclusions

Cette étude a permis de caractériser la sécheresse 2022 en termes d'assecs sur le bassin versant de l'Albarine – sous bassin de l'Ain – à l'aide d'une modélisation hydrologique distribuée et d'un algorithme de forêts aléatoires entraîné sur des données d'observations de l'état d'écoulement. De plus, la même méthodologie a été appliquée afin de caractériser les assecs sur la période historique – de 1970 à 2022 – en utilisant la réanalyse ERA5-Land comme entrée du modèle hydrologique. Finalement, des projections d'assecs futurs ont également pu être déterminés à l'aide d'une descente d'échelle de plusieurs GCMs avec plusieurs scénarios socio-économiques, un modèle hydrologique distribué, et un algorithme de forêts aléatoires.

Les résultats mettent en avant le caractère exceptionnel de l'année 2022, classée au 5° rang sur la période 1970-2022. L'épisode de sécheresse de 2022 était presque aussi intense que celui de 2003 – qui détient le record sur la période 19700-2022 pour l'Albarine – avec plus de 40% du réseau de rivières asséché entre mi-juillet et août, mais que les assèchements de 2022 ont duré moins longtemps. L'analyse des résultats sur la période 1970-2022 montre une intensification de l'assèchement du réseau de l'Albarine depuis les années 2000. De plus, la comparaison des résultats obtenus pour l'année 2022 avec les projections d'assèchement en climat futur montre que cette intensification se poursuit dans les prochaines décennies, et que des épisodes de sécheresse similaires à celui de 2022 peuvent devenir très fréquents à l'horizon 2070-2100 sous les scénarios rendant compte d'un non-respect des Accords de Paris sur le climat (SSP3 et SSP5).

Cette étude présente les résultats d'assèchement à l'échelle locale du bassin de l'Albarine. Une comparaison avec les assèchements d'autres réseaux de rivières en France et en Europe permettra de consolider la méthode et de mieux caractériser l'intensité de la sécheresse de 2022 au regard à la fois de la période historique et des projections futures à l'échelle nationale et européenne.

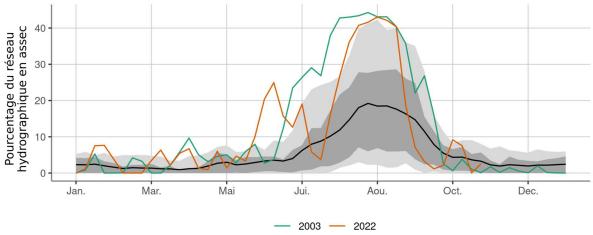


Figure 1: Pourcentage du réseau hydrographique de l'Albarine asséché par semaine. Le trait noir, la zone grise foncée et la zone grise claire représentent respectivement la moyenne, les quantiles Q25-Q75 et les quantiles Q10-Q90 calculés sur la période 1985-2014. Les lignes vertes et oranges représentent les valeurs pour les années 2003 et 2022.

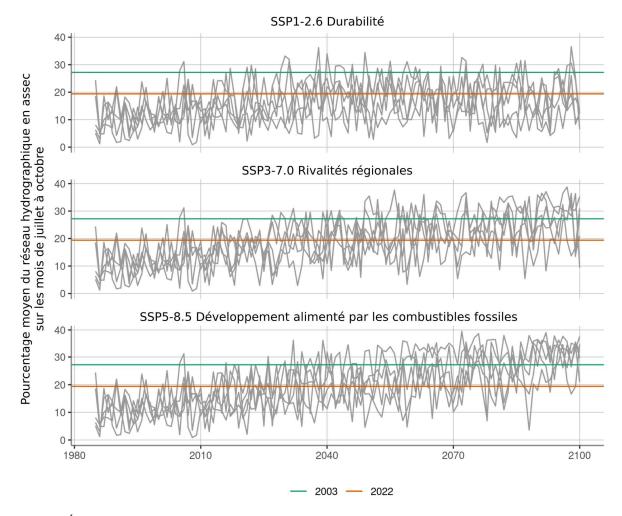


Figure 2: Évolution du pourcentage de réseau hydrographique à sec durant la période de juin à octobre entre 1985 et 2100. Chaque ligne grise représente un des GCMs utilisées dans l'étude. Les lignes vertes et oranges représentent les valeurs pour les années 2003 et 2022.

Références

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine learning, 45(1), 5-32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Clemins, P. J., Bucini, G., Winter, J. M., Beckage, B., Towler, E., Betts, A., Cummings, R., & Chang Queiroz, H. (2019). An Analog Approach for Weather Estimation Using Climate Projections and Reanalysis Data, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 58(8), 1763-1777. https://doi.org/10.1175/JAMC-D-18-0255.1

Datry, T., Allen, D., Argelich, R., Barquin, J., Bonada, N., Boulton, A., Branger, F., Cai, Y., Cañedo-Argüelles, M., Cid, N., Csabai, Z., Dallimer, M., de Araújo, J. C., Declerck, S., Dekker, T., Döll, P., Encalada, A., Forcellini, M., Foulquier, A., Heino, J., Jabot, .F, Keszler, P., Kopperoinen, L., Kralisch, S., Künne, A., Lamouroux, N., Lauvernet, C., Lehtoranta, V., Loskotová, B., Marcé, R., et al (2021) Securing Biodiversity, Functional Integrity, and Ecosystem Services in Drying River Networks (DRYvER). Research Ideas and Outcomes, 7, e77750. https://doi.org/10.3897/rio.7.e77750

Deiner, K., Fronhofer, E. A., Mächler, E., Walser, J. C., & Altermatt, F. (2016). Environmental DNA reveals that rivers are conveyer belts of biodiversity information. Nature communications, 7(1), 1-9. https://doi.org/10.1038/ncomms12544

Gidden, M. J., Riahi, K., Smith, S. J., Fujimori, S., Luderer, G., Kriegler, E., van Vuuren, D. P., van den Berg, M., Feng, L., Klein, D., Calvin, K., Doelman, J. C., Frank, S., Fricko, O., Harmsen, M., Hasegawa, T., Havlik, P., Hilaire, J., Hoesly, R., Horing, J., Popp, A., Stehfest, E., and Takahashi, K. (2019) Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: a dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century, Geoscientific Model Development, 12, 1443-1475, https://doi.org/10.5194/gmd-12-1443-2019, 2019.

Krause, P. (2002). Quantifying the impact of land use changes on the water balance of large catchments using the J2000 model. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C27(9), 663–673. https://doi.org/10.1016/S1474-7065(02)00051-7

Lange, S., Büchner, M.(2021):ISIMIP3b bias-adjusted atmospheric climate input data (v1.1). ISIMIP Repository. https://doi.org/10.48364/ISIMIP.842396.1

Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H., Martens, B., Miralles, D., Piles, M., Rodríguez-Fernández, N., Zsoter, E., Buontempo, C., Thépaut, J. N. (2021) ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. Earth System Science Data, 13, 4349–4383. https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021

Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T., Kydd, K. A., MacCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smol, J. P., Taylor, W. W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D., Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. Biological Reviews, 94(3), 849-873. https://doi.org/10.1111/brv.12480

P.2.9. Les conditions hydro-climatiques de 2022 au regard des réanalyses SAFRAN depuis 1959 (Aglae Jezequel)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages, Aglaé Jézéquel,
Paris, 8&9 Mars 2023

Aglaé Jézéquel Aglae.jezequel@lmd.ipsl.fr

LES CONDITIONS HYDROCLIMATIQUES DE 2022 AU REGARD DES RÉANALYSES SAFRAN DEPUIS 1959

Auteurs : JÉZÉQUEL Aglaé, DUCHARNE Agnès², MAGAND Claire

¹LMD/IPSL, ENS, Université PSL, École Polytechnique, Institut Polytechnique de Paris, Sorbonne Université, CNRS, Ecole des Ponts, Marne-la-Vallée, France, aglae.jezequel@lmd.ipsl.fr

² UMR METIS-IPSL, Sorbonne Université / CNRS / EPHE, Paris, France, agnes.ducharne@upmc.fr

³Office français de la biodiversité, Direction de la recherche et de l'appui scientifique, Nantes, France, <u>claire.magand@ofb.gouv.fr</u>

Choix du thème/session : Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages

Mots clefs: SPEI, SPI, réanalyses,

Orateur: Aglaé Jézéquel – aglae.jezequel@lmd.ipsl.fr

Les conditions hydroclimatiques de 2022 au regard des réanalyses SAFRAN depuis 1959 Hydroclimatic conditions in 2022 compared to SAFRAN reanalyses since 1959

Avec 93 départements sur 96 sous le coup d'arrêtés de restriction hydrique la sécheresse de l'été 2022 a été exceptionnellement impactante. Dans un contexte de changement climatique, il est essentiel de comprendre si et en quoi cette sécheresse s'est distinguée d'épisodes historiques. Le but de cette analyse est de contextualiser les conditions hydroclimatiques de 2022 au regard d'autres épisodes de sécheresse marquants. Pour cela, nous nous appuyons sur le jeu de réanalyses SAFRAN, qui fournit une analyse historique de variables climatiques pour la période 1959-2022 sur tout le territoire métropolitain, sur une grille de 8 km de côté.

Par rapport à moyenne 1959-2022, la figure 1 montre une forte anomalie de température pour tout l'été (figure de gauche) sur l'ensemble du territoire métropolitain. Les anomalies de précipitation estivales sont plus contrastées, avec une situation sèche sur la majeure partie du territoire, et une région humide au niveau du massif central.

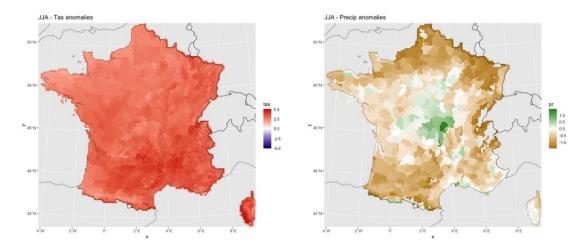


Figure 1 : Anomalies de température (gauche) et de précipitation (droite) estivales pour 2022 comparées à la période 1959-2020

Notre analyse s'appuie sur deux métriques : le Standardized Precipitation Index, ci-après SPI (McKee et al 1993) et le Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, ci-après SPEI (Vicente-Serrano et al (2010)). Ces deux métriques permettent de mesurer l'écart à la normale des précipitations (SPI) et de la différence entre précipitation et évapotranspiration (SPEI) qui permet de prendre en compte le rôle joué par la température dans le développement d'une sécheresse. Ces deux indicateurs sont communément utilisés dans la littérature pour étudier les sécheresses. Ils ramènent les anomalies d'une série mensuelle de précipitations (ou pour le SPEI de (précipitation-évapotranspiration) à une loi normale, permettant de comparer le niveau de sécheresse de régions aux climats variés. Ils permettent également de prendre en compte la durée des sécheresses, à partir de calculs effectués pour différentes échelles de temps. Par exemple, le SPI6 est calculé à partir de moyennes glissantes de 6 mois d'anomalies de précipitations, et permet donc de déterminer le niveau de sécheresse par rapport à n'importe quelle période de 6 mois pour un point donné.

Quand on moyenne ces deux indices sur toute la France (Figures 2 et 3), bien que 2022 soit une période sèche, elle n'est pas la période la plus sèche observée, notamment comparée à l'année 1976, qui est connue pour être exceptionnellement sèche, du moins à l'échelle de l'ensemble du territoire français. La prise en compte du rôle de l'évapotranspiration fait ressortir plus fortement 2022, notamment à des échelles de temps longues, mais sans pour autant qu'elle ressorte comme une sécheresse record. Des analyses plus fines sur les différences géographiques au sein du territoire métropolitain (Nord vs Sud) et sur la durée de la sécheresse seront présentées plus en détail dans la présentation.

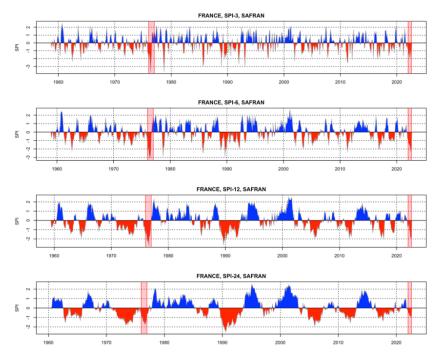


Figure 2 : SPI-3, 6, 12 et 24 entre 1959 et 2022 en moyenne sur la France. Les périodes en rouge correspondent aux années 1976 et 2022 (jusqu'à fin septembre)

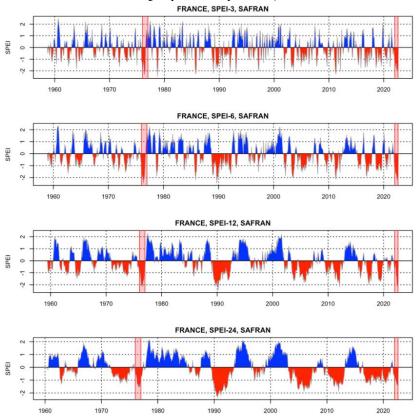


Figure 3 : SPEI-3, 6, 12 et 24 entre 1959 et 2022 en moyenne sur la France. Les périodes en rouge correspondent aux années 1976 et 2022 (jusqu'à fin septembre)

Bibliographie:

McKee, Thomas B., Nolan J. Doesken, and John Kleist. "The relationship of drought frequency and duration to time scales." *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. Vol. 17. No. 22. 1993.

Vicente-Serrano, Sergio M., Santiago Beguería, and Juan I. López-Moreno. "A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index." *Journal of climate* 23.7 (2010): 1696-1718.

P.2.10. La prévision hydrologique saisonnière : un outil précieux pour améliorer la gestion de la ressource en eau et anticiper les étiages sévères, retour sur l'année 2022 (Pierre Bernard)

LA PRÉVISION HYDROLOGIQUE SAISONNIÈRE: UN OUTIL PRÉCIEUX POUR AMELIORER LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU ET ANTICIPER LES ÉTIAGES SÉVÈRES RETOUR SUR L'ANNEE 2022

Auteurs : BERNARD Pierre, LE LAY Matthieu, GAILHARD Joël, BARON Victor & Fabien RINALDI (EDF-DTG)

Choix du thème/session : Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: prévisions hydro-météorologiques, gestion de l'eau, multi-usages, adaptation, étiage 2022

La variabilité climatique est importante en France : que la pluviométrie soit généreuse comme au premier semestre 2018 ou lors de l'été 2021, ou au contraire très déficitaire comme en 2022, elle nécessite de l'anticipation pour une bonne gestion des réservoirs, a fortiori lorsque ces réservoirs sont à vocation multi-usages (production hydro-électrique, soutien d'étiage, maintien d'une côte touristique en été...).

Exacerbés par le changement climatique, ces aléas climatiques peuvent être à l'origine de tensions sur l'eau, comme en 2022, plus fréquemment rencontrées dans le sud du pays.

Il est donc primordial de disposer d'éléments d'aide à la décision basés sur une représentation objective et partagée de la ressource en eau disponible. La connaissance par la mesure de terrain, la modélisation hydrologique et par extension la prévision hydro-météorologique sont les maillons essentiels de cette vision partagée.

EDF, en tant qu'acteur de la gestion de l'eau sur de nombreux bassins français, a développé une expertise et des outils de prévision saisonnière, qu'il opère pour ses besoins propres depuis plus de 20 ans. Ces outils, ou éléments prévisionnels, sont aujourd'hui partagés avec d'autres acteurs et gestionnaires de réservoirs de soutien d'étiage (Loire, Garonne, Durance).

Nous nous proposons de détailler le principe général de mise en œuvre de tels outils d'aide à la décision, et la construction d'une compréhension et d'une vision partagées par les différents acteurs. On présente également comment le changement climatique est d'ores et déjà intégré dans les scenarii de prévisions opérationnelles, grâce au concept de climat redressé.

Enfin et surtout, au travers de plusieurs exemples sur l'année 2022, on illustre le type d'éléments objectifs qui sont fournis et partagés, ainsi que les décisions et adaptations par les gestionnaires qui en découlent (adaptation de la production hydroélectrique, respect du multi-usages, anticipation de contraintes liées au soutien d'étiage).

Au-delà de la prévision saisonnière, nous illustrons l'utilisation de ces outils dans un cadre prospectif, pour simuler l'impact du changement climatique sur la ressource en eau et alimenter ainsi un des aspects des études stratégiques d'impact et d'adaptation.

SESSION 3 : Améliorer la surveillance pour l'aide à la décision : mesures, suivis, caractérisation des situations d'étiage et de tension sur l'eau

Programme oral session 3

O.3.1. La mesure hydrométrique en étiage sévère sur le bassin de la Loire en amont de la Vienne (François Charpentier)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Modèle à utiliser pour le résumé

PASQUET Fabien fabien.pasquet@developpement-durable.gouv.fr

LA MESURE HYDROMETRIQUE EN ETIAGE SEVERE – RETOUR D'EXPERIENCE 2022 SUR LE BASSIN DE LA LOIRE A L'AMONT DE LA VIENNE

HYDROMETRIC MEASUREMENT IN VERY LOW DISCHARGE - 2022 FEEDBACK ON LOIRE RIVER CATCHMENT (UPSTREAM VIENNE RIVER)

Auteurs : CHARPENTIER François¹, BESSON David¹, MORINEAU Jérôme¹, PASQUET Fabien¹

¹DREAL Centre – Val de Loire, Service hydrométrie, prévision des étiages, des crues et des inondations, 5, avenue Buffon, 45000 Orléans, France francois.charpentier@developpement-durable.gouv.fr david-p.besson@developpement-durable.gouv.fr jerome.morineau@developpement-durable.gouv.fr fabien.pasquet@developpement-durable.gouv.fr

Choix du thème/session :

Mots clefs: mesure hydrométrique, incertitude, capteurs, supervision, publication

Orateur: à déterminer parmi les quatre auteurs

De part l'extension de leurs cours, la Loire et l'Allier, soumis à de multiples influences climatiques connaissent un régime hydrologique extrêmement varié entre les basses et hautes eaux. Les débits s'échelonnent ainsi en Loire moyenne (entre les confluences de l'Allier et la Vienne), de quelques dizaines de mètres-cube par seconde en étiage (comme en 1949 où la Loire pouvait être traversée à « pied sec »), à plusieurs milliers lors des grandes crues historiques du milieu du XIXème siècle. Si les problématiques de mesure hydrométrique en basses eaux ne sont pas nouveaux, les étiages sévères voire historiques de 2019, 2020 et 2022, mettent encore plus en lumière les contraintes sur le processus de production de la donnée hydrométrique. L'objet de ce texte est de présenter les pratiques de l'unité hydrométrique Auvergne – Centre – Val de Loire de la DREAL Centre – Val de Loire, en charge de la maintenance et la gestion de plus de 300 stations hydrométriques sur les bassins de la Loire, de l'Allier, du Cher et de l'Indre (en grande majorité), et les enseignements tirés des étiages sévères de ces dernières années.

Un étiage 2022 sévère, qui fait suite aux étiages de 2019 et 2020

L'étiage 2022 s'inscrit dans une succession de trois étiages sévères voire historiques en quatre années : 2019, 2020 et donc 2022. Le 15 août 2022, la Loire a atteint son plus faible débit connu depuis la construction des ouvrages de Villerest et Naussac et le début du soutien d'étiage : 42,7 m3/s. C'est principalement sur les haut-bassins de la Loire et de l'Allier que les débits ont été proportionnellement les plus faibles, avec, aux stations réglementaires de suivi de l'étiage, des QMNA généralement inférieurs aux valeurs de période de retour 10 ans (la Loire à Chadrac, Bas-en-Basset ou Feurs ; l'Allier à Langogne...), voire 20 ans (l'Ance à Sauvessange, l'Aix à St-Germain-Laval) ou même 50 ans ponctuellement (l'Anzon à Débats-Rivière d'Orpra ; la Desges à Chanteuges). Le bassin de l'Indre a également été fortement marqué avec là encore des QMNA inférieurs aux valeurs de période de retour 50 ans (l'Indre à Ardentes, l'Indrois à Génillé).

Lors de l'étiage 2019, historique, c'était l'aval du bassin (région Centre – Val de Loire) qui avait été le plus touché, avec des QMNA inférieurs aux valeurs de période de retour 50 ans généralisés sur les bassins du Cher et de l'Indre, et même des assecs observés (la Ringoire à Déols, le Puiseaux à St-Hilaire-sur-Puiseaux sur le bassin du Loing dans le département du Loiret).

Une mesure de la hauteur à adapter aux niveaux très bas

Au vu des débits très bas que l'on observe de plus en plus souvent en étiage, et notamment en 2022 sur la Loire moyenne, la mesure de la hauteur des cours d'eau devient de plus en plus délicate à obtenir. Sur la Loire, les mouvements du fleuve en basses eaux parmi ses bancs de sable constituaient une problématique bien connue, nécessitant un choix attentif de l'implantation des stations de mesure et du positionnement des capteurs.

Néanmoins, avec des étiages de plus en plus marqués ces dernières années, la lecture d'échelle s'avère parfois impossible, et des nivellements sont alors nécessaires pour la connaissance de la cote et recalage des capteurs. Dans certains cas, des interventions de maintenance en cours d'étiage sont nécessaires pour repositionner les capteurs immergés qui ne bénéficient plus d'un tirant d'eau suffisant. C'est notamment le cas à Gien, site hydrométrique indispensable au suivi de l'étiage en Loire et au pilotage de son soutien, où, au plus fort de la crise, il a fallu pendant plusieurs jours publier les données de la deuxième station du site (Gien – nouveau pont) – avec les problèmes de cohérence qui en découlent – mais également modifier l'implantation du capteur en place pour le repositionner plus bas.

Ces problématiques de baisse des niveaux imposent à l'unité hydrométrie de la DREAL Centre – Val de Loire de mener progressivement un programme de consolidation et de fiabilisation de la mesure. Plusieurs interventions à l'automne, en fin d'étiage, ont ainsi été réalisées pour adapter le positionnement des échelles et des capteurs (la Loire à Orléans – pont ou à Langeais).

Sur les plus petits cours d'eau, où des débits de quelques dizaines ou centaines de litres par seconde peuvent être mesurés, ce sont des problématiques de sensibilité qui doivent être traités. L'unité hydrométrie Auvergne – Centre – Val de Loire, en accord avec la police de l'eau et l'OFB, cherche ainsi à déployer des dispositifs amovibles de contraction des écoulements, afin

d'augmenter le tirant d'eau et rendre ainsi la mesure de hauteur plus sensible. Plusieurs stations hydrométriques ont ainsi été équipées ces deux dernières années (la Tardes à Gouzon, la Loubière à Faverdines) et d'autres le seront les prochaines années.



Illustration: Contraction des écoulements mise en place sur la Tardes à Gouzon en juillet 2022

Ces différentes interventions, indispensables au suivi et à la qualité de la donnée publiée, soulignent l'importance de la maintenance des matériels et des installations, réactive et appropriée aux différentes situations, que permet une réalisation en régie, des agents mainteneurs expérimentés et un dialogue constant avec les hydromètres.

Un suivi hydrométrique fin pour suivre l'évolution de la courbe de tarage

La sensibilité des usages en étiage génère une grande attente quant au suivi des cours d'eau aux stations réglementaires de suivi de l'étiage. L'unité hydrométrie Auvergne – Centre – Val de Loire accorde une grande importance à publier en temps réel une donnée de la meilleure qualité possible (au plus près de la réalité du débit de la rivière, avec des incertitudes minimisées). Cette exigence impose un rythme de jaugeages régulier tout au long de l'année, accentué en étiage et notamment à la période de franchissement des seuils réglementaires à la baisse (début d'étiage) ou à la hausse (suite à un évènement pluvieux important ou en fin d'étiage).

Le développement de plus en plus massif de la végétation dans les cours d'eau (phénomène inconnu de nos plus anciens hydromètres) provoque par ailleurs une influence croissante sur la mesure (jusqu'à une trentaine de centimètres pour les stations les plus touchées). L'évolution de cette végétation au fur et à mesure de la saison et des variations de débits, impose là encore des jaugeages plus fréquents, un suivi fin des courbes de tarage et une critique de la hauteur attentive et régulière.

Enfin, l'incertitude associée aux jaugeages (moulinet, ADCP ou dilution) est systématiquement calculée, et pas seulement à travers les logiciels constructeurs, grâce notamment au logiciel Qrev.



Illustration : Le Cher à Vierzon, en juillet 2022 - développement massif de la végétation aquatique

En 2022, ce sont ainsi 2525 jaugeages qui ont été réalisés, une dizaine en moyenne par station, la période d'étiage générant une sur-activité de l'ordre de 30 % (500 jaugeages environ sur chaque bimestre mai-juin ou juin-juillet, contre 380 environ sur les autres bimestres.

Des appareils de mesure de débit certes performants et perfectionnés mais non dénués d'incertitudes

Depuis plus de deux décennies, les matériels de mesure des débits ont grandement évolué avec le développement de l'électronique et de l'informatique. Les conditions d'intervention et le métier des agents de l'hydrométrie ont fortement changé, ceux-ci passant de jaugeurs (en charge de la seule mesure du débit) à celui d'hydromètres (toujours en charge de la mesure, mais aussi de son exploitation à travers la construction et le suivi des courbes de tarage et la critique – validation de la donnée). Les appareils les plus récents (ADCP, perches électromagnétiques) permettent d'obtenir des mesures avec une mise en œuvre aisée pour un niveau élevé de discrimination des écoulements et d'apparente précision. Si les modes opératoires de terrain et le travail de bureau des hydromètres visent à quantifier et diminuer les incertitudes de la mesure pour obtenir une donnée de bonne qualité, il est également important de chercher à quantifier ces incertitudes, à positionner les différentes techniques les unes par rapport aux autres voire à disqualifier les matériels défaillants.

Les unités d'hydrométrie organisent ainsi classiquement et régulièrement des opérations d'intercalibration des appareils de mesure, visant à qualifier les appareils en fonction, et également à remobiliser les agents sur les débits « extrêmes » qu'ils vont être amenés à mesurer. C'est le cas de l'unité d'hydrométrie Auvergne — Centre — Val de Loire qui organise ainsi de telles intercomparaisons en basses eaux (au printemps) et en hautes eaux (en début d'automne, en profitant, autant que possible, de la baisse du niveau du barrage de Villerest pour la création de son « creux d'automne »). Les résultats de cette opération annuelle permettent ainsi d'identifier les biais de mesure qui peuvent exister entre les différentes techniques et les différents appareils, et ainsi fournir des éléments factuels pour le choix des méthodes à utiliser en basses eaux.

La dernière intercomparaison des techniques utilisées à la DREAL Centre – Val de Loire a eu lieu sur l'Ance du Sud, à St-Préjet-d'Allier les 23 et 24 mai 2022 et a permis de comparer les résultats de mesure issues de différents appareils de type ADCP, de perches – moulinets, de perches électromagnétiques ou de dilution (fluoréscéine, sel). 75 mesures ont ainsi été réalisées sur 31 appareils.

Résultats 2022

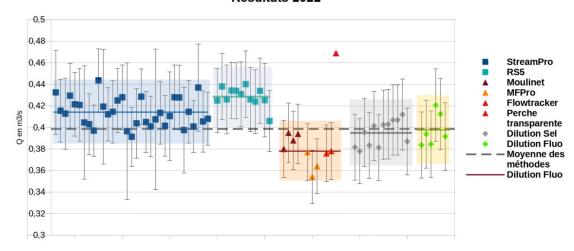


Illustration : Résultats de l'intercalibration 2022 des appareils de mesure de la DREAL Centre – Val de Loire – dispersion des mesures selon les appareils et les techniques

A la suite de l'intercalibration 2022, on note la relative faible dispersion des mesures issues d'un même type d'appareil : les mêmes matériels restent cohérents. On relève aussi que la méthode du micro-moulinet sur perche reste relativement proche de la moyenne des mesures (que l'on assimile au débit réel) malgré son principe de fonctionnement « historique », et que la dilution (qui ne mesure pas le champ de vitesse contrairement aux autres méthodes) en est la plus proche. Dans les conditions très particulières de mesure d'une intercomparaison (section « propre » et bien connue, écoulement homogène et permanent), les technologies ADCP ou électromagnétique ne semblent pas dénuer d'un certain biais, dont on pourra juger (ou non) qu'il est admissible au regard des facilités de mise en œuvre que ces technologies apportent.

Une donnée publiée au plus près de la réalité

La DREAL Centre – Val de Loire a fait le choix de publier en temps réel la donnée la plus juste possible, afin de répondre aux différentes utilisations de cette donnée, que ce soit en crue ou en étiage.

C'est ainsi une supervision en continu qui est effectuée sur les débits calculés pour identifier les évolutions inexpliquées (augmentation du débit sans pluie, généralement du fait du développement de la végétation) ou les incohérences entre stations (cohérence amont – aval; cohérence entre bassins voisins). Cette supervision des débits permet ainsi d'adapter les tournées des hydromètres à la situation, sans pour autant déroger au rythme régulier de passage. Par ailleurs, une attention particulière est portée à intégrer les besoins des DDT pour leur gestion de la ressource, en les encourageant à signaler les comités sécheresse et les volontés de prise ou de levée d'arrêté, afin de bénéficier, autant que possible, de jaugeages récents.

Une prise en compte des jaugeages est effectuée dès le retour de tournée (chaque semaine), afin de modifier les courbes de tarage et prendre en compte les influences de la végétation en cours. Les débits publiés peuvent être alors recalculés sur une période de plusieurs jours voire plusieurs semaines, dans les pires des cas, ce qui n'est pas sans poser des problèmes aux usagers, notamment les DDT (une meilleure communication de ces recalculs est un chantier encore à mener). Cela a été notamment le cas en juillet 2022 à la station réglementaire de Vierzon, sur laquelle un petit « coup d'eau » est venu modifier ponctuellement l'influence de la végétation présente. Une prise en compte trop rapide de cette modification suite à jaugeage a abouti à un recalcul des débits sur les quinze jours précédents, donnant l'illusion d'un franchissement à la hausse du seuil réglementaire de crise, alors que l'arrêté sécheresse n'avait

pas été modifié, provoquant une vive réaction de la profession agricole. Un nouveau jaugeage et une analyse plus fine de la situation a permis de rétablir par la suite des débits jugés plus proches de la réalité.

En plus de la publication habituelle sur l'Hydroportail, la DREAL Centre – Val de Loire publie in fine sur Internet deux à trois fois par semaine un tableau des données pré-validées, présentant les débits moyens des derniers sept jours et le VCN3 à chaque station réglementaire, ainsi que les informations nécessaires à la bonne appréhension de l'incertitude de la mesure (date du dernier jaugeage, valeur du jaugeage le plus faible, incertitude relative...). Ces éléments doivent permettre aux usagers, au premier rang desquels les services de police de l'eau, de disposer des meilleures données pour la gestion de la ressource en département.

L'ensemble des tâches liées à la supervision et la pré-validation des débits publiés occupe quasiment un plein temps en période d'étiage le plus critique.

Conclusion

L'unité hydrométrique de la DREAL Centre – Val de Loire porte donc une grande attention à la qualité de la donnée hydrométrique qu'elle produit et publie en temps réel. Cette exigence concerne l'ensemble de la chaîne de production et des agents, depuis les équipes de maintenance jusqu'à la supervision hydrologique, en passant par les hydromètres. La survenue d'étiages sévères de plus en plus fréquents, et des usages de l'eau de plus en plus consommateurs, font apparaître des tensions croissantes au sein des bassins : l'étiage 2022 n'a pas dérogé à cette évolution, avec des débits historiquement bas par endroit, comme sur la Loire. Les attentes vis-à-vis de la donnée hydrométrique sont donc grandissantes. La production de l'unité hydrométrique Auvergne – Centre – Val de Loire tâche de répondre à ces attentes. Des besoins de pédagogie et de formation des usagers au processus de production restent néanmoins nécessaires pour que soit correctement compris l'incertitude inhérente à la donnée hydrométrique.

O.3.2. L'hydrométrie pour le suivi des étiages : retour d'expérience 2022 d'EDF sur le Sud-Ouest (Arnaud Belleville)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », L'hydrométrie au service du suivi des étiages : retour d'expérience 2022 d'EDF sur le sud-ouest et perspectives, Belleville Arnaud

Paris, 8&9 Mars 2023

BELLEVILLE Arnaud arnaud.belleville@edf.fr

L'HYDROMETRIE AU SERVICE DU SUIVI DES ETIAGES : RETOUR D'EXPERIENCE 2022 D'EDF SUR LE SUD-OUEST ET PERSPECTIVES Hydrometry at the service of monitoring low water : EDF 2022 feedback on the south-west and outlook

Auteurs : BELLEVILLE Arnaud 1 , SCOPEL Didier 2 , LEVENES François 2 , MORLOT Thomas 2 & POLLET Anaïs 2

¹EDF-DTG, 134 et 200 chemin de l'Étang 38950 Saint-Martin Le Vinoux, France, e-mail : arnaud.belleville@edf.fr

²EDF-DTG, 4 rue Claude Marie Perroud 31100 Toulouse France

Choix du thème/session : Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: Hydrométrie, jaugeages, soutien d'étiage, Lot Orateur: Belleville Arnaud, arnaud.belleville@edf.fr

EDF exploite un vaste réseau de mesure hydroclimatologique pour ses besoins propres, dont environ 300 stations hydrométriques. Ce réseau de mesure, exploité en temps réel, permet un suivi quantitatif des cours d'eau le long desquels sont implantés les ouvrages de production électrique d'EDF. L'année 2022 a été marquée par un épisode de sécheresse remarquable, engendrant des étiages intenses et prolongés sur une grande partie du territoire métropolitain. Dans ce contexte, EDF a réalisé de nombreux jaugeages sur son réseau de mesure pour suivre cet étiage. Cette communication propose d'illustrer le suivi réalisé durant l'été 2022 sur le territoire Gaves-Aude-Garonne (GAG), composé de 71 stations hydrométriques gérées par l'équipe hydrométrique du Service Réseau Eau et Environnement Ouest d'EDF-DTG. Les problématiques soulevées par la mesure des étiages sont également abordées.

Jusqu'à une période très récente, les efforts du producteur de données se sont portés essentiellement sur la connaissance des débits de crues, avec une volonté d'améliorer la précision des extrapolations hautes des courbes de tarage. Ceci s'est traduit par la réalisation de jaugeages en période de crue. Les développements techniques ont également été orientés en ce sens : développement de méthodes de jaugeage non intrusives (imagerie, vélocimétrie radar), déploiement de la méthode par dilution globale, généralisation de la modélisation hydraulique 1D pour l'extrapolation des courbes de tarage.

D'une manière générale, l'activité est, au contraire des crues, peu orientée sur la recherche du « minimum jaugé historique ». En étiage, les enjeux sont fixés et organise en partie l'activité, par exemple :

- ✓ Suivi du soutien d'étiage de la Garonne par l'Ariège : jaugeages comparatifs avec la DREAL Occitanie pour valider la courbe de tarage de la station de Foix dans la gamme 10-20 m³/s ;
- ✓ Calcul de l'Index Lot à Entraygues à partir de 3 stations hydrométriques pour la définition des débits de soutien d'étiage ;
- ✓ Contribution au suivi des étiages sur les points nodaux par réalisation de jaugeages sur des stations dont la gestion est partagée avec la DREAL;
- ✓ Gestion particulière sur certaines stations à enjeux pour l'exploitation hydro-électrique et l'optimisation de la ressource.

Historiquement, si les repères de crues sont souvent identifiés, connus, recherchés, la connaissance des plus bas niveaux sur des cours d'eau est plus rare, les échelles limnimétriques ayant parfois été abaissées au cours du temps aux minimum enregistrés. Pour les débits, les incertitudes liées à la sensibilité des tracés des courbes de tarage à bas débit, la variabilité accidentelle de certains contrôles hydrauliques (aménagement temporaire pour la baignade...) et l'absence ou le moindre effort sur des jaugeages des très faibles débits en dehors des stations à enjeux définis ont pu engendrer une gestion des courbes de tarage moins focalisée sur les extrapolations basses, alors même qu'un jaugeage minimum historique doit en principe, être moins fugace à saisir qu'un débit de crue. Pour autant, sur les stations de débit naturel gérées depuis 50 ou 70 ans comme cela est le cas pour certaines stations gérées par EDF-DTG sur le territoire GAG, le marqueur « minimum jaugé historique » était peu suivi. Il peut permettre d'approcher la contribution minimale d'un bassin versant en s'affranchissant en partie de la part d'incertitude liée aux extrapolations « bas débit » des courbes de tarage. L'hydrologue y est attentif. L'hydromètre peut l'aider en considérant que, au même titre qu'un maximum jaugé, un minimum jaugé a de la valeur et pourra être valorisé en modélisation hydrologique.

La gestion du réseau de mesure GAG lors de l'étiage de 2022 s'est donc articulée sur les axes suivants :

- ✓ Assurer les courbes de tarages « contractuelles » dans leur partie basse (jaugeages, reprise de la courbe de tarage éventuellement) ;
- ✓ Répondre aux mieux à des sollicitations temps réel (vérification de l'efficacité du soutien d'étiage en particulier à Villemur, contrôle ponctuel d'abaque de turbinage, etc.);
- ✓ Identifier sur les autres stations « hors périmètre étiage » les minima jaugés historiques, en particulier sur les stations naturelles, non influencées par un soutien d'étiage (la moitié des stations);
- ✓ Si possible, planifier et réaliser ces mesures, en lien avec la disponibilité et les habilitations des agents de l'équipe ;
- ✓ Contrôler les cohérences amont/aval (sur le Lot, le Tarn, la Garonne aval) ;
- ✓ Modifier les zones douteuses des courbes de tarage (métadonnées mises à disposition sur notre outil de visualisation des données).

Sur le territoire GAG, ce sont ainsi 13 minima jaugés historiques qui ont été réalisés sur 58 stations ayant une signification hydrologique (plus un 14e sur la Loire), dont 8 sur des stations à débit naturel.

Les perspectives climatiques mettent en évidence une augmentation de la fréquence des épisodes de sécheresse extrême. L'hydrométrie traditionnelle doit s'adapter pour produire dans ce contexte nouveau des débits de qualité répondant aux enjeux croissants autour de la gestion partagée de l'eau. Ainsi, EDF-DTG, en lien avec les acteurs du Groupe Doppler Hydrométrie, travaille sur différents sujets de développement technique, par exemple : suivi à distance par caméra des contrôles hydrauliques régissant les relations hauteur-débit des stations d'hydrométrie et du fonctionnement des capteurs de niveaux, développement d'un dispositif de jaugeage automatique par dilution.

Par ailleurs, l'épisode 2022 de sécheresse prolongée a confirmé que les caractéristiques morphologiques de certaines stations hydrométriques n'étaient pas adaptées à la mesure des très faibles débits. EDF doit étudier la possibilité de déplacer certaines stations pour retrouver des sections de mesure mieux adaptées et répondant aux enjeux de la mesure des étiages.

La communication des incertitudes auprès des gestionnaires et décideurs reste un axe de travail à développer, et prend tout son sens dans le contexte des débits d'étiage.

Enfin, le renforcement des partenariats avec les autres gestionnaires de réseaux de mesure constitue un axe fort pour améliorer les modes d'organisation permettant de répondre à des situations de crises prolongées.

O.3.3. Utilisation d'une vaste base de données de jaugeages pour créer un référentiel d'étiage (Benjamin Grelier)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Utilisation d'une base de données de jaugeages à grande échelle pour réaliser un référentiel d'étiage, Benjamin Grelier,

Paris, 8&9 Mars 2023

Nom de l'auteur correspondant : Benjamin Grelier Adresse mail de l'auteur correspondant : benjamin.grelier@univ-lorraine.fr

UTILISATION D'UNE BASE DE DONNÉES DE JAUGEAGES À UNE ÉCHELLE RÉGIONALE POUR RÉALISER UN RÉFÉRENTIEL D'ÉTIAGE

USE OF A REGIONAL-SCALE STREAM GAUGE DATABASE TO PRODUCE A LOW-FLOW REFERENCE SYSTEM

GRELIER Benjamin¹, EL KHALFI Hajar¹, DELUS Claire¹, DROGUE Gilles¹, LEBAUT Sébastien¹, MANCEAU Luc¹ & FRANÇOIS Didier¹

¹ Université de Lorraine, LOTERR, F-57000 Metz, France, email : <u>benjamin.grelier@univ-lorraine.fr</u>, <u>hajar.el-khalfi@uni-lorraine.fr</u>, <u>claire.delus@univ-lorraine.fr</u>, <u>gilles.drogue@univ-lorraine.fr</u>, <u>luc.manceau@univ-lorraine.fr</u>, <u>didier.francois@univ-lorraine.fr</u>

Choix du thème/session : Hydrométrie

Mots clefs: étiage, jaugeages, base de données

Orateur: Benjamin GRELIER - benjamin.grelier@univ-lorraine.fr

Contexte

En France, la connaissance des écoulements en période d'étiage est une préoccupation relativement ancienne : en 1860 pour développer l'irrigation et limiter le développement anarchique des prises d'eau, l'état impérial demande aux services des Ponts et Chaussées de dresser un inventaire des cours d'eau non navigables ni flottables et d'estimer le « volume par seconde des eaux ordinaires, des eaux d'étiage et des grandes crues ». On conseille alors aux ingénieurs d'effectuer des jaugeages et de fixer « une fraction des eaux de pluie qui se rend au cours d'eau ». Cette fraction est régionalisée à partir des caractéristiques des bassins versants. Le ministère indique par ailleurs que « Parmi les renseignements [...], l'un des plus intéressants, mais aussi (on doit le reconnaître) l'un des plus difficiles à fournir avec précision, est celui des débits ».

Un siècle plus tard (1975-1978, fig. 1), la Mission Déléguée de Bassin Rhin-Meuse publie les premiers catalogues des débits mensuels d'étiage sur son territoire d'intervention. Ces catalogues rappellent

l'inventaire initié en 1860, mais se limitent au module et aux débits mensuels d'étiage (QMNA) de fréquence 1/2, 1/5 et 1/10. La méthode d'estimation repose sur un réseau hydrométrique encore peu dense et une régionalisation des débits spécifiques. Cette publication est motivée par « des préoccupations croissantes liées aux ressources et à la qualité des eaux de surface ».

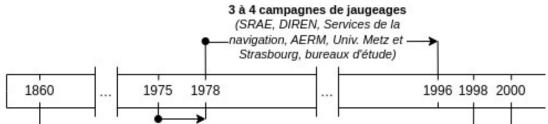


Figure 1 - Frise chronologique des travaux liés à l'élaboration des catalogues des débits d'étiages dans le bassin Rhin-Meuse (partie française).

Il est prévu par la suite de mettre à jour ces premiers catalogues en changeant la période de référence et en proposant des valeurs de débits d'étiage à une échelle plus fine (inférieure ou égale à la zone hydrographique).

Campagnes de mesure

C'est en partie dans ce cadre, qu'ont été organisées des campagnes de jaugeages en période d'étiage, échelonnées de 1978 à 1996 (fig.1). Les mesures ont été réparties dans le bassin versant afin de connaître au mieux l'évolution des débits le long des cours d'eau principaux et la contribution des affluents. Le choix des points de jaugeage est motivé par l'organisation du réseau hydrographique, du substratum drainé et des influences anthropiques, et aboutit à un point de jaugeage pour environ 10 km². Au final, sur l'ensemble de la période, tous les cours d'eau du bassin Rhin-Meuse (partie française) ont été jaugés à raison de 3 ou 4 campagnes de mesure en période d'étiage.

Initialement, toutes les campagnes n'ont pas été réalisées dans le cadre de la mise à jour des catalogues mais l'ensemble des jaugeages réalisés ont pu être exploités dans cet objectif. Les jaugeages ont été réalisés par les services de l'État (SRAE puis DIREN et les Services de la Navigation), l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, les universités de Metz (CEGUM) et de Strasbourg (CEREG) et des bureaux d'études privés. Pour la quasi-totalité des mesures, les prestataires ont utilisé des perches à intégration « Pirée ». Les Services de la Navigation se sont chargés des gros cours d'eau et ont jaugé avec un saumon à partir d'un pont ou d'un bateau. Les campagnes de mesures ont été déclenchées en situation de basses-eaux (de juin à octobre) et quand les précipitations n'avaient plus d'influence directe sur les écoulements.

Méthode de spatialisation

Parallèlement, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a confié une étude à l'université de Metz (CEGUM) afin de pouvoir utiliser toutes ces mesures pour la mise à jour des catalogues. La méthode élaborée alors a accordé une place importante à la critique des données. La réalisation de 3 à 4 campagnes de mesure a

notamment permis d'obtenir 3 à 4 jaugeages pour un même point et ainsi de comparer les campagnes 2 à 2. Des valeurs de débits issues des jaugeages ont parfois dû être corrigées. Les sources d'erreur sont nombreuses, résultant d'un mauvais choix de section, d'une erreur de manipulation, d'une défaillance du matériel, d'une éclusée, ... À l'époque très peu de jaugeages ont en effet été dépouillés sur le terrain et les anomalies n'ont pu apparaître qu'après toutes les mesures terminées.

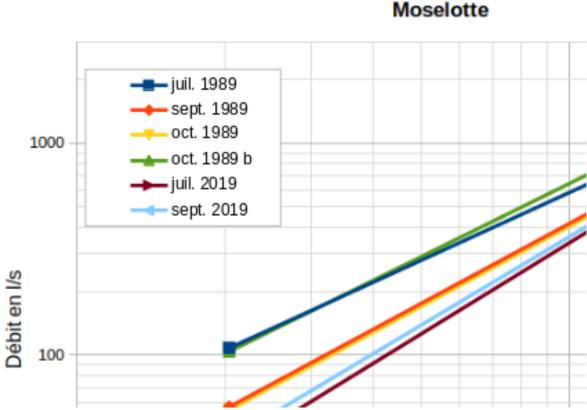


Figure 2 – Profils hydrologiques de la Moselotte (campagnes de 1989 et de 2019)

Pour spatialiser les débits, on réalise des profils hydrologiques : on met en relation les débits et les surfaces de bassin versant pour tous les jaugeages d'une même campagne effectués sur un cours d'eau (Fig. 2). La juxtaposition des profils hydrologiques d'un cours d'eau pour différentes campagnes montre un quasi-parallélisme dans l'évolution des débits en fonction de la surface de bassin versant. Il est donc proposé de mettre en équation les profils hydrologiques selon la formule de Leopold L. B. et Miller J. P. (1956) :

$$Q = h \times A^g$$

où:

- Q est le débit (en volume par seconde),
- A la surface de bassin versant et
- h et g les paramètres relatifs à chaque tronçon du profil hydrologique :
 - le paramètre g correspond à l'évolution du rendement des terrains drainés: s'il est supérieur à 1, le débit spécifique augmente, dans le cas contraire il diminue. Du fait du parallélisme des profils, g varie peu d'une campagne à l'autre.

• le paramètre *h* rend compte de la situation hydrologique dans laquelle la campagne de mesure a été réalisée.

Le profil hydrologique se résume rarement à une droite car on observe des ruptures que l'on attribue à des modifications dans les conditions d'alimentation du cours d'eau. En étiage, période pendant laquelle l'essentiel de l'écoulement provient des nappes souterraines, l'affleurement d'une couche aquifère ou son absence peut expliquer la présence de ces ruptures. Ainsi la confluence d'un cours d'eau inscrit dans des conditions hydrogéologiques différentes peut également justifier une rupture.

Pour proposer des valeurs de débits mensuels d'étiage fréquentiels on « cale » les profils hydrologiques sur les valeurs aux stations.

Résultats

À l'issue des campagnes et de la réalisation des profils hydrologiques d'étiage, les catalogues relatifs à la période 1971-1990 ont été produits et édités à partir de 1998 (fig. 1). Ces catalogues proposent des valeurs de débits mensuels d'étiage fréquentielles (1/2, 1/5 et 1/10) aux stations hydrométriques, aux limites des zones hydrographiques et aux points de rupture des profils, de sorte que l'utilisateur peut, par interpolation, estimer ces débits caractéristiques entre deux points d'un cours d'eau proposés par le catalogue.

L'examen des profils hydrologiques ainsi obtenus permet d'apprécier l'intérêt des mesures de débits ponctuelles pour spatialiser les débits d'étiage et documenter les enjeux suivants :

- Des jaugeages ont été réalisés en amont et en aval des principales influences et ont permis d'estimer des prélèvements réalisés au fil de l'eau et des rejets (exemple de la Moselle amont).
 Or ces valeurs ne sont pas toujours connues.
- D'autre part l'évolution naturelle des débits d'un cours d'eau d'amont en aval en étiage est parfois très irrégulière. Elle est liée aux caractéristiques hydrogéologiques des terrains drainés. Ainsi dans notre région d'étude, des cours d'eau s'écoulent dans leur partie amont sur des terrains imperméables (argileux) et drainent en aval un substratum perméable (calcaires). Le profil hydrologique qui en résulte décrit une augmentation du débit bien plus rapide dans la partie aval (exemple de l'Esche ou de la Voise).
- Dans les bassins karstiques des arrivées d'eau ou des pertes influencent ponctuellement l'évolution des débits. Des mesures effectuées en amont et en aval de ces phénomènes permettent de quantifier leur impact (exemple de l'Aroffe, de la Meuse amont). Dans les bassins vosgiens, des pertes peuvent apparaître à l'aval de certains cours d'eau dans les cônes de déjection.

Mise à jour des catalogues des débits mensuels d'étiage

Les mêmes catalogues sont utilisés depuis leur publication. Cependant, les services gestionnaires ou services de la police de l'eau ont signalé un « décalage » entre certaines valeurs du catalogue et les étiages sévères et fréquents de ces dernières années. Pour vérifier ce constat, les tests classiques de stationnarité (Pettitt et Mann Kendall) ont été appliqués aux chroniques de QMNA qui à présent sont relativement longues (1971-2022). Sur 130 stations testées, 41% présentent des séries de QMNA non stationnaires. Elles se situent en grande partie dans le massif vosgien. Une décroissance régulière est apparue au début des années 2000, et l'année 2022 en est, en quelque sorte, le paroxysme. En effet, le QMNA 2022 est la plus faible valeur enregistrée sur la période 1971-2022 pour plus d'un quart des stations étudiées et pour plus de la moitié, il se classe entre le premier et le troisième rang. Cet étiage

est comparable à 1976 mais il survient aussi après trois autres étiages sévères : 2018, 2019 et 2020, ce qui en a augmenté la perception et a provoqué un intérêt particulier pour les questions de la persistance et la récurrence de la sécheresse.

Une mise à jour des catalogues semble donc s'imposer, avec pour principaux enjeux :

- la détermination d'une période de référence stationnaire et représentative,
- la validité des profils hydrologiques.

Pour tenter de répondre à la seconde question, notre laboratoire a entamé un travail de collecte et de bancarisation (numérique) de tous les jaugeages d'étiage réalisés pour les catalogues : l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse avait centralisé tous les jaugeages mais une bonne partie n'apparaît que dans les rapports « papier » et leur localisation n'est parfois signalée que sur des cartes « papier ». La base de données a pris le nom de **BaDJE**, acronyme pour **Ba**se de **D**onnées des **J**augeages d'Etiage. Elle regroupe aujourd'hui 2542 points de jaugeage et 7706 jaugeages. Elle doit encore être complétée notamment pour la partie alsacienne et ardennaise. Dans le protocole de bancarisation, la localisation précise des points de mesure est systématiquement redéfinie, afin qu'elle soit cohérente avec la BD TOPAGE; puis un tracé de bassin versant issu d'un MNT corrigé est attribué à chaque point. L'élaboration de BaDJE remplit plusieurs objectifs :

- la mise à disposition des mesures pour connaître les ordres de grandeur des écoulements en étiage sur les cours d'eau mesurés lors des campagnes,
- l'estimation de débits d'étiage fréquentiels par comparaison avec les débits enregistrés aux stations au moment des mesures (Sauquet et al., 2016),
- la comparaison des mesures actuelles et à venir, et donc des profils hydrologiques, avec celles/ceux des années 1980-1990.

Pour ce dernier volet, on dispose déjà de premiers éléments de réponse avec des campagnes de jaugeages organisées dans les Vosges cristallines pendant l'été 2019 (Fig. 1 et 2). Il apparaît clairement que les débits mesurés en 2019 sont souvent très inférieurs à ceux provenant des campagnes réalisées dans les années 1980 et 1990. L'aspect des profils ne semble pas modifié mais les bassins concernés ont une géologie relativement homogène avec des profils simples (peu de tronçons). Des campagnes de mesure menées sur des bassins plus contrastés paraissent donc nécessaires afin de vérifier la validité des anciens profils hydrologiques pour ce qui concerne le fonctionnement naturel du cours d'eau. Pour les aspects anthropiques, il est clair que les changements sont importants et la prise en compte de nouvelles données devient indispensable. En outre, l'organisation de campagnes de mesure en dehors du réseau hydrométrique lors d'étiages exceptionnels comme celui de 2022 doit être envisagée.

Conclusion

Les campagnes de mesure des débits d'étiage réalisées pour les catalogues représentent un travail très important qui a nécessité beaucoup de temps, de jaugeurs, de matériel et d'investissement financier. Pour la mise à jour des catalogues, on ne peut envisager la reconduction d'un tel travail. On s'oriente donc vers l'organisation de campagnes « simplifiées » avec peu de points, choisis en fonction des ruptures dans les profils hydrologiques. De cette manière, on pourra, le cas échéant, modifier les profils en partant du principe que les points de rupture naturels ne changent pas.

Outre la mise à jour des catalogues, BaDJE va accueillir de nouvelles mesures et ainsi constituer une source de données essentielle pour mesurer l'évolution des étiages dans le bassin Rhin-Meuse.

Références

François, D., M. Sary, J.-F. Zumstein et J.-C. Auer. Etude méthodologique des débits d'étiage. Rapport, CEGUM, Université de Metz - Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 1994.

Francois D., C. Delus, S. Lebaut et L. Manceau. Ressources en eau souterraine dans les Vosges et vulnérabilité au changement climatique. Campagnes de jaugeages des débits d'étiage 2019. [Rapport de recherche] LOTERR, Université de Lorraine. 2019. (hal-02864671)

Leopold L. B. et R. L. Miller. Ephemeral stream-hydraulic factors and their relation to the drainage network. USGS Professional Paper, n° 282-A, 1956.

Sauquet E., C. Catalogne, J. Plasse, M. Lang. Guide pour l'exploitation des jaugeages en hydrologie - Application à la prédétermination des débits caractéristiques d'étiage. Onema,

р р

1

3

7

2

0

1

Ц

h

a

-

0 2

6

Λ

4

8 4

 ${\rm O.3.4.~ONDE}$ et démarches participatives (Céline Nowak)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Améliorer la caractérisation des étiages par la surveillance des petits cours d'eau métropolitains grâce au réseau ONDE, Nowak et al.,

Paris, 8&9 Mars 2023

Céline Nowak celine.nowak@ofb.gouv.fr

Améliorer la caractérisation des étiages par la surveillance des petits cours d'eau métropolitains grâce au réseau Onde

Auteurs : NOWAK Céline¹, MAGAND Claire², SAUQUET Eric³ DUROZOI Bénédicte⁴ & PENIL Caroline¹

¹Office français de la biodiversité (OFB), "Le Nadar" Hall C 5, square Félix Nadar, 94300

Vincennes e-mail: celine.nowak@ofb.gouv.fr; caroline.penil@ofb.gouv.fr

²OFB, 8 bd Albert Einstein, 44300 Nantes, <u>claire.magand@ofb.gouv.fr</u>

³INRAE, UR Riverly, 5 rue de la Doua - CS 20244, 69625 Villeurbanne Cedex, eric.sauquet@inrae.fr

⁴OFB, Bâtiment Vienne - 9, avenue Buffon, 45071 Orléans Cedex 2, benedicte.durozoi@ofb.gouv.fr

Choix du thème/session : session 3 – Améliorer la surveillance pour l'aide à la décision : mesures, suivis, caractérisation des situations d'étiage et de tension sur l'eau

Mots clefs: sécheresse, assecs, petits cours d'eau Orateur: Céline Nowak, celine.nowak@ofb.gouv.fr

Le manque d'eau est un enjeu fort pour les pouvoirs publics car ils doivent mettre en place des règles de partage de l'eau équitables entre les usagers tout en étant garants de la préservation des milieux naturels. Les quatre années consécutives de sécheresse, 2017 à 2020, et plus récemment la sécheresse de 2022, auxquelles a été confrontée la France ont particulièrement bien mis en évidence cet enjeu, avec des situations de crise et des prises d'arrêtés de restriction d'usages sur la quasi-totalité du territoire métropolitain. Qu'ils soient aquatiques ou terrestres, les milieux ne sont pas épargnés par le manque d'eau ; les habitats et espèces protégés ou non sont tous impactés. L'Office français de la biodiversité (OFB) a notamment pour rôle d'évaluer l'état et les usages des écosystèmes aquatiques et des ressources en eau. Il agit en tant qu'opérateur de la production de données et d'appui technique et scientifique pour la conception des programmes de surveillance auprès de la direction de l'eau et de la biodiversité du ministère en charge de l'écologie et au sein des secrétariats techniques de bassin avec ses directions interrégionales sur ces thématiques.

Un réseau complémentaire aux stations hydrométriques

En 2012, l'OFB met en place l'Observatoire national des étiages (Onde, https://onde.eaufrance.fr/). Ce dispositif repose sur les observations visuelles de l'état d'écoulement des petits cours d'eau métropolitains, réalisées chaque année par les agents de l'OFB. Son atout tient au caractère objectif du constat selon trois modalités d'écoulement du cours d'eau : écoulement visible de l'eau, présence d'eau mais écoulement non visible et enfin assec. De mai à septembre, les agents de l'OFB assurent un suivi usuel systématique autour du 25 du mois, ce qui permet d'apprécier une situation hydrologique (d'un cours d'eau, d'un territoire géographique) à un moment donné et d'en suivre l'évolution. Un suivi complémentaire peut être réalisé sur l'ensemble du département ou sur un sous-échantillon de stations et à une fréquence plus élevée.

La répartition des stations a été pensée pour être représentative de la situation hydrographique de chaque département. Les analyses de Beaufort et al. (2018) ont montré la complémentarité du réseau Onde et des stations hydrométriques mesurant les débits. En effet, seul un faible nombre de stations hydrométriques enregistrent en continu les débits de cours d'eau français drainant moins de 25 km² et très peu de stations enregistrent des assecs (moins de 10% en France métropolitaine). Le suivi des petits cours d'eau permet d'avoir une vision plus représentative des dynamiques d'assèchement des cours d'eau français.

En 2022, les informations ont été recueillies sur 3248 stations d'observation réparties sur 93 départements, soit en moyenne 35 par département. Alors que la situation hydrologique de fin août 2022 des petits cours d'eau de tête de bassin est la plus critique jamais rencontrée depuis la mise en place du dispositif en 2012, celle de fin septembre 2022 (env. 1200 assecs ou ruptures d'écoulement) est similaire à celle de 2019 et présente 30% d'assecs et de ruptures d'écoulement en plus que 2017 et 2020 (env. 900) à la même période (années sèches). Les données étant recueillies aux mêmes périodes depuis 2012, il est possible de suivre l'évolution de l'intensité des étiages année après année. On note que 2022 est l'année pour laquelle on a le plus grand nombre de départements concernés par des assecs, avec 48 départements pour lesquels la part d'assecs observés représentait plus de 20 % du total des observations réalisées entre fin mai et fin septembre 2022 (suivis usuels), contre 35 départements en 2019.

Un outil d'aide à la décision en situation de crise

Lors de la commission d'anticipation et de suivi hydrologique (CASH) au niveau national et des comités ressources en eau à l'échelle départementale ou interdépartementale, l'OFB est en charge de présenter, au travers des données Onde, la situation des petits cours d'eau en têtes de bassin versant, milieux plus sensibles aux situations de sécheresse. Le Préfet s'appuie sur ce comité et les informations qui y sont rapportées pour prendre des mesures de limitation ou de suspension progressive des usages de l'eau lors des épisodes de sécheresse. En 2021, le guide de mise en œuvre des mesures de restriction des usages de l'eau en période de sécheresse¹ publié par le ministère en charge de l'écologie et à destination des services chargés de leurs prescriptions, propose de renforcer la prise en compte des données Onde comme outil de déclenchement de seuil (existence de seuils basés sur des stations Onde), et/ou comme outil de diagnostic complémentaire aux autres dispositifs existants (débit en rivière, piézométrie, ...). Actuellement, 73 départements mentionnent ce dispositif dans leurs arrêtés cadre sécheresse (ACS) (54 comme outil de diagnostic complémentaire et 19 comme outil de déclenchement de seuil).

Mobiliser les sciences participatives pour enrichir le dispositif

A travers le programme de sciences participatives « En quête d'eau » (https://enquetedeau.eaufrance.fr/), l'OFB souhaite améliorer la connaissance de l'écoulement des cours d'eau en augmentant les observations visuelles, sur un plus grand nombre de cours d'eau et sur une période étendue via une démarche collaborative. Depuis 2017, l'OFB propose à tous de réaliser ces observations de cours d'eau

¹ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20secheresse_VF.pdf

et s'engage à fournir et à maintenir les outils informatiques nécessaires à la collecte et à la bancarisation de celles-ci. Certains acteurs de l'eau tels que les fédérations de pêche (cf. communication Fagot, 2023) ont par ailleurs défini un réseau de stations permettant de compléter le suivi de l'évolution hydrologique de leur bassin versant afin d'avoir une vision plus complète de la situation de sécheresse. En 2022, plus de 7160 observations complémentaires ont été réalisées via ce dispositif participatif, année record en termes d'observations (4178 en 2020).

Alerter des impacts sur la biodiversité en période de crise

Même si les dix années de suivi Onde mettent en avant l'augmentation des phénomènes d'assèchement des petits cours d'eau en tête de bassin versant, tant en termes de durée que d'intensité, aucun suivi biologique n'est mis en place sur ce réseau et ne permet donc pas de faire le lien avec les communautés aquatiques. Des observations opportunistes des impacts observés sur les milieux (mortalités d'espèces, eutrophisation) sont parfois remontées via les bulletins de situations hydrologiques (BSH). Si cela permet d'illustrer l'impact du manque d'eau sur les milieux aquatiques, cela ne peut constituer en aucun cas un bilan objectif sur un territoire donné. Dresser un panorama national des impacts sur la biodiversité d'un épisode de sécheresse n'est pas chose facile car les observations sont rarement représentatives de l'ensemble du territoire. Face à l'ampleur de la sécheresse 2022, la nécessité d'objectiver la souffrance hydrique des milieux naturels (pertes piscicoles et écologiques) liée au déficit hydrologique s'est avérée plus prégnante. Bien qu'ayant été conçus plus pour qualifier un état moyen, des travaux sur l'exploitation des données collectées dans la cadre d'autres réseaux de surveillance vont être lancés en 2023. Il s'agit notamment de la température des cours d'eau, paramètre déterminant pour de nombreux processus physiques et biologiques : exploitation des données du réseau des lacs sentinelles, ou des mesures ponctuelles réalisées 4 à 6 fois par an pour répondre aux exigences réglementaires de la directive européenne cadre sur l'eau, ou du suivi en continu du Réseau national de suivi en continu de la température des eaux superficielles continentales, ou d'autres réseaux (EDF, DREAL, Agences de l'eau, fédérations de pêche...). Ces travaux visent une meilleure prise en compte de ce volet souvent minimisé par les usagers de la ressource en eau du fait de la résilience supposée ou réelle des communautés aquatiques.

Références :

Beaufort, A., et al., 2018. Extrapolating regional probability of drying of headwater streams using discrete observations and gauging networks. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22 (5), 3033–3051. doi:10.5194/hess-22-3033-2018

Fagot, J.B. (2023). Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques mis en œuvre dans la gestion de l'étiage 2022 – Département du Jura. Conférence SHF Sécheresse et étiages 2022

Posters session 3

P.3.1. Vers une harmonisation de la production et de la diffusion des données de débits en étiage (Stéphanie Poligot-Pitsch)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Vers une harmonisation de la production et de la diffusion des données de débits en étiage, Stéphanie Poligot-Pitsch,

Paris, 8&9 Mars 2023

Stéphanie POLIGOT-PITSCH Stephanie.poligot-pitsch@developpement-durable.gouv.fr

Vers une harmonisation de la production et de la diffusion des données de débits en étiage

Towards unified methods to produce and publish low-flow discharges Auteurs: POLIGOT-PITSCH Stéphanie¹, MOREL Mathilde², BARTHELEMY Loïc³, BERTEAU Maxime⁴, BESSON David⁵, BILDSTEIN Audrey⁶, GLAZIOU Gwen⁷, HEBRARD André⁸, MAGAND Claire⁹ & MARLY Xavier¹⁰

- ¹MTECT / SCHAPI, avenue Gaspard Coriolis 31000 TOULOUSE, France, stephanie.poligotpitsch@developpement-durable.gouv.fr
- ² MTECT / Direction de l'Eau, Tour Séquoia 1 place Carpeaux 92055 LA DÉFENSE CEDEX, France, mathilde.morel@developpement-durable.gouv.fr
- ³ DREAL Auvergne-Rhône-Alpes , 5 place Jules Ferry 69453 LYON CEDEX 06, France, loic.barthelemy@developpement-durable.gouv.fr
- ⁴Agence de l'eau Rhône Méditerranée, 2-4 allée de Lodz 69363 Lyon Cedex 07, France, Maxime.BERTEAU@eaurmc.fr
- ⁵ DREAL Centre Val de Loire, 5, Avenue Buffon BP 6407 45064 ORLEANS Cedex 2, France, david-p.besson@developpement-durable.gouv.fr
- ⁶ DRIEAT Île de France, 12 cours Louis Lumière 94300 Vincennes, France, audrey.bildstein@developpement-durable.gouv.fr
- ⁷ DREAL Normandie, 1 rue recteur Daure CS 60040 14006 CAEN cedex 1, France, Gwen.Glaziou@developpement-durable.gouv.fr
- ⁸ DREAL Occitanie, DRN SPC 105 boulevard Barbès 11000 CARCASSONNE, France, andre.hebrard@developpement-durable.gouv.fr
- ⁹ OFB, 12, cours Lumière 94300 Vincennes, France, <u>claire.magand@ofb.gouv.fr</u>
- ¹⁰ DREAL Grand Est, 2 rue Augustin Fresnel CS 95038 57070 METZ CEDEX, Xavier.MARLY@developpement-durable.gouv.fr

Choix du thème/session : 2 / Adéquation et limites de la chaine de gestion réglementaire, administrative et technique – session 3 / surveillance et caractérisation des situation d'étiage et de tension sur l'eau

Mots clefs: hydrométrie, incertitudes, surveillance

Orateur: (à déterminer)

La gestion administrative des étiages et de la ressource en eau plus globalement s'appuie sur les mesures des différentes ressources. Pour la ressource « eau de surface », elle s'appuie en particulier sur les mesures des débits de certains cours d'eau, à des stations hydrométriques jugées représentatives de l'état de la ressource sur une zone plus ou moins large.

Les sécheresses récentes, et particulièrement la sécheresse 2022, ont mis en exergue le besoin de données précises, fiables et en quasi-temps réel pour un suivi fin et des décisions de gestion de l'eau adaptées à la situation.

D'une part, la principale source de ces données hydrométriques sont les stations gérées par les Unités Hydrométrie (UH) de l'Etat. Or chaque UH est confrontée à des problèmes métrologiques et organisationnels propres à son territoire, auxquels chacune a pu répondre de manière indépendante.

D'autre part, chaque préfecture de département a mis en place un cadre juridique pour la prise de décision de restriction d'usage de l'eau, qui s'appuie sur des indicateurs différents. Une harmonisation peut être exercée par les DREAL de région ou de bassin, qui n'aboutit pas toujours. De nombreuses UH ont donc adapté la mise à disposition des données hydrométriques aux besoins locaux des utilisateurs, en complément de l'ancienne Banque Hydro et du nouvel Hydroportail.

Enfin, les problèmes métrologiques propres à la production de données en étiage sont peu communiqués et peu connus des utilisateurs et des décideurs, conduisant parfois, comme cela a été observé en 2022, à des incompréhensions lorsque l'expertise nécessaire à la publication de débits fiables vient remettre en cause une décision prise à partir d'une valeur temps-réel non expertisée.

Pour ces raisons, un groupe de travail co-piloté par le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Innondations (SCHAPI) (service du MTECT chargé de mettre à disposition des UH des méthodes et outils de travail) et la Direction de l'Eau et de la Biodiversité du MTECT a été mis en place courant 2022.

Il regroupe des membres des UH, producteurs de données, et des représentants d'utilisateurs institutionnels des données : DREAL de bassin, service Eau de DREAL de région, Agence de l'eau et OFB. Ses objectifs sont :

- d'harmoniser les pratiques de production de la donnée hydrométrique d'étiage, notamment en ce qui concerne l'expertise temps réel
- d'harmoniser la mise à disposition des données produites, avec en ligne de mire la constitution d'un site national de consultation des débits spécifique à l'étiage, regroupant les données, des indications sur leur production voire leurs incertitudes et des indicateurs ; ce site a vocation à compléter l'Hydroportail
- de mieux faire dialoguer les UH avec les utilisateurs de la donnée d'étiage, pendant la gestion de crise mais également pendant sa préparation (choix des stations et des indicateurs de suivis, choix des seuils...) et les retours d'expérience.

La communication présentera les résultats de 2 sondages effectués fin 2022 et début 2023 : l'un auprès des UH destiné à mesurer la diversité des pratiques en terme d'organisation et de diffusion des données (y compris leur incertitude), et de préciser les contraintes locales ; l'autre auprès d'un large panel d'utilisateurs de la donnée hydrométrique d'étiage destiné à recueillir les besoins et attentes en terme de mise à disposition des données (fréquence, forme...).

Elle présentera également les pistes de travail en ce qui concerne l'harmonisation des pratiques et la production d'une plaquette pédagogique destinée à présenter les limites métrologiques aux utilisateurs de données de débits d'étiage.

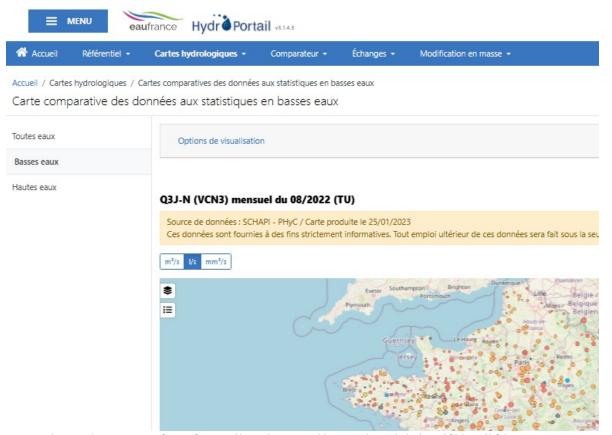
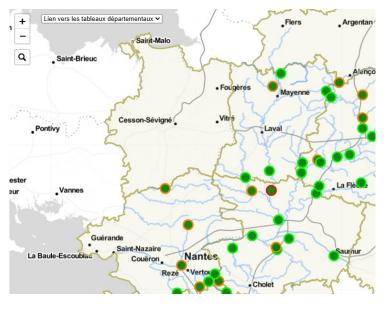
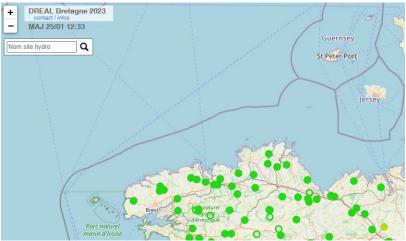


Figure 1 : carte présentée sur l'Hydroportail pour le suivi des débits d'étiage







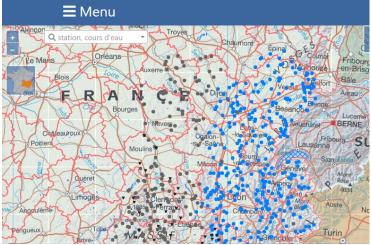


Figure 2 : exemples de mise à disposition de données hydrométriques locale

P.3.2. Un demi-siècle de mesure hydrologique en milieu forestier méditerranéen au service de l'analyse rétrospective dans le contexte du changement climatique (Nathalie Folton)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Un demi siècle de mesure hydrologique en milieu forestier méditerranéen au service de l'analyse rétrospective dans le contexte du changement climatique, Nathalie Folton,

Paris, 8&9 Mars 2023

Folton Nathalie nathalie.folton@inrae.fr

Un demi siècle de mesure hydrologique en milieu forestier méditerranéen au service de l'analyse rétrospective dans le contexte du changement climatique

Half a century of hydrological measurements in Mediterranean forests for retrospective analysis in the context of climate change

Auteurs: FOLTON Nathalie¹, ARNAUD Patrick¹, & TOLSA Mathieu¹ ¹INRAE, Aix Marseille Université, RECOVER, 3275 Route Cézanne, Aix-en-Provence, 13182, France

Choix du thème/session: Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022 / caractérisation de la sécheresse, analyse retrospective, caractère exceptionnel.

Mots clefs: sécheresse, données hydro-climatiques, tendances, analyse retrospective ,bassin

versant méditerranéen

Orateur: (Folton Nathalie/ nathalie.folton@inrae.fr)

Introduction

L'observatoire hydrologique du Réal Collobrier (Folton, 2017) situé dans le massif forestier des Maures dans le sud-est de la France, suivi par INRAE depuis 1966, constitue un site référent pour l'étude de l'hydro-climatologie régionale. Grâce à la densité de son réseau de suivi hydrologique et pluviométrique, le site offre une opportunité d'évaluer les tendances hydro-météorologiques méditerranéennes à long terme.

Le bassin d'étude (70 km²) et ses sous-bassins (6 sous bassins de 1.5 à 29 km², Figure 1, Tableau 1) sont couverts de forêts essentiellement calcifuges sur des sols cristallins (chênes lièges et verts, châtaigneraies, pins maritime, maquis de bruyère) et de vignoble dans la plaine (7%). L'influence humaine directe est restée négligeable au cours des 55 dernières années. L'occupation du sol a peu évoluée. Les changements dans la réponse hydrologique des bassins versants sont donc causés par la variabilité des phénomènes climatiques pouvant induire d'éventuels changements physiques.

Le climat méditerranéen est connu pour ses étés chauds et secs et ses fortes précipitations, principalement en automne. Dans le contexte du changement climatique en cours, Folton et al. (2019) ont examiné les changements dans les données d'observations des sous-bassins, établies sur une période de 50 ans de 1968 à 2017. L'analyse a utilisé plusieurs indices climatiques et hydrologiques décrivant des modes distincts de variabilité à des échelles de temps interannuelles et saisonnières et permettant de caractériser les événements de sécheresse, leur intensité et leur durée. L'étude a montré

clairement qu'il existe une tendance marquée à la diminution des ressources en eau des sous-bassins versant du Réal Collobrier en réponse aux tendances climatiques, avec une augmentation constante de la gravité et de la durée de la sécheresse. Cette diminution de la quantité d'eau disponible dans les bassins versants est cependant variable selon le fonctionnement hydrologique des bassins. En effet, l'étude a montré que les bassins versants soutenant habituellement l'étiage sont les plus sensibles aux perturbations climatiques.

Analyse rétrospective et caractérisation de la sécheresse 2022

Depuis cette étude, cinq années supplémentaires de données sont disponibles. Le graphe de la figure 2 illustre la dynamique temporelle de la ressource globale à la station de Pont de Fer du 01/08/1968 au 31/07/2022. Le bilan est effectué sur l'année hydrologique. On constate que les cinq dernières années hydrologiques de la chronique pluviométrique sont toutes déficitaires avec des années 2021 et 2022 qui présentent une baisse d'environ 46 % par rapport à la valeur de la normale pluviométrique de la chronique (1015 mm). Ces derniers cumuls annuels pluviométriques sont parmi les plus bas enregistrés depuis 55 ans et du même ordre de grandeur que ceux des années hydrologiques de forte sécheresse de 1989, 1990 et 2002.

Pluie et écoulements annuels à Pont de Fer (année hydrologique) шш Année

Figure 2 : Pluies et écoulements moyens annuels calculés sur l'année hydrologique (du 01/08/Année_(n-1) au 31/07/Année_(n)) du bassin de Pont de Fer (70 km²).

Le caractère déficitaire des précipitations des dernières années, se traduit par de très faibles écoulements annuels pour 2021 et 2022 (22 et 28 mm). Cela se traduit par une baisse de plus 90 % par rapport à la valeur de la normale des écoulements annuels (265 mm). Pour rappel, les années hydrologiques 1989 et 1990 totalisent respectivement 28 et 24 mm d'écoulement annuel.

Après un hiver 2021 peu arrosé, le manque de pluie s'est poursuivi au printemps 2022 et le mois de juillet 2022 a été aussi très secs (0 mm). Ce manque de pluies au moment de la recharge des nappes pendant la période hivernale, d'octobre à février, suivi d'un printemps très sec (de mars à mai) et d'un mois de juillet extrêmement sec (0 mm) à conduit à un assec estival précoce, dés le mois mai et fortement prononcé, comme l'illustre la figure 3. La reprise des écoulements pérennes pour l'année 2022 s'est seulement effectuée début décembre.

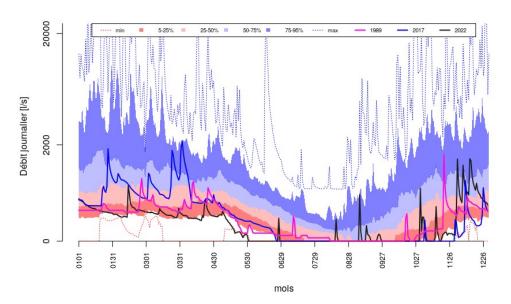


Figure 3:

Statistiques des écoulements journaliers sur la chronique du bassin de Pont de Fer (70 km²).

La durée de la sécheresse 2022 se caractérise sur le bassin de Pont de Fer par un cumul record du nombre de jours avoisinant la valeur nulle (débit journalier inférieur à un seuil d'étiage correspondant à un débit journalier dépassé 80 % du temps) de l'ordre de 190 jours, soit plus de 6 mois. Les anciens records étaient détenus par la sécheresse de l'année 1989 avec 173 jours et la sécheresse de l'année 2017 totalisant 170 jours, la moyenne se situant autour de 80 jours (figure 4).

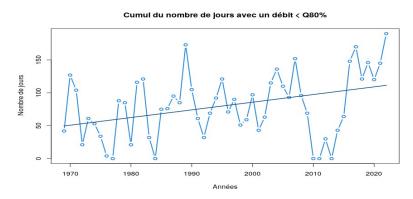


Figure 4 : Cumul du nombre de jours inférieurs à une valeur seuil calculé sur l'année civile sur le bassin de Pont de Fer (70 km²).

Conclusion

La prise en compte de ces dernières années dans les analyses effectuées précédemment confirment les résultats de l'étude précédente. Les résultats indiquent clairement qu'il existe une tendance marquée à la diminution des ressources en eau des sous bassins versants du Réal Collobrier en réponse aux tendances climatiques, avec une augmentation constante de la gravité et de la durée de la sécheresse. Il y a des tendances communes entre les sous bassins, mais ces tendances sont plus marquées sur les très petits bassins qui ont tendance à présenter des assecs de plus en plus fréquents et sur des périodes plus longues. L'année 2022 a été marquée, dans l'ensemble des sous bassins, par une sécheresse très précoce et très longue, accentuée par une période de canicule dés le mois de juin. Notons que cette situation hydrologique fait référence à celle de l'année 1989 en terme de record hydrologique.

Référence:

Folton N., Martin, E., Arnaud, P., et al. A 50-year analysis of hydrological trends and processes in a Mediterranean catchment. Hydrology and Earth System Sciences, 2019, vol. 23, no 6, p. 2699-2714. Folton N., Journée Anniversaire des 50 ANS de mesures des bassins versants du Réal Collobrier -Recueil des communications. Journées du réseau RBV 19-20 septembre 2017 IRSTEA Aix-en-

r

o

e n

c

e

2

0

Α

 \mathbf{X}

e n

P

r

0

e n

> c e

F

r

a n

c e

p

p

5

P.3.3. Outil de caractérisation des étiages (David Besson)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Outil de caractérisation des étiages, David BESSON,
Paris, 8&9 Mars 2023

Modèle à utiliser pour le résumé

David BESSON david-p.besson@developpement-durable.gouv.fr

Outil de caractérisation des étiages Low water periods characterization tool

Auteurs: HENROTIN Enola¹, BESSON David², CHARPENTIER François²

¹ XXXXXXXXXXXXX, enola.henrotin@gmail.com

Choix du thème/session: 1/Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: caractérisation sécheresse,

Orateur: (David BESSON/ david-p.besson@developpement-durable.gouv.fr)

La sécheresse résulte d'une combinaison d'un manque de pluie et d'une trop grande consommation d'eau, elle peut survenir tout au long de l'année. Le manque de pluie en hiver et au printemps empêche le bon remplissage des nappes souterraines et le soutien satisfaisant des débits des cours d'eau par la suite en été. Les températures élevées ont pour conséquence une évaporation plus importante de l'eau disponible et un assèchement des sols, aggravant la situation. Les facteurs de suivi de l'état de la ressource en eau sont multiples : la pluviométrie, le débit des cours d'eau, le niveau des nappes, le taux d'humidité des sols, les niveaux des réserves de stockage.

Les dernières années ont connu des étiages conséquents des cours d'eau induisant des sécheresses sévères. Cette situation peut être un « artefact » statistique mais peut également traduire une augmentation de la fréquence de ces phénomènes. Les causes vraisemblables d'une telle augmentation sont le changement climatique d'une part et l'augmentation des prélèvements d'autre part. Les conséquences sont de plus en plus critiques en France et les enjeux autour de la ressource en eau sont d'autant plus importants.

Le suivi des niveaux et des débits des eaux de surfaces réalisé par les unités hydrométriques des DREAL, piloté par le SCHAPI, participe à la gestion de la sécheresse. L'amélioration du suivi et de l'anticipation des étiages des cours d'eau est -sont importants pour la gestion de la crise sécheresse, tant pour améliorer les mesures réalisées par les services, optimiser le suivi et les campagnes de mesure en période d'étiage, réduire leurs incertitudes que pour apporter une aide à la décision en comité de sécheresse en proposant des tendances sur les débits des cours d'eau.

² DREAL Centre Val de Loire, 5, Avenue Buffon BP 6407 45064 ORLEANS Cedex 2, France, david-p.besson@developpement-durable.gouv.fr

Une harmonisation de la production et de la diffusion des données de débits en étiage fait l'objet de la réflexion d'un groupe de travail co-piloté par le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (S. Poligot-Pitsch *et al. SHF 2023*).

En complément de cette approche sur la production de donnée un outil de caractérisation de la situation hydrologique est ici présenté basé sur les données historiques de la station. Il a pour objet de suivre et qualifier les étiages, en temps réel ou d'établir des documents permettant d'établir des retours d'expérience pour qualifier l'événement à posteriori.

L'outil permet la sélection des données d'entrée (choix des stations, type d'analyse...) et des données de sorties (choix des graphes, diagrammes, calculs de données statistiques, cartographiques...). La sévérité de la sécheresse est transcrite dans l'outil en fonction d'un écart (déficit) et d'un nombre de jour (durée) sous un seuil défini pour une station donnée (Q. MORICE, Journée Hydrométrie, 2020).

Le seuil (paramétrable : fixe, glissant...) permet de répondre à divers objectifs dont :

- seuil glissant, pour une qualification temps réel de la situation hydrologique (très intéressant en début de saison pour qualifier les déficits hivernaux et printaniers qui peuvent aider à la sensibilisation du risque à venir);
- fixe (réglementaire et/ou statistique) pour caractériser des situations d'étiage lors de retour d'expérience en fin de saison.

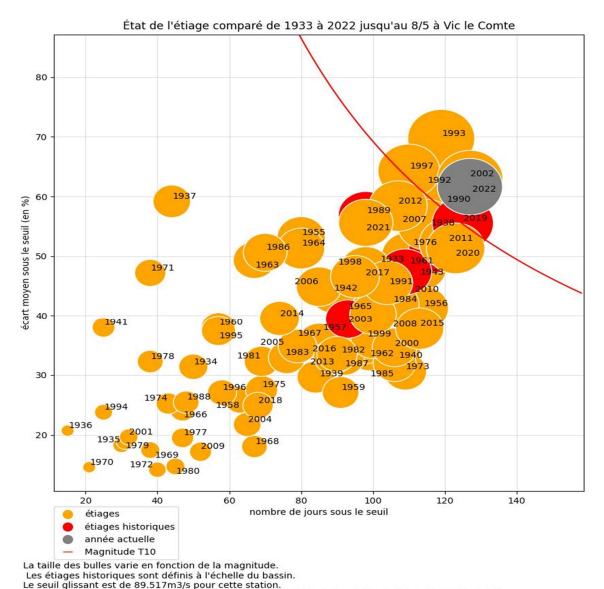
Les résultats sont représentés à partir plusieurs types de graphiques produits automatiquement :

- un graphique à bulles présentant un état de l'étiage comparé aux années antérieures;
- des diagrammes représentant le nombre de jour sous le seuil, l'écart au seuil ou l'étendue de l'évènement de sécheresse pour chaque année ;
- la courbe des débits classés ;
- une synthèse des absences de données au sein des chroniques (pouvant « expliquer » / aider aux analyses et comparaisons des résultats entre stations);
- l'export de table attributaire qui permet une représentation spatiale de l'état de la sécheresse à l'échelle du bassin versant, complète les graphiques et offre une vision globale de la situation.

Ces résultats ont fait l'objet de publications (tous les 15 j) tout au long de l'année 2022 sur le site de la DREAL CVL (https://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/les-debits-des-rivieres-sur-le-bassin-loire-a111.html) en compléments des données de situation aux regards des seuils réglementaires sécheresse et de qualification de nos productions à destination des DDT notamment. Les premiers retours des usagers sont globalement positifs et montrent que ce type de représentation complète utilement l'analyse purement statistique de la situation qui n'est pas toujours facilement appréhendée par les usagers de nos données.

Bibliographie

Quentin MORICE, Adrien PERRY,2020, Journées hydrométrie 2020 S. Poligot-Pitsch *et al.*,2023, Colloques SHF Sécheresse et étiages 2022



Les étiages historiques sont définis à l'échelle du bassin.
Les euil glissant est de 89.517m3/s pour cette station.
Les années manquantes sont: [1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954]
La magnitude avec un temps de retour de 10 ans est de :6921.48
Cette station est sous l'influence de grands ouvrages hydrauliques.

Figure 1: État de l'étiage comparé à Vic-le-Comte le 8/05/2022

P.3.4. Etude de l'impact des sécheresses sur la recharge des aquifères : retour d'expérience de 2022 via les lysimètres (Antoine Sobaga)



«Sécheresse & Étiages 2022» – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

SOBAGA sobaga@geologie.ens.fr

ETUDE DE L'IMPACT DES SECHERESSES SUR LA RECHARGE DES AQUIFERES: RETOUR D'EXPERIENCE DE 2022 VIA DES LYSIMETRES. STUDY OF THE IMPACT OF DROUGHTS ON AQUIFER RECHARGE: FEEDBACK FROM 2022 VIA LYSIMETERS.

Auteurs: SOBAGA Antoine¹², & HABETS Florence¹ & DECHARME Bertrand² & BEAUDOIN Nicolas³ & GALY Catherine⁴ & VERNET Eric³ & REDON Paul-Olivier⁴

Choix du thème/session : 1/ Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: lysimètre ; drainage ; observations **Orateur: (Sobaga**/ sobaga@geologie.ens.fr)

¹Laboratoire de Géologie - CNRS UMR 8538 - École Normale Supérieure - PSL University, IPSL, Paris, France

² Centre National de Recherches Météorologiques, Université de Toulouse, Météo-France, CNRS UMR 3589, Toulouse,France

³ INRA, UR 1158 AgroImpact, Site de Laon, 02000 Barenton-Bugny, France

⁴ Andra, Direction RD, Centre de Meuse/Haute-Marne, 55290 Bure, France

Les aquifères représentent la principale ressource d'eau douce utilisable par l'homme. Il est ainsi primordial de connaître leurs évolutions qui sont conditionnés par leurs recharges. A nos latitudes cette recharge via l'infiltration des précipitations est contrôlée par de nombreux facteurs, comme le sol, l'occupation du sol (végétation naturelle, agriculture, etc.) et le climat. Il est ainsi primordial d'avoir accès à des observations directes de la recharge – qui sont cependant très rare – pour mieux étudier l'impact des sécheresses sur les aquifères, comme ce fut le cas en 2022

Sur la station expérimentale de Fagnières ($49^{\circ}95'N$, $4^{\circ}31'E$), onze lysimètres (cylindre de 2m de coté sur 2m de profondeur) à sols crayeux mesurent de 1973 à aujourd'hui le drainage – assimilée à la recharge – à leurs bases . Des cultures représentatives de la région sont présentes sur ces lysimètres, ainsi qu'un lysimètre maintenu en permanence en sol nu.

Pour le lysimètre maintenu en sol nu, les nombres de jours sans drainage par an et les volumes drainés sont représentés dans la Figure 1. On observe des tendances significatives à la baisse des volumes drainés depuis les années 1973 ainsi qu'une augmentation du nombre de jours sans drainage. Plus précisément, certaines années ressortent comme plus sèches, telles que 2005, 2011 et 2022 (112, 45,120 mm respectivement). Sur ces trois années, la réponse du drainage est assez différente (Figure 2) : en 2005, il n'a pas eu de drainage en hiver, mais uniquement au printemps avec des intensités ne dépassant par les 5 mm/jours. 2011 s'avère être l'année la plus sèche de toutes, avec uniquement des volumes drainés très faibles en hiver. Au cours de l'année 2022, des drainages plus importants sont observées en hiver.

Une comparaison avec des lysimètres possédant des rotations de cultures, relève que la présence d'un couvert diminue les volumes drainés, et est encore plus marquées lors des années de sécheresses, avec parfois aucun écoulement sur une année.

Pour conclure, sur ces cinquante dernière années, nous remarquons une tendance à la baisse du drainage. L'année 2022 est caractérisée par une réduction de 60 % des drainages par rapports à la moyenne, mais n'est pas l'année qui draine le moins, suite à précipitations hivernales. Enfin, on remarque un fort effet de l'occupation du sol qui peuvent accentuer les sécheresses.

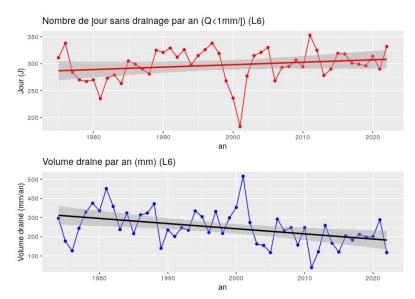


Figure 1: Tendance sur les nombres de jours avec drainages et les volumes drainés annuels pour le lysimètre à sol nu,

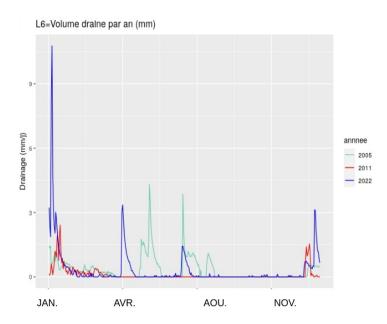


Figure 2: Drainage observé pour les trois années les plus sèches

P.3.5. Suivi des variations du stock des lacs par altimétrie et imagerie satellitaire : exemple du lac de Montbel (Ariège) (Franck Mercier)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Franck MERCIER fmercier@groupcls.com

SUIVI DES VARIATIONS DU STOCK DES LACS PAR ALTIMETRIE ET IMAGERIE SATELLITAIRE : EXEMPLE DU LAC DE MONTBEL (ARIEGE)

MONITORING LAKE STORAGE CHANGE WITH SATELLITE ALTIMETRY AND IMAGERY: EXAMPLE OF LAKE MONTBEL

Auteurs: MERCIER Franck¹, FATRAS Christophe², AMRAOUI Samira³ & LUC Jean-Philippe⁴

¹CLS, 11 rue Hermès 31520, Ramonville Saint-Agne, France fmercier@groupcls.com

²CLS, 11 rue Hermès 31520, Ramonville Saint-Agne, France cfatras@groupcls.com

³CLS, 11 rue Hermès 31520, Ramonville Saint-Agne, France samraoui@groupcls.com

⁴CLS, 11 rue Hermès 31520, Ramonville Saint-Agne, France <u>iluc@groupcls.com</u>

Choix du thème/session : Sécheresse et étiages 2022, Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: télédétection, altimétrie, imagerie, volume, stockage, lacs, Copernicus **Orateur:** (Franck MERCIER / fmercier@groupcls.com)

La majorité de l'eau douce de surface accessible sur Terre est stockée dans plus de 100 millions de lacs et de réservoirs, qui servent de ressource vitale pour une liste exhaustive de fonctions écosystémiques critiques et d'habitats humains et animaux. Seulement 0,4% de toute l'eau douce disponible sur Terre se trouve au niveau de la surface, ce qui en fait une ressource rare essentielle à la vie, soumise à un fort stress induit par l'homme ainsi que par les aléas climatiques.

Au-delà de leurs effets couplés sur le temps et le climat, le rôle des lacs dans les cycles hydrologiques et biogéochimiques mondiaux est étroitement lié à leurs caractéristiques géométriques de surface, de profondeur, de volume d'eau stockée et de longueur de rivage. La connaissance spatialement explicite de toutes ces caractéristiques est cruciale pour comprendre et modéliser une grande variété de processus du système Terre et leurs interactions avec l'environnement (bilans hydriques, taux d'échange de carbone ou de méthane, piégeage des sédiments, flux de chaleur, cycle des polluants et des nutriments, ainsi que ainsi que les processus écologiques associés tels que la productivité des lacs ou la dynamique de la chaîne alimentaire). La quantité d'eau stockée dans un lac reflète à la fois les conditions atmosphériques (précipitations, évaporation-énergie) et hydrologiques (recharge des eaux de surface, évacuation et eaux souterraines, lâcher d'eau pour les réservoirs). Toutefois, la connaissance

de la variabilité du stockage d'eau dans les lacs est encore mal caractérisée et dépend des échelles spatiales et des régions climatiques.

Les niveaux d'eau et les superficies des lacs captent les changements du contenu en eau d'un lac/réservoir. Pourtant, le volume d'eau d'un lac/réservoir ne varie pas toujours strictement proportionnellement ni à sa hauteur d'eau ni à sa surface. L'estimation précise des changements de volume d'eau n'est donc pas immédiate et nécessite une étude approfondie pour éviter toute sur/sous-estimation indépendamment de l'état du lac/réservoir.

Les développements récents des techniques de télédétection spatiale et notamment l'accès à de fréquentes images haute résolution gratuites via le programme européen Copernicus permettent de surveiller les changements spatio-temporels à long terme de l'étendue et du niveau des lacs. Il en est de même pour l'altimétrie satellitaire, qui, depuis une dizaine d'années a vu à la fois se développer des technologies plus précises (altimétrie SAR-Doppler) et mieux adaptées aux cibles de l'hydrologie continentale et le nombre de satellites croître significativement, là encore via le programme Copernicus. Dans le même temps, la connaissance de la topographie de la Terre s'améliore également avec la publication récente de DEM (Digital Elévation Model) de haute précision permettant une meilleure estimation de la géométrie tridimensionnelle autour du bassin lacustre.

Par conséquent, le but de cette étude est de tirer parti de tous ces jeux de données récents pour évaluer les besoins, la précision et l'état des connaissances sur les réservoirs et les changements de stockage des lacs (ou LSC pour Lake Storage Change) à partir des données de télédétection, afin de produire de longues séries temporelles de LSC.

Le cœur de l'estimation de la variation du volume d'eau d'un lac est la connaissance précise de la relation surface/hauteur de l'eau. Or, cette relation a une zone de validité qui correspond aux couples hauteur/surfaces observés. Le manque de données optiques (ou de données altimétriques) peut alors conduire à une zone de validité de la courbe hypsométrique trop limitée pour une estimation précise des changements de volume, en particulier pour les niveaux/superficies d'étiage/hautes eaux.

En particulier, nous évaluerons la possibilité de récupérer le LSC avec une précision suffisante lorsqu'aucune donnée altimétrique n'est disponible. Différents DEM globaux sont comparés pour évaluer leur variabilité et leur précision pour l'estimation du LSC. (Figure 1)

En l'absence de données optiques ou altimétriques pour créer la courbe hypsométrique la plus étendue par rapport aux hauteurs et niveaux d'eau observés, une extrapolation pourra être considérée comme proche si la distance n'est pas trop éloignée des limites de définition de la courbe. Pour les niveaux d'eau élevés, les informations du DEM pourraient aider à évaluer la précision de cette extrapolation, pour le lac et les réservoirs. Pour les niveaux d'eau bas, cela pourrait être supposé uniquement pour les réservoirs, car la position du couple minimum hauteur/surface est généralement connue.

Parmi les nombreux lacs considérés dans cette étude, nous illustrerons nos travaux sur l'exemple du lac de Montbel (Ariège) qui contribue entre autres au soutien à l'étiage de la Garonne. Malgré ses dimensions restreintes, les variations de son niveau peuvent être suivies assez fidèlement par altimétrie satellitaire (Sentinel-3B) tandis les variations de sa superficie sont suivies par imagerie optique avec Sentinel-2. La sécheresse survenue en 2022 offre la possibilité de valider notre méthodologie dans les conditions extrêmes de variation des paramètres du lac. (Figure 2)

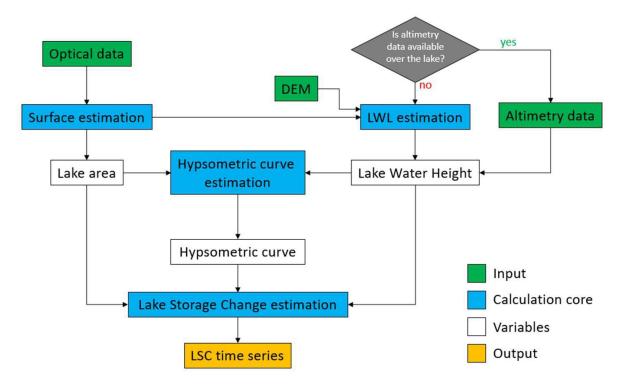


Figure 1: schéma fonctionnel de l'algorithme d'estimation du Lake Storage Change

Montbel lake

17.39 m 397.5 3.48 km² 395.0 392.5 390.0 387.5 385.0 382.5 395 390 Water 385 2022-01 Water 2019-01 2019-07 2020-01 2020-07 2021-01 2021-07 2022-01 2022-07 2023-01 2019-01 2019-07 2020-01 2020-07 2021-01 Date 2021-07 2022-01 2022-07 2023-01

Le niveau du lac est mesuré par altimétrie satellitaire Sentinel-3B, la superficie est déduite par imagerie optique Sentine-2 à moins de 4 jours de chaque niveau d'eau, ce qui permet de construire la courbe hypsométrique. La courbe de Lake Storage Change est alors calculée.

Figure 2: Application au lac de Montbel (Ariège).

SESSION 4 : Retours d'expérience territoriaux sur la sécheresse et les étiages 2022 et leur gestion

Programme oral session 4

O.4.1. Incidence socio-économique et environnementale des étiages sur le bassin de la Seine (Charlotte Barbé)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Charlotte BARBÉ charlotte.barbe@seinegrandslacs.fr



Etude globale sur l'incidence socio-économique et environnementale des étiages sévères sur le bassin amont de la Seine

(Socio-economic and environmental impacts of low flow in the Seine river Basin)

Auteurs: BARBÉ Charlotte¹ & BIZOUARD Delphine¹

¹EPTB Seine Grands Lacs, 12 rue Villiot 75012 Paris, France, eptb@seinegrandslacs.fr

Choix du thème/session : Thème n°2 - Evaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau/ Impacts pour la gestion et le partage de la ressource en eau dans les territoires

Mots clefs: étiages sévères, changement climatique, impacts socio-économiques Orateur: Charlotte Barbé / charlotte.barbe@seinegrandslacs.fr

Le bassin versant de la Seine est caractérisé par une forte tension sur la ressource en eau. Les prélèvements pour satisfaire les usages sont considérables : les prélèvements en eaux superficielles représentent ainsi plus de 2 milliards de m³ chaque année. Le contexte de raréfaction de la ressource en eau lié au changement climatique risque de se traduire par des tensions accrues sur les usages de l'eau et constitue un défi sociétal majeur.

Pour anticiper les enjeux de demain, l'EPTB Seine Grands Lacs a réalisé une étude d'évaluation de l'incidence socio-économique et environnementale des étiages sévères. Le premier objectif de cette étude est de caractériser les étiages les plus sévères observés sur le territoire de l'EPTB Seine Grands Lacs (bassin versant de la Seine, jusqu'à l'aval de Paris). Quatre évènements majeurs ont été retenus : 1921, 1949, 1976 et 1991. Le second objectif est d'évaluer l'incidence potentielle de ces étiages sur les milieux et sur les activités socio-économiques et d'autre part la capacité du soutien d'étiage effectué par les quatre lacs-réservoirs de l'EPTB à réduire ces incidences. Des scénarios identifient la vulnérabilité du territoire face aux étiages du futur aggravés par le réchauffement climatique et proposent des pistes pour réduire cette vulnérabilité, en particulier à partir du levier des lacs-réservoirs.

L'EPTB Seine Grands Lacs est un syndicat mixte œuvrant sur 18 départements. L'établissement assure 3 missions : la protection et la prévention contre les inondations, le maintien d'un débit minimum de la Seine et de ses principaux affluents et l'adaptation au changement climatique du bassin amont de la Seine. Pour y répondre, le syndicat gère 4 réservoirs représentant plus de 800 millions de m3, répartis sur la Seine, l'Aube, la Marne et l'Yonne (Figure 1).

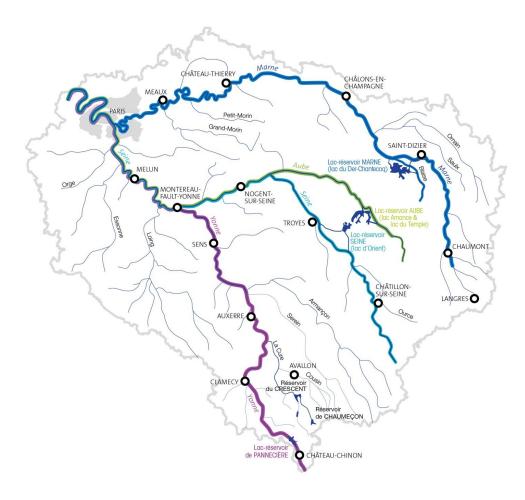


Figure 1 : Territoire de l'EPTB Seine Grands Lacs et localisation des 4 grands lacs-réservoirs du bassin de la Seine

Le rôle du soutien d'étiage

L'étiage désigne la période des plus basses eaux d'un cours d'eau. En cas d'étiage sévère, le débit peut s'avérer insuffisant pour répondre aux besoins des usages et des milieux naturels. Les lacs-réservoirs gérés par l'EPTB viennent alors soutenir les étiages en relâchant l'eau stockée pendant la période humide. La gestion des lacs-réservoirs est définie par un règlement d'eau propre à chaque ouvrage. Le soutien d'étiage débute au plus tard au 1er juillet et s'étend jusqu'à la fin octobre voire au-delà si cela s'avère nécessaire (Figure 2).

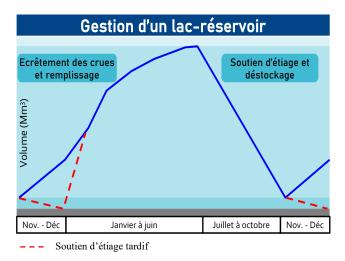


Figure 2 : Courbe de gestion des lacs-réservoirs

Caractérisation des étiages et des usages du bassin

Sur la base des données de reconstitution des débits naturels du passé (données du modèle AQUI-FR), plusieurs indicateurs ont été utilisés et ont permis la sélection de 4 étiages sévères représentatifs, en termes d'intensité et de durée : 1921, 1949, 1976 et 1991. L'épisode de 1921 étant l'épisode observé le plus long et le plus sévère. Cet évènement est notamment à l'origine de la construction des grands lacs réservoirs du bassin de la Seine.

Pour comprendre l'impact des usages sur la ressource en eau, un premier bilan hydrologique a été dressé, reconstituant une répartition moyenne annuelle des prélèvements actuels, à partir duquel un second bilan hydrologique a été réalisé, chiffrant cette fois les consommations moyennes annuelles (Figure 3). La répartition moyenne annuelle des prélèvements reflète la saisonnalité des besoins en eau des usages, tandis que celle des consommations représente leur impact quantitatif sur la ressource en eau. D'une façon générale, en aval du périmètre de l'EPTB Seine Grands Lacs, à Paris-Austerlitz, le poids des usages actuels représente jusqu'à 30 % du débit naturel de la Seine avec :

- 35 % de dérivation pour les canaux ;
- 35 % d'alimentation en eau potable ;
- 15 % d'irrigation;
- 15 % d'industrie (CNPE compris représentant environ 7 %).

Les poids maximums de ces usages s'expriment sur la période de début juillet à fin septembre lorsque la disponibilité de la ressource est la plus faible, avec notamment une nette augmentation des consommations liée à l'irrigation.

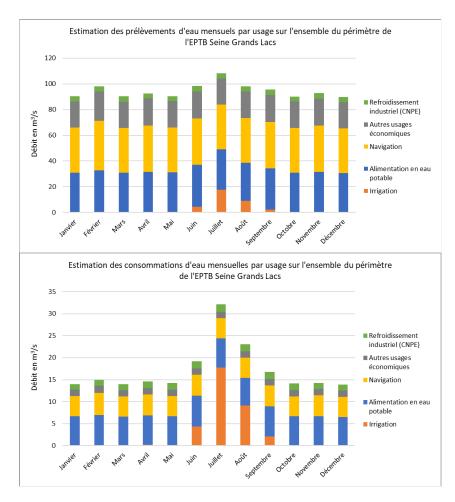


Figure 3 : Répartition des débits moyens prélevés et consommés par usage sur le territoire de l'EPTB Seine Grands Lacs

Analyse de l'incidence socio-économique des étiages sévères sur le bassin

Un bilan socio-économique de l'ensemble des usages tributaires du soutien d'étiage a été réalisé (Figure 4) et montre de très forts enjeux économiques présents sur le bassin.

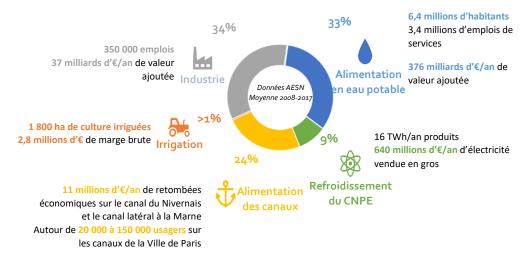


Figure 4 : Répartition des volumes prélevés en % sur les axes bénéficiaires du soutien d'étiage, et enjeux associés

L'analyse hydrologique des débits reconstitués et impactés par les usages du bassin montre que sans soutien d'étiage, des mesures de limitation voire de suspension des usages auraient été prises en cas de franchissement des seuils de référence afin de préserver la ressource. Ainsi, pour un étiage comme celui de 1976, le débit de la Seine à Paris-Austerlitz aurait pu être jusqu'à 39 jours sous le seuil de crise sans soutien d'étiage. Avec le soutien d'étiage assuré par les grands lacs réservoirs, aucune mesure de restriction n'aurait été atteinte (Figure 5).

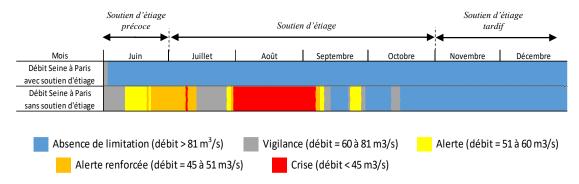


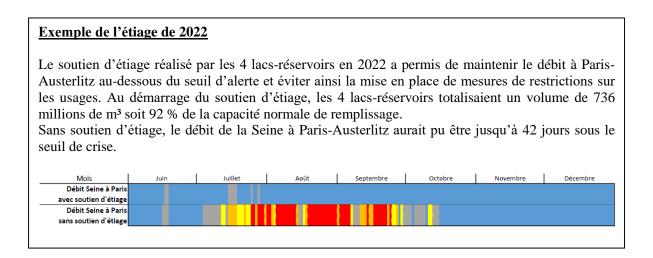
Figure 5 : Franchissement des seuils de référence à Paris-Austerlitz de juin à décembre pour un étiage type 1976

L'analyse socio-économique montre le rôle déterminant du soutien d'étiage effectués par les 4 lacs-réservoirs avec notamment plusieurs milliards d'euros d'impacts évités (Figure 6).



(Vision maximaliste de la situation de sécheresse avec et sans soutien d'étiage)

Figure 6 : Impacts évités par l'action de soutien d'étiage des lacs-réservoirs : exemple de l'étiage de 1976



L'absence de situation de défaillance en étiage donne un sentiment de sécurité sans doute excessif qui masque des vulnérabilités réelles. L'étude a ainsi identifié des situations à risques, historiques ou projetées dans un futur proche (2050) sous influence de changement climatique.

L'efficacité du soutien d'étiage est fonction du taux de remplissage des lacs-réservoirs

L'étude de quatre étiages extrêmes du passé montre qu'un taux de remplissage des lacs minimum de 50% au démarrage de l'étiage permet d'éviter le franchissement des seuils de crise et maintenir les usages prioritaires sur le bassin amont de la Seine. Pour garantir tous les usages et le maintien des débits au-dessus du seuil d'alerte, le taux de remplissage moyen nécessaire est proche de 80% (hors axe Yonne). Ce taux de 80 % est atteint 9 années sur 10 en moyenne. Un remplissage moyen de 70% a toujours été observé sur les ouvrages depuis leur mise en service, hors années de vidanges décennales ou travaux majeurs.

En cas de difficultés significatives de remplissage des ouvrages, le franchissement des seuils de référence est possible en période d'étiage sévère avec des risques d'impacts socio-économiques significatifs.

La vulnérabilité du territoire risque d'augmenter face au changement climatique

Les effets du changement climatique seront responsables d'une aggravation de la fréquence et de la durée des situations de crise : précipitations déficitaires, températures supérieures à la normale, vagues de chaleur intense... Ces facteurs conduiront à une dégradation des possibilités de remplissage des lacs-réservoirs et à une intensification des étiages.

Les scénarios d'étiages du futur prévoient une évolution des usages et aggravation de la durée et de l'intensité des étiages :

- Hausse des besoins en eau à l'horizon 2050
- Diminution des débits d'étiage de l'ordre de 20%
- Allongement de la durée des étiages : +65j

Il est estimé que pour des étiages du futur, des situations de crise sur le bassin pourront apparaître, même avec des ouvrages remplis à plus de 80%.

L'adaptation du territoire à la récurrence de ce type d'événement doit être envisagée.

Conclusions

L'action de soutien d'étiage exercée par les lacs-réservoirs du bassin de la Seine permet d'atténuer les étiages majeurs observés par le passé. Une population importante et de très nombreux usages bénéficient de ce service rendu.

L'absence de situation de défaillance en étiage grâce à l'action des quatre grands lacs-réservoirs, apporte une sécurité de la ressource en eau qui masque des vulnérabilités réelles. L'étude a ainsi identifié des situations à risques, historiques ou projetées dans un futur proche (2050) sous influence du changement climatique.

Des pistes d'action ont été proposées pour améliorer la gestion des quatre lacs-réservoirs pour faire face à des étiages de plus en plus longs et sévères. Un élément essentiel pour diminuer la vulnérabilité du bassin aux enjeux de l'eau est de limiter la dépendance des usages en privilégiant des mesures d'adaptation des consommations. Ces mesures nécessiteront de mener une concertation globale des usages de l'eau sur le territoire.

 ${
m O.4.2.}$ L'étiage 2022 dans les bassins français de la Meuse et du Rhin (Didier François)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », L'ÉTIAGE 2022 DANS LES BASSINS FRANÇAIS DE LA MEUSE ET DU RHIN, Didier FRANÇOIS, Paris, 8&9 Mars 2023

FRANÇOIS Didier didier.francois@univ-lorraine.fr

L'ÉTIAGE 2022 DANS LES BASSINS FRANÇAIS DE LA MEUSE ET DU RHIN

LOW FLOW 2022 IN THE FRENCH MEUSE AND RHINE RIVER BASINS

FRANÇOIS Didier¹, EL-KHALFI Hajar¹, GRELIER Benjamin¹, DELUS Claire¹, DROGUE Gilles¹, LEBAUT Sébastien¹ & MANCEAU Luc¹

¹Université de Lorraine, LOTERR, F-57000 Metz, France didier.francois@univ-lorraine.fr, hajar.el-khalfi@uni-lorraine.fr, benjamin.grelier@univ-lorraine.fr, claire.delus@univ-lorraine.fr, gilles.drogue@univ-lorraine.fr, sebastien.lebaut@univ-lorraine.fr, luc.manceau@univ-lorraine.fr

Choix du thème/session : Caractérisation de la sécheresse, analyse rétrospective, caractère exceptionnel

Mots clefs: étiage 2022, bassin Rhin-Meuse, conditions météorologiques, régionalisation

Orateur: Didier FRANCOIS / didier.francois@univ-lorraine.fr

Contexte et objectifs

Comme pour l'ensemble de la France métropolitaine, l'étiage 2022 a été particulièrement sévère dans les bassins français de la Meuse et du Rhin. Pour prendre la mesure du caractère exceptionnel de cet épisode, nous avons tenté de faire un état des lieux à l'échelle des bassins français de la Meuse et du Rhin en comparant l'étiage 2022 aux étiages les plus sévères qu'a connu la région. Notre travail porte sur :

- les conditions météorologiques qui ont abouti à la situation préoccupante qui a duré jusqu'à l'automne 2022,
- les débits mesurés aux stations durant cette période,
- les impacts sur les activités humaines et le milieu naturel.

Conditions météorologiques

La situation météorologique est analysée à partir des données issues de l'analyse SAFRAN produite par Météo France. L'année 2022 se caractérise par un important déficit pluviométrique

(figure 1) accompagné de températures exceptionnellement fortes, affectant l'ensemble des composantes atmosphériques et terrestres du cycle de l'eau :

- Les précipitations sont particulièrement faibles durant les mois de mars, mai, juillet et août .À l'exception de quelques orages, le mois de juillet est particulièrement sec avec des précipitations souvent inférieures à 10 mm,
- Elles représentent 37% de la moyenne 1991-2020 au mois de mars et à peine 13% au mois de juillet pour atteindre 10% par endroit au mois d'août,
- Le cumul des précipitations depuis janvier est presque toujours déficitaire par rapport à la normale 1991-2020.

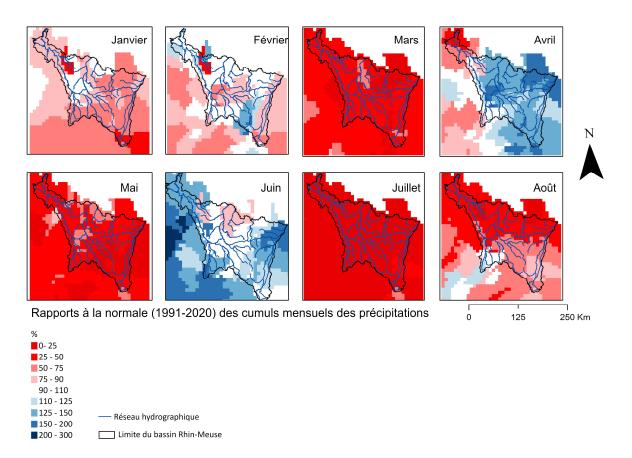


Figure 1. Rapport à la normale (1991-2020) des cumuls mensuels de précipitations de janvier à août 2022 sur le bassin Rhin-Meuse

L'année 2022 est également marquée par plusieurs vagues de chaleur. Les températures moyennes mensuelles sont significativement supérieures aux normales (1991-2020) en février, mai, juin, juillet et août. En mai, juin et juillet les températures moyennes dépassent de plus de 2°C la normale. La température moyenne du mois d'août s'élève à 21,5°C sur le bassin Rhin-Meuse, soit en moyenne 3°C au-delà de la normale, mais ces écarts peuvent localement atteindre 4 à 5°C.

Conditions synoptiques

La pression mer (Pmer) et l'altitude du géopotentiel à 500 hPa (G500) moyennes (pluri-)mensuelles sur le bassin Rhin-Meuse ont été analysées sur la période 1971-2022, à partir des données de réanalyse ERA5 (ECMWF), pour les mois de mai à septembre.

Tableau 1 - Valeurs normales mensuelles et pluri-mensuelles et rang de mai à septembre 2022 sur la période 1971-2022 - Pression mer (Pmer) et altitude du géopotentiel à 500 hPa (G500).

Pé	ériode	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Mai-juin	Mai-juil.	Mai-août	Mai-sept.
	1971-2022	1015.4	1016.4	1016.6	1016.5	1017.6	1015.9	1016.1	1016.2	1016.5
Pmer	2022	1018.4	1016.2	1020.3	1016.2	1014.0	1017.3	1018.3	1017.8	1017.0
	rang 2022	8	29	1	31	46	10	3	2	12
	1971-2022	551.6	559.2	563.8	563.9	560.1	555.4	558.2	559.6	559.7
G500	2022	558.4	564.4	570.8	568.5	555.1	561.4	564.5	565.5	563.4
	rang 2022	1	6	2	4	42	1	1	1	3

Les résultats révèlent que si le champ de pression mer a été globalement anticyclonique sur la période estivale 2022, avec des valeurs mensuelles proches (juin et août) ou très au-dessus (mai, juillet et périodes pluri-mensuelles) des normales, c'est surtout la situation en moyenne troposphère (G500) qui présente un caractère d'anomalies marquées et exceptionnelles (tableau 1).

Celles-ci sont parmi les plus fortes pour la période étudiée sur les mois de mai à août (et depuis 1950 suivant le rapport d'août 2022 du *Global Drought Observatory* de Copernicus). Pour ces mois, le rang 1 est occupé exclusivement par les années 2003 (juin et août), 2006 (juillet) ou 2022 (mai), marquant le caractère exceptionnel de 2022. Cela est largement renforcé par les données pluri-mensuelles qui constituent de leur côté les valeurs les plus élevées pour les périodes mai-juin, mai-juillet et mai-août parmi 1971-2022. Il apparaît également, pour les valeurs à la fois mensuelles et pluri-mensuelles :

- une polarité globale dans les valeurs de rang entre le début et la fin de la période étudiée,
- une concentration particulièrement marquée des plus fortes valeurs dans la période 1971-2022 à partir de 2015.

Des conditions de large échelle comme celles enregistrées à l'été 2022 ont un lien étroit avec l'occurrence de vagues de chaleur (*Global Drought Observatory*). Les trois vagues de chaleur enregistrées cette année s'inscrivent probablement dans ce schéma. Par ailleurs, celles-ci ont présenté un caractère exceptionnel : notamment de précocité pour l'épisode de juin, et de durée (15 jours) pour les épisodes de juillet et août (Météo France).

Les débits des cours d'eau

Le débit mensuel d'étiage (QMNA) 2022 constitue le minimum absolu, sur les 52 années de la période 1971-2022, pour plus d'un quart des stations étudiées (23 sur 87). Pour plus de la moitié des stations, il se classe entre le premier et le troisième rang. Il apparaît donc bien comme un événement particulièrement sévère.

Pour les 4 événements les plus marquants des 50 dernières années : 1976, 2003, 2020 et 2022, nous avons dénombré le nombre de stations où le débit moyen journalier (QMJ) est inférieur aux QMNA de fréquence 1/2, 1/5, 1/10, 1/20 et 1/50, et constitue le minimum du jour (figure 2).

Il apparaît que 1976 et 2022 représentent les épisodes les plus sévères depuis 1971 :

• 1976 se caractérise par sa précocité et sa durée. Pour environ 20% des stations, les débits du printemps n'ont jamais été aussi secs. Puis dès la mi-juin, 40% des stations enregistrent des écoulements inférieurs au QMNA 1/10 et on atteint 60% au début du mois de juillet. Après une interruption pendant la deuxième quinzaine de juillet cette situation va s'aggraver (80% des stations avec des débits inférieurs au QMNA 1/10) et se prolonger jusqu'au début du mois de septembre. À

- la fin de ce mois on retrouve des conditions encore très sèches (40% des stations où QMJ<QMNA 1/10) qui vont s'améliorer très graduellement jusqu'au mois de décembre,
- Pour 2022 l'étiage est particulièrement grave de la mi-juillet à la mi-août où 70% des stations connaissent des débits inférieurs au QMNA 1/10. Fin août, on retrouve un nombre élevé de stations mesurant des débits très faibles (60% des stations où QMJ<QMNA 1/10). Puis la sévérité de l'étiage diminue lentement avec encore une rechute pendant la deuxième quinzaine de septembre,
- 2003 et, dans une moindre mesure 2020 apparaissent moins graves. En 2003 la période critique concerne surtout le mois d'août et la deuxième quinzaine de septembre où on dépasse à peine 40% des stations avec des débits inférieurs au QMNA 1/10. Pour 2020 la gravité et la durée de l'étiage est plus conséquente avec une situation qui s'aggrave régulièrement de fin juillet à fin septembre avec respectivement 40 à 70% des stations présentant des débits inférieurs au QMNA 1/10. Cet étiage s'interrompt subitement fin octobre.

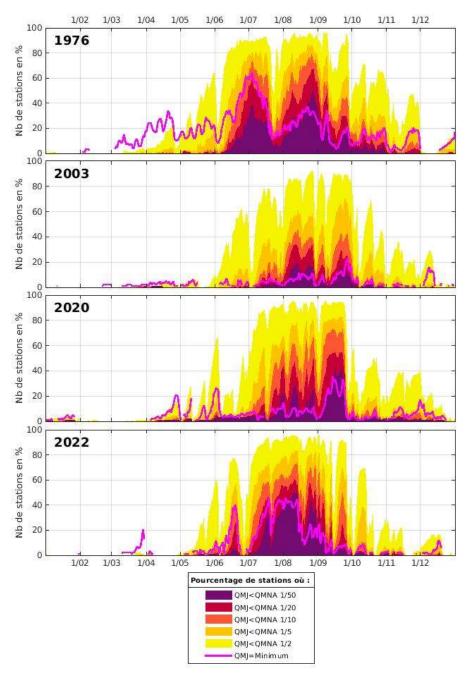


Figure n°2 : Part de stations du Bassin Rhin-Meuse dont le débit moyen journalier est inférieur aux QMNA fréquentiels (1971-2022) 1/2, 1/5, 1/10, 1/20 et 1/50 (lot de 87 stations)

La régionalisation des valeurs de débits moyens journaliers de l'étiage de 2022 aboutit à la définition de trois zones dans lesquelles la sécheresse a eu un impact plus ou moins marqué. Graduellement, du plus au moins sévère, on peut regrouper les stations :

- du massif vosgien, présentant des valeurs de QMNA particulièrement basses,
- du centre et de l'est de la région (Plateau Lorrain et Alsace), avec un étiage plus modéré,
- de l'ouest (bassin de la Meuse et aval du bassin de la Moselle). Ce sont sur ces zones que l'étiage 2022 a été le moins sévère.

Impacts sur les activités humaines et les milieux

La consultation de la presse locale donne un aperçu des impacts et des différentes restrictions imposées par la situation de sécheresse. Elles concernent notamment :

- des mesures pour garantir l'alimentation en eau potable avec : l'interconnexion des réseaux qui a
 permis à certaines communes d'éviter de recourir à des coupures, la recherche de ressources
 alternatives (la commune de Gerardmer a effectué des prélèvements dans son lac), la sécurisation
 des réseaux pour limiter les fuites,
- l'apparition d'algues et de cyanobactéries qui ont nécessité la suspension de la pêche pour certains cours d'eau et l'organisation de pêches de sauvetage,
- la navigation avec Voies Navigables de France qui a organisé des regroupements de bateaux pour limiter les éclusées, la restriction du mouillage voire la fermeture de certains tronçons de canaux,
- les activités de loisir avec l'interdiction des arrosages notamment pour les golfs ou le remplissage des piscines,
- les agriculteurs qui ont dû apporter du fourrage et de l'eau pour alimenter les troupeaux dans les parcs.

Conclusion

L'étiage 2022 représente un étiage particulièrement sévère comparable à celui de 1976. Pour certaines stations (23 sur 87) il constitue un minimum absolu depuis 1971. Il se caractérise surtout par des débits très faibles aux mois de juillet et août. L'étiage 1976 s'en distingue par une durée beaucoup plus longue. Les autres étiages de la période n'ont pas égalé des niveaux aussi bas. Au niveau météorologique, 1976 se caractérise par un déficit pluviométrique précoce, qui démarre dès l'automne 1975 et qui devient critique sur la période janvier-juin. En 2022, ce qui marque c'est surtout la quasi absence de précipitations au mois de juillet. Une comparaison plus approfondie des situations météorologiques à l'origine des étiages les plus sévères est en cours de réalisation, tout comme l'actualisation des données hydrométriques. En effet, il est important de souligner que les débits utilisés au moment de la réalisation de cette étude étaient pour certains encore provisoires. La validité des débits d'étiage en temps réel, tout comme la disponibilité des données météorologiques constitue en effet une difficulté pour l'hydrologue qui souhaite réagir rapidement à la suite d'un événement.

O.4.3. Caractérisation et gestion de la sécheresse 2022 sur le bassin de la Corse et adaptations (Camille Ceccaldi)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Caractérisation, gestion de la sècheresse 2022 sur le bassin corse et adaptations, H. Politi,

Paris, 8&9 Mars 2023

Henri POLITI h.politi@oehc.corsica

CARACTERISATION, GESTION DE LA SÉCHERESSE 2022 SUR LE BASSIN CORSE ET ADAPTATIONS

CHARACTERIZATION, MANAGEMENT OF THE 2022 DROUGHT IN THE CORSICAN BASIN AND ADAPTATIONS

Auteurs: POLITI Henri¹, CASABIANCA Marie-Line¹, & CECCALDI Camille¹

¹ Office d'Equipement Hydraulique de Corse (OEHC), Avenue Paul Giacobbi BP 678, 20601 Bastia, France, contact@oehc.corsica

Choix du thème/session:

1/ Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

2/ Evaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau

Mots clefs: sècheresse, gestion de la ressource en eau, prévision des stocks, aménagements

hydrauliques, Corse

Orateur: Camille CECCALDI / c.ceccaldi@oehc.corsica

PRESENTATION DE L'OEHC:

L'Office d'Équipement Hydraulique de Corse est un établissement public, à caractère industriel et commercial, dépendant de la Collectivité de Corse et en charge de l'aménagement hydraulique de l'île et de la gestion des ouvrages au chapitre desquels dix grands barrages sont dénombrés avec une capacité totale de 45 hm³. L'aménagement comporte plus de 2.000 km de canalisations de transport et de distribution d'eau brute et d'eau potable. Plus de 40.000 ha de terres sont mises en irrigation collective à l'aide de cet ensemble d'ouvrages comprenant également bon nombre de stations de pompage.

CARACTÉRISATION DE L'ANNÉE HYDROLOGIQUE 2021/2022:

La situation hydrologique des cours d'eau du bassin corse s'effectue au travers des données mesurées par le réseau hydrométrique de l'île, cogéré par l'OEHC et la DREAL² de Corse. L'état de la ressource en eau est caractérisé par l'étude de différents indicateurs, notamment les débits moyens mensuels (QmM) et les débits moyens minimums sur 3j (VCN3, désormais notés Q3J-N). Pour chaque site de mesure présentant une chronique de données suffisante, ces indicateurs sont comparés aux valeurs historiques afin de caractériser statistiquement les écoulements et indiquer leur tendance. L'année hydrologique 2021/2022 s'est avérée exceptionnelle au regard de la précocité et l'intensité de la sècheresse estivale, faisant directement suite à une saison de recharge déficitaire (cf. Figure 1 avec pour illustration la rivière Asco).

1

² Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

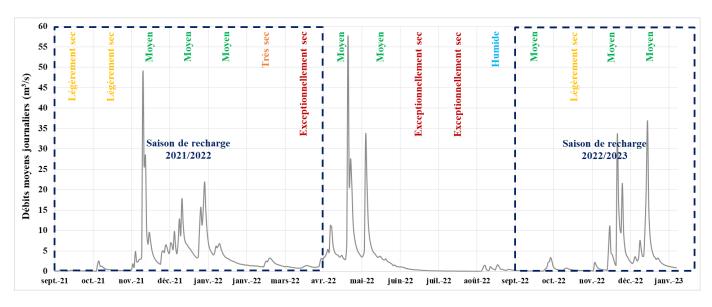
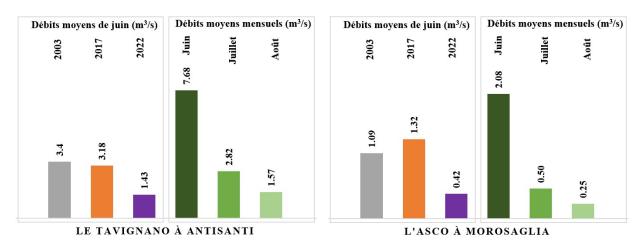


Figure 1 – Hydrogramme de l'Asco à Morosaglia et tendances des débits moyens mensuels

En effet, cette année hydrologique a débuté par une reprise des écoulements plutôt tardive à l'automne 2021, le tarissement estival s'étant poursuivi jusqu'à la première quinzaine du mois de novembre. Le bilan de la saison de recharge 2021/2022 s'est révélé majoritairement déficitaire, en lien avec un tarissement hivernal important, principalement dû à un déficit de précipitations et à des températures élevées. Par conséquent, au sortir de cette saison de recharge, le tarissement estival s'est avéré précoce, rapide et sévère.

En avant saison, la sécheresse a particulièrement touché les bassins versants issus de la chaine montagneuse centrale, notamment en raison de l'absence de fusion nivale et de températures toujours au-dessus des normales de saison. Les débits moyens enregistrés au mois de juin présentent des tendances exceptionnellement sèches et sont bien inférieurs aux débits couramment observés à pareille époque, sur la majeure partie des cours d'eau suivis.

Les records établis pour le mois de juin, datant souvent de 2003 ou 2017, années de référence en matière de sècheresse, ont été battus sur 40% des cours d'eau suivis. Les débits mesurés en juin sont globalement de l'ordre de ceux observés en juillet ou août, en moyenne (cf. Figures 2 et 3).



Figures 2 et 3 – Comparaison des débits moyens de juin 2022, 2017 et 2003 et des débits moyens mensuels couramment observés en juin, juillet et août sur le Tavignano à Antisanti et l'Asco à Morosaglia

La poursuite du tarissement en juillet 2022 conduit à une situation toujours historiquement sèche sur la majeure partie des cours d'eau de l'île.

Les successions d'épisodes orageux, caractéristiques de la période de mi-août à début septembre, ramènent les débits dans des occurrences conformes à la saison voire humides, mais ne sauraient masquer une hydrologie exceptionnellement déficitaire et durable depuis le mois de janvier.

A l'instar du cycle précédent, l'année hydrologique 2022/2023 débute avec un étiage tardif persistant jusqu'à la mi-novembre. Depuis le début de l'hiver, la reprise des écoulements et le début de la recharge se sont opérés de manière très hétérogène d'un point de vue spatial. La fin de la période de recharge sera décisive, notamment sur les cours d'eau en carence, à l'aube de la nouvelle saison estivale à venir.

<u>L'IMPACT SUR LES RESSOURCES STOCKÉES</u>:

L'OEHC exploite sept zones géographiques distinctes sur l'île (cf. Figure 4).

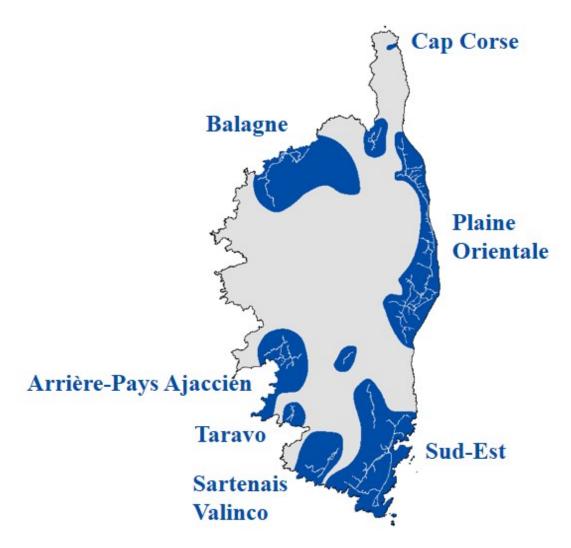


Figure 4 - Aménagement hydraulique de la Corse

Durant l'année hydrologique 2021/2022, la sollicitation et le niveau de tension des ressources concernant ces différents territoires n'ont pas été homogènes avec des situations contrastées dépendant de plusieurs paramètres: les déficits pluviométriques et hydrologiques localisés, le taux de mobilisation des ouvrages hydrauliques et des ressources associées. C'est ainsi que le plus grand bassin de vie de l'île (la région ajaccienne) n'a finalement été que peu impacté par la situation de sécheresse en raison d'une ressource en eau stockée disponible abondante, issue du barrage hydroélectrique de Tolla (EDF³), mobilisée pour les besoins de potabilisation et d'irrigation agricole.

A l'inverse, les territoires de Plaine-Orientale, et à un degré moindre, l'extrême-sud de l'île, ont été sous tension avec un déficit significatif de ressources stockées, malgré une reconstitution intersaisonnière des volumes contenus dans les différentes retenues.

S'agissant de la Plaine-Orientale, plusieurs systèmes hydrauliques mobilisant des ressources au fil de l'eau et des barrages, sont interconnectés et permettent ainsi de transférer des disponibilités de volumes d'une zone à l'autre pour des besoins principalement agricoles.

Dans l'extrême sud, deux barrages permettent d'agréger leur volume stocké pour assurer des besoins principalement domestiques en vue de la potabilisation.

Dans les deux cas, le taux de sollicitation des barrages a été très élevé avec une marge de sécurité quasi-nulle, alors que les besoins en eau n'ont de cesse de s'accroître.

A noter dans les deux cas que la marge de progression sur les rendements de réseaux est faible car ceux-ci dépassent déjà 80%.

Autre cas de figure atypique à signaler : l'extrémité nord du Cap Corse, où en raison de rabattements excessifs et précoces des forages existants associés à une hydrologie en berne, la reconstitution en intersaison du stock dédié à la saison estivale n'a pu s'effectuer qu'à hauteur de 60%. Ainsi, au cœur de l'été a-t-il été nécessaire de mobiliser en urgence une unité mobile de dessalement de l'eau de mer.

LES MODES DE GESTION EN SITUATION DE TENSIONS :

L'année 2022 a été caractérisée par une succession d'arrêtés préfectoraux d'appels à la vigilance dans un premier temps, puis suivis de restrictions graduelles d'usages de l'eau. Ces arrêtés préfectoraux ont eu chaque fois une portée départementale non assortie de convergence, alors qu'une dimension régionale aurait été plus appropriée, même si les enjeux par territoire doivent être pris en compte. Ces mesures, et leurs évolutions, ont été la résultante d'échanges entre différents acteurs et contributeurs mobilisés dans le cadre des Comités Ressources en Eau, dont l'instauration a été précoce dans le courant du printemps.

Les principaux acteurs ayant apporté leur expertise ont été Météo France (pluviométrie, aérologie), BRGM⁴ (ressources souterraines), OEHC et OFB⁵ (hydrologie), EDF et OEHC (barrages). Des actions médiatiques à vecteurs multiples assis sur les médias régionaux conventionnels, ainsi que sur les réseaux sociaux, ont systématiquement accompagné les recommandations puis les instructions résultant de la tenue de ces Comités Ressources en Eau. Par ailleurs, des échanges plus spécifiques ont été organisés avec les différentes composantes de la profession agricole au travers des instances consulaires et des représentations de filières, permettant d'aboutir systématiquement à un consensus et une acceptabilité des mesures de restrictions.

Sur le plan plus technique de la gestion des ouvrages de production, de transport et de distribution d'eau, le constat général converge :

- d'une part, vers une période de pointe à plus large spectre temporel (précocité et étalement) que celle relevée une année classique,
- d'autre part, vers un degré de sollicitation plus intense et parfois aux limites des capacités, en période d'hyperpointe.

Ces constats ont conduit l'OEHC à mettre en œuvre sur l'ensemble du territoire des moyens d'anticipation de la gestion des ouvrages de stockage.

⁴ Bureau de Recherches Géologiques et Minières

4

³ Electricité De France

⁵ Office Français de la Biodiversité

LA MÉTHODOLOGIE DE L'OEHC : LE CAS DES BARRAGES EN PLAINE-ORIENTALE

Si les deux constats précédents s'appliquent, ils prennent en Plaine Orientale une dimension supérieure dans la mesure où les volumes mis en jeu sont élevés et ont donc un effet significatif sur l'évolution des stockages. C'est ainsi que le volume produit hebdomadaire, en période de pointe, est supérieur à 1 hm³ pour plafonner à près de 3 hm³ en phase d'hyper pointe.

La mise en interconnexion d'un ensemble de ressources a permis de faire face au risque de pénurie en fin de période, tout en nécessitant une optimisation des fonctionnements des systèmes hydrauliques, assise sur une prévision des stockages s'appuyant sur les principes suivants :

- > actualisation hebdomadaire du modèle de prévision du stock global disponible ;
- mise en perspective de plusieurs scenarii de l'évolution hebdomadaire des volumes de stockage agrégés et résiduels avec typiquement les cas suivants (cf. Figure 5): années précédentes (2020 et 2021), année moyenne (sur 30 ans), années de sécheresse de référence (2017 et 2003), années critiques statistiques fondées sur plusieurs quantiles (Q10%, Q5%, Q2%, etc.);
- matérialisation d'un stock global de sécurité (3 hm³) en dessous duquel le volume agrégé ne doit pas s'affaisser;
- > suivi hebdomadaire de l'évolution des prévisions de volumes stockés disponibles avec notamment les indicateurs suivants (cf. Figure 6):
 - volumes minimaux atteints pour chacun des scenarii et numéro de semaine concernée,
 - numéro de semaine d'atteinte éventuelle du stock global de sécurité pour les scénarii concernés.

Le suivi de ces indicateurs constitue une aide à la décision pour inviter les autorités compétentes à moduler les restrictions d'usages de l'eau, tout en apportant également des éléments rationnels dont les conclusions peuvent être médiatiquement diffusées en termes de durées et d'autonomies de desserte en eau.

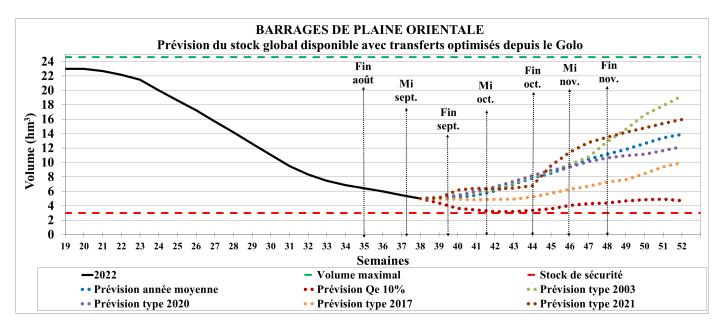


Figure 5 - Modèle de prévision du stock global disponible – Plaine Orientale de la Corse

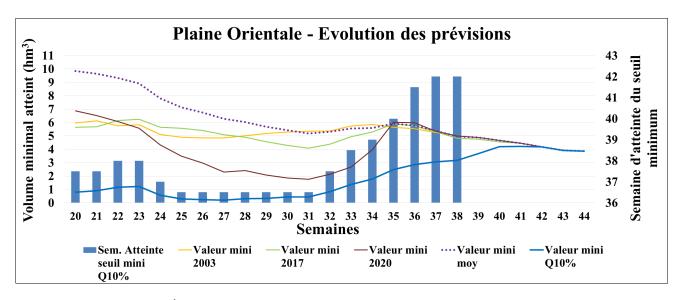


Figure 6 - Évolution hebdomadaire des prévisions – Plaine Orientale de la Corse

Le suivi de ces indicateurs a mis en évidence la nécessaire évolution du modèle initialement fondé sur le scénario Q10% en matière de criticité, en envisageant dorénavant des scénarii complémentaires plus pessimistes (Q5% et Q2%) davantage conformes aux conséquences du changement climatique.

Au-delà de la gestion des stockages en eau, le risque d'insuffisance des capacités maximales de production et de transfert a été analysé en prenant en compte :

- des consommations concentrées sur des durées journalières réduites et nocturnes, résultant des mesures de restriction et d'interdiction d'irrigations diurnes;
- un accroissement des volumes transférés d'un système hydraulique à l'autre, indiquant des débits instantanés supérieurs pouvant atteindre et dépasser les limites des ouvrages (stations de pompage et canalisations principales).

Dans les deux cas, les conséquences peuvent être des chutes piézométriques localisées et la mise en sécurité des ouvrages de production non gravitaires.

LES ENSEIGNEMENTS EN TERMES D'INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES:

Le risque annuel récurrent d'atteinte du niveau minimal de sécurité sur le stockage général, avec un paroxysme observé en 2022, conduit nécessairement à augmenter les volumes stockés assortis des moyens de production, de transfert et de distribution associés tant les marges de sécurité sont devenues précaires avec des interconnexions déjà poussées à leurs limites.

S'agissant des moyens de distribution, les principes de dimensionnement, résultant de distributions probabilistes différentes des séquences de consommation sont même à repenser.

Par ailleurs, l'amélioration des performances hydrauliques est prévue avec la mise en œuvre d'actions telles que la mise en place de comptages sectoriels et intermédiaires télésurveillés, la télérelève des compteurs de distribution, la gestion optimisée de flux massifs de données, avec des processus tendant à l'intelligence artificielle et s'appuyant sur des moyens d'hypervision et de mises en convergence des systèmes informatiques associés.

<u>AMÉNAGEMENTS PROJETÉS DANS LA PERSPECTIVE DES SÈCHERESSES À VENIR :</u>

L'OEHC a défini une stratégie d'aménagements hydrauliques basée notamment sur :

- une augmentation des capacités de prélèvement instantanées pour permettre de bénéficier de la ressource au moment où celle-ci est effectivement disponible,
- > un renforcement des capacités de transfert entre secteurs dans une logique de sécurisation,
- une augmentation des niveaux de stockage par rehausse de la cote de retenue normale des ouvrages existants et la création de nouvelles retenues collinaires.

Cette stratégie, à déployer sur l'ensemble du territoire, est déjà en cours de mise en œuvre sur deux périmètres d'importance majeure que sont la Plaine Orientale et le Sud-Est de l'île.

O.4.4. Le rôle de l'EPTB Durance pendant et après la crise sécheresse de l'été 2022 (Johan Garrigou)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

GARRIGOU Johan johan.garrigou@smavd.org

DE L'INTERET D'UNE APPROCHE BASSIN : LE ROLE DE L'EPTB DURANCE PENDANT ET APRES LA CRISE SECHERESSE DE L'ETE 2022

Auteurs : GARRIGOU Johan¹, DUMOULIN Pascal¹, RINGEADE Amélie¹, PICON Philippe¹ Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance, France, contact@smavd.org

Choix du thème/session : Session 3 « Préparation aux sècheresses à venir »

Mots clefs: Durance, sécheresse 2022, ressource en eau, EPTB Orateur: GARRIGOU Johan / johan.garrigou@smavd.org

1. Situation de l'été 2022 sur le bassin de la Durance

1.1. Situation hydroclimatique

Le bassin de la Durance, à l'image d'une large partie de la France, a connu un été 2022 marqué par une sécheresse sans précédent. Celle-ci trouve ses racines, pour le bassin de la Durance, dans une pluviométrie historiquement faible dès le mois de janvier (-40 à -50 %): l'enneigement sud alpin est le plus bas observé depuis 1960, et la pluviométrie printanière a été particulièrement déficitaire. Les réservoirs de tête du bassin durancien qui stockent une part importante de l'eau consommée durant l'été (eau potable, irrigation) n'ont ainsi pas pu être suffisamment remplis durant le printemps.

D'autre part, l'année 2022 a été la seconde année la plus chaude observée sur le bassin durancien (moyenne de +2 à 2,5° sur le bassin, jusqu'à +4° en montagne au mois d'août), avec notamment pour conséquence un pic de fonte nival anticipé de plusieurs semaines ce qui a avancé d'autant l'étiage estival. Cette chaleur combinée aux faibles précipitations a entrainé une sécheresse des sols également historique sur le bassin, et des besoins en eau pour les plantes plus élevés qu'en moyenne, dès le printemps et durant tout l'été.

La situation hydroclimatique n'a eu que peu d'effet sur la nappe alluviale de la Durance, dont la recharge est fortement soutenue par les retours d'irrigation. Elle a toutefois fortement impacté les nappes côtières de la région PACA, réduisant parfois drastiquement les possibilités de prélèvement sur ces ressources locales.

1.2. Impact sur les usages

Face à cette situation historique, l'ensemble des usages de l'eau sur le bassin ont été touchés par la raréfaction de la ressource en eau, sur un territoire où les aménagements hydrauliques contribuent habituellement à « sécuriser » l'accès à la ressource durant la période estivale.

La production hydroélectrique, classiquement très mobilisée de décembre à avril-mai, a été réduite dès février lorsqu'il est devenu évident que le déficit en neige risquait d'impacter la reconstitution des réserves en eau pour la période estivale. En ne turbinant plus que l'eau sortant des retenues pour les autres usages (irrigation, milieux), la production hydroélectrique a été réduite de 60% sur début 2022.

L'agriculture mobilise un volume annuel d'environ 1 400 Mm³ pour l'irrigation de 80 000 ha de terres par l'eau de la Durance, à la fois sur son bassin mais aussi largement sur les territoires desservis (*figure 1*). Le déficit de précipitation et la température particulièrement élevée au printemps ont entrainé une augmentation précoce des besoins en eau pour l'irrigation. Des restrictions importantes ont été appliquées dès le mois de juin sur les prélèvements agricoles, et n'ont cessé de se renforcer jusqu'à l'automne avec, au pic de l'été, une moitié des masses du bassin d'eau classées en alerte renforcée ou en crise par arrêté. Ces restrictions couplées aux conditions météorologiques ont entrainé d'importantes pertes agricoles durant l'été, supérieures à 50% sur certains secteurs.

Les réseaux alimentés par le bassin de la Durance transportent annuellement environ 260 Mm³ pour la desserte en eau potable de 3 millions d'habitants, représentant une large portion de la région PACA. Face au tarissement de ressources locales, les collectivités ont reporté une partie de leurs prélèvements sur ces réseaux, avec par exemple une hausse de 20% des prélèvement durant l'été pour la concession régionale du Canal de Provence. Mais cette demande accrue qui a permis de maintenir l'approvisionnement en eau potable sur les territoires desservis, a pu être à l'origine de tensions vis-àvis des territoires amont d'où provient la ressource, et qui ont été paradoxalement les plus touchés par les restrictions et ruptures d'alimentation, ainsi que par les niveaux bas des retenues.

La tension sur la ressource a également entrainé une baisse importante des lignes d'eau sur les grands lacs de retenue de la Durance et du Verdon, bien en-deçà des cotes de compatibilité avec les activités touristique (-12 m par rapport à la cote touristique cible en fin d'été sur le lac de Serre-Ponçon). Ces

sites, qui constituent durant l'été des pôles touristiques majeurs pour les territoires sud alpins, ont vu une baisse importante de l'activité touristique, impactant notablement l'économie locale (-40% de chiffre d'affaires pour le tourisme estival au lac de Serre-Ponçon).

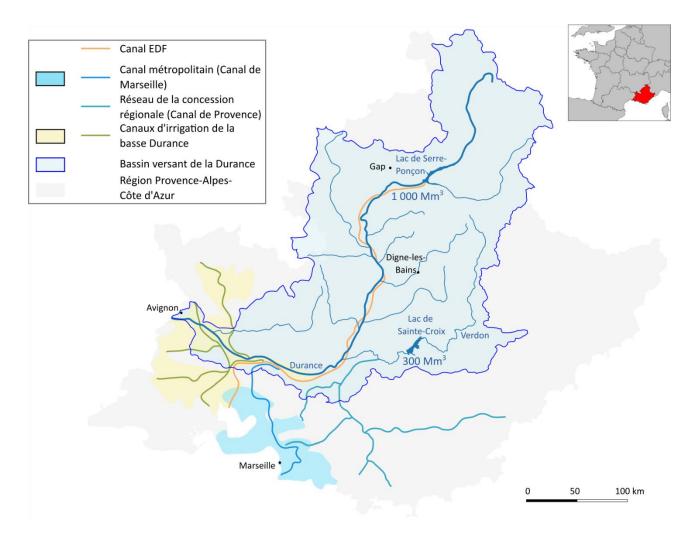


Figure 1: cartographie des principales infrastructures hydrauliques du bassin de la Durance.

1.3. Impact sur les milieux

Les assecs sur les cours d'eau relevés par le réseau ONDE ont atteint une proportion inédite au cours de l'été, touchant notamment des portions de cours d'eau considérées jusqu'à présent comme des zones refuges pour la vie aquatique. Outre ces assecs, les faibles débits ont localement entrainé des dégradations de la qualité de l'eau (développement algal, température élevée, moindre dilution des rejets de STEP...). Des mortalités de poissons et écrevisses ont été constatées, malgré les nombreuses pêches de sauvegarde réalisées sur le bassin par les fédérations de pêche.

Ponctuellement, les débits réservés à l'aval des différents barrages ont pour certains étés ajustés aux trop faibles débits entrants par dérogation en-deçà des valeurs règlementaires pour préserver certains usages anthropiques de l'eau.

2. Le rôle du SMAVD, EPTB Durance, dans la gestion de la crise liée à la sécheresse

2.1. L'instance de concertation à l'échelle bassin

Début juin, les collectivités de l'amont du bassin ont constaté que les grandes retenues ne pourraient être suffisamment remplies pour le début de la saison touristique et que celles-ci commençaient à baisser de façon anticipée mettant en péril l'activité touristique estivale. Parallèlement, la sécheresse précoce a entrainé une hausse anticipée de la demande en eau pour l'irrigation, conduisant à une trajectoire où les quotas d'eau alloués à l'irrigation depuis les réservoirs du bassin risquaient fortement d'être dépassés en fin d'été. Les besoins en eau potable pour les territoires desservis hors du bassin montraient également des signes de forte hausse. Ces multiples besoins ont conduit à un début de tension entre territoires amont et aval autour du partage de la ressource.

En l'absence d'une instance d'échange à l'échelle du bassin (les comités sécheresse n'ayant qu'une portée départementale), les élus du SMAVD ont pris l'initiative de réunir à quatre reprises au cours de l'été les collectivités, services de l'état et principaux usagers de la ressource à l'échelle du bassin au sein d'une instance d'échange autour de la situation. Cette instance a permis de partager l'ensemble des problématiques liées à la situation de sécheresse, ainsi que des mesures prises par chacun pour économiser la ressource, au sein d'un territoire où peu d'acteurs avaient une vision et une compréhension de l'ensemble des problèmes posés au système hydraulique. Ces instances ont permis de désamorcer les tensions naissantes afin de faire face collectivement à la situation de crise, et non un territoire contre l'autre. Les besoins exprimés ont notamment porté sur un meilleur partage de l'information en temps réel à l'échelle du bassin, et une fluidification de l'information entre les différents acteurs du bassin.

2.2. Les bulletins de situation

A la suite de la première instance de concertation, et face à la problématique du manque de partage collectif de l'information à l'échelle du bassin de la Durance, le SMAVD a pris l'initiative de publier un bulletin bimensuel diffusé largement à l'ensemble des acteurs liés à la gestion de l'eau sur le bassin et sur les territoires desservis par l'eau de la Durance. Ce bulletin avait pour objectif de centraliser les grands indicateurs chiffrés (débits, côtes des lacs, consommation d'eau...), de partager les difficultés rencontrées sur les milieux et par chaque secteur économique (hydroélectricité, tourisme, agriculture, eau potable), les restrictions imposées par les arrêtés sécheresses départementaux et les autres mesures d'économie d'eau prises par les différents acteurs du territoire.

Ces bulletins ont été mis à disposition en téléchargement sur le site du SMAVD, et ont été largement relayés par leurs destinataires.

3. Les perspectives post-sécheresse d'adaptation du territoire

3.1. La feuille de route

Au cours des réunions de concertation organisées par le SMAVD durant l'été, les élus des collectivités ont évoqué de nombreuses mesures d'adaptation du territoire portant sur la gouvernance, les infrastructures hydrauliques et leurs modalités de gestion, les activités touristiques et agricoles, ainsi que les comportements en période de crise.

Les mesures d'adaptation évoquées face à de nouveaux épisodes de sècheresse concernent à la fois le tourisme avec des infrastructures adaptées à des cotes de lacs plus basses, l'agriculture avec un développement de modes de cultures et variétés plus adaptées au contexte, l'irrigation avec une accélération de la modernisation des canaux pour diminuer la quantité d'eau utilisée, ou encore l'information tant à destination du grand public que des professionnels sur la situation et les restrictions en cours. L'ensemble de ces mesures nécessite également une réflexion sur les leviers financiers

existants ou à créer entre des territoires aux moyens très hétérogènes et pas toujours en adéquation avec les besoins d'investissement.

Dans ce contexte de sécheresse ayant profondément marqué certains territoires, et pour donner une suite à la dynamique de travail initié durant l'été, le SMAVD a repris l'ensemble des pistes de travail évoquées afin de constituer une « feuille de route sécheresse ». Celle-ci a pour objectif de flécher les pistes de travail à court, moyen et long terme pour améliorer la résilience face aux sécheresses qui risquent de se multiplier dans un contexte de changement climatique.

3.1. L'instance d'anticipation sécheresse

Un des constats dressés au cours de l'été et lors des premiers retours d'expérience du territoire est le besoin de fluidifier l'information relative à la situation pour l'ensemble des acteurs du territoire. Si certains gestionnaires avaient conscience dès le printemps du risque de forte tension sur la ressource au cours de l'été, ces craintes n'ont pas été collectivement partagées et prises en compte. Il n'y a ainsi pas vraiment eu de mesures de gestion raisonnée de la ressource en eau durant le printemps, ce qui aurait pu permettre l'économie d'importants volumes d'eau, et de détendre d'autant la situation au cœur de l'été.

Afin de permettre un meilleur partage des éléments relatifs à la situation hydrologique, et de pouvoir agir si besoin dès le printemps, les acteurs du territoire ont souhaité la mise en place d'une instance d'anticipation de la sécheresse à l'échelle du bassin, réunissant collectivités, services de l'état et principaux usagers. Celle-ci aura vocation à se réunir chaque année une première fois au mois de mars, lorsque la connaissance du stock de neige permet de qualifier le risque de tension sur la ressource au cours de l'été. Si la situation présente effectivement un risque, cette instance sera informée ou réunie à plusieurs reprises durant le printemps pour partager l'évolution des prévisions, et les éventuelles mesures anticipées qui pourraient être prises. En cas de sécheresse avérée, elle pourra ensuite être réunie régulièrement au cours de l'été, à l'image de ce qui a été fait durant l'été 2022, pour partager l'état de la situation, les mesures de restrictions prises et à prendre sur l'ensemble du territoire.

3.2. L'outil Vigie-Durance-Verdon

Afin d'objectiver les risques de tensions sur la ressource en eau, le SMAVD a proposé d'utiliser sa connaissance du territoire pour concevoir un outil d'anticipation, nommé Vigie-Durance-Verdon, dont les résultats sont destinés à faciliter les débats et les prises de décisions collectives dans le cadre de l'instance d'anticipation sécheresse.

Cet outil opérationnel dès 2023 a pour objectif de fournir à partir du mois de mars un panel de scénarios quant à l'évolution de la ressource en eau disponible sur le territoire, en fonction de tendances climatiques et de consommation.

Il se base sur des indicateurs (côte des retenues, stock de neige, débits en rivière) observés en temps réel et sur des courbes statistiques de pluviométrie pour estimer la ressource disponible à partir du printemps et jusqu'à la fin de l'été. Il se base également sur des courbes statistiques de consommation (essentiellement agricole) pour fournir des prévisions sur l'usage de l'eau au cours de la saison d'irrigation. Ces évaluations sont ensuite croisées pour fournir des projections sur l'évolution des cotes des lacs et sur le destockage de la « réserve agricole » de 200 Mm³, stockée dans le lac de Serre-Ponçon et dédiée à l'irrigation estivale.

Plusieurs scénarios sont testés (*figure 2*) pour tenir compte des variations de l'hydrologie printanière (printemps sec ou humide), ainsi que de la consommation qui peut notablement varier selon les conditions météorologiques estivales (consommation normale ou élevée, type 2022). Il est ainsi proposé des projections sur une situation moyenne, mais aussi sur une combinaison de facteurs défavorables

comme ce qui s'est produit durant l'été 2022 (peu de neige, hydrologie printanière faible, été sec et chaud).

Enfin cet outil permet de tester simplement l'effet sur la ressource disponible de restrictions appliquées sur certains segments de la consommation pour en évaluer l'effet sur les cotes de lacs et la consommation de la ressource.

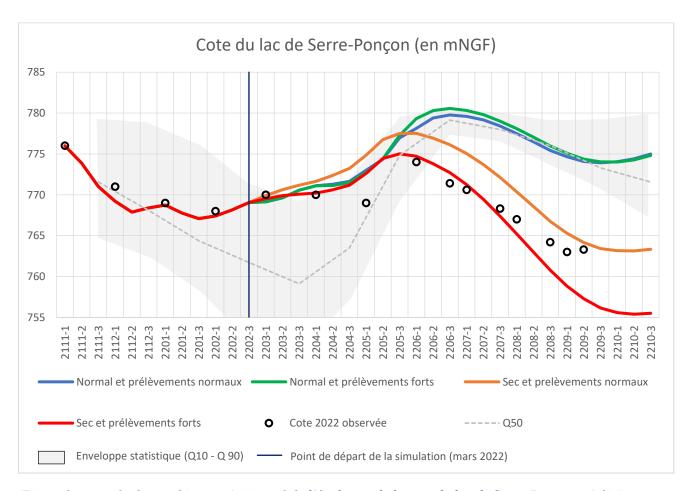


Figure 2: exemple de graphique prévisionnel de l'évolution de la cote du lac de Serre-Ponçon, réalisé depuis l'outil Vigie-Durance-Verdon avec les données disponibles au 1er mars 2022

O.4.5. Gestion de l'eau dans le Sud-Ouest de la France en 2022 : le point de vue d'un gestionnaire de l'eau (Maud Pauthier)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives »,

Gestion de l'eau dans le Sud-Ouest de la France en 2022, retour sur une année exceptionnelle : le point de vue d'un gestionnaire de l'eau, la CACG, Maud PAUTHIER,

Paris, 8&9 Mars 2023

Maud PAUTHIER m.pauthier@cacg.fr

Gestion de l'eau dans le Sud-Ouest de la France en 2022, retour sur une année exceptionnelle : le point de vue d'un gestionnaire de l'eau, la CACG

Water management in South-Ouest of France, looking back on an exceptional year: the point of view of a water manager, CACG

Auteurs: PAUTHIER Maud¹, LILAS Damien¹, LEPERCQ Daniel¹, LHUISSIER Ludovic¹

¹ CACG, Chemin de Lalette CS 50449 65004 Tarbes Cedex, France, cacg@cacg.fr

Choix du thème/session : Evaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau

Mots clefs: sécheresse, concertation, gestion concertée, patrimoine hydraulique

¹ CACG, Chemin de Lalette CS 50449 65004 Tarbes Cedex, France, cacg@cacg.fr

Choix du thème/session : Evaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau

Mots clefs: sécheresse, concertation, gestion concertée, patrimoine hydraulique Orateur: *Maud PAUTHIER*, *m.pauthier*@*cacg.fr*

Introduction

L'étiage 2022 fut à la fois précoce, très prononcé et de longue durée. Il peut être caractérisé par la conjonction de records climatiques, la faiblesse des écoulements naturels et des besoins de prélèvements d'eau très élevés. Tout cela fait de 2022 une année exceptionnelle sur le plan de la gestion de l'eau.

Cette situation a eu des conséquences sur les milieux naturels et les usages de l'eau, mais les progrès en matière de gestion opérationnelle et la mobilisation hors du commun des acteurs de l'eau pour assurer une concertation décuplée et de qualité, ont permis de prolonger le soutien des débits autant que possible, en répondant au mieux aux différents usages, ce qui a conduit à limiter les impacts de cette sécheresse inédite.

L'article proposé exposera un retour d'expérience de la gestion de l'eau dans le sud-ouest de la France en 2022, du point de vue de la CACG, gestionnaire de ressources en eau.

Après la description de quelques éléments de contexte hydroclimatique et l'exposé du déroulement du soutien d'étiage en 2022 dans le Sud-Ouest de la France, nous présenterons l'importance de la concertation et de l'anticipation ainsi que les différents types de mesures de gestion mis en œuvre sur les bassins réalimentés gérés par la CACG. Un focus sera réalisé sur le « Système Neste ». Pour terminer, nous examinerons comment 2022 interroge l'évolution de l'eau disponible et son partage.

1/ Description du contexte dans le sud-ouest

Contexte hydro climatique

Suite à une année 2021 où les déstockages sont restés modérés et suite à quelques épisodes pluvieux marqués, les niveaux de remplissage des réserves étaient très favorables début mai.

Sur le plan climatique, dans le sud-ouest comme sur une large partie de la France, le printemps et l'été 2022 se sont distingués par une pluviométrie déficitaire et des températures plus chaudes que la normale. En particulier, les données enregistrées par Météo France sur le département du Gers montrent que sur la période allant de novembre à octobre, l'année 2021-2022 est la moins pluvieuse et la plus chaude depuis le début des enregistrements en 1959! Plusieurs épisodes caniculaires ont ainsi été observés au cours de l'été, ce qui est inédit.

Dans ce contexte, les écoulements naturels des rivières pyrénéennes et de l'ensemble du territoire de la Gascogne ont atteint précocement des niveaux d'étiage forts, comme l'illustre la figure suivante : les débits naturels de la Neste ont flirté quasiment tout l'été au niveau des minima historiques des trente dernières années.

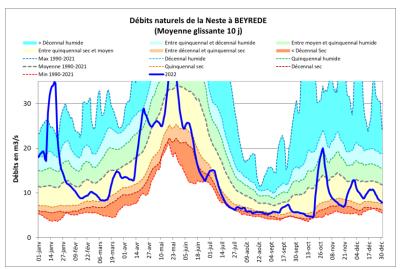


Figure 1 : débits naturels de la rivière Neste à la station de Beyrède

Déroulé de la campagne de soutien d'étiage

La sécheresse printanière évoquée ci-avant, couplée à des besoins de prélèvements exceptionnellement précoces, a conduit à l'engagement de lâchers de soutien d'étiage dès le mois de mai : sur le Système Neste, les lâchers à cette période n'avaient jamais été de cette ampleur jusqu'alors. La consommation agricole a été évaluée à plus de 7 Mm³ au printemps, ce qui est également tout-à-fait exceptionnel.

Dès le début juillet, les déstockages des retenues de soutien d'étiage ont été très rapides et ont nécessité une concertation importante et des décisions de gestion. C'est dans ce contexte que des mesures graduées de restriction des usages ont été mises en œuvre au fil de l'été et parfois jusqu'à la fin de l'année 2022, pour essayer de concilier au mieux les différents usages et préserver l'équilibre entre les besoins et la ressource.

L'année 2022 ressort finalement comme plus tendue sur le plan climatique que l'année 2003 qui avait déjà fortement marqué les esprits.

2/ La concertation pour prendre les meilleures décisions

Les instances de concertation autour de la gestion de l'eau sont multiples : réunions des comités départementaux « ressource en eau », comités de suivi plus restreints, commissions de gestion par sous-bassin, complétés de nombreuses réunions techniques et points téléphoniques. Ces instances réunissent les différents acteurs de l'eau à l'échelle des territoires pour partager les éléments de contexte puis discuter des mesures de gestion.

En 2022, la concertation a été particulièrement soutenue, rendue nécessaire pour l'analyse partagée des indicateurs, l'examen de différents scénarios, en vue de déboucher sur des mesures de gestion avec la meilleure acceptabilité sociétale possible. Elle a nécessité des moyens humains importants et une adaptation des équipes à ces nouvelles attentes. L'intensité de la charge de travail des acteurs de l'eau était telle que, sur quelques sous-bassins, la concertation n'a pu être menée suffisamment tôt pour permettre d'optimiser les mesures de gestion. Nous en présenterons les conséquences.

3/ Des mesures de gestion différenciées selon les bassins

Sur les bassins réalimentés gérés par la CACG, plusieurs types de mesures de gestion ont été mis en œuvre en 2022 en fonction des contextes locaux et des choix des usagers :

- Des « fenêtres » de lâcher de soutien pour certains bassins particulièrement déficitaires (bassin Midour-Douze) ;
- Une réalimentation régulière, jusqu'à épuisement des stocks disponibles dans les réserves, entraînant une absence de soutien des débits par la suite (bassin Bahus);
- Des mesures graduées avec restrictions de prélèvements (tours d'eau sur les prélèvements pour l'irrigation, de plus en plus contraignants) et des abaissements d'objectifs de débit visés en aval (Système Neste, bassin Adour);
- A compter de l'atteinte des fins de stocks mobilisables dans les réserves, la surveillance des culots piscicoles et parfois la fermeture complète des vannes de restitution.

Nous détaillerons ces différents cas et leurs conséquences.

Retenons que la particularité de l'année 2022 réside dans le caractère précoce des mesures voire de l'épuisement des ressources stockées (parfois dès le 1^{er} août) et dans la nécessité de prise de mesures sur des bassins qui n'avaient jamais eu à en mettre en œuvre par le passé. En l'absence de plan de crise sur ces bassins, il a fallu négocier en urgence entre services de l'Etat et usagers, des mesures et des modalités pratiques d'organisation de tours d'eau.

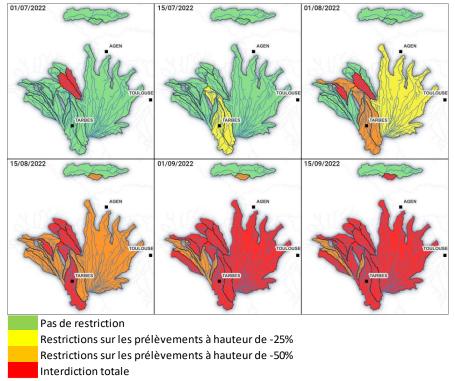


Figure 2 : chronologie des mesures de restriction 2022 par sous-bassin

4/ Focus sur le Système Neste

Un système complexe, géré de plus en plus finement

La complexité de ce système, visant à alimenter un eau un territoire naturellement privé des eaux pyrénéennes par des dépôts glaciaires datant de l'ère quaternaire, réside dans la multiplicité des ressources, son étendue et sa dépendance au soutien d'étiage tout au long de l'année.

Les indicateurs de gestion visant à appréhender le risque de défaillance, historiquement basés sur un jeu de courbes globales indicatrices de défaillance, ont été retravaillés récemment pour tenir compte de la multiplicité des ressources et progresser ainsi dans la performance et la finesse de la gestion. Ainsi, un arbre de décision en vue d'une programmation dynamique des mesures de gestion a été élaboré et utilisé pour la 3ème année. Nous en décrirons ses grands principes et commenterons son application pour l'année 2022.

Des indicateurs nouveaux du fait des besoins nouveaux

Cette exceptionnelle année 2022 a également fait émerger le besoin de nouveaux indicateurs de suivi comme le suivi quotidien de la consommation (compteurs communicants), l'analyse des corrélations entre débit de réalimentation et volumes prélevés agricoles, l'élaboration de bilans besoins-ressources simplifiés glissants... Ces indicateurs permettent de progresser dans la qualité du dialogue entre parties prenantes et d'anticiper davantage, pour des mesures de gestion mieux comprises et moins radicales.

5/2022, une année de référence face au changement climatique

Le climat de l'année 2022, qui ressort comme exceptionnel par rapport au passé, nous est prédit beaucoup plus fréquent à l'avenir et nous interroge sur l'évolution de l'eau disponible pour le futur et le nouveau partage de l'eau entre les usages.

L'expérience de cette année nous a conduits à travailler sur l'évolution d'un certain nombre de paramètres, que nous développerons. Parmi ceux-ci :

- La modification des conditions d'accès à l'eau pour tous les préleveurs avec de nouveaux contrats et des tarifs incitatifs à l'économie d'eau ;
- La gouvernance de la concertation et du dialogue pour anticiper davantage les mesures de gestion ;
- L'adéquation du patrimoine hydraulique « stockage distribution » dans ce nouveau contexte « ressources besoins » ;
- L'importance des moyens alloués à l'hydrométrie et à la mesure en générale ;
- La pertinence des débits cibles et le besoin de souplesse pour le gestionnaire pour améliorer l'efficience de l'eau.

Conclusion: interroger nos moyens et notre aversion au risque

2022 a mis en lumière des déficits de moyens : en concertation ; en infrastructures ; en résilience de l'agriculture ; en hydrométrie...

Pour faire face à de futures années 2022 (ou pire), nous aurons probablement besoin à la fois de plus de moyens et de « mieux » de moyens.

On ne pourra pas dimensionner les systèmes (moyens humains, infrastructures...) pour faire face aux années les plus extrêmes... Nous devrons donc, collectivement, accepter des défaillances :

- Quels risques sommes-nous prêts à courir ?
- Comment anticiper les risques pour mieux les assumer, ensemble ?

Les experts du changement climatique prévoient des évènements « plus extrêmes », plus souvent, mais ils anticipent également un maintien du niveau moyen des précipitations à l'échelle annuelle.

Cette perspective peut / doit nous amener à nous questionner :

- Comment adapter nos modes de vie, pour les rendre plus résilients aux aléas ?
- Peut-on améliorer nos infrastructures pour « lisser » ces aléas ?
- Comment adapter notre organisation collective pour définir notre avenir en commun pour assumer ensemble nos décisions ?

O.4.6. Retour d'expérience de la gestion de la sécheresse 2022 sur le territoire de la Garonne (Bernard Leroy)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Garonne un étiage 2022 exceptionnel, Auteurs, Bernard Leroy, Nicolas Cardot, Loïc Guyot Paris, 8&9 Mars 2023

Résumé du SMÉAG - Garonne 2022, un étiage exceptionnel

Bernard LEROY Bernard.leroy@smeag.fr

Retour d'expérience sur l'étiage exceptionnel de la Garonne en 2022 - The feedback on the exceptional drought of Garonne in 2022

Auteurs: Nicolas CARDOT¹, Loïc GUYOT¹, Bernard LEROY¹

¹SYNDICAT MIXTE D'ÉTUDES ET D'AMÉNAGEMENT DE LA GARONNE (SMÉAG), 61 RUE PIERRE CAZENEUVE, 31200 TOULOUSE, <u>nicolas.cardot@smeag.fr</u>, <u>loic.guyot@smeag.fr</u>, <u>bernard.leroy@smeag.fr</u>

Choix du thème/session: Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: étiage, changement climatique, retours d'expérience, sécheresse, Sméag, Garonne Orateur: (Bernard LEROY, Sméag)

Résumé:

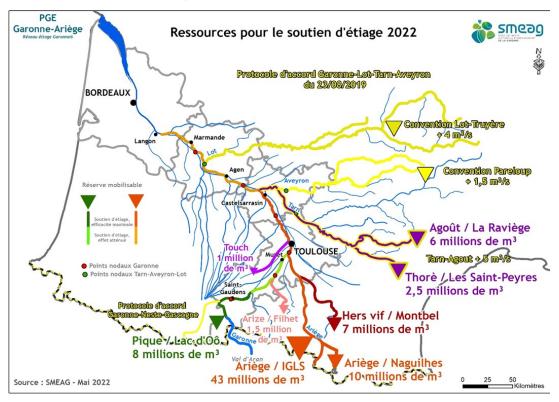
Le Syndicat mixte d'études et d'aménagement de la Garonne (Sméag) assure depuis l'année 1993, à la demande du préfet coordonnateur de bassin, la responsabilité des opérations annuelles de soutien d'étiage de la Garonne. Le dispositif de soutien d'étiage de la Garonne s'appuie sur des contrats de coopération avec les gestionnaires de différentes réserves : 90% étant des retenues hydroélectriques EDF situées en Pyrénées et sur le Tarn.

Après la veille hivernale et printanière, une analyse de la situation est réalisée en mai-juin. Il s'agit de suivre l'état des différents compartiments du socio-hydrosystème (ressource, débits, nappes, manteau neigeux, prévisions saisonnières météorologiques et hydrologiques, demande en eau, disponibilité des stocks, ...). L'analyse permet de fixer une stratégie et des objectifs de gestion en concertation avec tous les intervenants. Selon l'évolution de la situation, la stratégie et les objectifs sont ajustés pour tenir dans la durée, pour éviter les conflits et la crise, l'épuisement prématuré des stocks, et veiller au bon fonctionnement des milieux.

La fin d'année 2021 et le début 2022 ont alors été marqués par une hydrologie médiane voire abondante, de fortes précipitations remontant les débits en Garonne bien au-dessus de l'année décennale humide en janvier. Les débits se sont ensuite maintenus autour de la médiane jusqu'aux

premières canicules de mai-juin accélérant la fonte d'un manteau neigeux abondant. À la fin mai les débits chutent rapidement pour atteindre, mi-juin, une tendance décennale sèche partout en Garonne.

La carte ci-dessous localise les moyens mobilisés au titre de l'année 2022

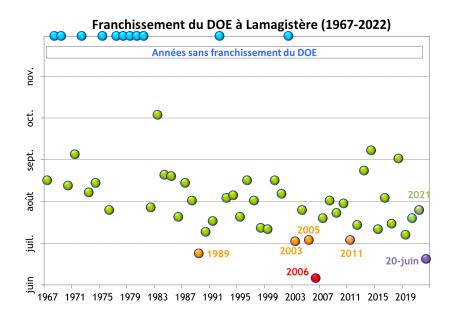


Au vu des conditions nivales, piézométriques et hydrologiques de juin 2022, l'entrée en étiage de la Garonne s'annonçait précoce. Les prévisions saisonnières du mois de mai prévoyaient dès le mois de juillet une hydrologie naturelle déficitaire, partout en Garonne, se rapprochant des années historiques les plus précoces et sèches : année 2006 pour la précocité, 2003 et 2012 pour l'intensité et la sévérité de l'étiage, et 2011 pour le caractère tardif.

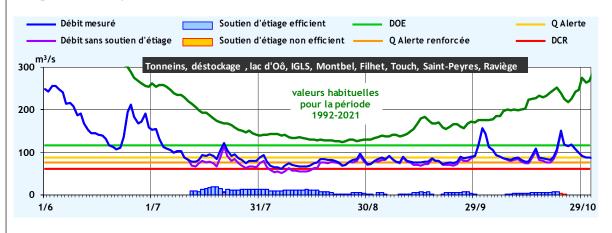
Il a été décidé d'adopter une stratégie prudente : tenir en Garonne amont les valeurs d'objectif d'étiage et en Garonne aval, les seuils de débit d'alerte. Il a également été décidé d'être prudent en ayant la possibilité de réajuster les objectifs dès que les courbes de risque de défaillance des stocks seraient franchis. Plusieurs ajustements sont intervenus en cours de campagne, dès le mois de juillet ; l'objectif étant de limiter les défaillances et préserver les stocks pour la fin de campagne en sécurisant les volumes nécessaires à l'approvisionnement en eau potable des collectivités prélevant en Garonne (un million d'habitants).

L'étiage 2022 est finalement caractérisé par un étiage précoce, long et intense, avec des situations rarement observées.

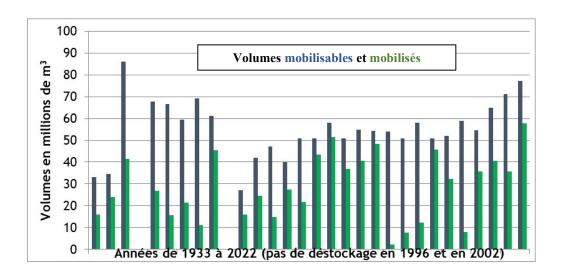
- 2° et 3° entrées en étiage les plus précoces des soixante dernières années : en Garonne agenaise dès le 20 juin et à Toulouse dès le 6 juillet, les périodes habituelles en Garonne agenaise et atlantique étant à la fin juillet et en septembre en Garonne toulousaine. Très exceptionnellement les lâchers de soutien d'étiage ont dû ainsi débuter dès le 9 juillet.



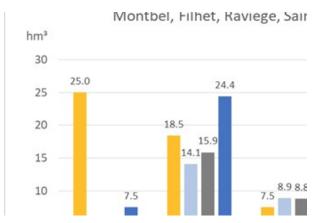
Plus long étiage observé en trente ans (quatre mois consécutifs) depuis la mise en place du soutien d'étiage en 1993. Au point de contrôle le plus aval (Tonneins) les débits avec soutien d'étiage sont restés sous les objectifs d'étiage pendant 111 jours (sur 153 jours). L'étiage s'est prolongé en novembre avec 18 jours sous l'objectif d'étiage. Les accords de coopération ont été exceptionnellement prolongés sur le mois de novembre pour sécuriser des installations en eau potable le long de la Garonne.



- Débits les plus faibles observés en Garonne depuis quinze ans malgré les lâchers de soutien d'étiage (et 3° et 4° année avec les plus faibles débits sur dix jours consécutifs observés depuis trente ans). Sans le soutien d'étiage, les seuils d'alerte renforcée et de crise auraient été franchis respectivement dès la mi-juillet et début août en Garonne aval, aux portes de l'estuaire de la Gironde où le déficit d'apport en eau douce a été considérable.
- Plus important déstockage depuis trente ans: 58 millions de m³ (58 hm³) soit 75 % du stock réservé ont été mobilisés pour réduire l'impact de la sécheresse climatique et hydrologique. Le précédent record datait de 2009 avec 51,4 hm³. Ce déstockage est très supérieur à la médiane des déstockages de la période 2008-2021 (36 hm³).



Le graphique suivant illustre la comparaison des déstockages mensuels réalisés (en orange) par rapport à des valeurs statistiques de déstockages.

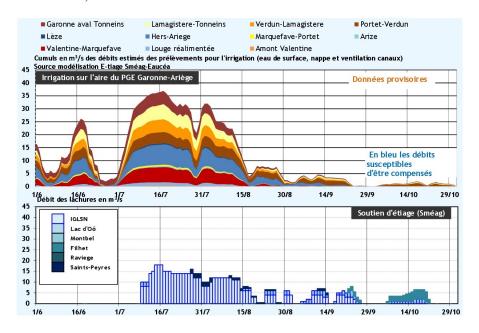


Un volume de 25 hm³ a été mobilisé dès le mois de juillet, soit trois fois le déstockage médian de juillet. En août et septembre les déstockages sont bridés afin de ne pas épuiser prématurément les stocks et de garantir les activités vitales. À partir d'octobre, les quelques pluies en altitude en Pyrénées apportent un peu de répit et nous permettent un déstockage proche du quinquennal sec. Le 21 octobre les lâchures ont été arrêtées, mais la vigilance a été maintenue sur le mois de novembre avec deux accords signés afin de disposer de 10,5 hm³ en cas de nécessité. Les pluies des 21 et 22 novembre ont sorti la Garonne d'un étiage exceptionnellement long et tardif.

- Plus fort déficit hydrologique observé en Garonne malgré les lâchers de soutien d'étiage. Pour tenir l'objectif d'étiage à Tonneins, il aurait fallu 314 hm³sachant qu'actuellement 80 hm³ sont conventionnés (callés sur un effort entre le quinquennal et le décennal sec) et des capacités de lâchers de plus de 40 m³/s (débit à Tonneins début août autour de 65 m³/s au lieu de 110 m³/s) sachant que le débit d'intervention est de 15 à 20 m³/s. Ce déficit avant soutien d'étiage est à rapprocher des prévisions pour 2050 qui se situent dans une fourchette allant de 480 à 1 200 hm³. On estime que 75 % du déficit résiduel observé en 2022 à une origine « naturelle » en raison de la faiblesse des apports naturels. La part anthropique de ce déficit est compensée par les réalimentations en eau de soutien d'étiage et par une compensation agricole spécifique.

- Des restrictions en Garonne à partir de la fin juillet et renforcées à la mi-août, une première depuis 2012. L'outil de soutien d'étiage ne suffisant pas pour éviter la crise, les préfets ont décidé de façon progressive et coordonnée de mesures de restrictions de prélèvements. Ces restrictions ont permis de soulager l'effort de soutien d'étiage et d'ajuster la stratégie pour préserver la fin de campagne. Les lâchers de soutien d'étiage ont permis de retarder et de limiter les restrictions d'usages. Le pic des prélèvements agricoles à 35 m³/s, autour du 15 juillet, a été sécurisé à hauteur de 75 à 100 % par des lâchers de soutien d'étiage du Sméag. Ces lâchers ont permis de limiter l'impact de ces prélèvements sur les débits et maintenir des débits au-dessus des seuils d'alerte renforcée. La mise en place de semis précoce et les fortes chaleurs des mois de mai, juin et juillet ont conduit à une fin de l'irrigation, notamment du maïs, autour du 15 août.

L'illustration ci-dessous présente la dynamique des prélèvements agricoles en Garonne (hors rivières Lot, Tarn et Gascogne et le positionnement des lâchers d'eau de soutien d'étiage (histogrammes en bleu).



- Des tensions autour de l'approvisionnement en eau potable. Pour la première fois, les gestionnaires d'eau potable ont fait remonter un risque de dénoiement de crépines, pouvant entraîner des risques d'approvisionnement en eau potable. Les plus fortes tensions ont été observées au mois d'août, au moment des plus bas débit et de fortes chaleurs. Ces tensions ont conduit à modifier la stratégie de déstockages afin de conserver suffisamment de stock et de débit pour sécuriser l'eau potable sur la Garonne.
- Une crise énergétique à prendre en compte : en fin de campagne, à la demande d'EDF et afin de préserver les capacités hydroélectriques des principales centrales hydroélectriques pyrénéennes, le Sméag a accepté de transférer une part des volumes conventionnés sur des aménagements moins stratégiques pour la production électrique. L'étiage 2022 a ainsi une nouvelle fois démontré la souplesse du modèle économique de soutien d'étiage mis en œuvre en Garonne, qui permet de faire coexister autour d'aménagement hydroélectriques très sollicités deux missions de service public : la production énergétique et le soutien d'étiage du fleuve Garonne, et ce, malgré les fortes tensions sur la ressource en eau et la mobilisation des stocks disponibles en Pyrénées à leur capacité maximale.

Durant toute la campagne, les débits observés sont proches des records secs. Ces éléments montrent le caractère exceptionnel de l'étiage 2022 qui pourrait devenir dans le futur la référence médiane. Pour le futur, il faudra tenir compte de l'érosion des débits naturels due au changement climatique, suivie en

Garonne depuis une trentaine d'année, et qui doit encourager à des ajustements dans les objectifs, les moyens et l'accès à une ressource eau qui se raréfie.

Un premier retour d'expérience met en exergue quelques éléments à retenir :

- **Une forte solidarité interbassin :** les accords négociés ont permis à la solidarité interbassin de jouer pleinement son rôle, tous les bassins n'étant pas simultanément touchés par la même sévérité de l'étiage.
- Une grande capacité d'adaptation des partenaires : la mobilisation anticipée de certaines réserves ou des régimes dérogatoires aux accords existants ont été rendu nécessaires, les acteurs, dont l'opérateur hydroélectrique et les usagers, en acceptant le principe compte tenu de la situation exceptionnelle.
- Une prolongation du dispositif de maintien des niveaux d'eau au mois de novembre : le changement climatique influençant l'hydrologie du fleuve, les étiages du futur risquent de devenir plus longs et plus sévères. Cela nécessite une anticipation des règles et objectifs actuels, avec aussi un allongement de la période administrative d'étiage.

Posters session 4

P.4.1. Proposition de schéma de gestion de l'eau dans le bassin versant du fleuve Sénégal dans le contexte du changement climatique (Abdoulaye Faty)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Modèle à utiliser pour le résumé

Abdoulaye FATY abdoulaye.faty@ucad.edu.sn

PROPOSITION DE SCHEMA DE GESTION DE L'EAU DANS LE BASSIN VERSANT DU FLEUVE SENEGAL DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Auteurs: FATY Abdoulaye1

¹Département de Géographie – Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, BP 5005..., Sénégal, abdoulaye.faty@ucad.edu.sn

Choix du thème/session : Evaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau / Impacts pour la gestion et le partage de la ressource en eau dans les territoires

Mots clefs: Règle de gestion – Usages – Usagers – Hydrosystème - Bassin du fleuve Sénégal Orateur: (Abdoulaye FATY/ abdoulaye.faty@ucad.edu.sn)

La problématique de la gestion de l'environnement et des ressources naturelles a pris une importance considérable dans tous les débats internationaux ainsi que les recherches scientifiques. A la conclusion de nombreuses études et comparaisons faites dans différents bassins versants d'Afrique, la problématique de l'eau n'est pas seulement liée à la quantité, mais aussi et surtout aux modes de gestion et d'exploitation des ressources en eau dans les hydrosystèmes. Le bassin du Sénégal qui couvre une surface de 325.000 km² répartis entre quatre (04) États de l'Afrique de l'Ouest a connu un conflit d'usages et d'usagers liés au mode de gouvernance de la ressource partagée. L'objectif de cette communication est d'évaluer les règles de gestion de l'eau en se basant sur les méthodes d'allocation dans le contexte du changement climatique.

Les résultats des simulations montrent une assez bonne synergie entre l'irrigation, la navigation et la production hydroélectrique. Par exemple, le barrage de Manantali, bien que permettant de répondre aux besoins actuels au soutien des basses eaux dans la vallée et le delta et ce, même durant les années de faible hydraulicité, ne sera pas en mesure, seul, de faire face à des demandes en soutien d'étiage supérieures à 200 m³/s. L'étude met en exergue les impacts de l'aménagement conjoint du haut Bafing

et de la Falémé par une augmentation considérable de la production d'énergie hydroélectrique du bassin. Les résultats, bien que faibles, peuvent être positifs sur les aménagements en aval avec notamment une légère augmentation (environ 2 à 10% selon la politique de gestion adoptée) de la production d'énergie annuelle du barrage de Manantali ainsi qu'une plus grande efficacité de la régulation des débits entrants dans ce dernier, permettant ainsi un meilleur soutien aux étiages.

P.4.2. Retour d'expérience de l'étiage 2022 en Pays de la Loire. Appui de la DREA aux gestionnaires de crise (Stéphane Marlette)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Stéphane Marlette stephane.marlette a developpement-durable.gouv.fr

RETOUR D'EXPÉRIENCE DE L'ÉTIAGE 2022 EN PAYS DE LA LOIRE. APPUI DE LA DREAL AUX GESTIONNAIRES DE CRISE

Auteurs : MARLETTE Stéphane¹, NICOLAS Matthieu²

¹DREAL Pays de la Loire , Nantes, France, e-mail: stephane.marlette@developpement-durable.gouv.fr

²DREAL Pays de la Loire , Nantes, France, e-mail: <u>matthieu.nicolas@developpement-durable.gouv.fr</u>

Choix du thème/session : Évaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau

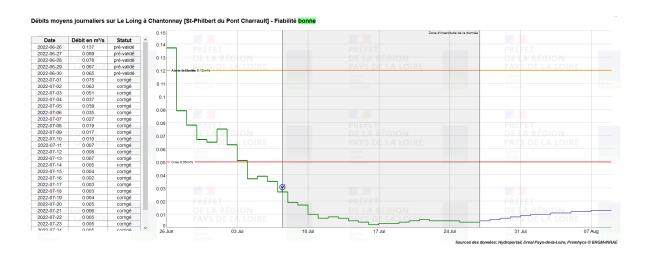
Mots clefs: Hydrométrie, Expertise, Gestion de crise

Orateur: Stéphane MARLETTE/stephane.marlette@developpement-durable.gouv.fr

La division hydrométrie, hydrologie et prévision des crues de la DREAL Pays de la Loire est en charge de la production de données expertisées de débits sur l'ensemble de son réseau cible. En période de sécheresse, le niveau de service pour les stations concernées par les arrêtés cadre sécheresse est renforcé : fréquence des jaugeages augmentées, critiques des données 3 fois par semaine. En 2022, ce dispositif a été activé du 4 avril au 9 décembre nécessitant une forte mobilisation des équipes pour la production de données. En parallèle, l'intensité de l'épisode de sécheresse en 2022 a fait émerger des besoins nouveaux quant à la mise à disposition des données et l'anticipation pour gérer les usages prioritaires en étiage, notamment l'alimentation en eau potable.

En 2021, la DREAL PDL avait développé un site extranet à destination des DDT(M) pour faciliter l'écriture des arrêtés de restrictions des usages des eaux superficielles. Le site donne accès aux débits moyens journalier des stations gérées par la DREAL Pays de la Loire utilisées dans les arrêtés cadre

sécheresse départementaux ou interdépartementaux, ainsi qu'au statut de la donnée (brute, corrigée, prévalidée ou validée). Ces débits sont les mêmes que ceux qui sont consultables par le public via l'Hydroportail au niveau du site hydrométrique. Cependant, il permet d'y intégrer des informations complémentaires sur la fiabilité des données (qualité intrinsèque du site hydrométrique, date des jaugeages ou contrôles visuels, zone d'incertitudes de la donnée). La DREAL Pays de la Loire a souhaité publier les prévisions issues de la plate-forme PREMHYCE (Tilmant et al., 2020)¹ qui est un outil opérationnel pour la prévision des étiages. Le format de mise à disposition a fait l'objet d'une analyse préalable pour évaluer le besoin des utilisateurs. Le choix opéré est de fournir la sortie d'un seul modèle issue de la plate-forme. Les prévisions graphiques intégrées par la DREAL Pays-de-la-Loire ne concernent que le modèle Gardenia, retenu à l'issue d'une analyse des rapports de calages effectués par l'INRAE. Un seul des deux scénarios météo est utilisé : celui issu des prévisions météorologiques (CEP) sur 14 jours (51 membres). Ainsi, les prévisions graphiques publiées sur le site étiage PDL couvrent une échéance de 14 jours qui répond au besoin d'anticipation attendu, tout en affichant les incertitudes associées.

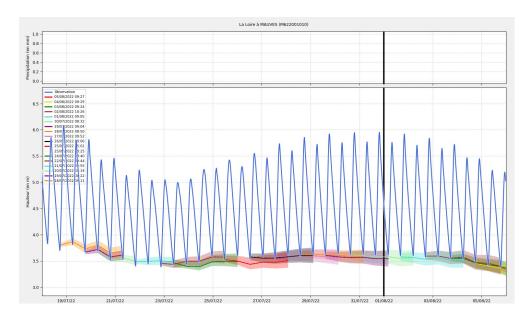


Devant les nombreuses demandes des utilisateurs de disposer de ces données formalisées, cet extranet a évolué vers un site internet au cours de l'été 2022 : http://www.donnees.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/etiage/.

La division hydrométrie, hydrologie et prévision des crues de la DREAL Pays de la Loire a également été sollicitée par la préfecture de la Loire-Atlantique dès le mois de juin 2022 pour produire des éléments de connaissance et d'anticipation pour le suivi de l'alimentation en eau potable, notamment pour les prises d'eau situées sur l'axe Loire. La prise d'eau située à Mauves sur Loire, gérée par Nantes métropole assure une production de 40 millions de m³ d'eau par an et distribue environ 600 000 personnes.

¹ François Tilmant, Pierre Nicolle, François Bourgin, François Besson, Olivier Delaigue, Pierre Etchevers, Didier François, Matthieu Le Lay, Charles Perrin, Fabienne Rousset, Dominique Thiéry, Claire Magand, Timothée Leurent & Élise Jacob (2020) PREMHYCE: an operational tool for low-flow forecasting, *La Houille Blanche*, 106:5, 37-44, DOI: 10.1051/lhb/2020043

Des prévisions quotidiennes de hauteurs d'eau sur la station hydrométrique de Mauves sur Loire ont été produite par la DREAL Pays de Loire. Elles sont basées sur un modèle de la plateforme Mascaret (modélisation en 1D) couvrant la Loire depuis Montjean-sur-Loire et s'étendant jusqu'à Saint-Nazaire en remontant sur la Sèvre Nantaise.



Au cours de l'été 2022, au vu des faibles débits observés sur la Loire, la préfecture de Loire-Atlantique a souhaité évaluer le risque de mise hors d'eau des prises d'eau d'alimentation en eau potable sur la Loire. La DREAL Pays-de-la-Loire a effectué des simulations avec le modèle Mascaret pour différents débits constants à Montjean-sur-Loire en descendant à 50 m³/s (débit le plus bas mesuré en 1949). En aval, les prédictions de marée à St Nazaire ont été utilisées. Le calage n'est pas optimisé pour des très bas débits et l'incertitude des résultats est donc assez forte. Cependant, les résultats obtenus ont permis d'éclairer les gestionnaires de crise et seront intégrés dans la disposition ORSEC eau potable de la Loire-Atlantique dont la révision est amorcée en 2023.

P.4.3. Réponse hydrologique et écologique du bassin versant du Couesnon à la sécheresse 2022 (Laureen Maury, Kate Ferrara)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Réponse hydrologique et écologique du bassin versant du Couesnon à la sécheresse de 2022, Annunziata et al.

Paris, 8&9 Mars 2023

Laureen Maury laureen.maury@ens-rennes.fr

RÉPONSE HYDROLOGIQUE ET ÉCOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU COUESNON À LA SÉCHERESSE DE 2022

HYDROLOGICAL AND ECOLOGICAL RESPONSE OF THE COUESNON WATERSHED TO THE 2022 DROUGHT

Auteurs : Tatiana Annunziata^{1*}, Bastien Clemot^{1*}, Youna Douchet^{1*}, Kate Ferrera^{1*}, Laureen Maury^{1*}, Léa Pouyez^{1*}, Camille Vautier¹

¹ École Normale Supérieure de Rennes, Université de Rennes, 11 Av. Robert Schuman 35170 Bruz, France

Choix du thème/session : Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs : résilience, sécheresse, zone humide, télédétection, communautés végétales **Présentation du poster :** Kate Ferrera, Laureen Maury, laureen.maury@ens-rennes.fr

^{*}Ces auteurs ont participé de façon égale à l'étude.

Contexte

Les systèmes environnementaux sont des assemblages complexes dont l'appréhension amène à la notion de limites planétaires : des limites biologiques et géophysiques à ne pas dépasser pour assurer le maintien des processus naturels et le développement des sociétés humaines (Rockström et al., 2009). Le concept de limites planétaires met en avant l'importance de comprendre et de surveiller l'évolution des processus environnementaux, afin de prévenir la dégradation irréversible des milieux naturels. En 2009, sur les neuf limites planétaires définies par Rockström, trois d'entre elles avaient déjà été dépassées : les concentrations en CO_2 atmosphérique en lien avec le réchauffement climatique, la diminution de la biodiversité et la perturbation du cycle de l'azote. En 2022, deux nouvelles limites étaient dépassées : le changement d'exploitation des terres et l'émission de nouvelles entités chimiques telles que les plastiques (Persson et al., 2022). Les enjeux qu'elles représentent sont d'autant plus importants dans le contexte climatique actuel.

Les zones humides sont des milieux particulièrement sensibles aux variations environnementales liées à l'eau. Ce sont des environnements présents sur l'entièreté du globe, dépendants de la présence de l'eau et des fluctuations hydriques. En France, les milieux potentiellement humides représentent 23% du territoire métropolitain et sont des zones d'intérêt du fait des services écosystémiques qu'ils rendent, en servant notamment de réservoir de biodiversité, de zone d'épuration d'eau ou de stockage du carbone (https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr). Du fait de leur dépendance à l'eau, ces environnements sont particulièrement sensibles aux épisodes de sécheresse qui peuvent induire des dérèglements irréversibles dans leurs compositions en espèces, ainsi que dans leurs processus chimiques (Stirling et al., 2020). Les zones humides sont ainsi des senseurs des variations climatiques liées à la disponibilité en eau et se retrouvent au cœur des enjeux environnementaux.

Une des conséquences notables du changement climatique est l'augmentation de la fréquence des épisodes de sécheresse qui présentent un impact conséquent sur le fonctionnement des géosystèmes (Oikonomou et al., 2020). Les perturbations du bilan hydrique, que ce soit avec une baisse des précipitations, du débit dans les cours d'eau, des nappes ou de l'évapotranspiration, ont des conséquences multiples sur les écosystèmes. Les espèces végétales sont particulièrement touchées par ces changements. Elles souffrent de la sécheresse atmosphérique, de la perte en humidité des sols, mais aussi de l'augmentation des températures, d'autant plus lorsque ce phénomène est extrême tel qu'en 2022.

La Bretagne est longtemps apparue dans l'opinion publique comme épargnée par ces épisodes extrêmes de sécheresse, une impression due à son climat. En domaine océanique, le risque de sécheresse est peu étudié en raison de sa faible occurrence et intensité (Lamy, 2013). Pourtant, ses effets ne peuvent plus être ignorés, notamment après l'année 2022. La station météorologique de Hédé-Bazouges, dans le bassin versant du Couesnon en Bretagne, a montré une diminution des précipitations estivales de 100 mm entre l'année 2022 et la moyenne des trois années précédentes. Les températures montrent un écart de plus de 2.2°C entre le mois d'août 2022 et celui des trois années précédentes. Pourtant, si cette année est qualifiée d'historique, ces événements extrêmes ne seront plus exceptionnels en raison du changement climatique.

Problématiques

Dans quelle mesure l'année 2022 en Bretagne peut-elle être caractérisée de sécheresse météorologique et hydrologique ? La sécheresse hydrologique induit-elle des réponses visibles sur la qualité de l'eau et les communautés végétales ? Pendant combien de temps les impacts d'une sécheresse restent-ils visibles dans les écosystèmes ?

Site d'étude

Afin de répondre à ces questions, une analyse du bassin versant du Couesnon est réalisée. Le Couesnon est un fleuve côtier se trouvant à l'est de la Bretagne près de la frontière avec la Normandie. Il se jette dans la baie du Mont Saint-Michel. Son bassin versant, essentiellement agricole, recouvre 1130 km². L'analyse est d'abord effectuée à l'échelle du bassin versant pour les données hydrologiques puis se concentre sur la tourbière de Landemarais et la Zone Atelier Armorique (ZAA - plateforme du réseau européen LTSER).

Méthodes

L'étude s'appuie sur trois types de données : les mesures hydrologiques, les images de télédétection et les relevés de végétation. Les données hydrologiques sont obtenues dans des bases publiques, comme HydroPortail ou le SNO-Tourbières. Les images de télédétection sont de type Sentinel-2 ou MODIS. Les données écologiques sont récupérées auprès d'acteurs publics tels que le Service patrimoine naturel du Département Ille-et-Vilaine.

Concernant les données hydrologiques, les mesures de précipitations et de débits du Couesnon et de ses affluents ont été utilisées pour quantifier l'eau disponible à la surface et déterminer si 2022 était statistiquement une année exceptionnelle en termes de manque d'eau. Dans le bassin versant du Couesnon, il existe trois stations limnimétriques disponibles sur Hydroportail : le Nançon à Lecousse, le Couesnon à Romazy et la Loisance à Saint-Ouen. Pour comparer 2022 avec les années précédentes, les débits journaliers des trois stations permettent de calculer une année représentative des conditions "normales". Les mesures piézométriques relevées dans les zones humides permettent d'étudier la réaction des eaux souterraines à une diminution en précipitation et le lien entre la disponibilité d'eau souterraine et les communautés végétales. On cherche également à comparer les effets de la sécheresse sur les eaux souterraines avec ceux observés en surface. Enfin, les données de qualité d'eau du bassin versant provenant de NAÏADES sont intégrées à l'étude.

En télédétection, le travail est réalisé à plusieurs échelles. L'objectif est dans un premier temps d'observer la sécheresse et ses impacts sur la végétation à l'échelle du bassin versant, puis une analyse plus précise est effectuée sur les sites d'étude. A l'échelle du bassin versant, des images Sentinel-2 sont utilisées pour observer l'évolution des trois sites d'étude. Une série temporelle d'images satellites MODIS est ensuite traitée permettant une étude à une résolution spatiale et temporelle plus large. Une année de référence est déterminée pour calculer des indices pouvant caractériser la sécheresse de 2022 en comparaison avec une année moyenne. Les indices calculés sont le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), qui est lié au taux de chlorophylle dans la végétation, et le NDWI (Normalized Difference Water Index), qui renseigne sur le stress hydrique de la végétation. On cherche à observer des variations dans les valeurs de ces indices, qui ne sont pas liées à des changements d'occupation des sols, mais à un impact de la sécheresse. De ce fait, les sites d'étude permettent d'éliminer les variations liées à un changement d'occupation des sols, car les zones humides choisies ont une occupation des sols stable.

En ce qui concerne les relevés de végétation, les suivis des communautés végétales de la tourbière de Landemarais sont analysés entre 2012 et 2022. Ils permettent de déterminer l'évolution entre les années, à partir de la présence ou de l'abondance des espèces. Ces données sont aussi comparées avec les mesures piézométriques de chaque zone d'étude, afin de voir si le niveau d'eau influence la composition des communautés végétales ou inversement.

Résultats

Les premières analyses des images Sentinel-2 révèlent une diminution globale du NDVI et du NDWI au cours de l'été, qui semble montrer un impact de la sécheresse sur la végétation. Ces données doivent ensuite être comparées à celles des années précédentes pour évaluer l'impact de la sécheresse de façon quantitative. De plus, les différents sites d'études semblent réagir différemment à la sécheresse. La mise en lien des résultats de télédétection et des analyses hydrologiques et écologiques permettra de caractériser et de comprendre les réponses des écosystèmes. Le travail sur les indices de végétation sera approfondi, avec une comparaison précise de l'année 2022 aux vingt années précédentes et notamment à la sécheresse de 2003. De plus, d'autres indices seront intégrés aux analyses, comme l'indice EVI (Enhanced Vegetation Index), qui fournira des indications sur la biomasse.

Références bibliographiques

Lamy C. (2013), Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne, thèse Université Rennes 2

Oikonomou P.D., Karavitis C.A., Tsesmelis D.E., Kolokytha E., Maia R. (2020) Drought Characteristics Assessment in Europe over the Past 50 Years. Water Resources Management 34: 4757-4772.

Persson, L., Carney Almroth, B.M., Collins, C.D., *et al.* (2022) Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. Environmental Science and Technology 56, 3:1510-1521.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. *et al.* (2009) A safe operating space for humanity. Nature 461, 472–475.

Stirling E., Fitzpatrick R.W., Mosley L.W. (2020) Drought effects on wet soils in inland wetlands and peatlands. Earth-Science Reviews 210:103387.

<u>https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-zones-humides-en-france-synthese-des-connaissances-en-2021</u>, consulté le 26/01/23.

P.4.4. Les caractéristiques de la sécheresse de l'été 2022 dans le bassin genevois (Ion Iorgulescu)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Résumé

Auteur correspondant : Ion Iorgulescu Ion.Iorgulescu@etat.ge.ch

LES CARACTERISTIQUES DE LA SECHERESSE DE L'ETE 2022 DANS LE BASSIN GENEVOIS THE CHARACTERISTICS OF THE SUMMER 2022 DROUGHT IN THE GENEVA BASIN

Auteurs: IORGULESCU Ion1 & CERESETTI Davide2

¹Office Cantonal de L'Eau, Etat de Genève, Suisse, rue David Dufour 5, CH-1211 Genève,

Suisse, e-mail: Ion.Iorgulescu@etat.ge.ch

²Office Cantonal de L'Eau, Etat de Genève, Suisse, rue de Gazomètre 7, CH-1211 Genève,

Suisse, e-mail: Davide.Ceresetti@etat.ge.ch

Choix du thème/session : 1/ Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: indices de sècheresse, débits minimums, analyse statistique, relation-nappe rivière Orateur: Ion Iorgulescu

Le but de cette contribution est de synthétiser les principales caractéristiques hydro-climatiques de la sécheresse de l'été 2022 dans le bassin genevois et de les situer dans le contexte des dernières décennies. L'office cantonal de l'eau de l'état de Genève a équipé et suit depuis le début des années '90 un réseau dense de mesures pluviométriques et hydrométriques.

Le bassin genevois est délimité au nord-ouest par la chaine du Jura qui culmine à plus de 1700 m s.m. et au sud-est par les reliefs préalpins des Voirons (1480 m s.m.) et de la chaine du Salève (1380 m s.m.). Le climat du bassin genevois et tempéré avec une influence océanique. Les précipitations moyennes annuelles dans la cuvette genevoise sont autour de 950 mm/a et le double sur les crêtes du Jura. Elles sont réparties relativement uniformément pendant l'année, En 2022 les précipitations ont été déficitaires depuis le début de l'année. Elles sont devenues très fortement déficitaires (Standardized Precipitation Index SPI<-1.6) pour des durées d'accumulation jusqu'à 3 mois à partir de la mi-mai. De tels déficits à cette période de l'année n'étaient pas rencontrés depuis 2011. Les indices de précipitations sont restés fortement déficitaires jusqu'à fin août. A partir du 15 août les précipitations redeviennent proches des normes et la situation se rétablit progressivement. Le cumul sur 3 mois atteint la norme fin octobre. La partie la plus intense de la sécheresse a été enregistrée entre le 15 mai et le 15 aouût. Des précipitations tombées entre le 20 juin et le 4 juillet ont offert un répit relatif au milieu de

cette période. Pendant cette période les cumuls de précipitation ont eu des temps de retour supérieurs à 50 ans (SPI < -2.05) pour les durées de 1 à 12 mois.

La principale ressource en eau de la région est le système Léman-Rhône-Arve qui traverse la cuvette genevoise. A la sortie du territoire suisse à Chancy-Pougny le bassin versant du Rhône a une superficie de 10'300km² et un débit moyen annuel de 335m³/s. Son régime est nivo-glaciaire avec des débits maximums pendant la saison d'été (juin-juillet-août). En 2022 débit moyen saisonnier estival (JJA) du Rhône à Chancy-Pougny a été a été de 314 m³/s. Il s'agit de la 3ème valeur la basse depuis le début des mesures en 1904. Le record (226 m³/s) a été enregistré en 1976 et la 2ème valeur (309 m³/s) a été enregistrée en 2011.

En plus de ces grandes ressources en eau superficielles régionales, le bassin genevois est caractérisé par une chevelure dense de petits et moyens cours d'eau. Les bassins versants de superficie supérieure à une dizaine de km² ont généralement les sources et la majeure partie de leur bassin versant en France et seulement leur partie avale en Suisse. Le régime hydrologique de ces cours d'eau est de type pluvial jurassien avec, pour les bassins jurassiens de L'Allondon et de La Versoix, une influence nivale de moins en moins marquée.

Suite aux conditions météorologiques de l'année 2022 les déficits de l'eau du sol sont devenus supérieurs au quantile 95% à partir du mois de mars déjà et sont restés supérieurs à ce quantile jusqu'à fin août sur une grande partie du bassin genevois. L'alimentation des nappes superficielles a été interrompue pendant toute cette période.

Les étiages de L'Allondon et de La Versoix sont alimentés par les réseaux karstique du Jura qui représente un réservoir de grande taille, alors que les autres petits et moyens cours d'eau sont alimentés par des sources dans les éboulis calcaires du Salève ou par des nappes fluvioglaciaires de faible étendue et capacité. Le tarissement de ces nappes est généralement rapides. Les débits d'étiage Q347 (débit dépassé en moyenne pendant 347 jour par année) rapportés au bassin topographique sont supérieurs à 4 L/s km² pour les cours d'eau Karstiques La Versoix et L'Allondon mais inférieurs à 1.2 L/s km² pour les autres cours d'eau. La contribution présentera une analyse de la variabilité spatiale des constantes de récession et des débits caractéristiques d'étiage. Les relations bidirectionnels napperivière seront abordés en utilisant des jaugeages longitudinaux.

Pendant l'été 2022 pratiquement tous les petits et moyens cours d'eau du bassin genevois ont connu des records de basses eau à l'échelle saisonnière, mensuelle, hebdomadaire et journalière. Notre contribution présentera une analyse statistique détaillée de ces valeurs en utilisant les enregistrements de ces 30 dernières années.

Finalement notre contribution abordera la question des études complémentaires et des propositions de mesures d'adaptation suscitées par cet événement exceptionnel.

P.4.5. Sécheresse 2022, un épisode inédit amenant à repenser la gestion de l'eau sur le dunkerquois (Fanny Serret)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Modèle à utiliser pour le résumé

Serret Fanny fanny.serret@cud.fr

Titre SECHERESSE 2022, UN EPISODE INEDIT AMENANT À REPENSER LA GESTION DE L'EAU SUR LE DUNKERQUOIS

Serret Fanny

Communauté Urbaine de Dunkerque, Rue du Pertuis de la Marine, 59140 DUNKERQUE-FRANCE fanny.serret@cud.fr

Choix du thème/session : évaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau

Mots clefs: adaptation, gestion globale de l'eau, coordination des acteurs, partage de la ressource

Orateur: Serret Fanny/fanny.serret@cud.fr

Inscrit au sein d'un vaste polder transfrontalier représentant côté français environ 120 000 hectares gagnés sur la mer, le territoire dunkerquois est quadrillé par un réseau hydraulique dense de canaux et larges fossés de drainage, appelés watergangs, ponctués par des stations de pompage, permettant d'évacuer quotidiennement à la mer des volumes d'eau colossaux, à hauteur en moyenne de 21 millions de m3/mois.

Ce territoire, d'une extrême platitude (de 1 à 5 mètres en moyenne et – 2mètres dans le secteur des Moëres), se caractérise par l'omniprésence de l'eau. Il s'est organisé, par l'action conjuguée de la Communauté Urbaine de Dunkerque et de l'Institution Intercommunale des Wateringues, syndicat mixte compétent pour évacuer les eaux continentales à l'échelle du bassin versant, pour prévenir le risque d'inondation, qu'il soit d'origine continentale ou par submersion marine.

L'eau est partout présente sur le territoire et constitue un puissant marqueur du changement climatique, à travers le renforcement des phénomènes extrêmes se traduisant par une augmentation de l'intensité et de la variabilité des précipitations, accentuant le risque de crue et de sécheresse. L'élévation du niveau de la mer représente aussi un défi majeur pour le territoire, renforçant le risque de submersion marine

et l'érosion dunaire, phénomènes indissociables sur un territoire de polder, et augmentant le risque de salinisation des eaux souterraines, avec pour corolaire une diminution à terme de la disponibilité en eau douce pour les activités humaines.

Les enjeux sont donc multiples, et l'épisode de sécheresse de l'été 2022 a démontré que si le polder est intrinsèquement un territoire d'eau, l'eau peut aussi y manquer lors d'épisodes extrêmes et menacer à la fois les activités, la biodiversité et la qualité des milieux aquatiques. Le territoire doit donc organiser sa gestion de l'eau pour apporter une réponse stratégique qui dépasse le seul volet de la prévention des inondations, afin d'intégrer une vision globale prenant en compte l'ensemble des impacts connus à ce jour du dérèglement climatique.

1. La sécheresse 2022, un épisode inédit et des risques à terme pour le partage de la ressource en eau sur le territoire

Le Dunkerquois s'inscrit au sein d'un triangle Calais-Dunkerque-Saint Omer, sur le bassin versant du Delta de l'Aa, fleuve pour partie canalisé qui est la principale source d'alimentation en eaux de surface du territoire. Il regroupe des enjeux urbains forts, concentrant 200 000 habitants sur les 400 000 du bassin versant.

Il s'agit donc d'un territoire très anthropisé et industrialisé, qui s'est développé autour du secteur portuaire, premier pôle énergétique européen et troisième port de France, autour duquel gravite une forte densité industrielle représentant 5389 entreprises et 20 000 emplois directs. L'activité industrielle est aujourd'hui en pleine mutation et s'oriente vers une stratégie de décarbonation tournée notamment vers la filière de production d'hydrogène, très consommatrice d'eau.

Les enjeux sont donc forts autour de la ressource en eau, que ce soit pour l'alimentation en eau potable qui provient d'un champ captant situé à l'extérieur du territoire (dans la région audomaroise, véritable château d'eau du secteur), ou pour la gestion de la ressource en eaux de surface qui alimente les activités économiques du territoire (industrie, agriculture, navigation).

Les industries les plus consommatrices du secteur portuaire sont en effet alimentées à partir d'une prise d'eau de surface simplement dégrillée prélevée dans un canal alimenté par l'Aa, situé à l'Ouest du territoire. 14 entreprises consomment ainsi annuellement plus de 22 millions de m3 d'eau industrielle, dont 75% sont néanmoins restitués au milieu naturel, à comparer aux 12 millions de m3 d'eau potable pompés sur le champ captant.

Au-delà du complexe industrialo-portuaire, 46% du territoire de la Communauté Urbaine est en réalité agricole, avec une agriculture intensive sur des terres très productives dont la valeur vénale est parmi les plus élevées de France, vignobles exceptés.

L'irrigation représente ainsi le deuxième poste de consommation en eaux de surface, à hauteur de 15 millions de m3 en moyenne par an à l'échelle du bassin versant du Delta de l'Aa, dont aucun volume n'est restitué au milieu.

L'artificialisation du territoire ces dernières décennies a également accéléré le cycle de l'eau, en augmentant le ruissellement et limitant l'infiltration, entraînant une difficulté à recharger les nappes et engendrant des impacts sur la qualité des milieux aquatiques et, en conséquence, des eaux de baignade.

A l'échelle du Delta de l'Aa, et d'une manière globale en croisant les usages, en intégrant l'évaporation des plans d'eau qui s'intensifie (environ 42 millions de m3 d'eau par an soit 1.3m3/seconde), et la consommation des milieux naturels qui n'est pas quantifiable, les débits sortants apparaissent plus importants que les débits entrants. Le bassin versant du Delta de l'Aa est d'ailleurs considéré par l'Agence de l'Eau Artois Picardie comme étant en tension quantitative à moyen terme. L'étude prospective en cours pilotée par l'Institution Intercommunale des Wateringues, qui a pour objectif l'adaptation du territoire des wateringues au changement climatique, montre que 45% des ressources

superficielles du Delta sont prélevées en été, dans un réseau en situation critique. Les conséquences sont nombreuses : concentration des polluants, eutrophisation, fragmentation des milieux, menace de disparition des zones humides et des tourbières,...

A cet égard, sur la période récente, les niveaux des ressources associés aux conditions météorologiques sur la période de 2016 à 2022 n'ont pas permis une recharge jugée suffisante des nappes souterraines si bien qu'ils ont abouti à la prise d'arrêtés réglementant les usages de l'eau. L'épisode sécheresse de 2022, d'une intensité inédite (pluviométrie quasiment nulle de mars à octobre 2022), a abouti au placement du bassin versant du Delta de l'Aa en alerte sécheresse et celui de l'Yser, avec lequel des échanges ont lieu, en situation de crise.

Cet épisode de sécheresse a eu des impacts sur les milieux naturels et s'est traduit notamment par une situation de stress hydrique sans précédent pour les arbres, en particulier les jeunes plants, qui ont perdu leurs feuilles plus tôt que prévu.

Il a également eu des conséquences significatives sur les usages : à titre d'exemple, le secteur Est du territoire a connu de vives tensions pour l'accès à l'eau de surface et l'irrigation des cultures.

Cet événement s'inscrit ainsi pleinement dans les prospectives qui ont été mises en exergue aux horizons 2030-2050 par l'étude sur la détermination et l'évolution des tensions quantitatives sur le bassin Artois-Picardie. Le territoire dunkerquois a ainsi été identifié comme un territoire spécifique qui nécessite encore plus de vigilance que le reste du bassin, en raison notamment de la volonté de développement économique qui pose la question préalable de la disponibilité en eau, et la problématique de l'adaptation des typologies de cultures et des pratiques agricoles. L'étude a ainsi pointé la nécessité d'une concertation sur le territoire et avec les territoires voisins pour le partage de la ressource.

2. Une gestion de l'eau globale et coordonnée pour répondre aux nouveaux défis sur un territoire en mutation

Si la sécheresse météorologique échappe au contrôle et est aggravée par le dérèglement climatique, ses conséquences (diminution du débit des cours d'eau et du niveau des nappes souterraines, manque d'eau pour satisfaire les usages), dépendent aussi des choix du territoire en matière de gestion de l'eau.

A ce titre, le territoire dunkerquois et, plus largement, du Delta de l'Aa, s'est saisi de la nécessité d'adapter la gestion de l'eau, passant d'une vision sectorielle dans laquelle chaque acteur de l'eau régit son champ de compétences, à une gestion globale intégrant l'ensemble des enjeux (prévention des inondations, eau potable, préservation des milieux aquatiques et de la ressource en eau,...).

En terme de gouvernance, cette structuration s'est traduite par la constitution du comité de l'eau du Dunkerquois, qui a pour vocation d'interfacer l'ensemble des structures gestionnaires de l'eau de manière à raisonner sur l'entièreté du cycle de l'eau et de construire une réponse efficiente aux impacts du changement climatique en cascade.

Cette coordination des structures peut se heurter à des difficultés de mise en œuvre, qui tiennent notamment à l'articulation des échelles d'intervention, avec des structures qui interviennent à des niveaux différents, et la nécessité de coordonner l'échelle administrative avec l'échelon cohérent du bassin versant hydrographique.

C'est pourquoi, pour aller plus loin dans la démarche, la Communauté Urbaine de Dunkerque, lauréate d'un appel à partenariat sur l'exercice de la compétence GEMAPI qui doit prochainement être mis en oeuvre, a souhaité bénéficier de l'accompagnement du CEREMA pour mettre en exergue les nouveaux enjeux liés à la gestion des eaux de surface, et co-construire avec l'ensemble des gestionnaires une stratégie de gestion quantitative et qualitative intégrant notamment la gestion des épisodes de

sécheresse et leurs impacts, et les articulant avec la vision globale de l'eau sur le territoire. Cette volonté est partie du constat que pour accélérer les démarches d'adaptation, il est indispensable d'enrayer les approches en silos et de faciliter l'articulation entre les acteurs.

Cette nouvelle forme de gouvernance doit également amener à une gestion de l'eau plus fine s'inscrivant dans une véritable stratégie d'anticipation orientée vers des besoins ciblés : c'est ainsi que le Dunkerquois s'est engagé dans une stratégie forte d'anticipation des besoins du monde économique, avec pour objectifs à la fois de limiter, d'optimiser la consommation en eaux de surface des industriels et de promouvoir l'économie circulaire de l'eau industrielle. Une étude REUT est actuellement menée par la Communauté Urbaine de Dunkerque, en coordination avec ses partenaires, notamment le Grand Port Maritime de Dunkerque et le Syndicat de l'Eau du Dunkerquois, et vise à la réutilisation des eaux usées traitées afin d'alimenter les industries du territoire et éventuellement d'autres usages comme l'irrigation ou la gestion des espaces publics.

Cette stratégie d'anticipation doit également cibler les territoires les plus en tension sur la ressource quantitative : c'est le cas du secteur des Moëres, à l'Est du territoire, qui est déconnecté du système des wateringues et de l'alimentation principale par le fleuve Aa. Cette partie du territoire a été particulièrement impactée par la sécheresse 2022, qui a généré des tensions fortes sur le partage de l'eau. Une étude globale sera prochainement lancée afin d'adapter des ouvrages hydrauliques existants et de réalimenter en eaux de surface ce secteur particulièrement soumis aux situations de stress hydrique.

Au-delà de l'adaptation des ouvrages à court-moyen termes, cette étude a vocation à intégrer l'ensemble des enjeux (gestion quantitative, préservation de la biodiversité et des milieux aquatiques, progression de la salinisation,...) et à construire un protocole de partage de la ressource sur un secteur où l'activité agricole est prédominante. Sur le long terme, il s'agit aussi d'inscrire ce territoire dans une démarche d'adaptation, à la fois de la gestion de l'eau (modes été/hiver, renaturation du réseau hydraulique,...) mais aussi des techniques culturales, avec une orientation vers des typologies de cultures et des techniques plus économes en eau.

Cette démarche de gestion territorialisée, à une échelle très locale, et intégrant différentes temporalités, doit également alimenter et s'articuler avec une réflexion plus globale d'adaptation de la gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant. Le nouveau SDAGE Artois-Picardie, approuvé en mars 2022, doit se décliner par la révision du SAGE du Delta de l'Aa qui doit s'engager prochainement. Le partage de l'eau à l'échelle du bassin versant, la coopération entre les territoires, la coordination de la gestion de l'eau avec les activités agricoles, industrielles et d'aménagement du territoire, et inversement, seront ainsi un enjeu majeur de cette démarche stratégique et doivent permettre d'ancrer l'ensemble du bassin versant dans la dynamique d'adaptation.

P.4.6. Action de soutien d'étiage des lacs-réservoirs gérés par Seine Grands Lacs en 2022 (Manon Cassagnole)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Action de soutien d'étiage des lacs-réservoirs gérés par Seine Grands Lacs en 2022, Manon Cassagnole, Paris, 8&9 Mars 2023

Manon Cassagnole manon.cassagnole@seinegrandslacs.fr

ACTION DE SOUTIEN D'ETIAGE DES LACS-RESERVOIRS GERES PAR SEINE GRANDS LACS EN 2022

ACTION OF RESERVOIRS MANAGED BY SEINE GRANDS LACS TO SUPPORT LOW FLOW IN 2022

Auteurs: CASSAGNOLE Manon¹, BIZOUARD Delphine¹

¹EPTB Seine Grands Lacs, 12 rue Villiot 75012 Paris, France, e-mail: manon.cassagnole@seinegrandslacs.fr; delphine.bizouard@seinegrandslacs.fr;

Choix du thème/session : Regards hydro-climatiques sur la sécheresse et les étiages 2022

Mots clefs: Soutien d'étiage, lacs-réservoirs, gestion de l'eau Orateur: (Manon Cassagnole/manon.cassagnole@seinegrandslacs.fr)

RESUME

Le syndicat mixte Seine Grands Lacs est propriétaire et gestionnaire de quatre lacs-réservoirs établis sur la Seine, la Marne, l'Aube et l'Yonne. La gestion de ces ouvrages s'organise en cycles annuels de vidange-remplissage suivant une courbe de gestion théorique, afin de garantir la réalisation d'une double mission : atténuer l'effet des crues (protection contre les inondations de la Seine et de ses principaux affluents) et maintenir toute l'année un débit suffisant dans ces mêmes cours d'eau (soutien des débits d'étiage). Les objectifs de gestion sont réajustés, environ 3 fois par an, lors des comités techniques de coordination des études et travaux (COTECO). Ce comité permet d'ajuster les objectifs de vidange et de remplissage en fonction des contraintes hydrologiques et des travaux envisagés. Les objectifs théoriques sont fixés par les règlements d'eau et servent de référence pour la définition des objectifs de gestion COTECO.

A la fin de la période de remplissage, les quatre lacs-réservoirs disposent théoriquement d'un volume total de 781 millions de m³ pour assurer un soutien d'étiage jusqu'à la fin de la période de vidange (date théorique de la fin du soutien d'étiage le 1^{er} novembre). Le soutien d'étiage démarre théoriquement le 1^{er} juillet depuis les lacs-réservoirs Marne, Seine et Aube et le 15 juin depuis le réservoir de Pannecière, sur l'Yonne.

La présentation orale ou poster exposera la situation météorologique et hydrologique de l'année 2022 sur le territoire de Seine Grands Lacs, ainsi que l'action menées par les lacs-réservoirs pour soutenir les débits sur les axes régulés de la Seine, l'Aube, la Marne et l'Yonne.

La situation hydrométéorologique sur le territoire de Seine Grands Lacs

Le territoire de Seine Grands Lacs s'étend depuis les bassins versants amont de la Seine, l'Aube, la Marne et l'Yonne, jusqu'à Paris. Les mois de mars, d'avril et mai sont marqués par un déficit en précipitations entre 30 et 65 %, entraînant un tarissement progressif des cours d'eau en amont des lacs-réservoirs, avec des débits inférieurs aux normales de saison. Les précipitations enregistrées durant l'été 2022 sont très différentes d'un mois à l'autre. En juillet et août, un déficit de précipitation entre 66 % et 85 % est observé. En juillet, près de la moitié des stations pluviométriques situées sur le territoire de Seine Grands Lacs ont enregistré des records secs de cumul pluviométrique depuis 2006. A l'inverse, les mois de juin et septembre sont plus humides, avec une pluviométrie excédentaire de plus de 50 %. Les débits en amont des lacs-réservoirs réagissent peu aux épisodes pluvieux du mois de juin, puis restent inférieurs aux normales de saison tout l'été 2022. L'automne 2022 est marqué par des précipitations inférieures aux normales de saison, allant jusqu'à 30 % de déficit. Le retour des pluies en octobre s'accompagne d'une hausse des débits en amont des lacs-réservoirs (valeurs autour des normales de saison en octobre et novembre).

Action de soutien d'étiage menée par les lacs-réservoirs en 2022

La pluviométrie déficitaire du printemps 2022 a entraîné le tarissement précoce des cours d'eau en amont des lacs-réservoirs, et par conséquent des difficultés de remplissage des lacs-réservoirs au printemps. Le remplissage 2022 s'avère néanmoins très satisfaisant : les lacs-réservoirs ont atteint le 25 mai 2022 un volume de remplissage maximum de 736 millions de m³, soit 92 % de leur capacité de stockage. Ces 30 dernières années, des taux de remplissage inférieurs ou égaux ont été observés une année sur trois.

Suite à la diminution précoce des débits en rivière, les restitutions depuis les lacs-réservoirs ont été anticipées de plusieurs semaines par rapport à la date théorique du 1^{er} novembre :

- Le 21 mai sur la Seine,
- Le 17 juin sur la Marne,
- Le 17 juin sur l'Aube.

Sur l'Yonne, les restitutions ont démarré le 15 juin (conformément à la gestion théorique).

Le déstockage des lacs-réservoirs s'est traduit par des restitutions croissantes de juin à octobre, puis une diminution progressive des restitutions en octobre pour un arrêt mi-novembre. Les restitutions réalisées sont présentées sur la figure 1 ci-dessous. Elles ont été adaptées à la situation hydrologique, nécessitant une gestion fine et adaptée des débits restitués notamment au cœur de l'été, soumis à plusieurs épisodes de canicule.

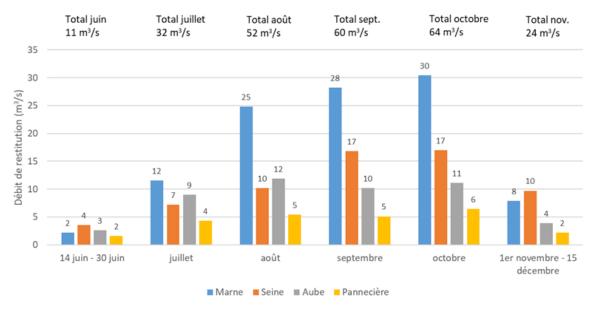


Figure 1 : Restitutions réalisées pour la période de soutien d'étiage 2022

Effet du soutien d'étiage des lacs-réservoirs en 2022

Sans les apports des lacs-réservoirs, le débit naturel aurait atteint des valeurs franchissant durablement les seuils réglementaires à l'origine de restrictions d'usage, à Châlons-en-Champagne, Pont-sur-Seine, Gournay et Paris Austerlitz. En effet, les restitutions ont représenté cet été 2022 jusqu'à :

- 97 % du débit observé en août à Châlons-en-Champagne,
- 72 % du débit observé en septembre à Gournay-sur-Marne,
- 89 % du débit observé en août à Pont-sur-Seine,
- 55 % du débit observé en septembre à Paris Austerlitz.

L'action des lacs a permis de maintenir la continuité des usages sur l'ensemble des axes régulés de la Seine, de la Marne et de l'Aube (navigation, prélèvement en eau potable, irrigation, ...).

La centrale nucléaire située à Nogent-sur-Seine nécessite une vigilance particulière, car son fonctionnement dépend d'un débit en Seine suffisamment élevé. Sans l'action des lacs Seine et Aube situés en amont, le débit naturel (mesuré à la station de Pont-sur-Seine, la plus proche) aurait été inférieur au seuil de crise du 5 juillet au 16 octobre, provoquant l'arrêt de la centrale pendant toute cette période.

La reconstitution présentée dans le graphique suivant permet d'illustrer l'effet des lacs-réservoirs sur le débit à Paris-Austerlitz, en comparant le débit qui aurait été observé en rivière sans soutien d'étiage (estimé par calcul), aux seuils de vigilance imposant des restrictions d'usages.



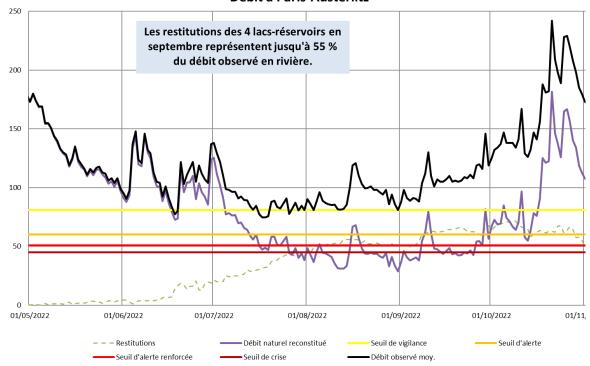


Figure 2 : Débits observés et reconstitués à la station de Paris-Austerlitz – Seuils réglementaires étiage

Fin du soutien d'étiage

A partir de septembre, les débits des cours d'eau ont augmenté progressivement suite à plusieurs épisodes pluvieux, mais le soutien d'étiage est resté indispensable jusqu'à la date théorique du 1^{er} novembre. A la faveur de la hausse des débits en rivière, les restitutions sont progressivement diminuées à partir du 1^{er} novembre, tout en veillant à la garantie des seuils de vigilance sur les stations principales :

- Lac-réservoir Marne : arrêt des restitutions le 14 novembre,
- Lac-réservoir Seine : arrêt des restitutions le 19 novembre,
- Lac-réservoir Aube : arrêt des restitutions le 10 novembre.
- Lac-réservoir de Pannecière : arrêt des restitutions le 3 novembre.

Le 13 novembre, les lacs-réservoirs ont enregistré leur volume de remplissage le plus bas avec 113 millions de m³, soit 14 % de la capacité normale de stockage. Au total, c'est un volume de 611 Mm³ qui a été délivré par les 4 lacs-réservoirs sur une durée de 5 mois environ. L'arrêt du soutien d'étiage est suivi d'un redémarrage des prises sur les lacs-réservoirs Marne (23 novembre), Aube (16 novembre), Seine (20 novembre) et Pannecière (16 novembre), pour un redémarrage d'un cycle de remplissage en préparation du soutien d'étiage 2023.

Synthèse

L'étiage 2022 a été précoce et très sévère les premiers mois, induisant des difficultés de remplissage des lacs-réservoirs et des restitutions anticipées. De mai à septembre, la gestion a été optimisée quotidiennement de manière à concilier les contraintes à l'aval des lacs-réservoirs (maintenir les débits au-dessus des seuils de vigilance), les usages touristiques sur les lacs-réservoirs, et les éventuels besoins futurs (soutien d'étiage tardif). L'étiage 2022 a donc été marqué par une surveillance accrue des débits aux stations de surveillance étiage, et par de nombreux échanges avec différentes institutions (EDF, DREAL Grand Est, DRIEAT, VNF).

SESSION 5 : Impact de la sécheresse 2022 pour différents usages et sur la gestion de la ressource

Programme oral session 5

O.5.1. Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques en 2022, département du Jura (Jean-Baptiste Fagot)



« Sécheresse & Étiages 2022 » — Avancées, valorisation et perspectives », Exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques mis en œuvre dans la gestion de l'étiage 2022 — Département du Jura,

Jean-Baptiste Fagot, Paris, 8&9 Mars 2023

Jean-Baptiste Fagot jean-baptiste.fagot@peche-jura.com

EXEMPLES D'OUTILS DE SUIVI DES MILIEUX AQUATIQUES MIS EN ŒUVRE DANS LA GESTION DE L'ÉTIAGE 2022 – DÉPARTEMENT DU JURA EXAMPLES OF FRESHWATER MONITORING TOOLS IMPLEMENTED AS PART OF 2022 LOW-FLOW MANAGEMENT – JURA DEPARTMENT

Auteurs: FAGOT Jean-Baptiste¹

¹Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 395 rue Bercaille 39000 LONS-LE-SAUNIER, France, jean-baptiste.fagot@peche-jura.com

Choix du thème/session : Évaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau/Retours d'expérience sur les impacts de la sécheresse pour différents usages

Mots clefs: étiage, outils, gestion, température de l'eau, télémétrie Orateur: Fagot Jean-Baptiste/jean-baptiste.fagot@peche-jura.com

Une Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques est une association de type loi 1901. Elle représente les associations locales de pêche agréées présentes sur son territoire. Ses principales missions statutaires sont :

- l'organisation, la promotion et la police de la pêche dans le département ;
- la protection et la mise en valeur des milieux aquatiques ;
- le soutien des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique.

Elle dispose d'une reconnaissance d'utilité publique et d'un agrément au titre de la protection de l'environnement.

La mise en œuvre de ces missions passe, en période d'étiage, par un besoin accru d'acquisition de connaissances sur les milieux naturels et les espèces. La caractérisation de cet épisode annuel permet d'évaluer ses incidences sur les diverses pratiques associées aux milieux et de proposer les mesures de gestion adéquates aux différentes instances de concertation en charge de la gestion de l'eau.

La gestion de l'importante sécheresse de l'année 2022 a pu, localement, bénéficier des expériences acquises lors des épisodes d'étiage de 2018 et de 2020 à travers la mise en œuvre ou l'utilisation d'outils conçus ou déployés antérieurement. Il est possible d'organiser ces éléments en suivis ponctuels et en réseaux pluriannuels.

Trois opérations ont pu être menées de manière ciblée, au-delà des observations ponctuelles qui peuvent être remontées en Fédération par différents interlocuteurs (professionnels, promeneurs, riverains, pêcheurs, élus locaux, etc.).

La première a consisté, pour deux opérateurs, à parcourir en canoë un linéaire d'environ 14 kilomètres sur la rivière d'Ain (fin juillet 2022). Ce secteur salmonicole (*Salmo trutta fario* et *Thymallus thymallus*) fait l'objet d'échauffements connus en périodes estivales et d'un usage par des sports de pagaie. L'objectif ici est d'évaluer l'intensité de cette élévation de température au regard de l'épisode exceptionnel en cours, ainsi que la variabilité spatiale au sein du tronçon concerné. Un capteur-enregistreur thermographique est accroché derrière l'embarcation durant la descente du linéaire, dont la trace GPS est enregistrée. Cela a permis de constater des valeurs supérieures à 25°C et aucune inférieure à 20°C. Le comportement des poissons a également été observé (sensibilité au dérangement, alimentation, mouvements erratiques, pathogènes type *Saprolegnia*, etc.). Les secteurs les plus à enjeux ont été identifiés à partir de ces résultats.

La construction de l'arrêté préfectoral cadre sécheresse, au cours du printemps 2022, a permis l'ouverture d'un échange entre les services de l'État, certaines associations naturalistes, les collectivités locales et les professionnels ou clubs amateurs de canyonisme. Ce cadre formel a permis, à titre expérimental, l'installation ponctuelle (7 jours) de capteurs-enregistreurs thermographiques au sein de trois canyons sur le Tacon et la Saine, puis d'un traitement rapide des résultats. La comparaison¹ des valeurs mesurées aux exigences biologiques des espèces piscicoles de référence de ces tronçons a mis en évidence des plages horaires non satisfaisantes au cours de la journée, mais également des secteurs géographiques sans enjeux, ainsi que d'importants écarts au sein même d'un canyon. Ces observations constituent donc des aides à la décision quant à d'éventuelles interdictions de pratique, totales ou partielles (localisations, temporalités, etc.). L'expérimentation étant jugée très intéressante, un dispositif de mesure et de télétransmission de la hauteur, la température et potentiellement l'oxygénation de l'eau sera vraisemblablement installé au cours du printemps 2023.

Un troisième travail, engagé en partenariat avec le Parc Naturel Régional du Haut-Jura, consiste en un survol de la Bienne (55 km) et de la majorité du linéaire de la rivière d'Ain situé dans le Jura (90 km), dans l'objectif de réaliser des prises de vues aériennes dans les domaines du visible et de l'infrarouge. Il est alors possible, grâce à l'installation sur site de thermographes de calibration, de transformer ces images de télédétection en mesures absolues de température de surface sur l'ensemble du linéaire concerné. C'est à partir de cette cartographie thermique qu'il

est possible d'extraire des profils en long de la température de l'eau, ainsi que de repérer les refuges thermiques ou les points chauds. L'identification de ces zones, vraisemblablement stables durant plusieurs années, permet de prioriser les enjeux pour les espèces en fonction des secteurs géographiques. Cette approche visuelle et holistique dans son échantillonnage est simple à vulgariser, ce qui constitue par ailleurs un atout certain dans un contexte de prise de décision parfois tendu.

Au-delà des travaux ponctuels détaillés précédemment, des dispositifs à moyen/long terme sont également déployés depuis plusieurs années. En effet, le contexte de changement climatique devient de plus en plus perceptible au fil des années, et incite à envisager des dispositifs mobilisables rapidement et simplement lors d'épisodes d'étiages soutenus.

L'Observatoire National Des Étiages (ONDE) est une démarche portée depuis 2012 par l'Office Français de la Biodiversité. La collecte de données est assurée par les agents de l'établissement, sans contribution externe. Ce réseau professionnel est complété depuis 2017 par une démarche très semblable, mais s'appuyant sur les sciences participatives : « En quête d'eau ». Un réseau départemental est animé afin de coordonner le travail de collecte et de synthèse des données de suivi des étiages. Ainsi, une répartition spatiale entre les acteurs locaux volontaires (Fédération et acteurs GEMAPIens notamment) est établie, en cohérence spatiale avec les 42 stations du suivi ONDE. La synchronisation des observations entre les deux démarches permet d'obtenir une vue précise et plus complète (plus de 100 points d'observation) de l'état général des écoulements des secteurs de tête de bassin versant (description selon 5 modalités sur un réseau de points stables). Une valorisation² commune des deux jeux de données est réalisée après chaque campagne, avec des représentations cartographiques, chronologiques et statistiques à l'échelle de chaque station, hydrosystème, unité sécheresse de l'arrêté préfectoral cadre ou encore du département.

La dernière démarche engagée depuis 2018 est l'installation et la maintenance de dispositifs de mesure et de télétransmission de données (température, hauteur d'eau, oxygénation). Ces matériels, au fonctionnement autonome, permettent de limiter les interventions humaines tout en disposant d'informations beaucoup plus fréquentes et donc robustes. Quatre sites sont actuellement équipés, avec une télétransmission sur une infrastructure numérique développée en régie, disposant d'une interface de visualisation en ligne³. Cet outil a vocation à s'étoffer au cours du printemps 2023 afin de permettre la consultation de données issues de nombreux autres capteurs déjà en place dans le département, gérés par différentes institutions publiques ou privées. Une vision départementale la plus complète possible sera alors offerte à l'utilisateur, quels que soient l'origine de la donnée, le matériel utilisé ou le protocole d'échange de données.

Les éléments très précis détaillés précédemment et disponibles à tout moment alimentent les échanges de chaque cellule de veille sécheresse, instance départementale de concertation dédiée à la proposition de mesures de restriction des usages de l'eau à Monsieur le Préfet. Ils peuvent être complétés en fonction des situations par un catalogue photographique succinct. Le rôle joué par ces apports d'information est difficile à évaluer, mais le département du Jura a généralement précédé de 7 à 10 jours en moyenne⁴ les départements limitrophes dans ses prises de décision en vue d'une augmentation des niveaux de restriction. Un arrêté préfectoral portant restriction temporaire de la pratique des activités aquatiques sur les cours d'eau (baignade hors sites surveillés, sports de pagaie, canyonisme et randonnée aquatique) a été actif sur une période de 25 jours, la pêche de loisirs en première catégorie ayant déjà été suspendue auparavant.

En conclusion, le travail de suivi de l'épisode d'étiage réalisé en 2022 a permis une prise de conscience locale des enjeux relatifs à l'état des milieux aquatiques dans ces conditions particulières. La vulnérabilité de la ressource en eau pour l'usage humain est mieux associée à celle des habitats naturels et des espèces. L'intégration envisagée de la thermie de l'eau dans la version révisée de l'arrêté préfectoral cadre va dans le même sens, avec l'introduction d'un indicateur qualitatif de l'état de la ressource. La projection de dispositifs partiellement

autonomes permet de préparer la caractérisation des épisodes futurs, qui seront vraisemblablement amenés à se répéter, tout en maîtrisant les coûts associés à la gestion de ces situations.

Références bibliographiques :

- (1) Fagot, Jean-Baptiste. « Température de l'eau et activité de canyonisme Année 2022 Département du Jura ». Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 8 août 2022, 10 p.
- (2) Fagot, Jean-Baptiste. « Suivi des étiages Département du Jura Volet 2022 ». Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 20 janvier 2023, 13 p.
- (3) Fagot, Jean-Baptiste. « Réseau de suivi à distance de la température de la vallée de l'Ain (Jura) ». Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 30 mars 2021, 19 p.
- (4) http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/

O.5.2. Les enjeux de la production d'électricité dans un contexte de changement climatique et de pression croissante sur les usages – retour d'expérience de 2022 (Luc Tabary)



Les enjeux de la production d'électricité dans un contexte de changement climatique et de pression croissante sur les usages – retour d'expérience de l'année 2022

Auteurs: TABARY Luc¹, JACQUELET Isabelle², DE CHERGE Bruno³

¹EDF Hydro, e-mail: Luc.Tabary@edf.fr

³EDF DPN UNIE, e-mail: Isabelle.Jacquelet@edf.fr ²EDF Hydro, e-mail: <u>Bruno.de-Cherge@edf.fr</u>

Choix du thème/session : Retours d'expérience sur les impacts de la sécheresse pour différents usages

Mots clefs: hydroélectricité, production d'électricité, nucléaire, étiage, multi-usages, valeur de l'eau

Orateur: (Nom/ Email) Luc Tabary, luc.tabary@edf.fr

La majeure partie de la production d'énergie d'EDF dépend de la ressource en eau : que ce soit pour les sites thermiques « classiques » ou nucléaire où l'eau sert de « source froide » dans le process ou pour l'hydroélectricité où elle constitue le « combustible ».

Par ailleurs, environ les deux tiers des réservoirs hydroélectriques contribuent à d'autres usages nonénergétiques (soutien d'étiage, alimentation en eau potable, irrigation, navigation, tourisme, loisirs, préservation de la biodiversité...). Ces usages peuvent être contradictoires avec les besoins de la production hydroélectrique qui est l'objet premier des concessions régissant l'exploitation de ces aménagements en France.

En effet, il faut garder en tête qu'une part de l'hydroélectricité joue un rôle particulier dans l'équilibre du réseau électrique : l'électricité ne se stockant pas, il est nécessaire de réaliser à tout moment l'équilibre entre production et consommation d'électricité (notion de flexibilité). Ce sont les aménagements hydroélectriques par leur capacité de stockage d'eau et de démarrage / arrêt rapide qui assurent l'essentiel du stockage d'énergie sur le réseau (indispensable au passage des « pointes » de consommation, généralement hivernales) et la majeure partie de la flexibilité, cette dernière devenant d'autant plus nécessaire dans le cadre de la transition énergétique en cours et à venir.

Dans ce contexte, pour l'énergéticien EDF, la raréfaction de la ressource en eau comme au cours de 2022, combinée à un paysage énergétique exceptionnellement rude (guerre en Ukraine, crise énergétique) met en tension la production d'énergie et pour l'hydraulique en particulier, l'équilibre de l'usage de l'eau entre besoin de soutien de débits immédiats (à l'été) et le besoin d'énergie de pointe plus tard (l'hiver).

Nous nous proposons dans cette communication de présenter les principaux défis que doit relever l'opérateur public d'un parc intégré dans un contexte de changement climatique, et d'illustrer au travers de quelques exemples les limites et questionnements qui sont apparus pendant la saison d'étiage exceptionnelle de 2022, les résultats obtenus et les enseignements pour l'avenir :

En tant qu'opérateur public d'un parc intégré, EDF est en effet confrontée aux questions suivantes

- arbitrer à tout instant entre ses centrales (nucléaires, hydrauliques,...) pour produire l'énergie au coût le plus abordable possible, compte tenu des consommations instantanées et prévisionnelles estimées (à un horizon de plusieurs mois);
- anticiper l'état de la ressource en eau au droit de ses installations (stocks et apports pour l'hydraulique, débit et température pour les centrales thermiques);
- en tant qu'acteur participant à la gestion multi-usages de l'eau sur de nombreux territoires, construire en anticipation avec les parties prenantes des modalités de gestion qui concilient au mieux l'ensemble des usages, sans obérer la production d'énergie, objet principal des concessions hydroélectriques; puis adapter en quasi temps réel ces modalités aux situations rencontrées (par exemple, étiage exceptionnel comme en 2022,...);
 - NB : Si l'eau qui sert à la production hydroélectrique ne fait que transiter par les turbines et peut être ensuite utilisée par d'autres usages, une des difficultés réside dans la non-concomitance des besoins : les premiers plutôt en automne-hiver (incitant à garder l'eau en stock), les seconds plutôt en été ;
- assurer la résilience de sa production.

L'année 2022 a illustré l'effet « ciseau » des sécheresses/canicules (moins d'eau et davantage de besoins qu'à l'accoutumée) mettant l'ensemble du système en tension.

Elle témoigne aussi que les outils (prévision, simulation d'usages,....) développés initialement pour un usage d'optimisation en régime climatique « normal » peuvent contribuer à l'adaptation collective notamment en favorisant la concertation le plus en amont possible et en préservant au mieux l'énergie décarbonée qui contribue à atténuer le changement climatique (et donc éviter la spirale du pire).

O.5.3. Sécheresse 2022 : suivi, anticipation et adaptations du service distribution d'eau potable sur le territoire de la métropole Nice Cote d'Azur (Félix Billaud)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Auteur correspondant: BILLAUD Félix, felix.billaud@eaudazur.com

Sécheresse 2022 : suivi, anticipation et adaptations du service distribution d'eau potable sur le territoire de la métropole Nice Cote d'Azur, Alpes-Maritimes

Monitoring and impacts of the 2022 drought on drinking water distribution, the case of the Nice Cote d'Azur metropolis, Alpes-Maritimes

Auteurs: BILLAUD Félix¹, ALTSCHULER Séverine²

¹Eau d'Azur, Nice, France, felix.billaud@eaudazur.com ²Eau d'Azur, Nice, France, severine.altschuler@eaudazur.com

Choix du thème/session:

Evaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau

Mots clefs:

Sécheresse 2022 – Retour d'expérience – suivi d'étiage **Orateur:** (Billaud Félix/ felix.billaud@eaudazur.com)

1-Un déficit pluviométrique exceptionnel, une hydrologie impactée sur tout le territoire

La sécheresse de 2022 a touché l'ensemble de la France, sans épargner les Alpes Maritimes. Le territoire de la métropole Nice Cote d'Azur est situé à l'Est du département, entre le littoral et le Mercantour. Il bénéficie historiquement d'une quantité d'eau abondante du fait i) du régime hydrologique pluvio-nival mêlant apports des épisodes méditerranéens de fin d'été et fontes des neiges des vallées de la Tinée et de la Vésubie au printemps et ii) de la capacité importante de la nappe alluviale du Var. Les sécheresses historiques avaient touché le Haut Pays qui ne bénéficie pas de l'accés à la nappe du Var ou certains puits et forages de champs captants, sans mettre en danger la distribution d'eau potable dans sa globalité.



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Les bilans météorologiques mensuels sur les 5 dernières années attestent de la séverité de la sécheresse de 2022. On remarque que les années 2021 et surtout 2022 sont sèches. Sur Nice, les cumuls atteignent 617 et 465 mm pour une année normale définie à 734 mm. En raisonnant en année hydrologique (de septembre à septembre) la période 2021-2022 apparait alors clairement comme exceptionnellement sèche avec des manques de cumuls importants, notamment sur la Vésubie qui enregistre un cumul de pluie de 364 mm contre une fourchette entre 850 et 1400 mm sur ces dernières années.

Aussi, les manques de pluies ont conduit à deux étiages successifs à l'hiver 2021-2022 et l'été 2022. L'étiage estival s'est prolongé jusqu'à mi-décembre, ce qui le rend particulièrement long et a renforcé les tensions et inquiétudes sur les capacités de la nappe du Var. Le niveau piézométrique, déjà bas au début de l'hiver, a atteint ses niveaux bas historiques en fin d'hiver. La recharge printanière a été faible, du fait de la faible couverture neigeuse. Ainsi, la période estivale a commencé avec des niveaux de nappe bas et un fleuve très vite à l'étiage, empêchant la recharge ou le soutien de la nappe. Les niveaux sont descendus en flèche, battant les records historiques sur l'ensemble de la basse vallée et entrainant des dénoyages de sonde et de champ captant de nature à sérieusement impacter la distribution d'eau aux différents usages, et ceci malgré les arrêtés sécheresse en cours depuis le mois de mars. Le suivi précis du phénomène, les secours et adaptations des stratégies d'exploitation, ainsi que les trategies de records de passer l'été gans parturbation maioure.

les travaux d'urgence ont permis de passer l'été sans perturbation majeure.

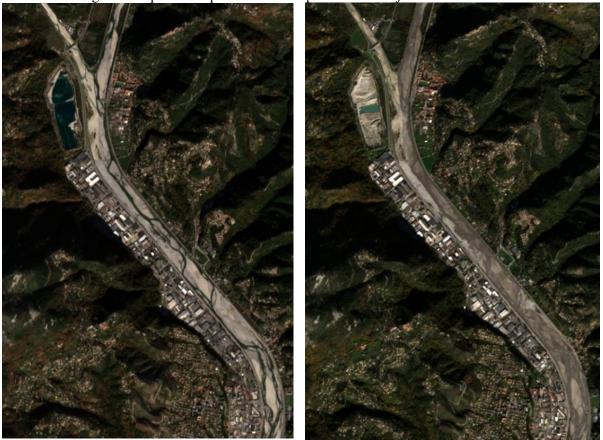


Figure 1 : images satellites du fleuve Var et de lac du Broc en décembre 2021 et novembre 2022, source : Theia



2-Amélioration du suivi quantitatif et anticipation

Dès l'hiver dernier, les tensions sur la ressource, notamment sur certaines sources de la vallée de la Cagne ou du Haut Pays, ont alimentés les inquiétudes de Eau d'Azur quant à sa capacité estivale à répondre à ses obligations de distribution. Un groupe de travail piloté par le service ressource en eau et la direction hypervision a été mis en place pour tenter de répondre aux inquiétudes et anticiper le plus possible la crise estivale probable.

Dans ce cadre, des travaux de fond ont été entrepris pour compiler la connaissance existante et palier aux manques de connaissances nécessaires au suivi et à l'anticipation de la période estivale. Une application de suivi de la basse vallée du Var a été mise en place et diffusée largement. Cette application a été enrichit au fil de la crise par des campagnes terrains visant à préciser et harmoniser nos connaissances (passages caméras, levés topos, inspection robot). Elle vient en complément des outils de supervision classique pour donner une vision globale et harmoniser des fonctionnements de systèmes de production et de la nappe du Var avec des graphiques et indicateurs ainsi qu'une ergonomie travaillée. Elle permet un suivi automatisé, sans bilan ni multiplication des sources de données.



Figure 2 : aperçu d'un onglet de l'application de suivi temps réel déployée, source : Eau d'Azur, 2023

L'outil de modélisation AquaVar, développé depuis 2014 en coopération avec l'Université Nice Cote d'Azur et opérationnel depuis 2019, couple des modèles hydrologique, hydraulique et hydrogéologique pour représenté finement l'hydrosystème du Var. Cet outil a été mobilisé pour générer des scénarios d'abaissement de la nappe en fonction de scénarios de prélèvements à horizon 6 mois, de manière à anticiper les dénoiements éventuels, sans certitude sur les cumuls de pluie et recharge possibles.

De plus, les inquiétudes portaient au départ principalement sur les villages ruraux du Haut Pays niçois. Aussi, des solutions de livraison d'eau sanitaire ou potable en secours par la route ou par les airs ont été envisagés en cas de crise. Les services d'études ou de travaux ont également œuvré pour réaliser des travaux d'urgence de maillage réseau ou de réhabilitation de sources non exploitées.

L'ensemble de ces moyens a permis un suivi efficace et une anticipation correcte des manques d'eau. Ils ont permis également de nourrir les discussions des comités sécheresse et d'aider à la prise des bonnes décisions en lien avec les services de l'Etat.

3-Adaptation de la distribution : de la diversification des sources de production à la réduction des consommations

La sécheresse de 2022 a finalement touché plus fortement la basse vallée du Var que l'arrière-pays, en dénoyant les champs captant les plus en amont et en mettant en danger les champs captants intermédiaires. Cela a contraint les services opérationnels et supports à retravailler les options possibles pour tenir dans la crise le plus longtemps possible. Les pompes des champs captants les plus critiques ont été abaissées, lorsque cela était possible, des maillages réseaux ont été réalisés pour augmenter les possibilités d'alimentation par les secours disponibles. De nouveaux forages, plus profond, ou des forages exploratoires ont été réalisés pour apporter des options supplémentaires ou anticiper des problématiques futures.

Fort heureusement, les ressources stratégiques permettant l'alimentation des zones les plus urbanisées n'ont pour la plupart pas ou peu été mise en danger. Deux d'entre elles arrivaient sur des régimes d'exploitation critiques avant les premières pluies salvatrices de décembre. Les arrêtés sécheresse et la fin de la période touristique ont permis de faire diminuer les usages et de tenir ces derniers mois d'étiage. Des réflexions et projets sont en cours pour renforcer les capacités des secours, pour diversifier les sources d'alimentation des secteurs critiques, pour augmenter les profondeurs de certains ouvrages ou pour améliorer la communication en crise afin de réduire encore les consommations au cœur de la crise.

O.5.4. La sècheresse vécue : traitement médiatique, appropriation usagers et gestion par les acteurs de l'eau en 2022 (Manon Vivière)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives »,

La sècheresse vécue : traitement médiatique, appropriation usagers et gestion par les acteurs de l'eau en 2022u, Viviere Manon,

Paris, 8&9 Mars 2023

VIVIERE manon.vivierebevan@suez.com

La sècheresse vécue : traitement médiatique, appropriation usagers et gestion par les acteurs de l'eau en 2022

The experience of drought: media treatment, user appropriation and management by water stakeholders in 2022

Autrice: VIVIERE Manon¹

¹Le LyRE, Centre de Recherche et Innovation SUEZ, 15 Avenue Leonard de Vinci 33600 Pessac, France, manon.vivierebevan@suez.com

Choix du thème/session:

Thème : Evaluation des impacts de la sécheresse et implications pour la gestion de l'eau / Session : Retours d'expérience sur les impacts de la sécheresse pour différents usages

Ou Thème : Sécheresse 2022, préfiguratrice des sécheresses de demain / session : Enseignements pour l'adaptation

Mots clefs: Acteurs, usagers, restrictions, manque, expérience, sociologie, prospective, changements de comportements, médiatisation, urbanisme

Orateur: VIVIERE Manon / manon.vivierebevan@suez.com

La sécheresse 2022 du point de vue des acteurs de l'eau et des usagers

La sècheresse intense et historique qu'a subi la France a marqué l'ensemble de la société française audelà sur seul groupe des experts de l'eau. Ironie du sort, jamais l'eau n'a été aussi visible dans l'espace public médiatique que par son manque.

Ce manque d'eau s'est traduit concrètement pour certains citoyens par des changements de pratiques subis : arrêtés sécheresses, appliqués parfois « manu militari » avec le soutien d'une surveillance policière, villages alimentés par des camions citernes... Pour les activistes écologiques, les « gros consommateurs », notamment pour des usages jugés comme secondaires, sont devenus des cibles d'action militantes. Certains golfs ou jacuzzi ont même été vandalisés. Ces actes rares mais marquants laissent entrevoir la multiplication des conflits d'usages et les répercussions à venir sur les consommations d'eau au quotidien. Pour le reste de la population, c'est surtout une très large

communication à grand renfort de « kits » prêts à emploi sur les gestes préventifs à adopter qui a marqué leur été.

Le pôle Acteurs & Usages du LyRE, Centre de Recherche & Innovation SUEZ a mené de Novembre 2022 à Janvier 2023 une étude sociologique exploratoire dont le but est de recueillir, de mettre en regard et d'analyser, presque « à chaud », des retours sur la sécheresse telle qu'elle a été vécue par différents acteurs.

Du côté de ceux que nous appellerons les « acteurs de l'eau », ceux qui étudient, gèrent, pilotent, distribuent, régulent et contrôlent la disponibilité de la ressource en eau, les indicateurs et les niveaux enregistrés durant l'été 2022 ont également marqué les esprits de manière inédite. Les caractéristiques de cette sècheresse les obligent à réinterroger leurs modes de fonctionnement sur le court (quid de l'été 2023 ?), moyen et long terme, notamment dans des territoires jusqu'alors peu concernés du moins, moins aguerris à la « gestion du manque » comme la Région Bretagne.

Enfin, du point de vue de la gouvernance, la gestion participative et apaisée de l'eau se retrouve, elle aussi requestionnée par la sècheresse de l'été 2022. Cette expérience semble réinterroger la traditionnelle « concorde » assurée par le mille-feuille institutionnelle et administratif français. Comment gérer à plus long terme les conflits d'usages? La gouvernance de l'eau actuelle est-elle toujours aussi pertinente? Quels sont les enjeux d'évolution pour la planification économique et territoriale de l'eau?

Au regard de ces premières observations, comprendre les expériences vécues de la sécheresse et des conflits d'usages qu'elle a pu en générer durant l'été 2022 est un enjeu prospectif important quand le changement climatique pèse de tout son poids sur la ressource en eau. Au-delà du stress hydrique expliqué en partie par le changement climatique, il apparait crucial de comprendre d'un point de vue sociologique le nouveau contexte socio-technico-environnemental qu'il génère auprès des usagers, auprès des collectivités, des exploitants de services, et comment il est appréhendé par les médias et les acteurs de l'eau de façon plus générale.

Croiser les modes d'enquête pour croiser les regards

La méthodologie employée a privilégié le croisement des regards et des modes d'enquêtes, quantitatif et qualitatif, pour saisir, « à chaud », une première photographie des vécus de la sécheresse. Une enquête nationale auprès d'un échantillon de 300 personnes représentatifs de la population française a permis de mieux comprendre l'impact de la sécheresse et des arrêtés sécheresse à un niveau individuel : visibilité du phénomène, application et pertinence des arrêtés, impacts sur les préoccupations socio-écologiques, sur les usages de l'eau au quotidien etc.

Parallèlement, afin de recueillir des premiers récits d'expériences de la sécheresse, une double enquête qualitative par entretiens semi-directifs de 40 minutes à 1h20 a été conduite auprès de 24 « acteurs de l'eau » (exploitants, Agences de l'Eau, Régies, Syndicats des Eaux, Préfecture etc.) et de 20 « usagers » ayant subi des restrictions lourdes dues au manque d'eau.

L'objectif principal est de mesurer, pour les deux groupes, l'impact de la sécheresse sur leur activités, professionnelles pour les uns, domestiques pour les autres, ainsi que plus généralement l'évolution de leurs imaginaires de l'eau. Les différences entre les deux groupes étant très fortes, il s'agit moins d'analyse comparative que d'une mise en miroir. L'analyse croisée donne une pleine vision de la problématique sans laisser de points aveugles empiriques.

Les « acteurs de l'eau » sont approchés en termes de perspectives communicationnelles, conflictuelles, techniques, organisationnelles, d'aménagement territorial, au regard d'une sècheresse 2022 faisant figure de « nouvelle donne » pour les années à venir.

Les usagers, eux, sont encouragés à exprimer de manière fine leurs expériences de manque ou de restriction d'eau, et les changements de pratiques qu'ils opèrent ou non pour économiser l'eau mais aussi leur sentiment d'injustice ou d'inégalité face à d'autres usagers ou territoires.

Enfin, dans la continuité méthodologique de la dimension exploratoire de la démarche, concernant le « chapeau macrosociologique » de l'étude empirique, traditionnellement réalisé sous la forme d'un état de l'art, il a été privilégié, pour ce cas d'étude précis, de réaliser une écoute web & réseaux sociaux afin de recueillir des éléments quantitatifs et qualitatifs sur le traitement médiatique de la sécheresse et ses retombées, en France et à l'international du 1^{er} Juin au 15 Septembre 2022.

Médiatisation de la sécheresse : L'opportunité d'une mise en visibilité sans précédent des enjeux de l'eau

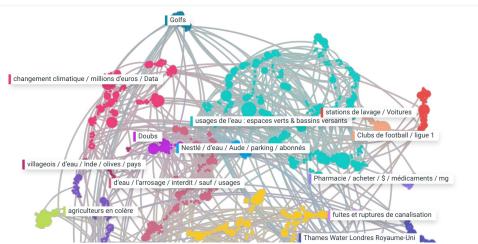


Figure 1. Nombre de publications par semaine concernant la sécheresse du 30/05 au 12/09 2022 sur le web et les réseaux sociaux français (Source Suez Social Room)

Avec près de 127 700 publications sur le web et les réseaux sociaux abordant la sécheresse entre juin et septembre 2022, le sujet de l'eau était omniprésent dans les médias et les réseaux sociaux. Le sujet a logiquement fait un bond spectaculaire par période l'année rapport à la même précédente (+320% !).Le pic communication se trouve au cœur de l'été, le 08 aout 2022. Il correspond à près de 21% des communications globales sur la période juin-septembre 2022 qui ont atteint 6,6 millions d'internautes sur cette seule journée.

L'analyse par « clusters de conversations » montre quant à lui que la sécheresse a été principalement abordée sous le prime des restrictions, des usages de l'eau pour les espaces verts publics, de l'arrosage, et des piscines. La sécheresse a aussi été « percutée » par l'actualité des incendies spectaculaires de cet été. Enfin, le lien avec le réchauffement climatique a été lui aussi particulièrement prégnant.

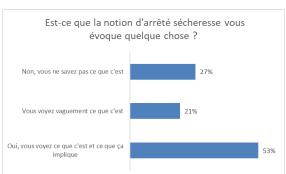
Figure 2. Clusters des thématiques abordées par les articles évoquant la sècheresse de l'été 2022



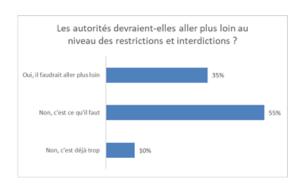
D'après Hervé Douville¹, le sujet du changement du cycle de l'eau a été longtemps occulté par celui de la pollution atmosphérique. La couverture médiatique des préoccupations environnementales laisserait aujourd'hui plus de place aux enjeux de l'eau et de la sécheresse, dans une Europe du Sud de plus en plus aride. La place du sujet de la sècheresse sur le web, soutenue par une presse, notamment locale, se faisant le récit, parfois épique, des niveaux d'eau et des mesures d'urgence réalisées sur les territoire², a donné une puissance inédite au porté à connaissance des sources d'alimentation en eau locales. Or, de nombreuses études dans les sciences comportementales rappellent que de la visibilisation d'un phénomène problématique est nécessaire pour favoriser des changements de pratiques massifs. La sécheresse serait alors, paradoxalement, une opportunité pour inciter efficacement les usagers aux économies d'eau. En effet, les initiatives de communication incitative en faveur des économies d'eau se heurtent systématiquement à la méconnaissance des usagers sur la provenance de l'eau³. Celle-ci « coule de source » et notamment du robinet et les risques de coupure ou de restriction restent peu tangibles par le grand public.

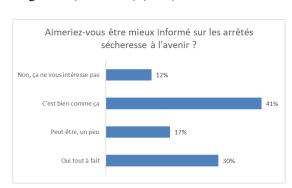
Rapport des usagers à la sécheresse : Une appropriation des arrêtés qui interroge sur leurs impacts auprès des particuliers





92% des personnes interrogées dans notre enquête jugent la sécheresse comme un phénomène climatique préoccupant. Les jeunes (18-35 ans) ont davantage tendance à ne pas se sentir vraiment marqué par la sécheresse (29%) à l'inverse des actifs d'âge mûr (45-54 ans) (43%).





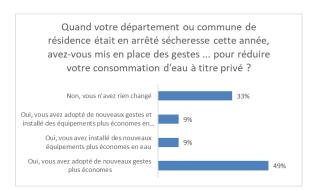
Si les arrêtés sécheresse ont été massivement communiqué et relayé cet été, seulement 53% des répondants ont déclaré savoir ce dont il s'agissait et leur implication. Plus d'un quart (27%) avoue leur ignorance, là encore plus souvent les jeunes (39%). Si ce sont bien dans les communes où les

¹ Chercheur au sein de l'équipe CLIMSTAT de l'Unité Climat du CNRM et auteur coordinateur (CLA) du chapitre 8 du 6ème rapport du GIEC consacré aux changements du cycle de l'eau CNRM/GMGEC

² «Comment le Tarn a frôlé la coupure d'eau potable cet été », La Dépêche, publié le 04/10/2022 https://www.ladepeche.fr/2022/10/24/comment-le-tarn-a-frole-la-coupure-deau-potable-cet-ete-10758746.php

³ Les travaux récents de Sasha Hall-Jones pour Southern Water, UK communiqué à « The Human Adventage conférence » le 20 et 21 septembre 2022 souligne ce frein psycho-social https://youtu.be/q_1330T5K38

restrictions ont été les plus fortes que les usagers sont plus nombreux à avoir une meilleure connaissance des arrêtés sècheresse (67%), cela ne les incite pas à en attendre davantage. Le niveau des restrictions apparait à la bonne mesure pour plus d'une personne sur 2. Plus d'un tiers des répondants considèrent que l'information sur les arrêtés sécheresse a été suffisante.



Enfin, en situation d'arrêté sècheresse, un tiers des répondants déclare ne pas avoir changé ses habitudes ou cherché à faire davantage (33%), se considérant déjà comme économe en eau (45% de ceux qui n'ont rien changé déclarent faire déjà ce que préconisent les arrêtés).

Sans manque d'eau au robinet domestique et la mise en place d'interdiction « instrumentée » (pastilles réductrices de débit avant compteur etc.), les usagers se mobilisent encore peu pour la

ressource sans eau. En revanche, plus les restrictions s'intensifient, plus ils s'expriment pour en pointer les injustices et les situations inégalitaires qu'elles génèrent. Pourquoi y-t-il une restriction forte sur une commune mais pas sur sa voisine ? Pourquoi le maintien d'une autorisation d'irrigation pour les agriculteurs et pas pour des activités touristiques et de loisirs (kayak en eaux vives) ? ...

Une dichotomie forte se maintient pour les usagers entre des situations de « moins d'eau » et la situation extrême du « pas d'eau ». C'est la socialisation et l'expérience sociale face à ces situations qui fait alors varier les positionnements, entre des villageois de montagne ayant vécu depuis toujours dans la culture de la « rareté de l'eau » et des nouveaux arrivants ex-citadins, venus prendre leur retraite sous le soleil du Sud de la France :

« Après je peux comprendre que ça faisait six mois qu'il ne pleuvait pas, donc je peux comprendre qu'il y ait moins d'eau. Avoir moins d'eau » et pas d'eau, ce n'est pas le même lot quoi. Fallait faire rouler le camion qui faisait huit tours par jour à six ou huit mètres cube pour aller remplir notre bassin pour que l'eau descende du bassin dans nos maisons. » Alain, retraité, commune de Saillan, Vaucluse

Gérer l'eau en contexte de sécheresse : annonce d'une « nouvelle question urbaine » ?

Les expériences de la sècheresse de l'été dernier du point de vu des acteurs de l'eau soulèvent de nombreux questionnements relevant de la sociologie, notamment parce que la sècheresse a bousculé, cassé les routines et les fonctionnements. L'ensemble du système (Crozier, Freidberg, 1977) est donc amené à évoluer. Son ampleur sur le territoire français, son intensité et sa durée a nécessité une endurance toute singulière pour toutes les parties prenantes, des agents exploitants aux instances régulatrices.

« La crise continue à déborder très largement après cet été, c'est la particularité de 2022. En 2021 on disait que c'était une sécheresse historique, en 2022 c'est encore pire Et on ne sait pas ce que sera demain, donc les sujets d'eau aujourd'hui, seront forcément des sujets de demain. » Un préfet du Sud de la France

L'été 2022 semble en effet avoir fait bouger leurs repères normatifs, techniques ainsi que leurs représentations sociales de la ressource en eau. mais aussi politiques, replaçant par exemple au milieu de l'arène le rôle déterminant des préfets.

« Alors, nous clairement l'ambition, c'est de recorriger le tir par rapport à notre schéma qui court jusqu'à 2030 et de retravailler sur des hypothèses, sur la vulnérabilité d'un territoire, et la question qu'il va falloir se poser aussi ; l'année 2022 sera-t-elle l'année normale dans 20 ans ? Ou est-ce une année exceptionnelle ? Nous on est plutôt tenté de dire que ce sera plutôt une année normale et de prendre une marge de sécurité pour des années encore plus sèches. » Agent d'un Conseil Départemental

Emerge ainsi en fil rouge, un re-questionnement, forme de « remise à plat » des savoir-faire techniques et des gouvernances, moins pour gérer la disponibilité de l'eau pour tous les usages, certes avec sobriété, que pour, dorénavant, anticiper une variabilité constante et prévenir les conflits d'usages.

La sécheresse interroge durablement les rôles des structures impliquées dan la gestion de l'eau, et c'est dans la gestion locale et de proximité que peut-être les effets y ont été les plus lisibles, au travers, notamment, des comités sécheresse. Déployés sur quasiment tout le territoire, plus tôt qu'habituellement, et jusqu'à tard dans le calendrier, rassemblant une diversité et un nombre inédits de structures, à des fréquences resserrées, ils furent les lieux stratégiques de la co-gestion de la crise. La sécheresse invite à redécouvrir des potentiels d'agilité et la capacité des acteurs à produire de la co-decision à partir des conflits. La sécheresse replace les comité sècheresse sur le devant de la scène et plus globalement l'importance de la concertation et de la cogestion sur le long terme, en dehors des situations de crises et pour prévenir d'autres types de conflits (autour des infrastructures comme « méga bassines » etc.).

La question de la ressource en eau semble également se poser en nouvelle question urbaine. En sociologie, cette dernière consiste en la description du paradigme autour duquel évoluent les politiques d'aménagement des territoire et de la fabrique de la ville. Manuel Castells posera la première pierre en 1972 en cherchant à décrire pour la première fois « le processus de production sociale des formes spatiales d'une société » (p.33). L'urbanisme et la planification territoriale a été tournée ces 20 dernières années vers la politique de la ville, la métropolisation, l'étalement urbain, etc. L'eau n'a que peu été, en fin de compte, l'affaire des urbanistes et des aménageurs, malgré l'existence des SDAGE depuis les années 90.

La sécheresse de 2022 laisse présager d'un nouveau cadre pour les « faiseurs de ville » (Paquot, 2010). La rareté de la ressource en eau sur certains territoires semble contraindre fortement les logiques d'attractivité et d'accueil souhaité par les élus, que ce soient de nouvelles industries, des nouveaux habitants, de touristes, voire même la faisabilité de programmes de végétalisation des centres-villes. En parallèle, la ressource se pose sous un autre angle d'approche pour les acteurs de l'eau, ni tout à fait technique, ni uniquement social ou environnemental mais bien urbain.

« Avant on se disait : bon on accueille la population et l'eau on trouvera toujours de l'eau... Aujourd'hui il y a une prise de conscience et je travaille avec mes collègues de la planification, notamment du PLUI, il y a une réelle prise de conscience » Agent Régie des Eaux Sud de la France

La question urbaine de l'eau pourrait se résumer ainsi : ce que fera la ressource en eau à l'urbanisme et ce que l'urbanisme pourra apporter à la ressource en eau.

De la ressource en eau à l'eau anthropocène, nouvel axe pour la recherche en sciences humaines et sociales

Cette sociologie de la sécheresse 2022 initiée sur le mode assumé de l'exploration permet d'ouvrir de nombreux futurs axes de recherche et de collaboration entre le domaine des sciences humaines et celui des sciences environnementales et de l'ingénierie, mais aussi entre le monde professionnel et le monde académique. Chacun des trois angles explorés, celui du champ médiatique voire linguistique, celui des usagers de l'eau, notamment dans les pratiques et représentations des particuliers, mais aussi des acteurs et de la politique de l'eau peut faire l'objet d'attentions scientifiques spécifiques. Gageons que les échanges lors de ce Colloque « Sècheresse et Etiages 2022 » offriront des perspectives. Si les notions d'abondance et de sobriété s'inscrivent actuellement à l'agenda politique, la question de l'eau, pour les sciences humaines, s'inscrit davantage dans un contexte de « transition » inexorable de l'ère anthropocène, et du comment les dynamiques des rapports sociaux et les logiques d'action la conduiront concernant la ressource en eau : compétition, résistance, bifurcation, promotion... (Macé, 2022).

Posters session 5

P.5.1. Les cultures du blé, du maïs et de la vigne sous le climat qui change (Carina Furusho Percot)



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Avancées, valorisation et perspectives », Les cultures du blé du maïs et de la vigne sous le climat qui change, Furusho-Percot C., Le Roux R., Aubry M., Launay M., Garcia de Cortazar-Atauri I.

Paris, 8&9 Mars 2023

Carina Furusho Percot carina.furusho-percot@inrae.fr

LES CULTURES DU BLE, DU MAÏS ET DE LA VIGNE SOUS LE CLIMAT QUI CHANGE WHEAT, CORN AND GRAPEVINE UNDER A CHANGING CLIMATE

Auteurs : FURUSHO PERCOT Carina¹, LE ROUX Renan, AUBRY Maël¹, LAUNAY Marie¹, GARCIA DE CORTAZAR-ATAURI Iñaki¹

¹Unité AgroClim INRAE, 84914 Avignon, France, carina.furusho-percot@inrae.fr

Choix du thème/session : Impact de la sécheresse 2022 pour différents usages. Retours d'expériences et perspectives

Mots clefs: indicateurs éco-climatiques, sécheresse, changement climatique, blé, maïs, vigne Orateur: Carina Furusho Percot, carina.furusho-percot@inrae.fr

Les conditions extrêmes de canicule et sécheresse en 2022 ont fortement impacté les plantations en France et laissent un avant-goût de ce que nous devrons faire face plus souvent suivant la trajectoire climatique qui se concrétise. Mais comment les plantes ont ressenti et répondu à ces épisodes extrêmes ? Est-ce que ces conditions se comparent aux futures conditions normales selon les projections ? Pour quels scénarios d'émission et à quels horizons ? Quels indicateurs et quelles échèles sont pertinentes pour estimer l'évolution du besoin en eau pour l'agriculture et anticiper les tensions potentielles dans la gestion de la ressource en eau ?

Pour identifier les effets du stress thermique et du stress hydrique sur les trois principales cultures en France (blé, maïs et vigne), nous proposons de regarder ce qui nous disent les données récentes de différentes sources et placer l'année 2022 dans la perspective du climat en évolution.

Dans un premier temps, les données phénologiques (calendrier de développement biotique) diffusées dans **TEMPO** (https://data.pheno.fr/), nous permettent de comparer les décalages des stades

phénologiques observés (débourrement, floraison, maturité) sur l'ensemble du réseau national en 2022 en comparaison aux années précédentes (Figure 1).

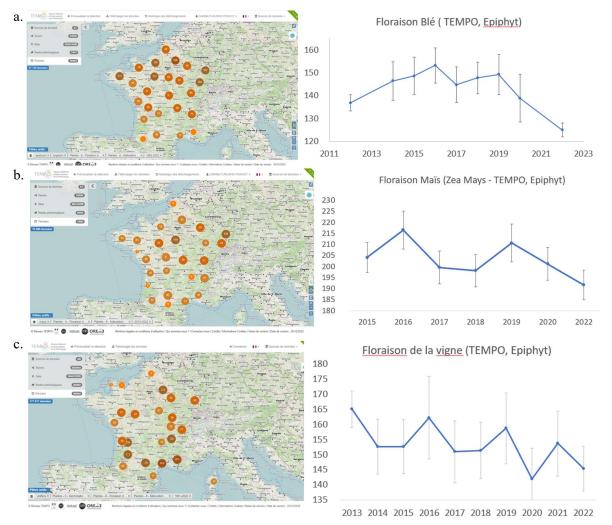


Figure 1. A gauche : cartes de la distribution des données TEMPO sur les états phénologiques du blé (a), du maïs (b) et de la vigne (c). A droite : évolutions moyennes (avec écartype) observées des dates de floraison selon les données récoltés sur TEMPO de chaque culture correspondante.

Ensuite, les modèles phénologiques du blé, du maïs (Brisson et al. 2009) et de la vigne (Morales-Castilla et al. 2020) basés sur les données SAFRAN (Météo France) de SICLIMA (https://agroclim.inrae.fr/siclima) sont utilisés pour comparer le calendrier de développement de ces cultures en 2022 et la moyenne de la période de référence (1991-2020). La figure 2 illustre l'évolution observée et prévue de la date de floraison du blé.

SICLIMA nous permet également de calculer des indicateurs éco-climatiques (Caubel et al. 2015) pour caractériser le stress thermique et le stress hydrique au long de chaque phase phénologique. Par exemple, l'indicateur de déficit en eau caractérisé par la somme des cumuls de précipitation moins la somme de l'évapotranspiration potentielle calculé pour le stade phénologique de la vigne entre le débourrement et la floraison est illustré dans la figure 3. Ces phases phénologiques et indicateurs éco-climatiques ont été ensuite calculés sur les données issues de simulations climatiques diffusées par DRIAS (Météo France).

Nous discuterons sur les limites du débiaisage des variables climatiques simulées en s'appuyant sur la comparaison entre les indicateurs éco-climatiques de la même période de référence (1991-2020) calculés sur les données observées (SAFRAN) et celles simulés par des modèles climatiques (Figure 3).

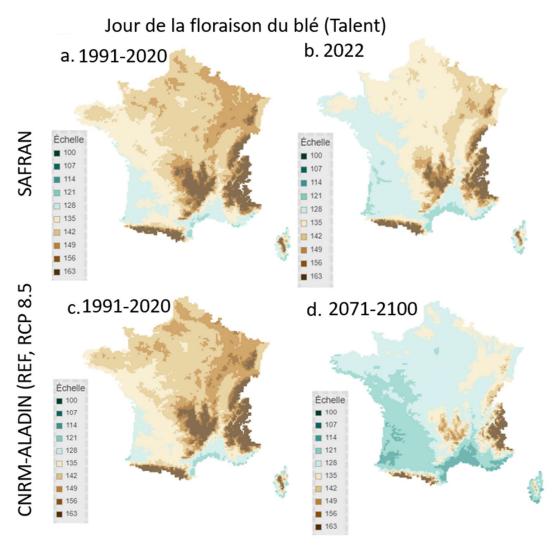


Figure 2. Jour de l'année de la floraison du blé en France pour (a.) la période de référence (1991-2020) avec SAFRAN et (b) l'année 2022 avec SAFRAN, (c) la période de référence (1991-2020) avec le modèle CNRM-ALADIN et (d) la moyenne pour la période 2071-2100 avec le modèle CNRM-ALADIN scénario RCP 8.5. Calcul et affichage réalisés avec SICLIMA (AgroClim).

Déficit en eau ∑ (Pluie - ETP), entre la floraison et la maturité de la vigne (Chardonnay)

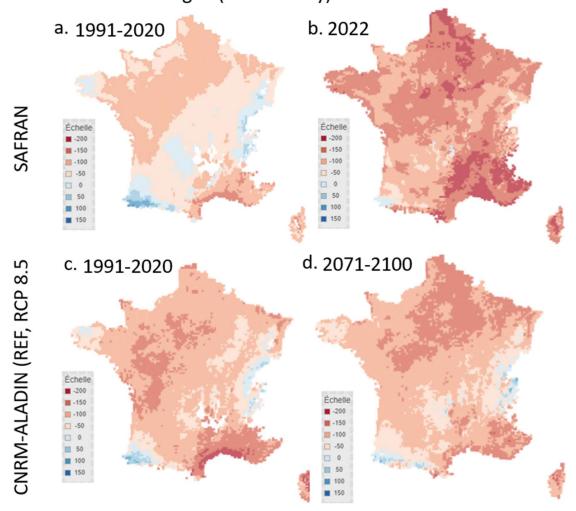


Figure 3. Somme des déficits en eau entre la floraison et la maturité de la vigne (Chardonnay), basé sur les données SAFRAN pour (a) la période de reference (1991-2020) et (b) l'année 2022, suivis des simulations du modèle CNRM-Aladin pour (c) la période de référence et (d) la moyenne des projections 2071-2100 scénario RCP 8.5. Calcul et affichage réalisés avec SICLIMA (AgroClim).

Nous avons observé que l'anticipation moyenne des phases phénologiques comme la floraison du maïs, du blé et de la vigne extraite de la base de données TEMPO est cohérente avec la tendance simulée par les modèles dans SICLIMA.

Pour le blé, la floraison est avancée d'une semaine en 2022 et selon le modèle CNRM-ALADIN, le décalage entre 1991-2020 et 2071-2100 dépasse deux semaines pour le scénario RCP 8.5 (Figure 2). Dans le cas du maïs, cette anticipation est d'environ 12 jours ce qui est comparable à la moyenne dans le futur (2071-2100) pour un scénario intermédiaire (RCP 4.5) sur le nord de la France alors que dans le sud, l'anticipation serait d'environ 24 jours, aussi importante que l'on peut s'attendre avec le scénario RCP 8.5.

Le déficit en eau pendant la période entre le débourrement et la floraison de la vigne (Chardonnay) en 2022 a été de 100 à 200 mm par rapport à la période de référence (1991-2020). Le modèle CNRM-Aladin avec le scénario 8.5 prévoit un écart de ces déficits d'environ 50 mm (Figure 3). Le déficit en eau pour

le cycle complet du maïs (du semis à la récolte) aurait été extrême en 2022 même par rapport aux scénarios futures (2071-2100) les plus pessimistes (RCP 8.5) selon le modèle CNRM-ALADIN.

L'objectif de notre communication est d'une part de présenter les impacts de la sécheresse et fortes températures en 2022 sur les principales cultures agricoles en France et contribuer avec nos données récentes aux questions, telles comme « Est-ce que ces conditions se comparent aux futures conditions normales selon les projections ? Pour quels scénarios d'émission et à quels horizons ? ». Dans un premier temps, nous avons comparé les observations aux projections d'une pair de modèles climatique (CNRM-ALADIN) et par la suite nous allons inclure un ensemble plus représentatif de projections issues du projet EXPLORE 2 pour prendre en compte les incertitudes des modèles climatiques. D'autre part, nous souhaitons ouvrir un débat sur limites des indicateurs que nous disposons actuellement basés sur des bilans hydriques simples qui pourraient bénéficier des données et concepts issus des analyses hydrologiques pour mieux représenter la distribution latérale de l'eau de surface et des nappes. Les données issues des modèles hydrologiques pourraient améliorer la représentation de la variabilité spatiale de l'humidité du sol et les ressources en eau disponibles pour les plantes. Par la suite, nous envisageons de tester ses hypothèses pour expliquer la variabilité spatiale des données phénologiques (TEMPO et Céréobs, entre autres) qui ne sont pas totalement expliquées par les indicateurs éco-climatiques existants.

Références

Brisson, Nadine N., Marie Launay, Bruno B. Mary, et Nicolas N. Beaudoin. 2009. *Conceptual Basis, Formalisations and Parameterization of the STICS Crop Model*. Editions Quae. https://hal.inrae.fr/hal-02824114.

Caubel, Julie, Iñaki García de Cortázar-Atauri, Marie Launay, Nathalie de Noblet-Ducoudré, Frédéric Huard, Patrick Bertuzzi, et Anne-Isabelle Graux. 2015. « Broadening the Scope for Ecoclimatic Indicators to Assess Crop Climate Suitability According to Ecophysiological, Technical and Quality Criteria ». *Agricultural and Forest Meteorology* 207 (juillet): 94-106. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.02.005.

Morales-Castilla, Ignacio, Iñaki García de Cortázar-Atauri, Benjamin I. Cook, Thierry Lacombe, Amber Parker, Cornelis van Leeuwen, Kimberly A. Nicholas, et Elizabeth M. Wolkovich. 2020. « Diversity buffers winegrowing regions from climate change losses ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117 (6): 2864-69. https://doi.org/10.1073/pnas.1906731117.

P.5.2. Analyse de la sévérité croissante des étiages sur la dégradation du paramètre phosphore en cours d'eau sur la dernière décennie. Application au territoire de l'agence de l'eau Rhin-Meuse (Adrien Delaval)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives »,

Analyse de la sévérité croissante des étiages sur la dégradation du paramètre phosphore en cours d'eau sur la dernière décennie.

Application au territoire de l'agence de l'eau Rhin-Meuse, Delaval A., Teissier S., Courty S., Depasse J., Petitgenet S.

Paris, 8&9 Mars 2023

Adrien Delaval adrien.delaval@adict-solutions.eu

Analyse de la sévérité croissante des étiages sur la dégradation du paramètre phosphore en cours d'eau sur la dernière décennie.

Application au territoire de l'agence de l'eau Rhin-Meuse

Analysis of the increasing severity of low water levels on the degradation of the phosphorus parameter in rivers over the last decade.

Application to the territory of the Rhin-Meuse water agency

Auteurs : Delaval Adrien¹, Teissier Samuel¹, Courty Stéphanie¹, Depasse Jérôme¹, Petitgenet Stéphane²

¹Adict Solutions - Campus INP ENSAT, Avenue de l'Agrobiopôle - BP 32607 - Auzeville-Tolosane 31326 Castanet-Tolosan Cedex – France ²Agence de l'eau Rhin-Meuse - Rue du Ruisseau - BP30019 Rozérieulles - 57161 Moulins-lès-Metz Cedex – France

Choix du thème/session : Impacts pour la gestion et le partage de la ressource en eau dans les territoires/Communication orale

Mots clefs: Etiage, Phosphore, Sensibilité milieu récepteur, DCE Orateur: Delaval Adrien/ adrien.delaval@adict-solutions.eu

La pollution des milieux aquatiques par le phosphore se manifeste par l'eutrophisation. Ce phénomène se mesure notamment par l'abondance des « pollutions vertes » qui touchent les lacs, les réservoirs, les rivières et en réduisent la valeur d'usage (valeur biologique, piscicole, récréative et eau potable) (Dorioz, 2013). Ces 20 dernières années, d'importants efforts pour limiter les sources ponctuelles et diffuses de phosphore (interdiction des lessives phosphatées, équipements et/ou amélioration des systèmes de traitement, baisse des intrants agricoles, etc.) se sont traduits par une baisse significative des flux de phosphore au cours d'eau et des concentrations dans les milieux aquatiques.

Malgré cette réduction des flux, les concentrations en phosphore repartent à la hausse sur le territoire français depuis une dizaine d'années, notamment sur le bassin Rhin-Meuse ou la non-atteinte du bon état concerne plus d'un tiers des masses d'eau (Etat des lieux 2019). En l'absence de hausse significative des

flux de phosphore au cours d'eau ces dernières années, l'hypothèse retenue est une baisse des capacités de dilution du milieu récepteur via la diminution des débits. Cette diminution, observée ces 30 dernières années sur le territoire Grand Est, résulte de la baisse de la pluviométrie couplée à la hausse de l'évapotranspiration due au changement climatique (Haidu & Nistor, 2020).

Cette hypothèse a été testée sur 36 bassins versants du territoire Rhin-Meuse présentant une diversité de profils (surface, nature des rejets ponctuels, occupation du sol). L'approche utilisée, basée sur une régression linéaire multiple, reprend un concept existant qui considère que les concentrations peuvent être modélisées à partir de la composante saisonnière des débits (le débit de base) et de la composante de crue (le ruissellement) (Minaudo et al., 2019). La séparation de l'hydrogramme en débits de base et débits de crue (illustrée sur la Figure 1) a été effectuée selon le filtre de Lyne-Hollick (Ladson et al., 2013). La méthodologie proposée permet, par bassin versant, d'attester si la hausse des concentrations de phosphore est due à la baisse des débits et de quantifier l'impact des étiages des dernières années sur les concentrations de phosphore. Les tendances sur certains bassins versants ne peuvent pas être expliquées uniquement par l'hydrologie, et ces tendances supplémentaires ont été croisées avec l'évolution de l'assainissement sur le territoire.

L'approche démontre, de manière générale, que le débit de base, issu des nappes participe à la dilution des rejets ponctuels de phosphore tandis que le ruissellement à un rôle plus versatile (aggravant ou diluant) selon l'occupation du sol du bassin versant. Ces observations sont similaires à celles faites sur d'autres territoires avec une approche analogue, malgré quelques spécificités. Le modèle, basé sur l'hydrologie, s'est avéré apte à reconstituer les tendances à la hausse des concentrations de phosphore total (Figure 2), mettant en évidence un changement de l'hydrologie des cours d'eau ces dernières années. Une étude plus approfondie identifie que la baisse la plus significative concerne la composante du débit de base ces 10 dernières années pour 80 % des bassins versants étudiés, limitant les capacités de dilution du milieu récepteur. Cette baisse est particulièrement critique en été, période pendant laquelle le débit de base est le plus faible et concomitant avec des concentrations de phosphore maximales.

Ces résultats montrent l'importance de distinguer l'impact du changement climatique des impacts anthropiques, afin de comprendre l'origine du déclassement de la qualité des cours d'eau (au regard des indicateurs DCE) ou d'anticiper leur dégradation, et d'accompagner les gestionnaires des territoires à prioriser les actions correctives.

L'analyse présentée ici a été réalisée dans le cadre de l'étude sur « l'origine et la dynamique du phosphore dans les milieux aquatiques en zone rurale », financée par et réalisée pour l'Agence de l'eau Rhin-Meuse.

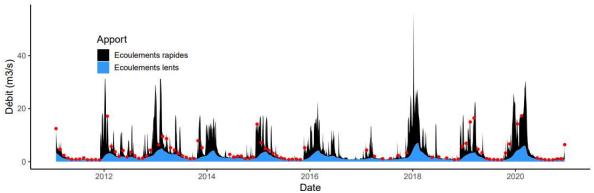


Figure 1 : Exemple de séparation des débits en deux composantes de l'écoulement. Les points rouges représentent les données de qualité de l'eau.

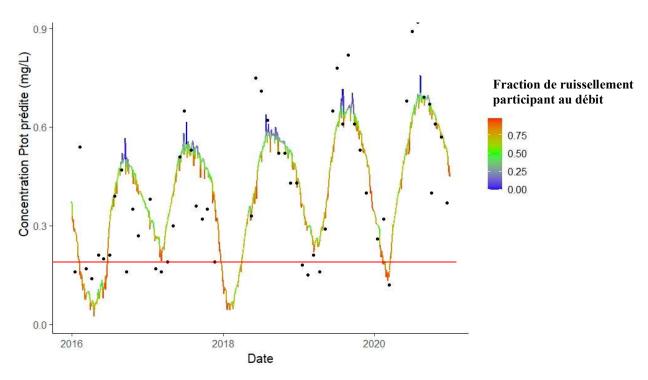


Figure 2 : Exemple de modélisation via les débits des chroniques journalières de phosphore total. Les points représentent les données mesurées. Le seuil de qualité DCE à 0,2 mg P/L est représenté par une ligne horizontale.

Références

- Dorioz, J. M. (2013). Mechanisms and control of agricultural diffuse pollution: The case of phosphorus. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 16.
- Haidu, I., & Nistor, M. (2020). Long-term effect of climate change on groundwater recharge in the Grand Est region of France. *Meteorological Applications*, 27(1). https://doi.org/10.1002/met.1796
- Ladson, A., Brown, R., Neal, B., & Nathan, R. (2013). A standard approach to baseflow separation using the Lyne and Hollick filter. *Australian Journal of Water Resources*, 17(1). https://doi.org/10.7158/W12-028.2013.17.1
- Minaudo, C., Dupas, R., Gascuel-Odoux, C., Roubeix, V., Danis, P.-A., & Moatar, F. (2019). Seasonal and event-based concentration-discharge relationships to identify catchment controls on nutrient export regimes. *Advances in Water Resources*, *131*, 103379. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2019.103379

P.5.3. Caractérisation de la sécheresse 2022 sur le bassin du Rhône et ses impacts pour la CNR (Laurie Caillouet)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

Laurie Caillouet l.caillouet@cnr.tm.fr

CARACTÉRISATION DE LA SÉCHERESSE 2022 SUR LE BASSIN DU RHONE ET DE SES IMPACTS POUR CNR

Auteurs: CAILLOUET Laurie¹, NAULET Robin¹

¹Compagnie Nationale du Rhône, 2 rue André Bonin, 69004 Lyon, France

Choix du thème/session : Caractérisation de la sécheresse, analyse rétrospective, caractère exceptionnel

Mots clefs: production d'hydroélectricité, Rhône, caractérisation, période de retour,

sécheresse, OSSEC

Orateur: Caillouet Laurie ou Naulet Robin

Compagnie Nationale du Rhône (CNR), concessionnaire du fleuve Rhône, gère 19 aménagements de production d'hydroélectricité le long du Rhône français. Outre la production d'électricité, l'entreprise gère également 19 écluses afin de promouvoir le transport fluvial, et soutient l'agriculture via l'irrigation des terres agricoles par le fleuve Rhône. L'année 2022 a été marquée par une sécheresse ayant affecté l'intégralité de la France, dont le bassin du Rhône, impactant ainsi les activités de CNR.

Ces événements risquant de devenir plus intenses et plus fréquents dans les années à venir, CNR s'est dotée d'un outil permettant de caractériser les étiages, dont les plus extrêmes. Cet outil, nommé OSSEC Rhône, permet de déterminer des évènements d'étiage de façon spatio-temporellement cohérente à l'échelle du bassin du Rhône (Calmel *et al.*, 2022). Dans un premier temps, l'outil caractérise les étiages sur 32 stations hydrométriques (20 affluents, 12 stations sur le Rhône), en identifiant les périodes où le débit passe sous un seuil donné (généralement un quantile 90 variable). Dans un deuxième temps, les évènements d'étiage sont appariés à l'échelle du bassin de Rhône pour construire des évènements spatialement cohérents. Les évènements caractérisés possèdent des caractéristiques de durée (en jours), et de sévérité (en mm), et sont ainsi comparables entre bassins sur une longue période. L'outil a été appliqué depuis le début de l'acquisition des données sur le Rhône, c'est-à-dire 1920. Il est ainsi possible de comparer les différents évènements d'étiage extrême ayant eu lieu sur le Rhône depuis 1920, dont celui de l'été 2022.

OSSEC Rhône a identifié un évènement important ayant débuté le 26/04/2022 et s'étant terminé le 26/11/2022. Le premier bassin à avoir été impacté est celui de la Durance. Ont suivi courant mai d'autres bassins d'importance pour le Rhône, dont l'Ardèche, la Saône, l'Ain, et enfin l'Isère. L'évènement a été particulièrement intense sur le bassin de la Durance et celui de l'Isère.

La Durance est d'ailleurs le seul bassin à avoir été en étiage jusqu'au 26/11/2022, les autres bassins ayant des débits qui sont repassés au-dessus du seuil en octobre (20/10 pour l'Ardèche), en septembre (26 et 27/09 pour l'Ain et l'Isère) et même en août (16/08 pour la Saône). La Durance a donc été impactée par un évènement d'étiage de plus de 200 jours. En conséquence, le Bas Rhône a été particulièrement touché, en comparaison du Haut Rhône.

Afin de comparer les différentes stations entre elles, il est plus aisé de parler en périodes de retour. La Figure 1 présente les périodes de retour en durée et en sévérité pour l'évènement de l'été 2022 (à gauche), ainsi que pour les évènements majoritaires en 2018, 2011 et 2003.

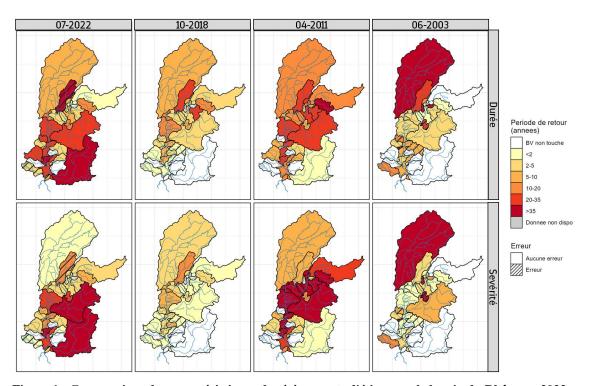


Figure 1 - Comparaison des caractéristiques des évènements d'étiage sur le bassin du Rhône en 2022, 2018, 2011 et 2003

Cette Figure permet d'appréhender les bassins les plus touchés par les différents étiages. En 2022, la Durance, l'Isère, l'Ain ont subi un évènement d'une période de retour supérieure à 35 ans en sévérité et 20 ans en durée (et même 35 ans pour la Durance). Cela entraîne donc de fortes périodes de retour pour les stations du Rhône à l'aval de Valence. L'évènement de 2018 était moins important et a surtout touché l'Ain et le Haut Rhône. Celui de 2011 a été très sévère, notamment sur l'Isère et le Rhône Suisse mais moins long. Il s'est également terminé plus tôt (en été). Enfin, l'évènement de 2003 a été particulièrement fort sur la Saône, mais a moins impacté les autres bassins et a donc moins touché le fleuve Rhône dans la globalité. Si l'on regarde en termes de rang, l'évènement de l'été 2022 a été dans le top 5 des évènements les plus longs pour les stations du bas Rhône, dont les premières données remontent à 1920. C'est également le cas pour la Durance, l'Isère et l'Ain (mais dont les données commencent entre 1984 et 2000).

La Figure 2 permet de valider cette analyse en présentant, pour chaque évènement historique, la durée versus la sévérité des évènements identifiés pour les 12 stations du Rhône (de l'amont vers l'aval). C'est à partir de Valence que l'évènement commence à compter parmi les plus gros évènements enregistrés. À Beaucaire, il est même le troisième plus sévère répertorié derrière celui de 1976 et celui de 1921.

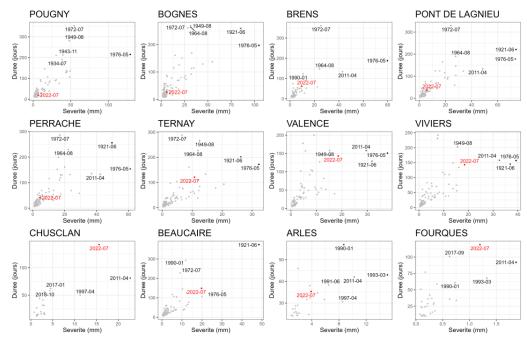


Figure 2 - Durée versus Sévérité des évènements ayant impacté les 12 stations du Rhône depuis leur date de mise en service

Mais l'année 2022 n'est pas seulement particulière à cause de l'évènement estival, mais également parce qu'elle n'a pas connu un, mais trois évènements d'étiage sur le Rhône. Le premier a eu lieu sur les bassins Méditerranéens, entre janvier et avril 2022. Le deuxième a eu lieu entre mars et avril, en grande partie sur la Saône et l'Isère. Ces évènements ne sont pas considérés comme faisant partie du troisième évènement, décrit précédemment, car les différents bassins ont vu leur débit repasser au-dessus du seuil pendant quelques jours. Cela permet néanmoins de dire que le bassin du Rhône a souffert de débits exceptionnellement bas sur une grande partie de l'année.

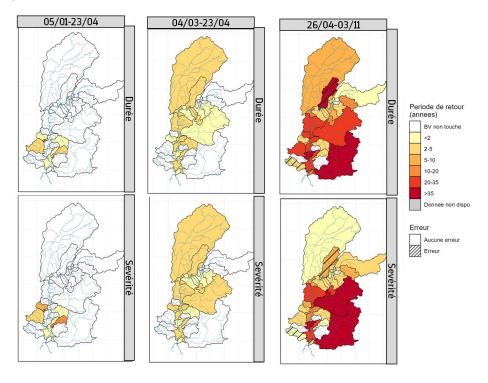


Figure 3 - Caractérisation des trois évènements d'étiage ayant impacté l'année 2022

En termes de production d'hydroélectricité, les sécheresses de l'année 2022 ont été impactantes pour CNR. Les mois estivaux, mais également le mois de mars, ont été parmi les mois avec la plus faible production mensuelle depuis une dizaine d'années. Cela a notamment concerné les actifs du Bas Rhône. Le Rhône a cependant été relativement épargné en termes d'impacts sur la navigation, avec peu d'impacts majeurs mais une vigilance accrue. [Section non définitive].

En conclusion, l'année 2022 est une année exceptionnelle en termes de bas débit, l'étiage ayant touché presque tous les bassins alimentant le Rhône. La Durance, l'Isère et l'Ain sont les affluents les plus touchés selon l'outil OSSEC Rhône (seuil variable à 90%). Cette caractérisation reste dépendante du seuil choisi et de la qualité des données hydrométriques utilisées, qui peut être moindre en période d'étiage. Par ailleurs, l'évènement relevé aurait pu être encore bien pire sans la fonte des glaciers Suisses. En effet, selon le Réseau suisse de relevés glaciologiques (Glamos), une perte de 6% en volume total des glaciers a été relevée durant l'été 2022. Volume qui a en partie servi le Rhône.

Blaise Calmel, Laurie Caillouet, Karine Delamarre Pobanz & Jean-Philippe Vidal (2022) OSSEC Rhône : outil opérationnel de suivi des étiages en temps réel sur le Rhône, LHB, DOI: 10.1080/27678490.2022.2058428OSSEC

P.5.4. La sécheresse de 2022, retour d'expérience de la concession régionale du Canal de Provence (Annie Randrianasolo)



« Sécheresse & Étiages 2022 » – Avancées, valorisation et perspectives », Titre, Auteur, Paris, 8&9 Mars 2023

La sécheresse de 2022, retour d'expérience de la concession régionale du Canal de Proyence

Auteurs : Annie RANDRIANASOLO Jean François BRUN Olivier BALIEU

Société du Canal de Provence Le Tholonet CS 70064 13182Aix en Provence cedex 5 France annie.randrianasolo@canal-de-provence.com jean-francois.brun@canal-de-provence.com olivier.balieu@canal-de-provence.com

Choix du thème/session : Session 4 Retours d'expériences territoriaux

Mots clefs: gestion de l'eau, retour d'expérience, aménageur, gestion des prélèvements, déstockage réserves, trajectoires plan d'eau, gestion des restrictions, conflit d'usage touristique et irrigation

Orateur: Annie RANDRIANASOLO annie.randrianasolo@canal-de-provence.com

Sécheresse 2022 : retour d'expérience de la concession régionale du Canal de Provence

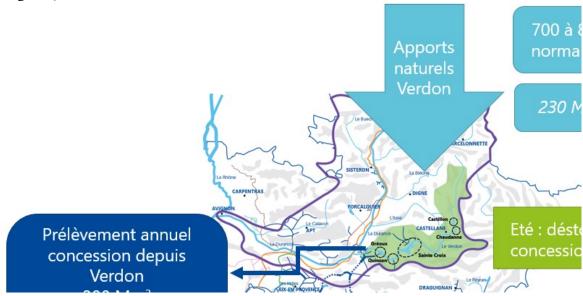
Drought 2022: feedback from regional concession of the Canal de Provence

L'ouvrage du Canal de Provence, exploité par la Société du Canal de Provence (SCP) dans le cadre d'une concession régionale, prélève annuellement 200 à 250 millions de m³, représentant 4 % des apports moyens du bassin Durance-Verdon (sud-est de la France) afin de satisfaire 40 % des usages de l'eau brute de la région, notamment :

- > 75 000 ha agricoles équipés,
- > 2 millions d'habitants sécurisés pour l'eau potable,
- Des zones industrielles majeures (CEA Cadarache, pétrochimie, micro-électronique...)

La protection incendie de zones naturelles et urbaines

Les prélèvements en 2022 ont atteint un seuil historique de 280 millions de m³, dont 230 millions de m³ depuis le bassin du Verdon. En raison du débit particulièrement faible du Verdon, ces prélèvements ont nécessité un déstockage de 110 millions de m³ des réserves interannuelles affectées à la concession régionale dans les barrages de Sainte Croix et de Castillon (barrages EDF). Ce déstockage historiquement élevé représente 45 % de la réserve constituée totale de 250 millions de m³ (cf figure 1).



Face à la plupart des bassins versants de la région en situation de crise très tôt dans l'année, et à des nappes souterraines historiquement basses, de nombreuses collectivités ont dû être sécurisées par le canal de Provence pour leur alimentation en eau potable. Les prélèvements supérieurs aux années précédentes de mars à juillet, se sont ensuite atténués à partir d'aout, suite aux arrêtés sécheresse et aux mesures de restrictions d'usage de l'eau, aux concertations engagées et aux campagnes de communication de la SCP auprès de ses clients.

Les retenues des barrages de Castillon et Ste Croix, ont depuis leur création, permis le développement d'un usage touristique important pour les départements alpins. Ces barrages initialement construits avec des objectifs de production électrique, d'alimentation en eau potable et industrielle, et d'irrigation, se sont progressivement enrichis d'un usage touristique, pour lequel un objectif de cote optimale a été défini pour les mois de juillet et aout.

En 2022, du fait d'apports de fonte de neige très inférieurs aux normales, le niveau des plans d'eau de Castillon et de Sainte-Croix est resté inférieur aux cotes touristiques, avec un déficit maximal d'environ 4 mètres, qui s'est creusé avec les prélèvements estivaux. Malgré une production électrique réduite, un niveau d'eau dans les gorges du Verdon incompatible avec la pratique des activités aquatiques, et un abaissement des plans d'eau de Sainte-Croix et de Castillon, les réserves interannuelles des barrages du Verdon, ont toutefois rempli une partie de leur mission de sécurisation de l'alimentation en eau de la Provence.







Société Hydrotechnique de France