



SCoT

La disponibilité en eau du SCoT de l'Agglomération bisontine

Mars 2023

Les projections 2050





Sommaire

Objectifs	3
Contenu de l'étude	3
Point méthodologique	4
Partie 1 - Pluviométrie	4
1.1. Quelques repères	7
1.2. Précipitations quotidiennes moyennes	8
1.3. Précipitations cumulées	9
1.4. Précipitations moyennes les jours pluvieux	11
1.5. Nombre de jours de pluies	13
1.6. Nombre de jours de pluies extrêmes	15
1.7. Périodes de sécheresse météorologique	17
1.8. Synthèse de la partie 1	19
Partie 2 - Impacts sur la ressource	20
2.1. Évapotranspiration cumulée	21
2.2. Les pluies efficaces	23
2.3. Le drainage	25
2.4. Projection des variations de la recharge des nappes à l'horizon 2046-2065	26
2.5. La sécheresse des sols	27
2.6. Synthèse de la partie 2	28
Partie 3 - Les débits des cours d'eau	29
3.1. Repères méthodologiques	30
3.2. Les débits hivernaux en 2050	31
3.3. Les débits printaniers en 2050	32
3.4. Les débits estivaux en 2050	33
3.5. Les débits automnaux en 2050	34
3.6. Synthèse de la partie 3	35



Objectifs

Cette étude a été élaborée pour caractériser la disponibilité future de la ressource en eau sur le territoire du SCoT de l'agglomération bisontine. Ces résultats doivent permettre d'anticiper les effets du changement climatique afin de définir un projet de territoire intégrant une gestion équilibrée de cette ressource.

Contenu de l'étude

Cette étude s'intéresse à l'évolution de différents paramètres climatiques à l'**horizon 2050 (2041 - 2070)** par rapport à la **période de référence (1976 - 2005)**, selon trois scénarios climatiques. Ces scénarios explorent plusieurs futurs plausibles en fonction de l'évolution des sociétés humaines, des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques :

- Le scénario RCP2.6, appelé « **scénario volontariste** », affiche une diminution drastique des émissions de CO₂ grâce à des mesures d'atténuation du changement climatique. Une baisse immédiate des émissions entraîne un arrêt de la hausse des gaz à effet de serre dans l'atmosphère d'ici 15 ans environ,
- Le scénario RCP4.5, appelé « **scénario intermédiaire** », présente une augmentation des émissions des gaz à effet de serre jusqu'en 2040 puis une stabilisation des émissions jusqu'à la fin du siècle, sans inversion de la courbe de carbone,
- Le scénario RCP8.5, appelé « **scénario attentiste** », est celui décrivant une augmentation constante des émissions de gaz à effet de serre au rythme actuel.

Les données climatiques proviennent du Portail DRIAS de Météo France. Le scénario de référence est réalisé selon l'expérience EURO-CORDEX2020 et le modèle ALADIN63 CNRM-CM5. Il s'agit des dernières données disponibles, issues des modèles globaux du GIEC, régionalisées par les climatologues à l'aide de modèles de climat régionaux (RCM pour Regional Climate Models). Ils offrent une haute résolution spatiale de 8km qui permet une meilleure représentation du climat local.

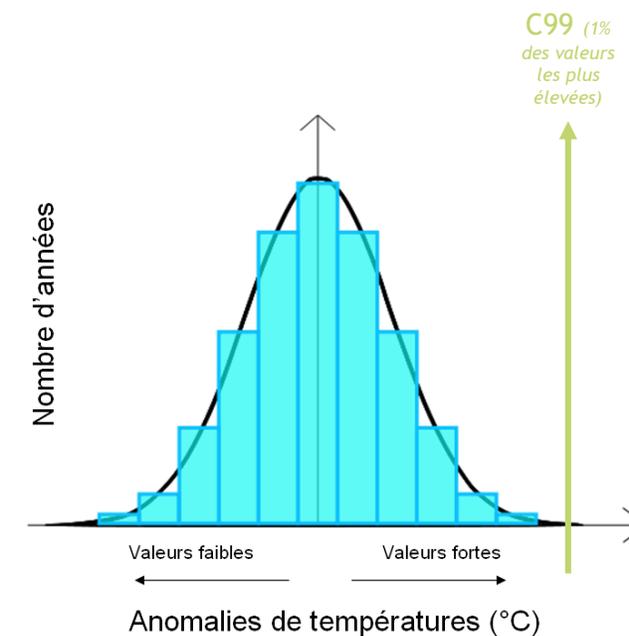
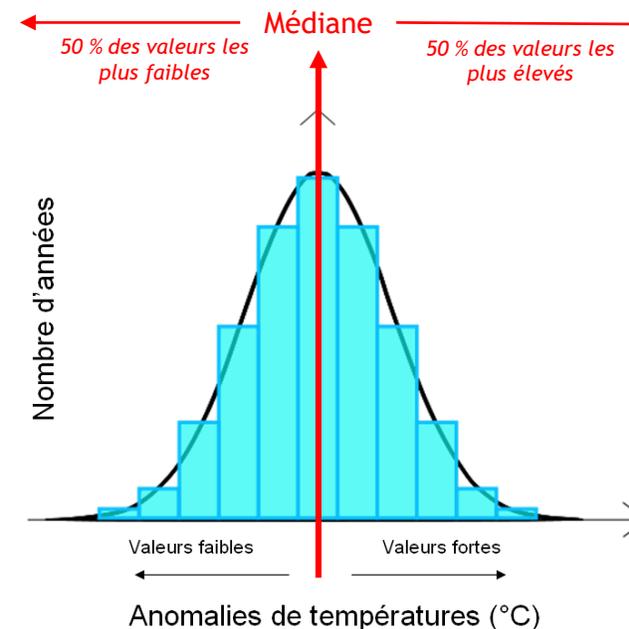
Les données hydrologiques sont issues des simulations SIM2 DRIAS-2020 réalisées à partir des scénarios climatiques du jeu DRIAS 2020. C'est un modèle à base physique et distribué sur la France intégrant :

- le modèle Surfex-Isba produisant un bilan d'eau et d'énergie à résolution 8 km sur la France (variables de sortie) : évapotranspiration réelle, humidité du sol, équivalent en eau du manteau neigeux, drainage et ruissellement,
- le modèle hydrogéologique Modcou, assurant le routage de l'eau et calculant les débits en 850 points de simulation pour des stations de l'HydroPortail.

Point méthodologique

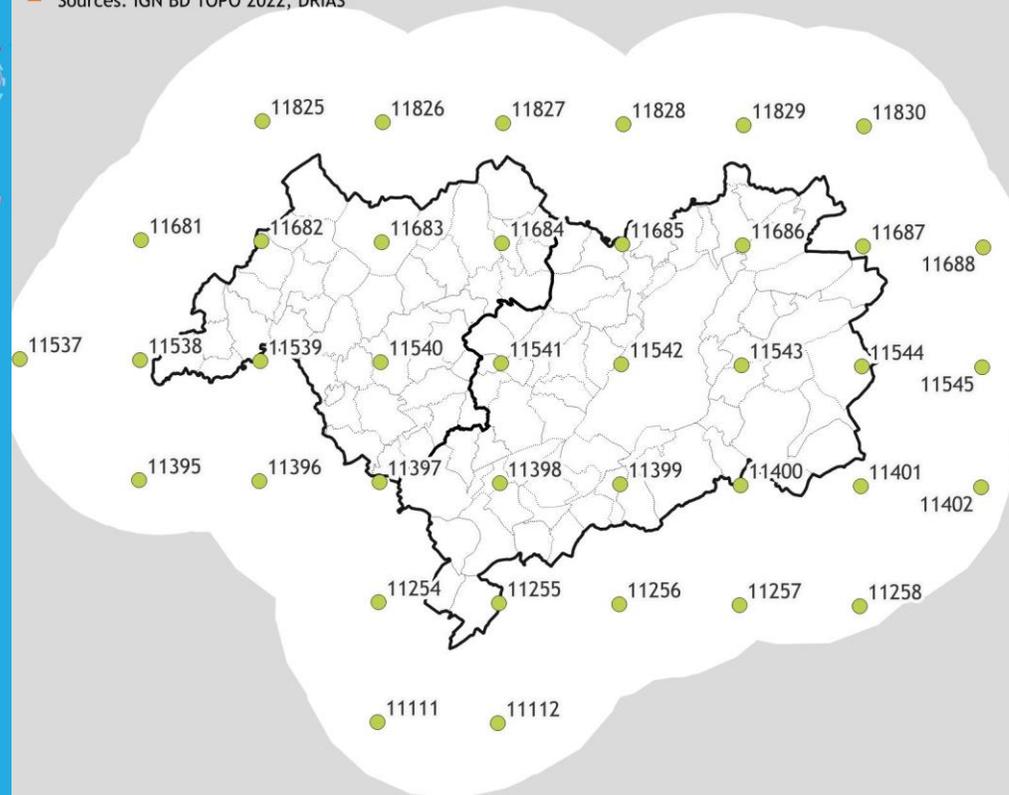
L'analyse se base sur différents outils statistiques permettant de décrire les valeurs d'un paramètre climatique simulées. Ils correspondent aux valeurs remarquables permettant de diviser le jeu de ces données triées en intervalles consécutifs contenant le même nombre de données :

- **La médiane** est la valeur seuil pour laquelle 50% des valeurs de la distribution sont plus élevées. Elle s'apparente à « la normale climatique »,
- **Le centile** est chacune des 99 valeurs qui divisent les données triées en 100 parts égales, de sorte que chaque partie représente 1/100 de l'échantillon. Le 99ème centile est la valeur seuil pour laquelle 1 % des valeurs de la distribution sont plus élevées. Par exemple, le C99 d'une année moyenne correspond aux valeurs les plus élevées de 1% de 365 jours (soit environ 3,7 jours de l'année). Cet indicateur est utile pour caractériser les événements extrêmes,
- **Le quantile** est chacune des 19 valeurs qui divisent les données triées en 20 parts égales. Le Q90 (équivalent au dernier décile) est la valeur seuil pour laquelle 10 % des valeurs de la distribution sont plus élevées. Elle caractérise les événements intenses.



Les 38 points de la grille SAFRAN utilisés

AUDAB - Février 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Les données climatiques de cette étude s'appuient sur les 38 points de la grille SAFRAN compris dans le périmètre du SCoT de l'agglomération bisontine ainsi qu'une zone tampon de 8km autour de celui-ci.

Note : Les points de la grille SAFRAN, numéroté de 0 à 19161, ont une résolution de 8km. Chacun des points permet de déterminer des données de températures, de précipitations, de vents et d'impacts (sécheresse, feux de forêts).

Les stations de la banque hydro

AUDAB - Février 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Les données de débits des cours d'eau de cette étude s'appuient sur les 2 stations de mesure de l'HydroPortail (ex Banque Hydro) comprises dans le périmètre du SCoT de l'agglomération bisontine :

- U1074010 : L'Ognon à Chevigney sur l'Ognon,
- U2512010 : Le Doubs à Besançon.

1. Pluviométrie

La pluviométrie étudie les variations annuelles, saisonnières et mensuelles des quantités et des types de précipitations pour classer le climat du territoire du SCoT.



1.1 Quelques repères

Ce chapitre s'intéresse à la fréquence des précipitations, en nombre de jours, et aux volumes, exprimés en mm. Selon Météo France :

- Les **pluies faibles** correspondent à des pluies quotidiennes comprises **entre 1 et 3 mm**,
- Les **pluies modérées** correspondent à des pluies quotidiennes comprises **entre 4 et 7 mm**,
- Les **pluies fortes** correspondent à des pluies quotidiennes comprises **entre 8 et 20 mm**,
- Les **pluies extrêmes** correspondent à des pluies quotidiennes **supérieures à 20mm**.

Quelques illustrations :

- 8mm de pluies sur le territoire du SCoT (830km²) pendant une journée (10h) représente 83.000.000 m³ tombés sur le sol,
- 20mm de pluies en une heure correspond à 1litre/m² toutes les trois minutes.

Quelques records de précipitations locales

- **117mm le 3 octobre 1935 à Besançon**
- **71mm en 1h dans le Doubs le 8 aout 1995**

1.2 Précipitations quotidiennes moyennes

Ce paramètre détermine le volume moyen de précipitations par jour au pas de temps mensuel.

En 2050, le volume de précipitations par jour en moyenne annuelle devrait globalement augmenter entre 3 et 10% selon les scénarios.

Quelque soit le scénario étudié, **janvier indique une nette augmentation** (+1mm par jour en moyenne).

Dans le RCP2.6, seul le mois d'octobre subirait une baisse des précipitations quotidiennes moyennes. C'est également le seul scénario montrant une hausse significative des précipitations en décembre.

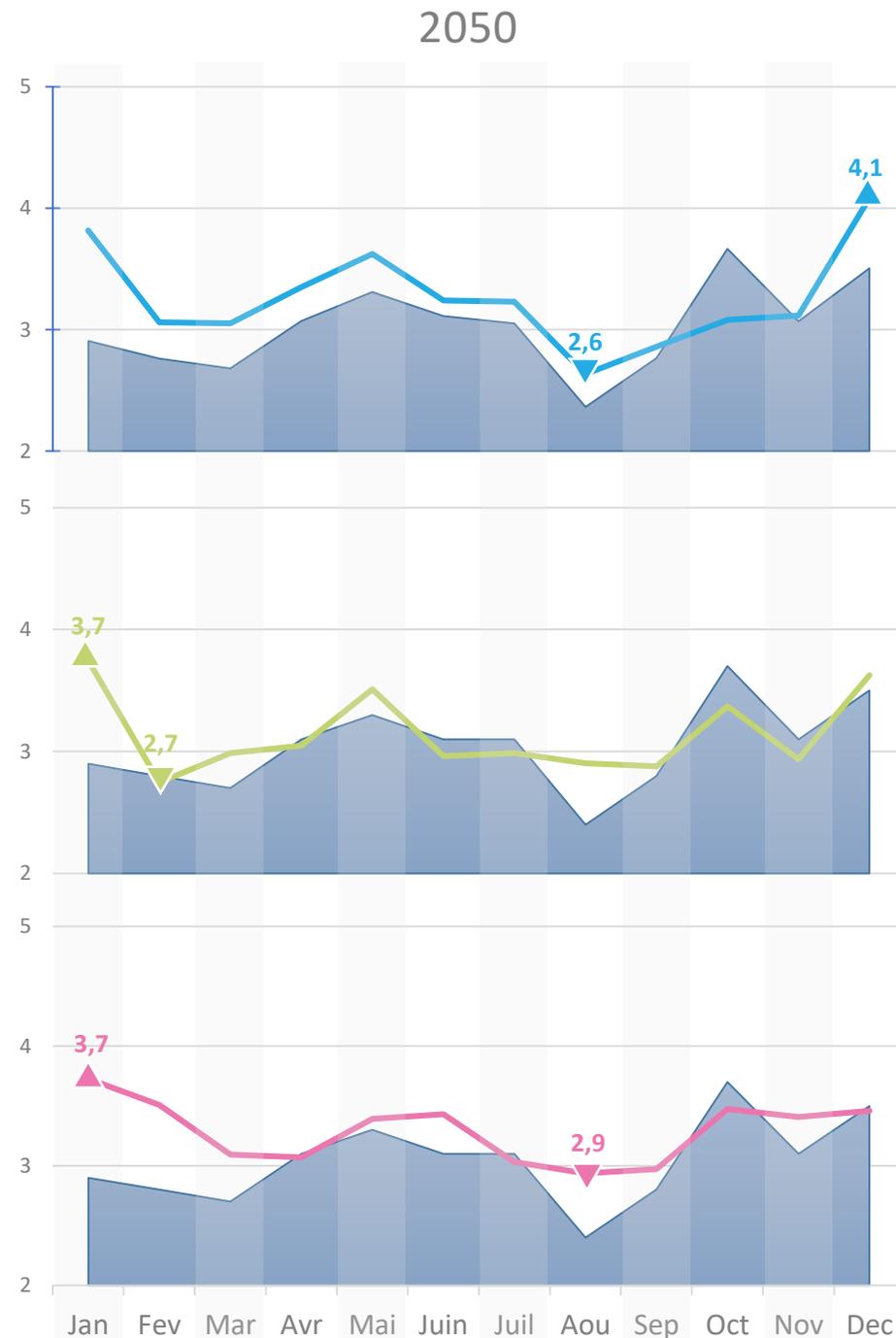
En volume, les mois les plus impactés par cette augmentation sont mai, juin et juillet.

Scénarios	Moyenne quotidienne en mm	Val mini en mm	Val max en mm	% d'évolution de la moyenne quotidienne	Évolution en mm de la moyenne quotidienne	Plus forte diminution quotidienne en mm	Plus forte évolution quotidienne en mm
Référence	3	2,4 (aout)	3,7 (oct)				
Volontariste	3,3	2,6 (aout)	4,1 (dec)	+10%	+0,3	-0,6 (oct)	+0,9 (jan)
Intermédiaire	3,1	2,9 (dec)	3,7 (jan)	+3%	+0,1	-0,3 (oct)	+0,8 (jan)
Attentiste	3,3	2,9 (aout)	3,7 (jan)	+10%	+0,3	-0,2 (oct)	+0,8 (jan)

Volontariste

Intermédiaire

Attentiste



Sur la période de référence

Sur le territoire d'étude, **Octobre est le mois recevant le plus de précipitations** (3,7mm par jour en moyenne).

Le mois d'aout est celui en recevant le moins, avec 2,4mm par jour en moyenne.

1.3 Précipitations cumulées en mm

Ce paramètre est identique à celui de la page précédente mais il est représenté en volume de précipitations cumulées par mois.

En 2050, l'ensemble des scénarios indique **une augmentation des précipitations annuelles cumulées**, estimée entre 45 (RCP 4.5) et 97 mm (RCP 8.5) en moyenne par an.

Les précipitations devraient fortement augmenter durant le mois de janvier dans l'ensemble des scénarios. À l'inverse, le mois d'octobre devrait perdre en précipitations moyennes.

Le scénario attentiste est celui où l'augmentation des volumes de précipitations serait la plus haute, avec un différentiel très prononcé sur les mois de janvier à mars et durant le mois d'Aout.

Scénarios	Moyenne mensuelle en mm	Val mini en mm	Val max en mm	% d'évolution des volumes mensuels	Évolution en mm des volumes mensuels	Plus forte diminution en mm des volumes mensuels	Plus forte hausse en mm des volumes mensuels
Référence	92	73,3 (fev)	113,7				
Volontariste	99,4	81,6 (aout)	126,7 (dec)	+8%	+7,4mm/mois	-18,2 (oct)	+28,1 (jan)
Intermédiaire	95,8	77,5 (fev)	116,7 (jan)	+4%	+3,8mm/mois	-9 (oct)	+26 (jan)
Attentiste	100,2	89,2 (sep)	115,5 (jan)	+9%	+8,2mm/mois	-6 (oct)	+25,4 (jan)

Sur la période de référence

Sur la période de référence, le territoire reçoit 1104 mm de précipitations en moyenne par an.

Octobre est le mois recevant le plus de précipitations (113,7mm cumulés en moyenne).

Le mois d'aout est celui en recevant le moins, avec 73,3mm cumulés en moyenne.

2050

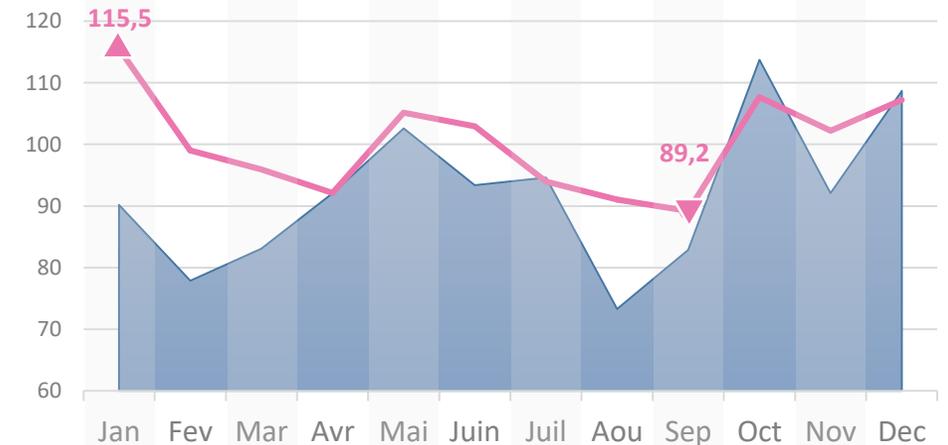
Volontariste



Intermédiaire

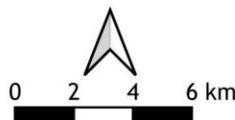


Attentiste

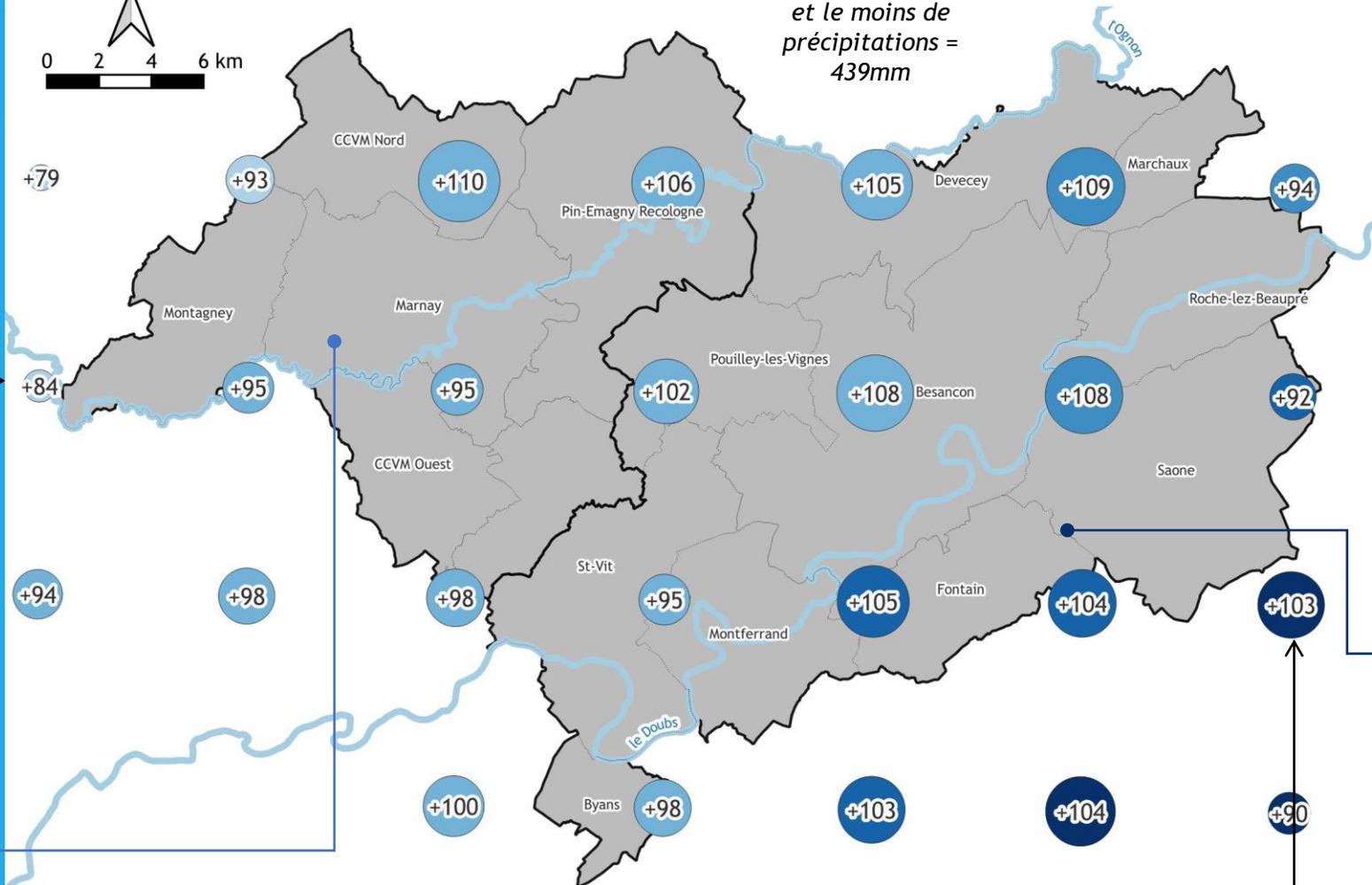


Évolution des précipitations annuelles cumulées selon le scénario attentiste en 2050

AUDAB - Mars 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Différentiel entre points recevant le plus et le moins de précipitations = 439mm



Le Nord du périmètre est concerné par des augmentations des volumes de précipitations annuelles les plus importantes du territoire

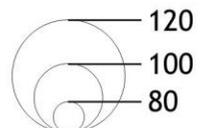
Les secteurs de Fontain et de Saône sont les plus arrosés avec des précipitations supérieures à 1350mm en moyenne. Ils connaîtront de fortes augmentations des pluies annuelles (>100m)

Valeur des volumes précipitations annuelles la plus faible = 1006 mm

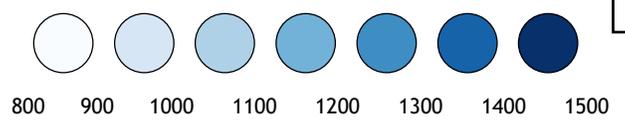
Les volumes de précipitations à l'Ouest du territoire (Secteurs Montagny, Marnay, CCVM Nord, Pin-Emagny-Recologne, Pouilley-les-Vignes, Saint-Vit) sont inférieurs à 1200mm

Valeur des volumes précipitations annuelles les plus élevés = 1445 mm

Écart des précipitations annuelles par rapport à la période de référence (en mm)



Précipitations annuelles cumulées en 2050 (en mm)





Sur la période de référence

Les trois premiers mois de l'année sont ceux dont les précipitations moyennes les jours pluvieux sont les plus faibles (< à 6,5mm par épisode pluvieux).

Entre avril et septembre, une augmentation tendancielle des volumes de précipitations les jours pluvieux est observée. Les jours pluvieux de septembre reçoivent en moyenne 8,6mm de précipitations, représentant la plus haute moyenne mensuelle.

1.4 Précipitations moyennes les jours pluvieux

Ce paramètre mesure le volume de précipitations moyen durant les jours de pluie. Il est différencié des « précipitations quotidiennes moyenne » qui correspondent au cumul de précipitations rapportés au nombre de jours d'une période étudiée.

En 2050, les trois scénarios indiquent une augmentation du volume de précipitations les jours pluvieux (+0,6 mm par mois en moyenne dans les scénarios volontariste et intermédiaire, +0,7 mm dans le scénario attentiste).

Les trois scénarios montrent un consensus pour une forte augmentation des volumes de précipitations moyennes en janvier (+1,2 mm en moyenne) et une stabilisation en septembre.

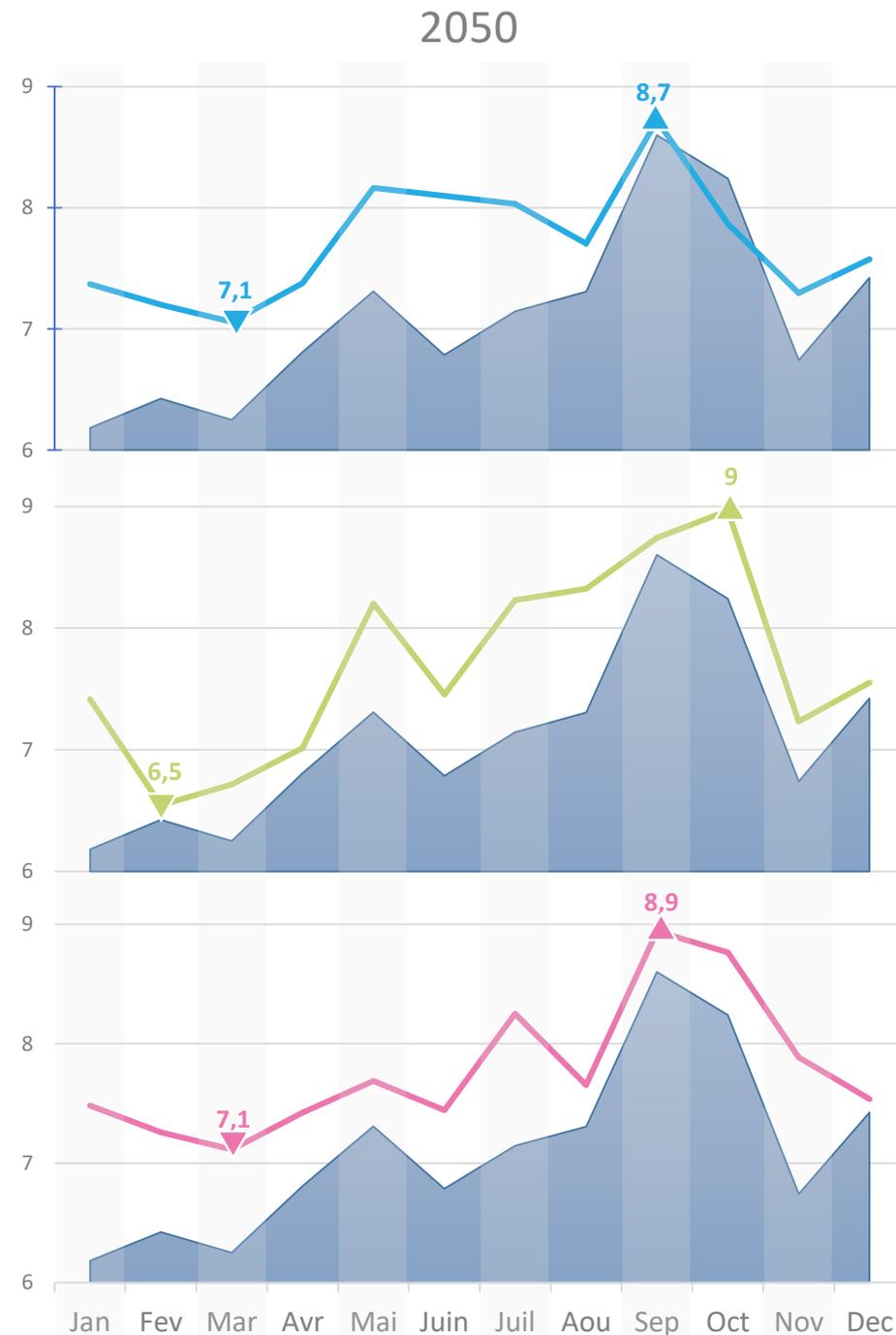
Dans les scénarii volontaristes et attentistes, les trois premiers mois de l'année subiraient une forte augmentation des volumes de précipitations moyennes (entre 0,8 et 1,3mm par épisode).

Scénarios	Moyenne mensuelle en mm	Val mini en mm	Val max en mm	% d'évolution du volume mensuel	Évolution en mm du volume mensuel	Plus faible évolution en mm du volume mensuel	Plus forte évolution en mm du volume mensuel
Référence	7,1	6,2 (jan)	8,6 (sep)				
Volontariste	7,7	7,1 (mar)	8,7 (sep)	+8%	+0,6	-0,4 (oct)	+1,3 (juin)
Intermédiaire	7,7	6,5 (fev)	9 (oct)	+8%	+0,6	+0,1 (fev, sep, dec)	+1,2 (jan)
Attentiste	7,8	7,1 (mar)	8,9 (sep)	+10%	+0,7	+0,1 (dec)	+3 (jan)

Volontariste

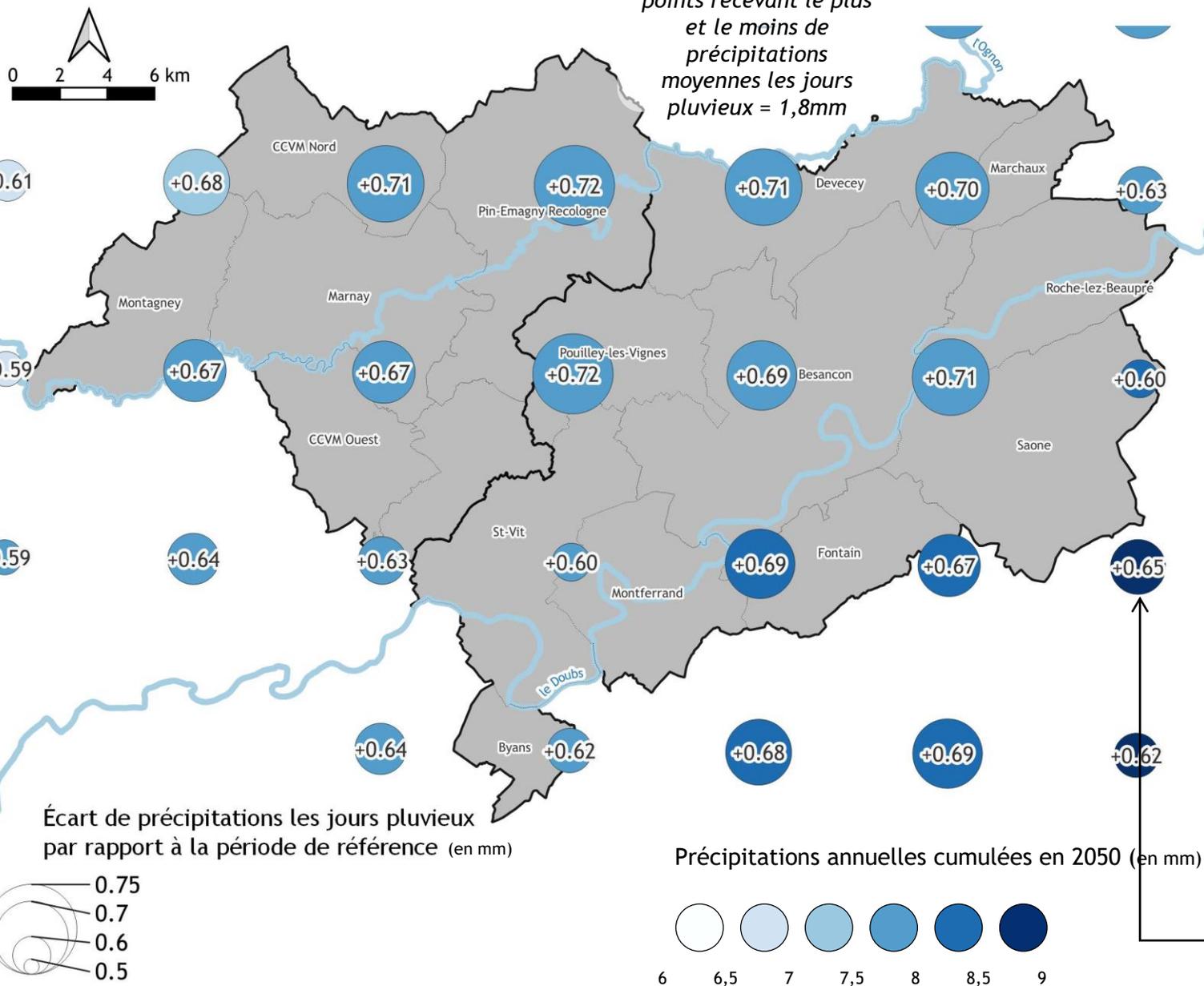
Intermédiaire

Attentiste



Évolution des précipitations moyennes les jours pluvieux selon le scénario attentiste en 2050

AUDAB - Mars 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Les écarts de précipitations moyens par rapport à la période de référence montrent peu de différence d'un point de vue géographique, oscillent entre 0,6 et 0,7mm par épisode

Le premier plateau subit des épisodes pluvieux recevant en moyenne plus de précipitations (entre 8 et 9mm par épisode)

Valeur des volumes précipitations moyennes les jours pluvieux la plus élevée = 8,7 mm

Valeur des volumes précipitations moyennes les jours pluvieux la plus faible = 6,9 mm

1.5 Nombre de jours de pluies

En 2050, les trois scénarios indiquent des trajectoires différentes :

- une légère augmentation du nombre de jours de précipitations moyen dans le scénario volontariste, soutenu par des mois de janvier et décembre plus pluvieux,
- une diminution de 6 jours de pluies en moyenne dans le scénario intermédiaire,
- une stagnation du nombre de jours de pluies dans le scénario pessimiste.

D'autres tendances sont observables dans les trois scénarios :

- une **augmentation du nombre de jours de pluies en moyenne en janvier** (entre 1 et 1,5 jour),
- une **diminution de 2 à 4,5 jours de pluies en moyenne entre mars et juillet**,
- une **diminution de 1 à 2 jours de pluies en moyenne en octobre**.

Scénarios	Moyenne mensuelle en jours	Val mini en mm	Val max en mm	% d'évolution moyenne	Évolution moyenne en jour	Plus forte diminution en jour	Plus forte augmentation en jour
Référence	12,6	8,5 (aout)	14,5 (dec)				
Volontariste	12,6	9,4 (sep),	16,1 (dec)	0	0	-1,7 (oct),	+1,6 (jan, dec)
Intermédiaire	12	9,5 (sep),	15,2 (jen)	-5%	-0,6	-2,1 (oct)	+1,1 (jan)
Attentiste	12,5	8,9 (sep)	15,3 (jan)	-1%	-0,1	-1,8 (juil)	+2,1 (aout)

Sur la période de référence

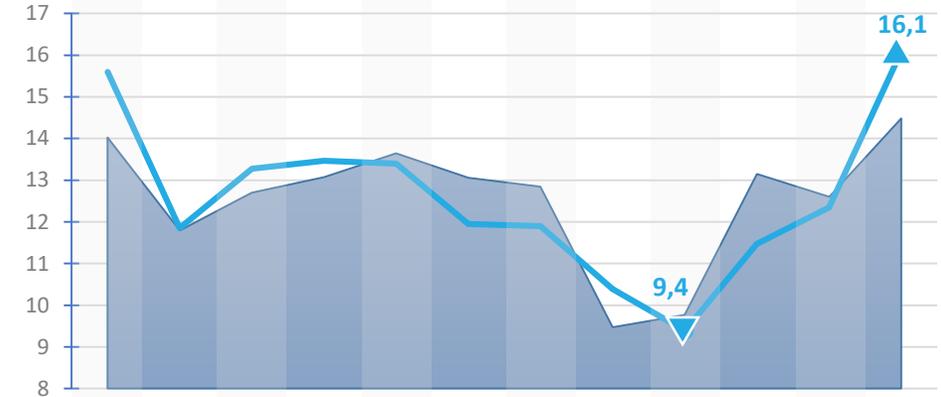
Sur la période de référence, le territoire compte **150 jours de précipitations en moyenne par an**.

Décembre est le mois où le nombre de jours pluvieux est le plus important (14,5 jours).

Le mois d'aout qui en moyenne en connaît le moins (avec 9,5 jours en moyenne).

2050

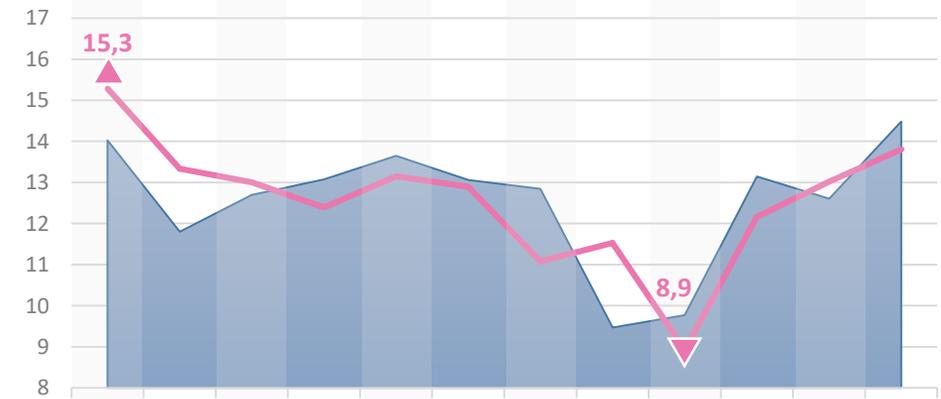
Volontariste



Intermédiaire



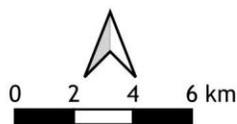
Attentiste



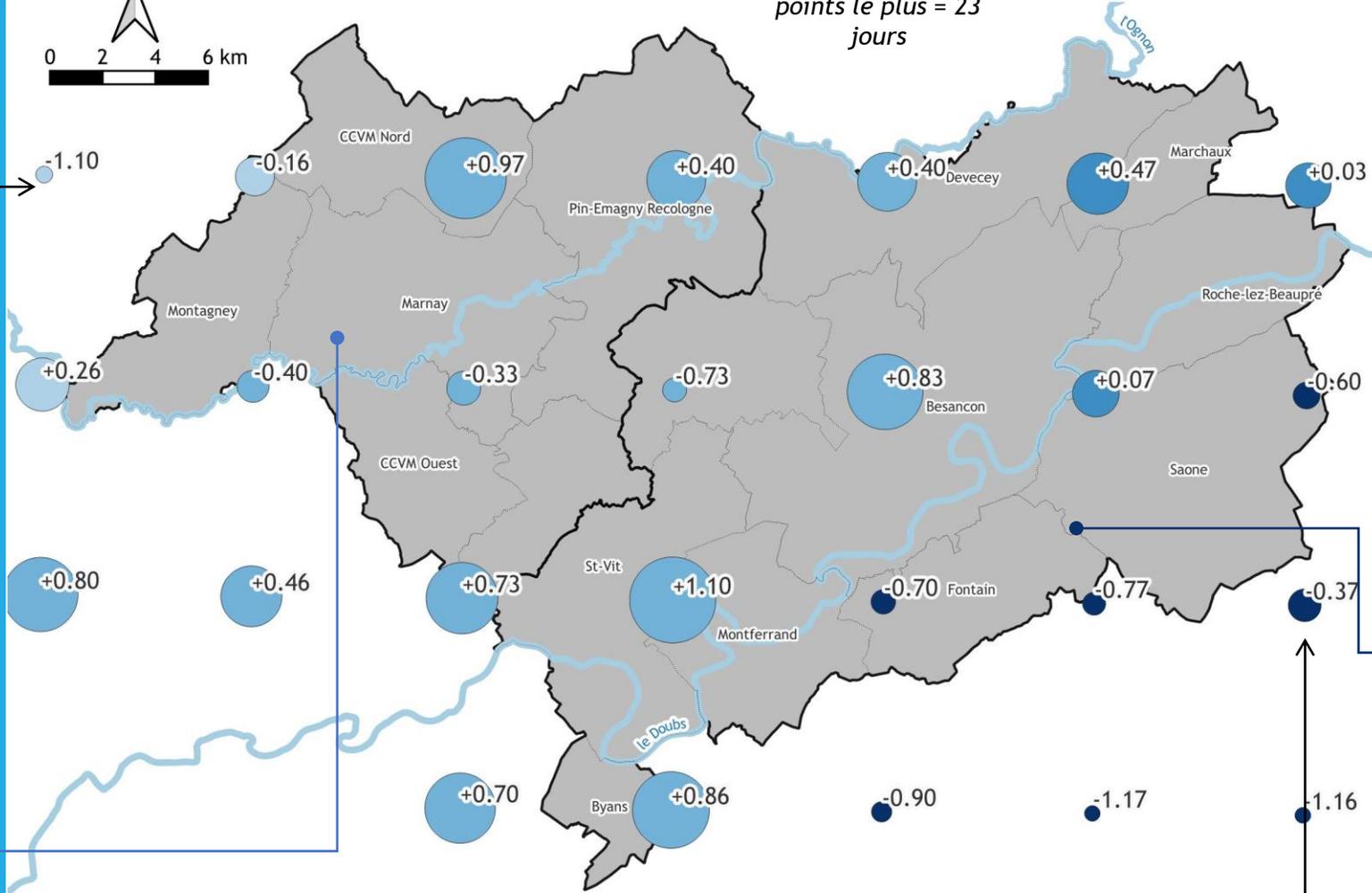
Jan Feb Mar Avr Mai Juin Juil Aou Sep Oct Nov Dec

Évolution du nombre de jours de précipitations par an selon le scénario attentiste en 2050

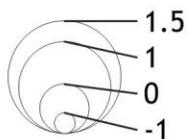
AUDAB - Mars 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



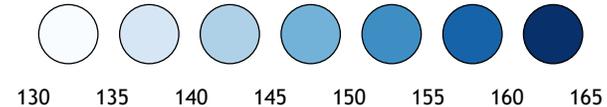
Différentiel entre les points le plus = 23 jours



Écart de nombre de jours de pluies annuel en 205 par rapport à la période de référence



Nombre de jours de précipitations annuelles en 2050



En 2050, on observe une stagnation du nombre de jours de pluies /an. Cette lecture ne nous donne en revanche pas l'évolution de la répartition saisonnière

Les secteurs de Fontain et de Saône sont ceux recevant le plus de précipitations (> à 160 jours en moyenne/an).

Le nombre de jours de précipitations à l'Ouest du territoire est moins important (entre 140 et 150 environs).

Valeur du nombre de précipitations annuelles le plus élevé = 164 jours

Valeur du nombre de précipitations annuelles le plus faible = 141 jours

1.6 Nombre de jours de pluies extrêmes

En 2050, les trois scénarios tendent à indiquer :

- une **augmentation du nombre de jours pluvieux extrêmes**, c'est-à-dire de jours où les volumes de précipitations dépassent 20mm. Ce nombre de jours pourrait être multiplié par 1,9 dans le scénario volontariste, et par 2,4 dans les scénarios intermédiaire et attentiste (soit entre 4 et 5 jours par an),
- La **quasi voire la totalité des mois de l'année serait concernée par des pluies extrêmes** dans l'ensemble des scénarios,
- Le mois de mai ferait l'objet d'une forte augmentation de l'occurrence des pluies extrêmes.

Scénarios	Moyenne mensuelle en jours	Val mini en jours	Val max en jours	% d'évolution moyenne	Évolution moyenne en jours	Plus forte diminution en jours	Plus forte augmentation en mm
Référence	0,17	0 (jan, fev, mar, avr)	0,84 (oct)				
Volontariste	0,32	0 (fev, nov)	0,84 (mai, sep)	+88%	+0,15	-0,45 (oct)	+0,58 (mai, sep)
Intermédiaire	0,41	0 (fev)	0,84 (oct)	+141%	+0,24	0 (fev, oct)	+0,55 (jan)
Attentiste	0,41	0,11 (avr)	0,92 (oct)	+141%	+0,24	+0,03 (dec)	+0,61 (juil)

Sur la période de référence

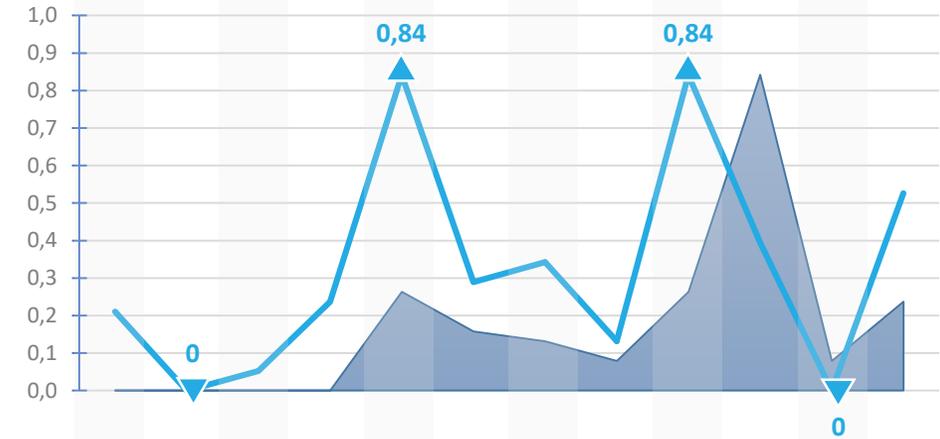
Sur la période de référence, l'indicateur utilisé met en évidence les pluies quotidiennes les plus fortes se produisant **deux jours en moyenne par an** (précipitations > à 20mm).

Les quatre premiers mois de l'année ne reçoivent pas de précipitations extrêmes en moyenne sur cette période.

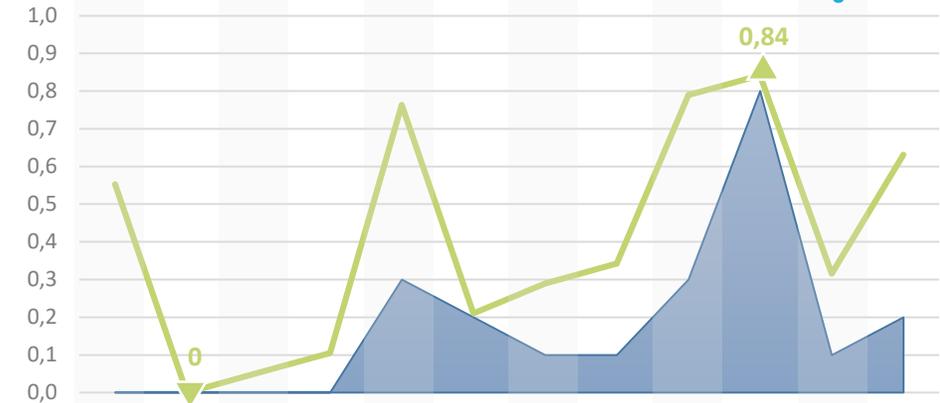
Les épisodes pluvieux extrêmes se déroulent entre mai et décembre, avec un pic en octobre, qui est le mois où l'occurrence des précipitations est la plus élevée (0,84 jour en moyenne).

2050

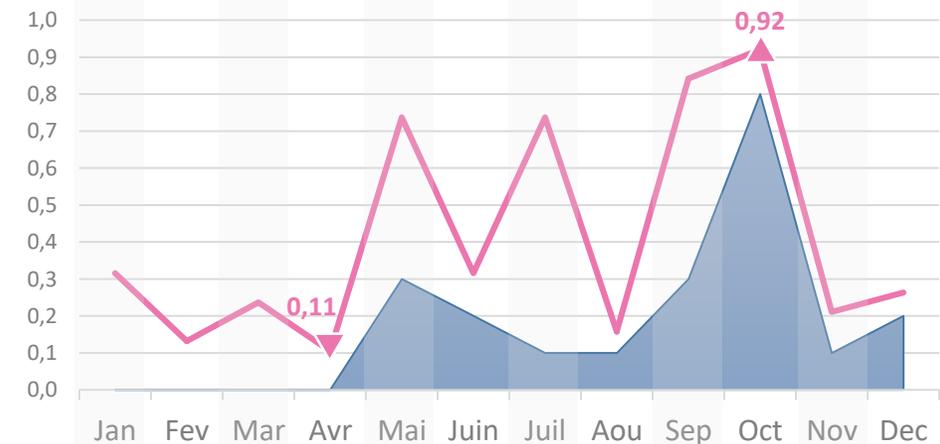
Volontariste



Intermédiaire

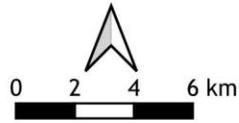


Attentiste

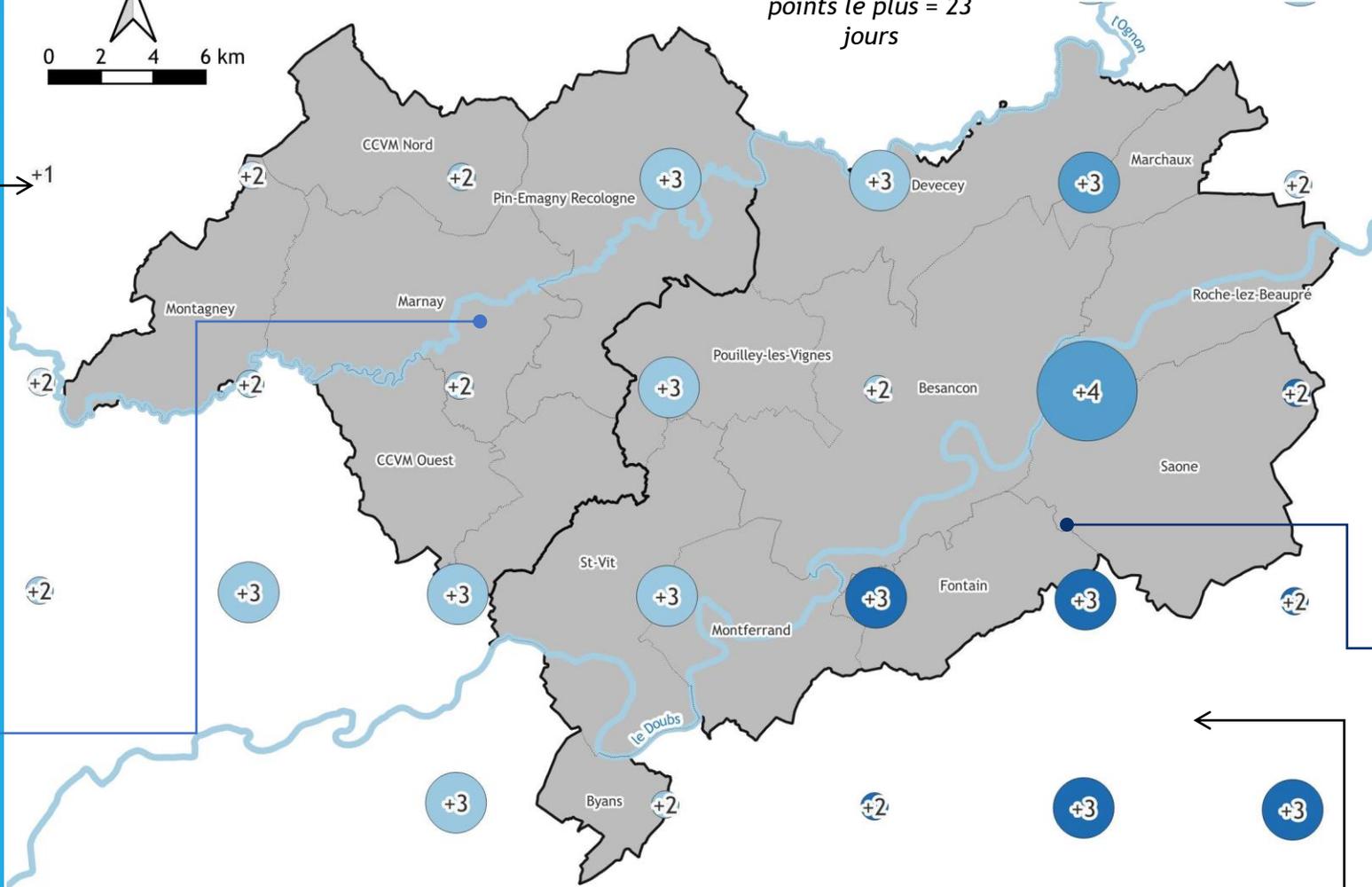


Évolution du nombre de jours de précipitations extrêmes selon le scénario attentiste en 2050

AUDAB - Mars 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Différentiel entre les points le plus = 23 jours



En 2050, on observe une augmentation du nombre de jours de pluies extrêmes entre 1 et 4 jours

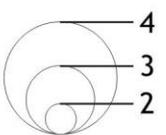
Les secteurs de Fontain et de Saône sont ceux recevant le plus de jours de pluies extrêmes (entre 12 et 14 en moyenne/an).

Valeur du nombre de jours de précipitations annuelles le plus faible = 7 jours

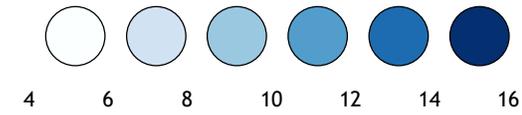
Le nombre de jours de précipitations sur le reste du territoire est moins important (entre 7 et 11 jours/an).

Valeur du nombre de précipitations annuelles le plus élevé = 14 jours

Écart du nombre de jours de pluies extrêmes par rapport à la période de référence



Nombre de jours de précipitations annuelles en 2050



1.7 Périodes de sécheresse météorologique

L'indice calculé ici permet de caractériser l'intensité des périodes de sécheresse météorologique. Un jour est considéré comme sec si les précipitations quotidiennes lui correspondant n'ont pas excédé 1 mm.

Une forte disparité est observée entre les scénarios.

Les trois scénarios s'accordent sur **une diminution du nombre de jours secs en aout** (entre 1,2 et 2,4 jours en moyenne).

Sur la période de référence

Sur la période de référence, l'année subit en moyenne 89 jours sans précipitations.

Aout et septembre sont les mois les plus secs de l'année, avec respectivement 10 et 9 jours en moyenne sans précipitation.

À l'inverse, le mois de juin est celui où le nombre de jours secs est le moins élevé (5,7 jours en moyenne).

Le reste de l'année, le nombre de jours sans précipitation est compris entre 6,7 et 7,7 jours.

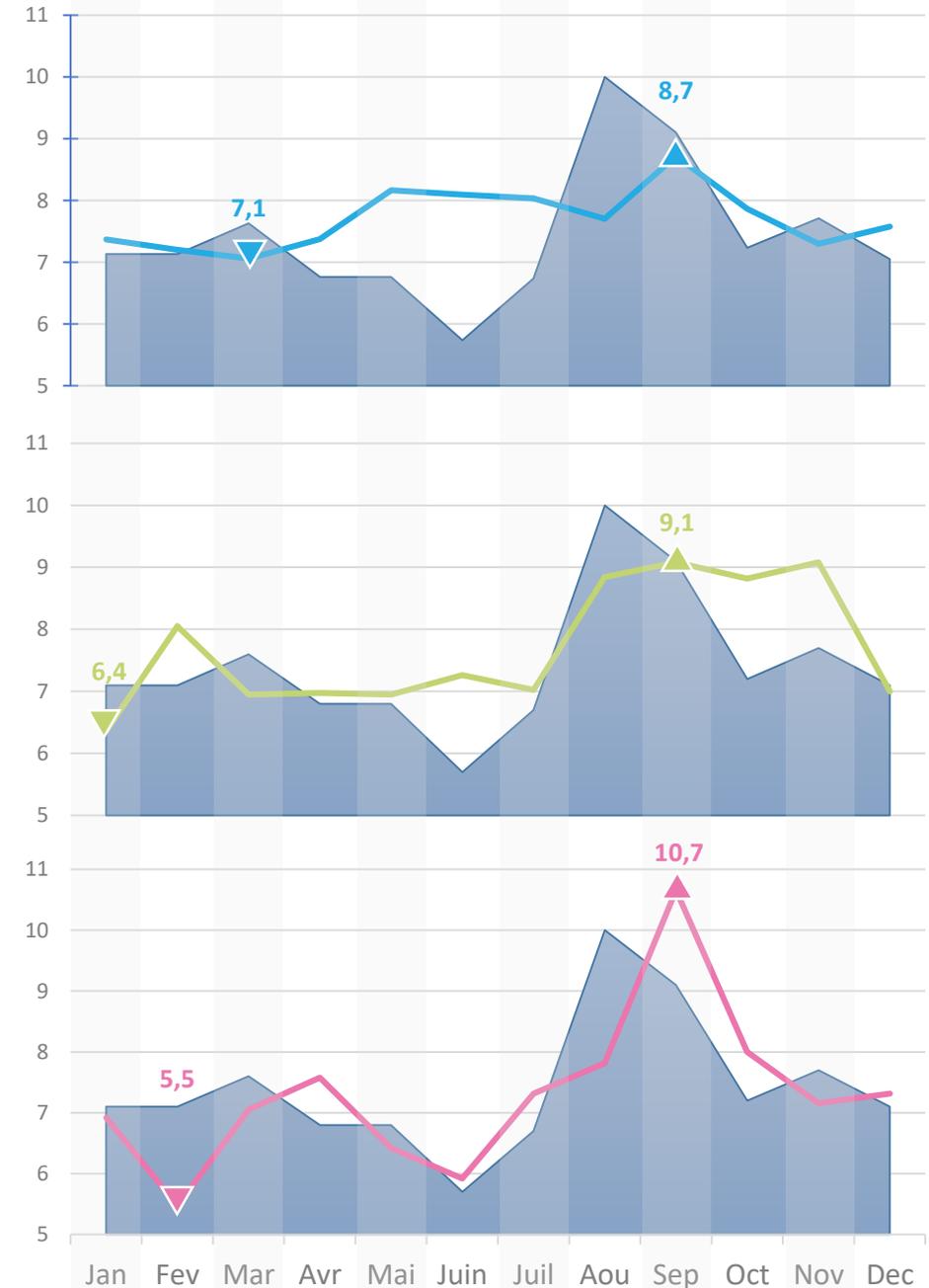
Scénarios	Moyenne mensuelle en jours	Val mini en jours	Val max en jours	% d'évolution moyenne	Évolution moyenne en jours par mois	Plus forte diminution en jours par mois	Plus forte augmentation en jours par mois
Référence	7,4	5,7 (juil)	10 (aout)				
Volontariste	7,2	7,1 (dec)	8,7 (sep)	-3%	-0,2	-2,4 (aout)	+2,1 (juin)
Intermédiaire	7,7	6,4 (jan)	9,1 (sep, nov)	+4%	+0,5	-1,2 (aout)	+1,6 (oct)
Attentiste	7,3	5,5 (fev)	10,7 (sep)	-1%	-0,1	-2,2 (aout)	+1,6 (sep)

Volontariste

Intermédiaire

Attentiste

2050

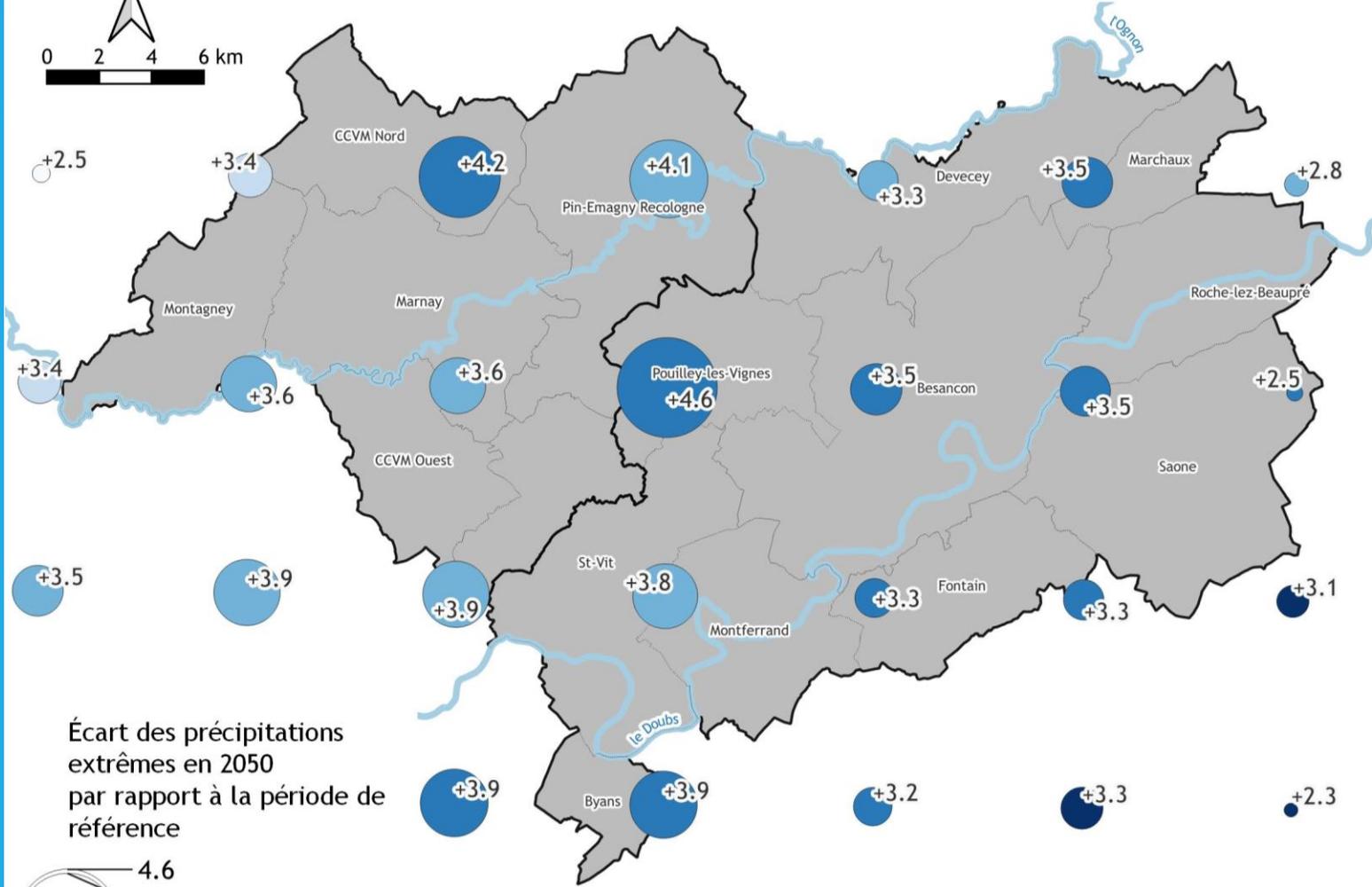
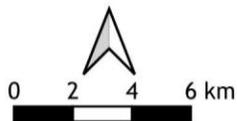




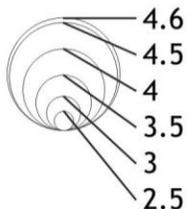
Sur la période de référence

En moyenne, sur la période de référence, les précipitations intenses reçoivent 9,4mm et les précipitations extrêmes 24,6mm.

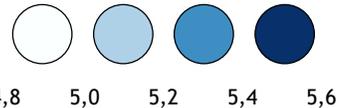
AUDAB - Mars 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Écart des précipitations extrêmes en 2050 par rapport à la période de référence



Volume de précipitations quotidiennes extrêmes en 2050



1.8 Précipitations quotidiennes intenses et extrêmes

Les 10% de précipitations quotidiennes les plus élevées de l'année sont qualifiées de précipitations intenses.

En d'autres termes, le dernier décile représente la moyenne des volumes de précipitations sur les 36,5 jours les plus pluvieux d'une année.

En 2050, selon le scénario attentiste, les précipitations intenses augmenteraient de 0,7 mm et les précipitations extrêmes de 3,4 mm.

Toujours selon ce scénario, le nombre de jours de pluies extrêmes augmenterait de 1,6 jour.



1.8 Synthèse de la partie 1

- Une augmentation des **précipitations annuelles cumulées** dans tous les scénarios,
- Une **augmentation du volume de précipitations les jours pluvieux** dans tous les scénarios,
- En moyenne, **le mois d'Octobre** est celui recevant le plus de précipitations en volume et en nombre de jours. À l'horizon 2050, les trois scénarios s'accordent toutefois sur une baisse significatives des précipitations pour ce mois,
- Une **nette augmentation des précipitations hivernales**,
- Une **diminution de 2 à 4,5 jours de pluies en moyenne entre mars et juillet**,
- Une **augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes**, potentiellement tout au long de l'année. Le mois de mai ferait l'objet d'une forte augmentation de l'occurrence,
- Le secteur du premier plateau est celui le plus arrosé. Le Val Marnaysien est le moins pluvieux.

2. Impacts sur la ressource

2.1 L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est une composante importante du cycle de l'eau. 70% de l'eau reçue sur une zone est renvoyée dans l'atmosphère à travers le processus d'évapotranspiration tandis que les 30% restants constituent un écoulement de surface et souterrain. Elle est dépendante des apports en précipitations, de la capacité du sol à stocker l'eau et du couvert végétal.

Cette partie s'intéresse à l'évapotranspiration réelle cumulée, c'est-à-dire la quantité d'eau restituée à l'atmosphère par le sol et les plantes par des processus d'évaporation (du sol nu et de l'eau interceptée par la végétation) et de transpiration des plantes. Elle est calculée par le modèle SIM2 en fonction de la végétation et de l'état hydrique de chaque maille.

En 2050, l'évapotranspiration annuelle moyenne devrait **augmenter entre 12 et 15%**, selon les différents scénarios. Cette augmentation concernera **tous les mois de l'année** par rapport à la période de référence, quelque soit le scénario. En volume, **les mois les plus impactés par cette augmentation sont mai, juin et juillet.**

Scénarios	Moyenne mensuelle en mm	Val mini en mm	Val max en mm	% d'évolution moyenne	Évolution moyenne en mm par mois	Plus faible augmentation en mm par mois	Plus forte augmentation en mm par mois
Référence	49,2	10,1 (jan, dec)	99,1 (juil)				
Volontariste	56,1	12 (dec)	114,8 (juin)	+14%	+6,9	+1,8 (nov)	+18,7 (juin)
Intermédiaire	55,3	11,5 (dec)	112,2 (juin)	+12%	+6,1	+1,4 (nov, dec)	+16,1 (juin)
Attentiste	56,6	12,8 (dec)	111,4 (juin)	+15%	+7,4	+2,7 (dec)	+16,6 (juin)

Sur la période de référence

Sur le territoire d'étude, la moyenne mensuelle de l'évapotranspiration est de 49,2 mm sur la période de référence.

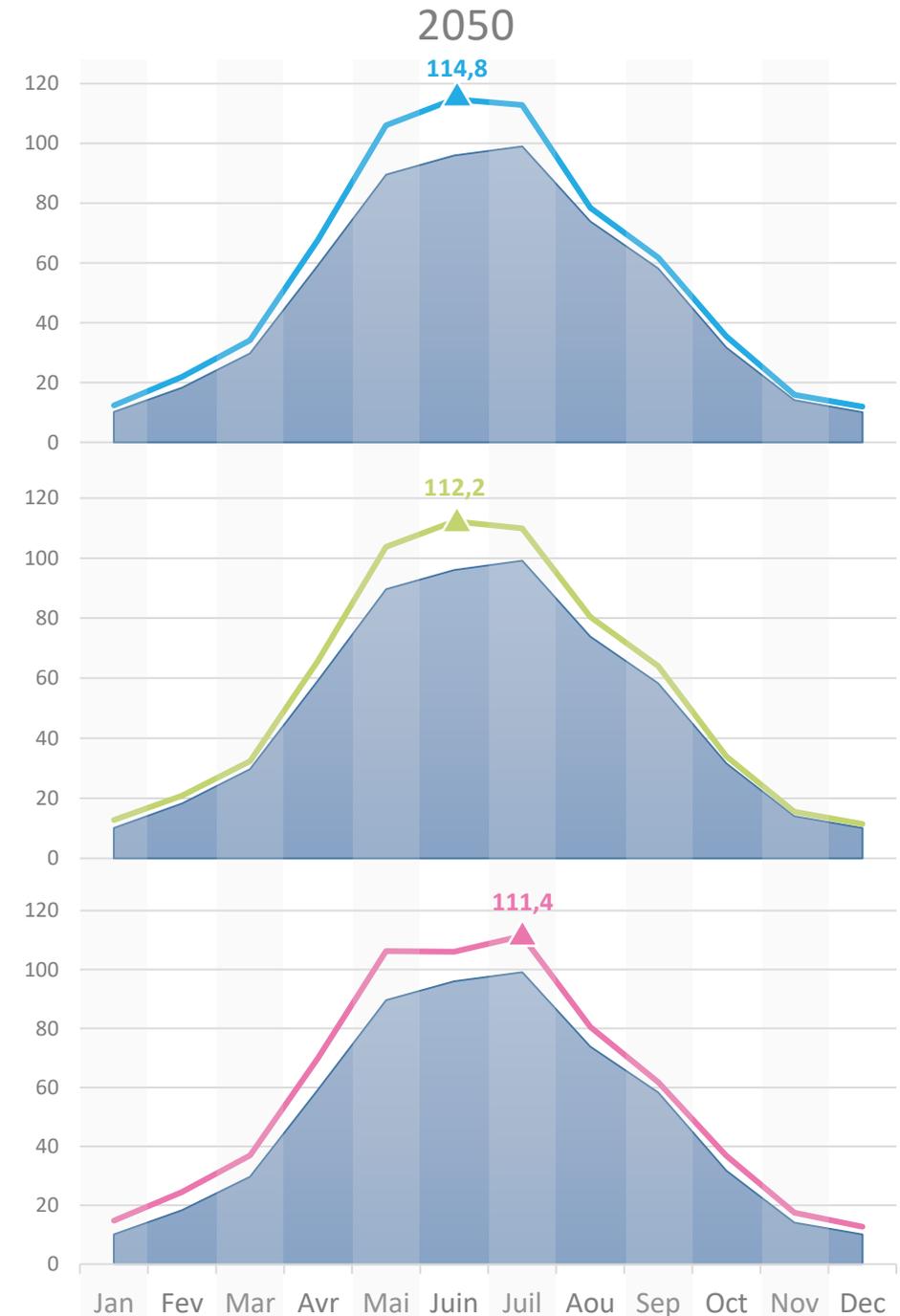
Les mois de juin et juillet correspondent aux périodes durant lesquels l'évaporation est la plus élevée, avec respectivement 96 et 99mm.

À l'inverse, Janvier, Novembre et Décembre sont ceux où l'évapotranspiration est la plus faible.

Volontariste

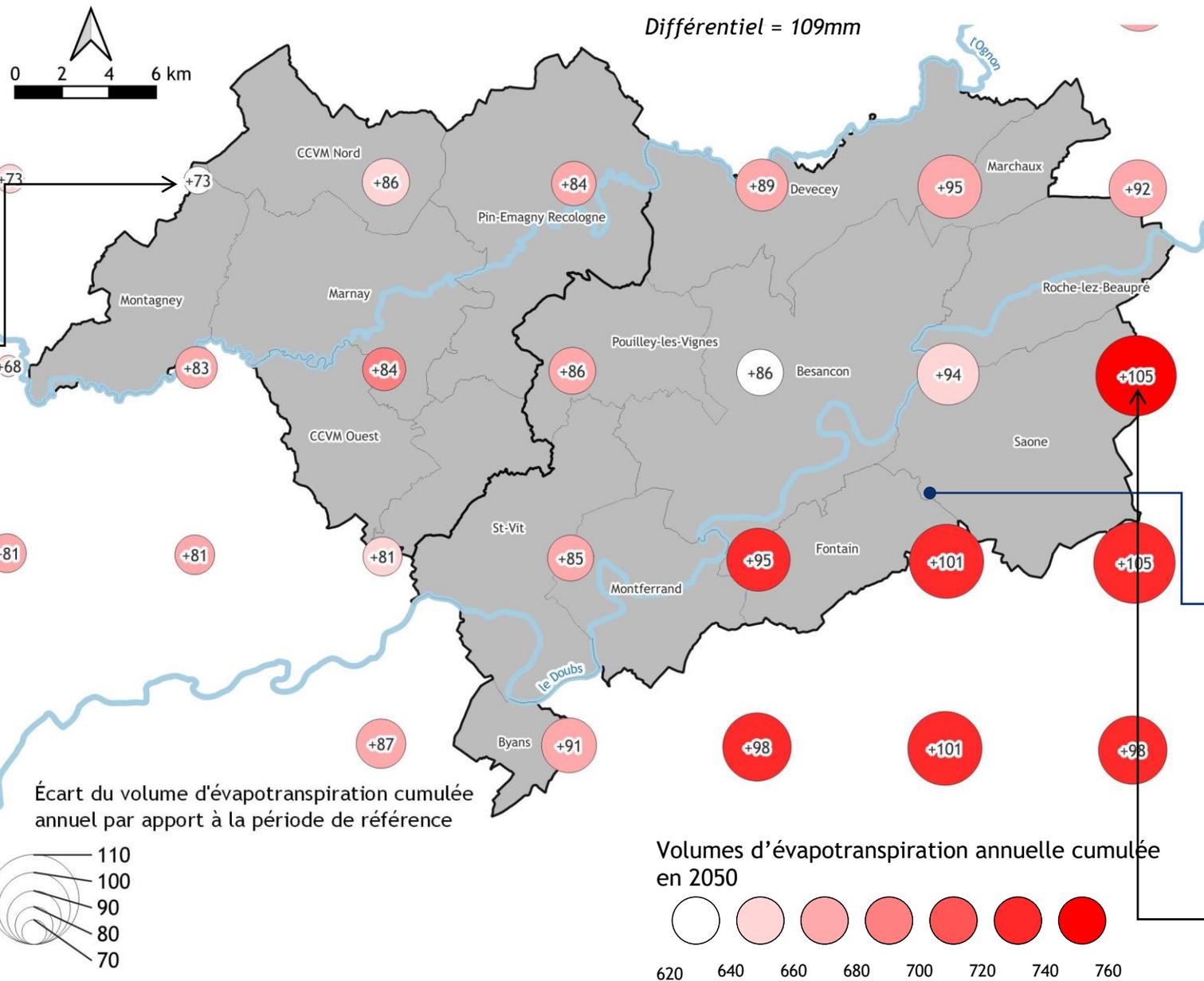
Intermédiaire

Attentiste



Évolution de l'évapotranspiration annuelle cumulée par an selon le scénario attentiste en 2050

AUDAB - Mars 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Valeur du volume d'évapotranspiration cumulée annuel la plus faible = 635mm

En 2050, l'augmentation de l'évapotranspiration cumulée serait comprise entre 68 et 105mm par an

Les secteurs de Fontain et de Saône sont ceux dont le volume d'évapotranspiration cumulée moyenne serait le plus élevé (entre 730 et 745mm par an)

Valeur du volume d'évapotranspiration cumulée annuel la plus élevée = 744mm

2.2 Les pluies efficaces

Ce paramètre estime le cumul des pluies efficaces quotidiennes de la période, c'est-à-dire la différence entre les précipitations totales quotidiennes et l'évapotranspiration réelle quotidiennes. Il s'agit des pluies permettant d'alimenter les nappes et les masses d'eau de surface.

Les trois projections à l'horizon 2050 indiquent :

- Une **tendance à la hausse des pluies efficaces durant les trois premiers mois de l'année en moyenne**, ainsi que durant le mois d'aout,
- Une **diminution des pluies efficaces entre avril et juillet.**

Seul le scénario optimiste montre une augmentation moyenne des pluies efficaces en décembre.

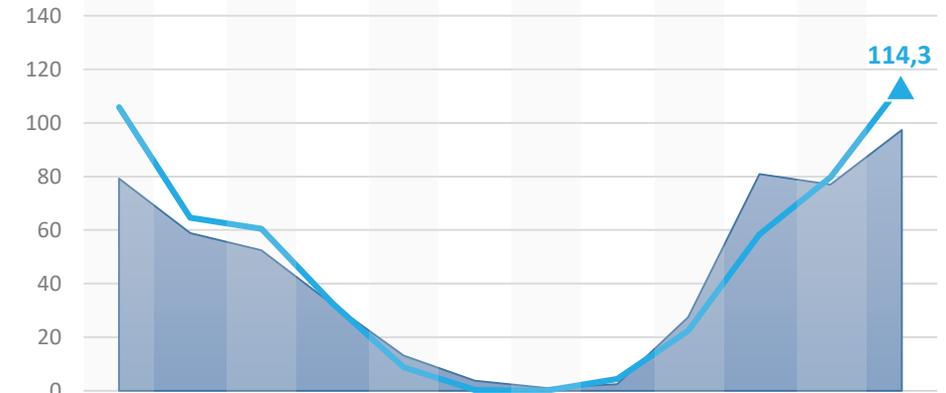
Sur la période de référence

Sur la période de référence, les pluies efficaces sont estimées à 526mm en moyenne par an.

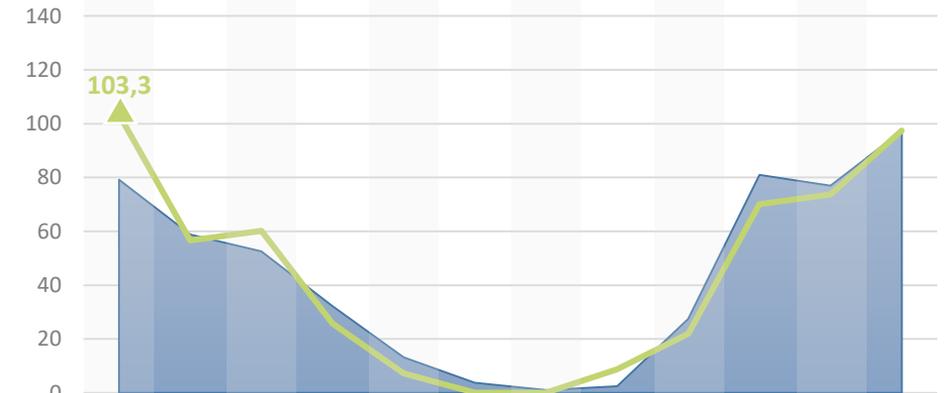
Le mois de décembre est celui recevant en moyenne le plus de pluies efficaces (97mm), tandis que juillet est celui en recevant le moins (1,1mm).

Scénarios	Moyenne annuelle en mm	Val mini en mm	Val max en mm	% d'évolution moyenne	Évolution moyenne en mm par an	Plus forte diminution en mm par mois	Plus forte augmentation en mm par mois
Référence	526,1	1,1 (juil)	97,3				
Volontariste	551,9	0 (juil)	114,3	+5	+25,9	-22 (oct)	+26 (jan)
Intermédiaire	525,1	0 (jui – juil)	103,3	0%	-1	-10,8 (oct)	+24,1 (jan)
Attentiste	555,6	0 (jui)	100,7	+5,6%	+30,5	-14,1 (mai)	+20,6 (jan)

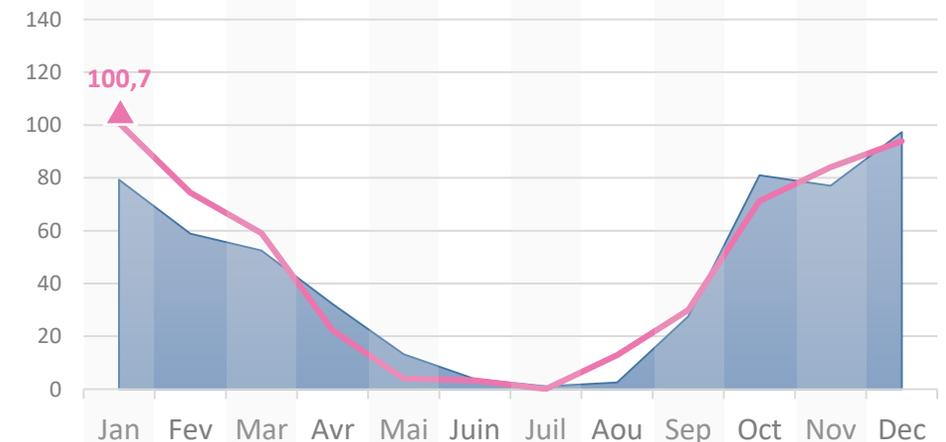
Volontariste



Intermédiaire



Attentiste



2.3 Le drainage

Cette partie s'intéresse à la quantité d'eau qui s'écoule à la base du sol superficiel vers une couche non-saturée. C'est une source d'alimentation des nappes aquifères.

La variable drainage du modèle SIM2 représente l'infiltration et donne une information sur la contribution à la recharge des nappes souterraines, pouvant elles-mêmes soutenir les écoulements durant la période d'étiage, même si ces processus sont beaucoup plus complexes.

L'indicateur le plus pertinent est le cumul de drainage sur la période de recharge du 1^{er} septembre au 31 mars. À l'horizon 2050, les trois projections montrent :

- Une baisse globale du drainage de septembre à décembre,
- Une augmentation du drainage de janvier à mars.

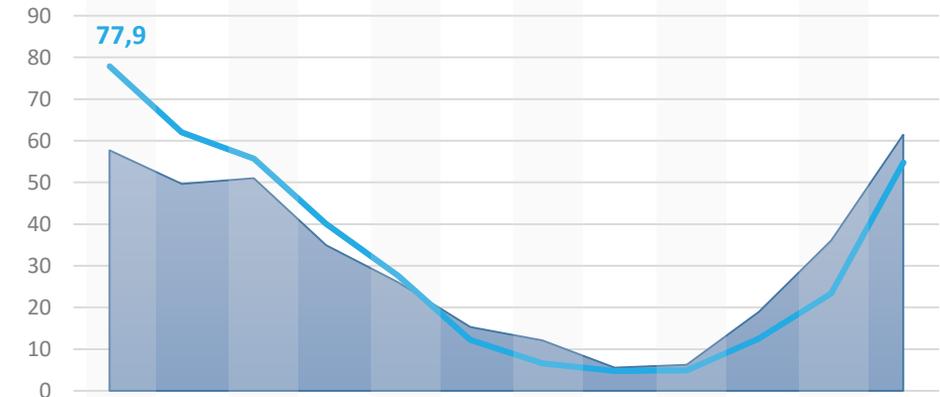
Scénarios	Moyenne annuelle en mm	Val mini en mm	Val max en mm	% d'évolution moyenne	Évolution moyenne en mm par an	Plus forte diminution en mm par mois	Plus forte augmentation en mm par mois
Référence	375	5,6 (aou)	61,5 (dec)				
Volontariste	382	4,7 (aou)	77,9 (jan)	+2%	+7,4	-12,7 (nov)	+20,1 (jan)
Intermédiaire	357	3 (sep)	72,1 (jan)	-4,7%	-17,7	-9,5 (dec)	+14,3 (jan)
Attentiste	393	5,3 (aou)	72,8 (jan)	+4,9%	+18,3	-7 (dec)	+15,1 (jan)

Sur la période de référence, le territoire draine en moyenne 375mm/an de la base du sol vers une nappe aquifère.

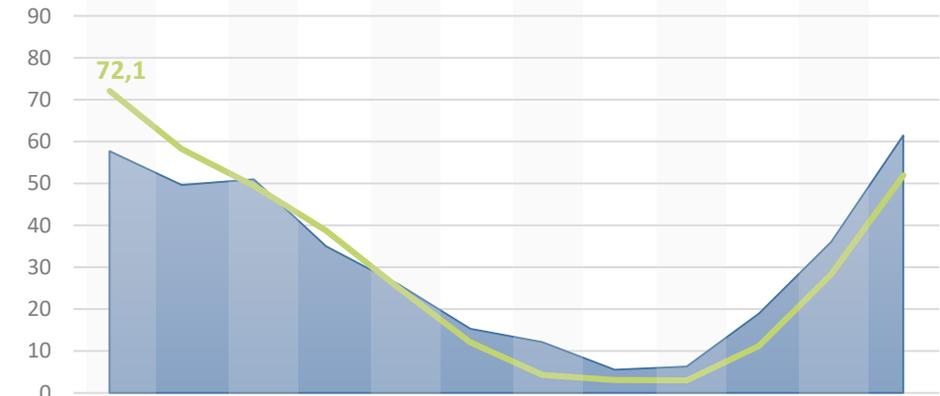
La période de septembre à mars contribue à 75% du drainage annuel.

2050

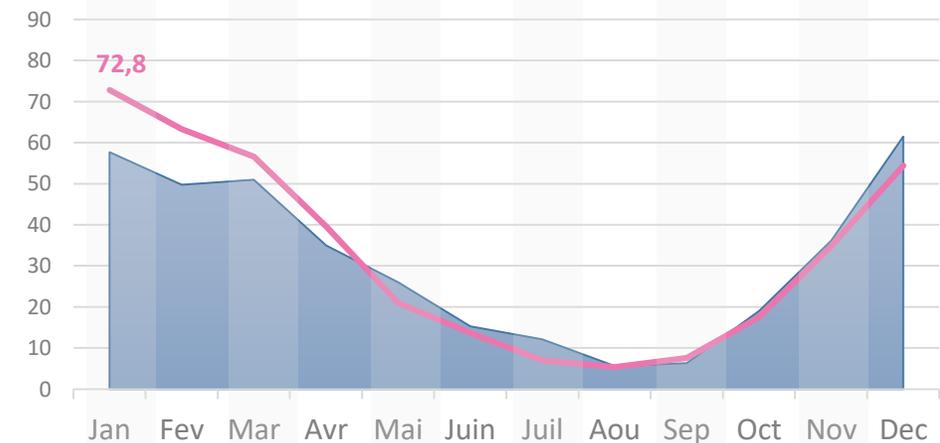
Volontariste



Intermédiaire



Attentiste



2.4 Projection des variations de la recharge des nappes à l'horizon 2046-2065

Les résultats s'appuient notamment sur des hypothèses de légère diminution des prélèvements pour le milieu agricole, et de -50 % pour l'industrie.

Le projet Explore 2070 a établi une quantification de l'impact du changement climatique sur l'aspect quantitatif des eaux souterraines à l'échelle de la France.

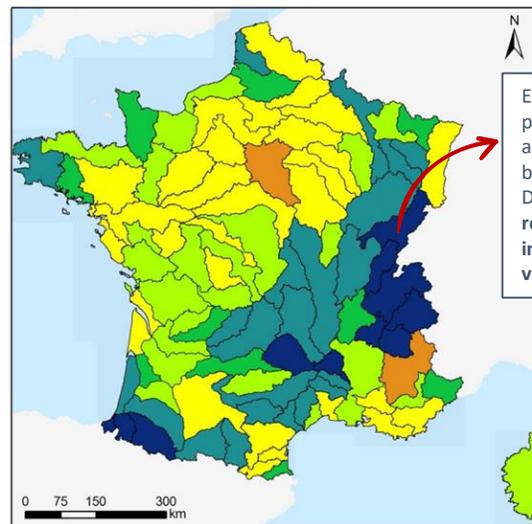
L'examen des cartes ci-dessous montre des tendances moyenne, minimale et maximale de la recharge à la baisse de la recharge. La **baisse moyenne** est comprise **entre 10 et 20%** à l'échelle du bassin versant du Doubs, et **des baisses maximales comprises entre 30 et 40%**. L'augmentation de l'évapotranspiration en est la principale cause. D'autres facteurs entre également en compte dans la recharge (ruissellement, imperméabilisation des sols, pratiques agricoles,...).

Cette approche détermine uniquement une tendance d'évolution de la recharge provenant des précipitations, mettant en évidence la vulnérabilité des aquifères dont la recharge se fait principalement par les précipitations telles que les aquifères karstiques.

L'assèchement des sols et la diminution de la disponibilité des eaux de surface tendront à augmenter les prélèvements sur les eaux souterraines. Cela entraîne un risque de surexploitation pouvant aggraver la diminution des débits des rivières car les eaux souterraines contribuent au débit de la majorité d'entre elles, notamment à l'étiage.

Recharge Temps présent

51 - 100 mm	151 - 200 mm	251 - 400 mm
< 50 mm	101 - 150 mm	201 - 250 mm
		> 401 mm



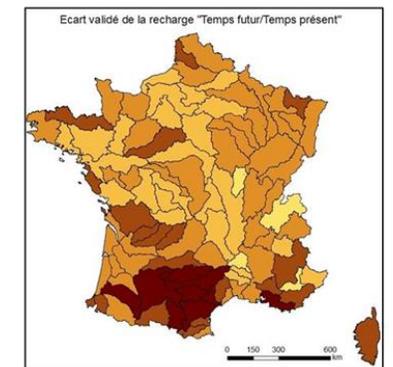
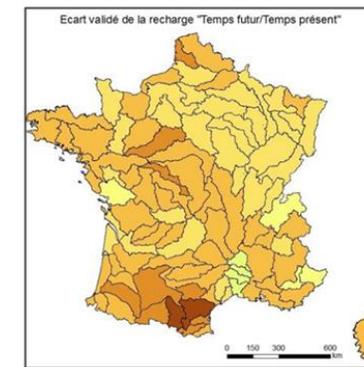
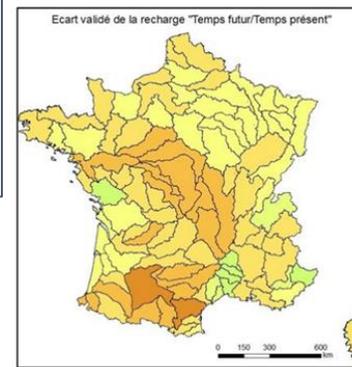
Recharge des nappes sur la période de référence

Estimation des pluies efficaces annuelles du bassin versant du Doubs : Taux de recharge important en valeur absolue

Variation moyenne de la recharge (en %)

Hausse
Entre 10 et 30
Entre 0 et 10

Baisse
Entre -10 et 0
Entre -20 et -10
Entre -30 et -20
Entre -40 et -30
Entre -50 et -40
>-50



Évolutions de la recharge des nappes selon leurs valeurs statistiques minimum (à gauche), médiane (au milieu) et maximum (à droite) à l'horizon 2046 - 2065



Toutes les modélisations réalisées montrent une baisse du niveau moyen mensuel des nappes liée à la baisse de la recharge

2.5 La sécheresse des sols - « sécheresses agricoles »

Cet indicateur calcule le nombre de jours où le SWI (Soil Wetness Index) < 0.4. **Le SWI est un indicateur de sécheresse du sol** - il est le rapport entre l'eau utilisable par la plante, sur l'eau utilisable par la plante si le sol était parfaitement saturé d'eau (après écoulement gravitaire). Le SWI dépend donc de l'humidité du sol mais aussi de la nature des sols.

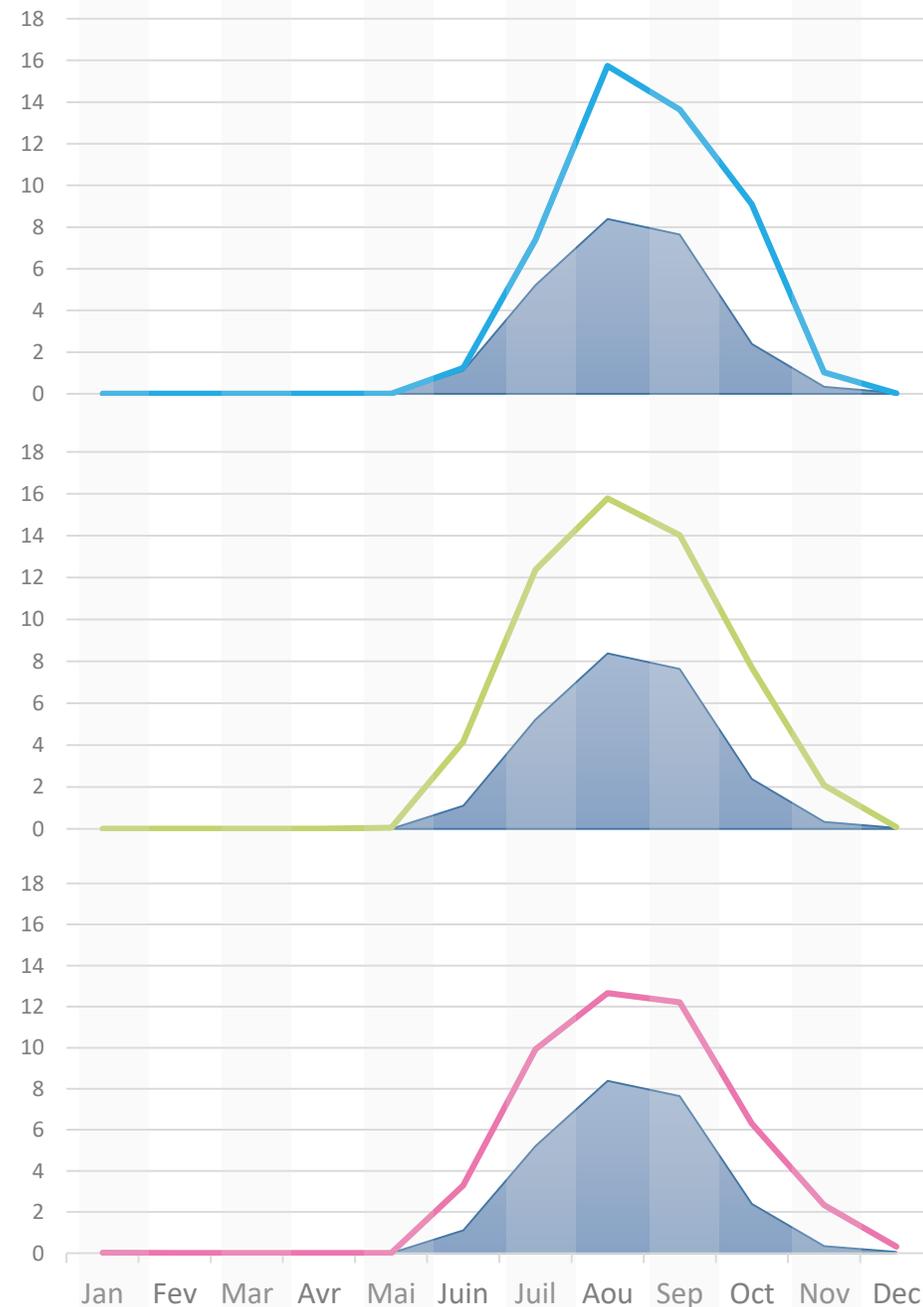
Ainsi un SWI de 0.4 indique que **la réserve utile** pour les plantes est rempli à 40%. **Un SWI négatif indique qu'il n'y a plus d'eau disponible pour les plantes.** C'est pour cela que le SWI dépend de la nature des sols.

Dans cette analyse, l'indicateur est donné à la fréquence mensuelle, saisonnière et annuelle. L'addition permet les séries temporelles saisonnières et annuelles.

En 2050, **le nombre de jours de sécheresse des sols pourrait atteindre entre 47 et 56 jours selon le scénario.** Les périodes de sécheresses seraient sensiblement les mêmes que sur la période de référence (mai à décembre). Dans le scénario attentiste, l'augmentation serait aussi importante en été qu'en automne (+10 jours environ pour chaque saison) tandis qu'elle serait plus importante en automne dans les deux autres scénarios (+15 jours).

Sur la période de référence, le territoire connaît 25 jours de sécheresse des sols, dont 15 jours en été et 10 jours en automne.

Volontariste



Intermédiaire

Attentiste



2.6 Synthèse de la partie 2

- Une **augmentation d'environ 15% de l'évapotranspiration**. Les mois les plus impactés sont mai, juin et juillet
- La variation du régime de précipitations annuelles permet une augmentation du volume de pluies efficaces l'hiver, **au profit des cours mais au détriment des nappes souterraines** :
 - Une **baisse annuelle entre 10 et 20% du niveau médian des nappes** à l'échelle du bassin versant du Doubs,
 - Des baisses maximales annuelles comprises entre 30 et 40% à l'échelle du bassin versant du Doubs.
- Une baisse globale du drainage de septembre à décembre, une augmentation du drainage de janvier à mars,
- **Deux fois plus de jours de sécheresse des sols** en moyenne annuelle.

3. Débits des cours d'eau

3.1 Repères méthodologiques

Le modèle SIM2 - DRIAS 2020 est un modèle hydrologique estimant l'évolution des débits de 853 stations en France. Parmi elles, deux d'entre elles sont situées sur le territoire du SCoT de l'agglomération bisontine : l'Ognon à Chevigny et le Doubs à Besançon. L'ensemble de ces données sont disponibles sur le portail DRIAS.

L'approche dans le cadre de cette synthèse est une **approche par saison**. Pour chacune d'entre elles, les **débits médians** sont estimés à l'horizon 2050 (**2041-2070**) par rapport à la période de référence (**1976-2005**). Pour compléter l'analyse, les estimations seront également données au pas de temps mensuel. Trois indicateurs sont pris en compte, selon une approche statistique : les débits minimums, les débits médians et les débits maximums.

Ces indicateurs permettent de caractériser l'évolution du régime **hydrologique médian, des débits basses eaux et de hautes eaux**. Ces évolutions ne tiennent pas compte des interventions humaines sur les cours d'eau (barrages, prélèvements pour l'irrigation et autres usages etc.).

Données de la période de référence. Elles rendent compte du fonctionnement actuel des cours d'eau en utilisant les données issues de la Banque Hydro

Évolutions entre simulations présentes et futures pour chaque indicateur hydrologique sont Les paramètres calculés sont le pourcentage d'évolution des Q, Q95 et de la médiane entre les périodes 1976-2005 et 2041-2070

Nom du cours d'eau		Jan	Fév	Mars	
Données de la période de référence. Elles rendent compte du fonctionnement actuel des cours d'eau en utilisant les données issues de la Banque Hydro	Débits minimums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s				
	Débits médians mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s				
	Débits maximums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s				
Évolutions entre simulations présentes et futures pour chaque indicateur hydrologique sont Les paramètres calculés sont le pourcentage d'évolution des Q, Q95 et de la médiane entre les périodes 1976-2005 et 2041-2070	Δ	Évolution du débit minimum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)			
		Évolution du débit médian mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)			
		Évolution du débit maximum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)			

- Les **débits minimums** correspondent aux quantiles 5 (Q5), c'est-à-dire aux 5% des valeurs les plus faibles des débits journaliers observés sur la période de référence durant le mois concerné,
- Les **débits médians** sont déterminés par le quantile 50 (Q50). Il s'agit de la valeur seuil pour laquelle 50 % des débits journaliers ont une valeur inférieure ou égale à la médiane et 50 % des débits journaliers ont une valeur supérieure ou égale.
- Les **débits maximums** correspondent aux quantiles 95 (Q95), c'est-à-dire aux 5% des valeurs les plus fortes des débits journaliers observés durant le mois concerné.



Sur la période de référence

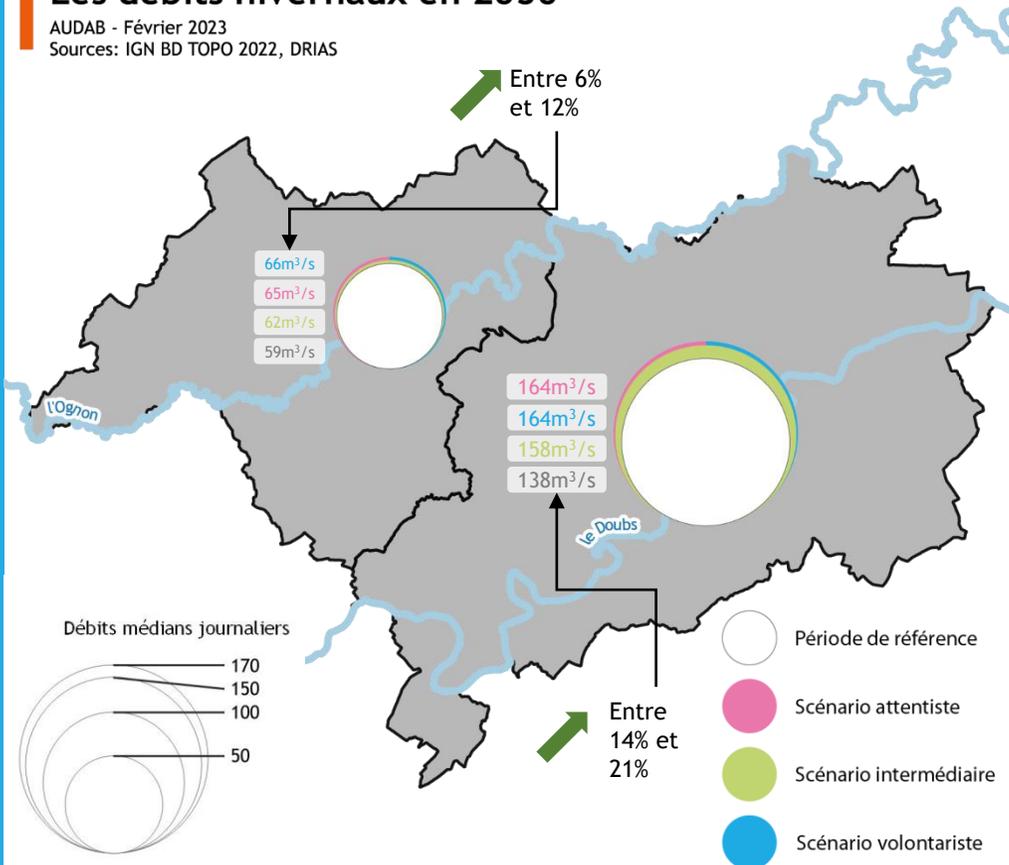
L'hiver est la saison où les débits médians sont les plus forts. Décembre connaît les débits plus importants de l'année : 156 m³/s pour le Doubs, 63,7 pour l'Ognon. Le risque de crue est davantage soutenu en janvier, avec 398 m³/s de débits maximums pour le Doubs, 126 pour l'Ognon.

Sur la période de référence, les débits hivernaux journaliers moyens sont estimés à :

- 138,1 m³/s pour le Doubs à Besançon,
- 58,5 m³/s pour l'Ognon à Chevigny.

Les débits hivernaux en 2050

AUDAB - Février 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Les projections climatiques indiquent en 2050 :

- Une **augmentation des débits hivernaux, quelque soit le scénario étudié. Dans le scénario attentiste, celle-ci semble soutenue par les débits des mois de janvier et février. La forte augmentation des débits maximum de l'Ognon en janvier (+14%) plaide pour une intensification des crues. En revanche, les débits durant le mois de décembre devraient baisser, réduisant le risque de crue durant cette période,**
- Selon le scénario attentiste, le Doubs devrait connaître des augmentations de débits médians plus importantes que celles de l'Ognon, mais si ces dernières resteraient significatives.

3.2 Les débits hivernaux en 2050

Le Doubs à Besançon		Dec	Jan	Fév
Débits minimums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		73,2	72,9	68,8
Débits médians mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		156,2	129	129,2
Débits maximums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		353,3	398	363
Δ	Évolution du débit minimum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-0,5	+29,5	+47,7
	Évolution du débit médian mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-8,7	+43,1	+27
	Évolution du débit maximum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-17,4	+1,1	-11

L'Ognon à Chevigny		Dec	Jan	Fév
Débits minimums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		30,8	33,7	30,2
Débits médians mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		63,7	56,4	55,5
Débits maximums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		124,4	126,9	120,9
Δ	Évolution du débit minimum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-8,6	+17,8	+35,5
	Évolution du débit médian mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-12,3	+30,8	+17,5
	Évolution du débit maximum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-8,9	+14,2	-3



Sur la période de référence

Les débits médians du printemps sont également importants, particulièrement en mars et en avril, avant de connaître une diminution plus significative en mai.

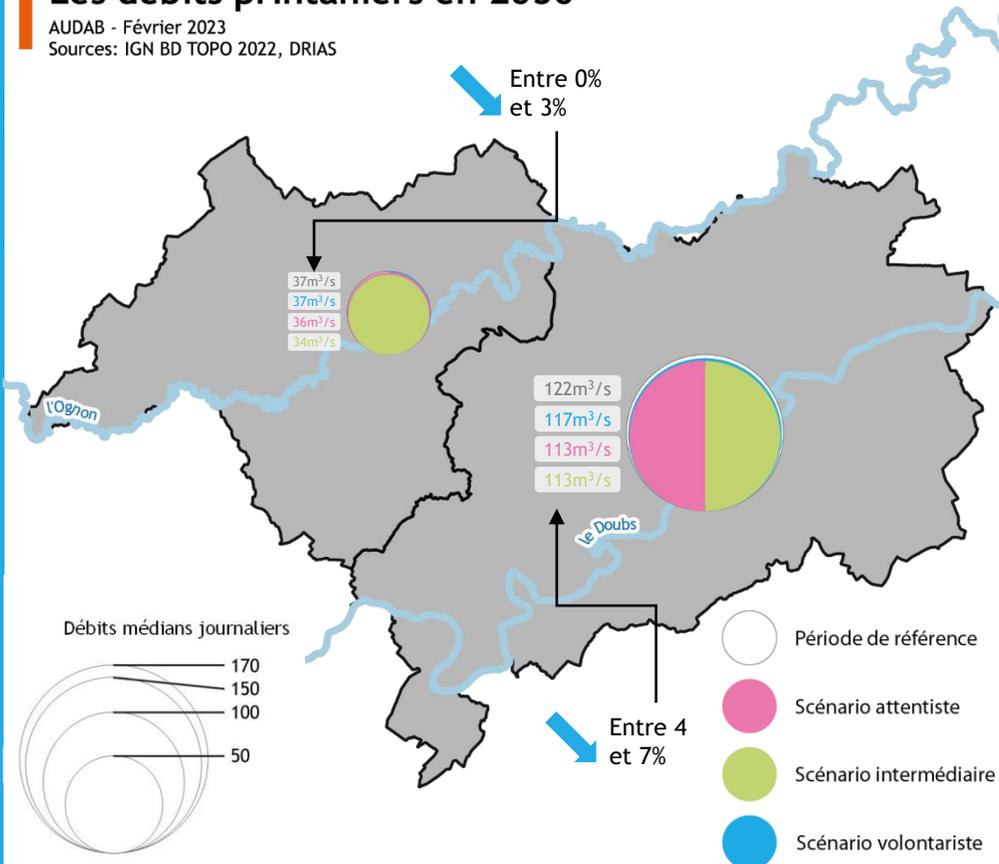
En avril, les débits médians du Doubs sont à la hausse par rapport à janvier et février, tandis qu'il continue à baisser régulièrement pour l'Ognon.

Les débits printaniers médians sont estimés à :

- 121,8m³/s pour le Doubs à Besançon,
- 37,2m³/s pour l'Ognon à Chevigny.

Les débits printaniers en 2050

AUDAB - Février 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Les projections indiquent en 2050 :

- Une **faible variation des débits printaniers**. Dans le scénario attentiste, une **stagnation des débits médians en mars et avril** est observée. La baisse des débits est plus importante pour le mois de mai,
- La **diminution est plus marquée pour les débits minimums d'avril et de mai**, indiquant des périodes de sécheresse plus marquées dès le milieu du printemps.

3.3 Les débits printaniers en 2050

Le Doubs à Besançon		Mars	Avril	Mai
Débits minimums sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		83,8	84,6	44,4
Débits médians sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		148,8	136	80,4
Débits maximums sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		275,4	224,1	181,8
Δ	Évolution du débit minimum entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	+1,2 ↗	-28,2 ↘	-20,3 ↘
	Évolution du débit médian entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-1,3 ↘	-12,3 ↘	-7,5 ↘
	Évolution du débit maximum entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	+2,4 ↗	+3,2 ↗	-6,9 ↘

L'Ognon à Chevigny		Mars	Avril	Mai
Débits minimums sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		30,7	22,2	12,6
Débits médians sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		49,7	37,7	24,1
Débits maximums sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		84,2	61	55,2
Δ	Évolution du débit minimum entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-2,4 ↘	-14,9 ↘	-22,1 ↘
	Évolution du débit médian entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	+0,8 ↗	+0,4 ↗	-11,1 ↘
	Évolution du débit maximum entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	+13 ↗	+23,7 ↗	-17 ↘



Sur la période de référence

L'été est la période où les débits médians sont les plus faibles de l'année.

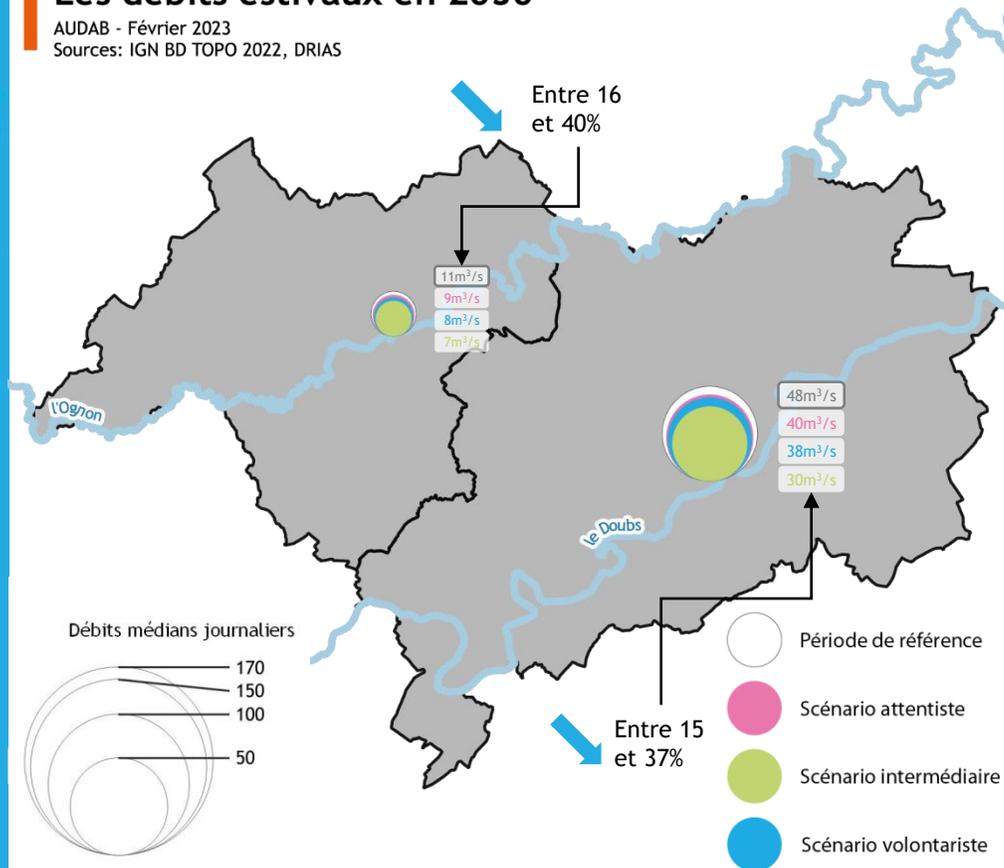
Les débits sont particulièrement faibles durant le mois d'août.

Les débits estivaux médians sont estimés à :

- 47,8m³/s pour le Doubs à Besançon,
- 10,8m³/s pour l'Ognon à Chevigny.

Les débits estivaux en 2050

AUDAB - Février 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Les projections indiquent à l'horizon 2050 :

- Une **diminution des débits minimums et médians durant les trois mois de l'été** pour les deux cours d'eau, laissant supposer des étiages plus sévères,
- Une **très forte diminution des débits durant le mois de juillet**. Les débits d'étiage de l'Ognon pourraient diminuer de moitié et ceux du Doubs de 37%. Les débits médians diminueraient également de manière significative avec une diminution de près d'un tiers des débits.

3.3 Les débits estivaux en 2050

Le Doubs à Besançon		Juin	Juil	Aout
Débits minimums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		32,9	23,6	13,2
Débits médians mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		58,6	51,2	32,8
Débits maximums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		128,8	117,9	82,7
Δ	Évolution du débit minimum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-25,2 ↓	-37,1 ↓	-7,3 ↓
	Évolution du débit médian mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-9,8 ↓	-32,6 ↓	-19,2 ↓
	Évolution du débit maximum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	+12,7 ↑	-19,2 ↓	+8,8 ↑

L'Ognon à Chevigny		Juin	Juil	Aout
Débits minimums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		7,7	6	3,4
Débits médians mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		13,8	11,1	7,5
Débits maximums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		34,8	31,3	24,8
Δ	Évolution du débit minimum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-24,8 ↓	-50,7 ↓	-18,7 ↓
	Évolution du débit médian mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-8,2 ↓	-31,2 ↓	-8 ↓
	Évolution du débit maximum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	+11,7 ↑	-27,1 ↓	+7,9 ↑



Sur la période de référence

De septembre à novembre, les débits réaugmentent fortement d'un mois à l'autre.

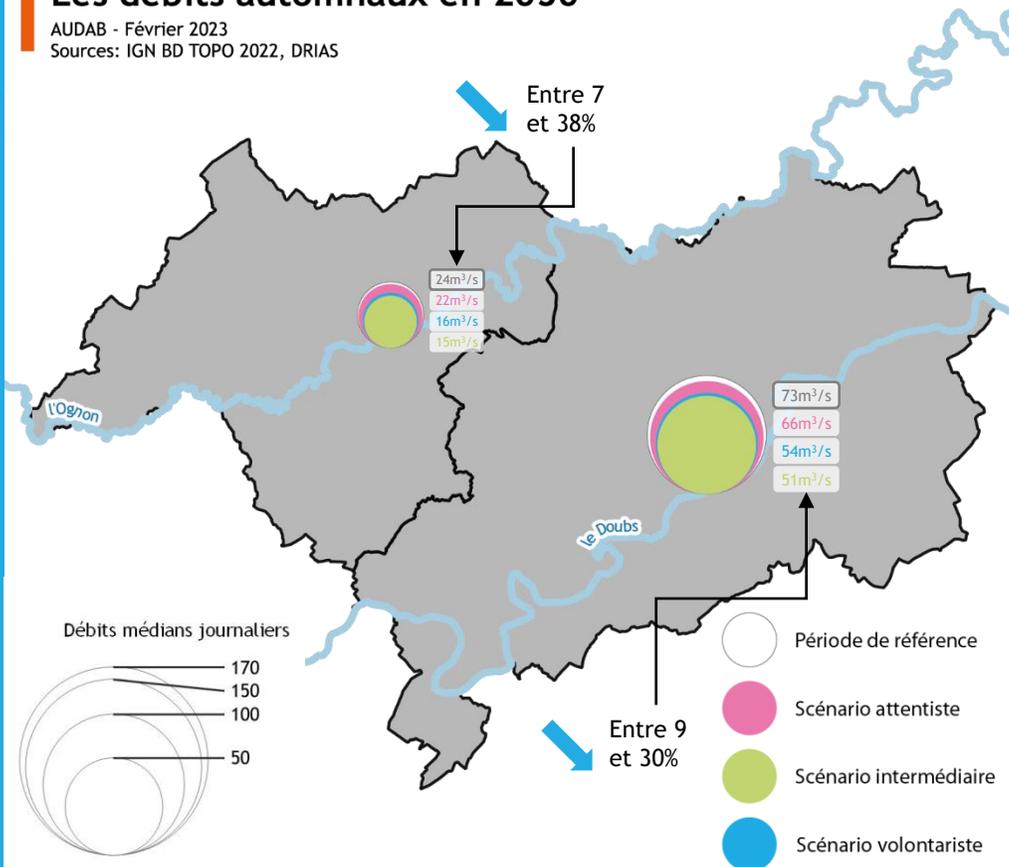
Septembre est le deuxième mois de l'année où les débits sont les plus faibles après le mois d'août.

Les débits automnaux médians sont estimés à :

- 72,8m³/s pour le Doubs à Besançon,
- 23,7m³/s pour l'Ognon à Chevigny.

Les débits automnaux en 2050

AUDAB - Février 2023
Sources: IGN BD TOPO 2022, DRIAS



Les projections indiquent à l'horizon 2050 :

- Une **diminution des débits du mois de novembre** pour les deux cours d'eau,
- **L'Ognon verrait ses débits médians de chaque mois diminuer.** Pour le Doubs, seul le mois d'octobre verrait ses débits médians augmenter.

3.4 Les débits automnaux en 2050

Le Doubs à Besançon		Sep	Oct	Nov
Débits minimums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		15,6	28	64,6
Débits médians mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		39,7	73,3	105,4
Débits maximums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		89,8	177,8	240,9
Δ	Évolution du débit minimum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-0,1 ↓	+4,3 ↑	-13,1 ↓
	Évolution du débit médian mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-20,4 ↓	+13,2 ↑	-1,4 ↓
	Évolution du débit maximum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	+57,9 ↑	-6,5 ↓	-13,8 ↓

L'Ognon à Chevigny		Sep	Oct	Nov
Débits minimums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		3,9	8,3	22,1
Débits médians mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		10,9	22,4	37,7
Débits maximums mensuels sur la période d'observation 1976-2005 en m ³ /s		26,6	59,3	77
Δ	Évolution du débit minimum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	+24,9 ↑	+24,7 ↑	-9,1 ↓
	Évolution du débit médian mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	-18,0 ↓	-8,6 ↓	-3,0 ↓
	Évolution du débit maximum mensuel entre la période de référence et 2041-2070 (en %)	+54,6 ↑	-5,0 ↓	-6,3 ↓



3.5 Synthèse de la partie 3

- L'hiver sera la seule saison à voir les débits des cours d'eau augmenter,
- Les débits du printemps, de l'été et de l'automne vont en revanche diminuer, avec **des étiages estivaux très sévères**,
- Une forte augmentation des débits médians du Doubs et de l'Ognon sont à prévoir en hiver, particulièrement en Janvier, **avec un risque de crues**.

SCoT

