

Définition d'une stratégie locale d'adaptation de la gestion de l'eau aux changements climatiques sur les bassins du Sornin et du Jarnossin



COMITE DE SUIVI DU MERCREDI 29 MAI 2024

RESTITUTION



Le SYMISOA a initié une démarche pour définir une stratégie locale d'adaptation de la gestion de l'eau aux changements climatiques sur les bassins versant du Sornin et du Jarnossin.

L'objectif : trouver un équilibre entre une disponibilité des ressources en eau qui diminue et les besoins du territoire. Il ne s'agit donc pas seulement de mieux organiser la mobilisation et le partage des ressources, mais d'envisager la façon dont les usages peuvent évoluer et de renforcer les capacités des milieux naturels à réguler un cycle de l'eau de plus en plus capricieux.

Un comité de suivi a été constitué. Il réunit toutes les parties prenantes concernées : habitants et usagers, agriculteurs, forestiers, industriels, propriétaires d'étangs, associations, collectivités territoriales, services d'incendie et de secours, administrations... **Son rôle : proposer les orientations de cette stratégie puis les pistes d'actions qui permettront de la décliner sur le terrain.**

La première étape cette année, pour le comité de suivi, est de s'approprier et partager un diagnostic. Trois rencontres sont pour cela prévues, de la fin du mois de mai au mois de septembre, consacrées successivement :

- ▶ aux changements climatiques et à leurs incidences pour le territoire,
- ▶ aux évolutions du cycle de l'eau - usages, consommations, gestion du territoire, activités économiques,
- ▶ aux milieux aquatiques.

Cette première étape donnera lieu cet automne à une restitution en réunion publique.

La rencontre du 29 mai portait donc sur les changements climatiques et leurs incidences pour le territoire.

Elle s'est nourrie des données et informations préparées par le bureau d'études, qu'elle a en retour enrichies des observations et réflexions des participants.

On trouvera dans les pages qui suivent une restitution synthétique des informations et réflexions issues de cette première rencontre puis, en annexe, la liste des participants et les fiches remises en réunion, ainsi que des fiches complémentaires apportant des éclairages méthodologiques et des informations supplémentaires, sur les ressources en eau notamment.

⇒ Les changements climatiques et leurs incidences pour le territoire ont été abordés à travers l'évolution :

- des températures,
- des précipitations,
- des vents, de la sécheresse des sols, des feux de forêts,
- de l'évapotranspiration et des débits des cours d'eau.

↪ On trouvera dans les pages qui suivent les conclusions de la réunion sur ces quatre sujets.



⇒ D'une façon générale, il y a une forte convergence entre les observations de terrain des participants et la lecture qui peut être faite des données et informations présentées, préparées par le bureau d'études à partir de données statistiques et des projections climatiques disponibles. Il y a cependant quelques exceptions, notamment pour ce qui concerne les vents (les participants observent une évolution importante du régime des vents alors que les données disponibles, qui sont celles de l'aérodrome de Roanne, suggèrent qu'il n'y aurait pas d'évolution notable).

Concernant les évolutions à venir, les projections "France" (cf. encadré ci-dessous) semblent être celles qui doivent être privilégiées pour la poursuite des réflexions.

⇒ La nécessité a été soulignée d'une réflexion sur la signification même de l'idée d'adaptation. Une participante s'est ainsi interrogée : "Nous devons nous questionner sur le sens du mot "adaptation" : s'agit-il de conserver toutes les activités et les usages tels quels, en espérant que ça dure, ou de les faire évoluer, voire d'en abandonner ?". Un autre a souligné que des contradictions pourraient apparaître entre des mesures à prendre : "Il peut y avoir des antagonismes dans les mesures d'adaptation que l'on prend ; par exemple, les agriculteurs rencontrent des difficultés avec l'augmentation des précipitations au printemps, car c'est sur cette période que tout se joue pour la récolte de fourrages, et ils peuvent être tentés de drainer certaines parcelles pour pouvoir y accéder, ce qui va à l'encontre du maintien de prairies humides qui ont des impacts bénéfiques".

A propos des projections à l'horizon 2050

Les projections climatiques à l'horizon 2050 s'appuient sur trois trajectoires issues des travaux du GIEC (et déclinées localement dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM).

La première apparaît aujourd'hui comme une trajectoire qui sera inévitablement dépassée.

La troisième a été retenue au niveau national pour définir des stratégies d'adaptation aux changements climatiques en France (elle correspond à une augmentation des températures de 4° d'ici la fin du siècle) ; c'est pour cette raison qu'elle est ici appelée la "projection France".

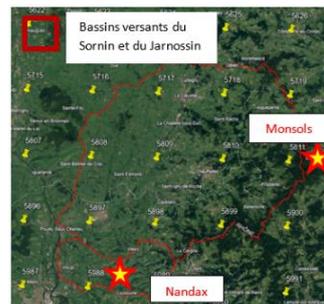
Une "projection médiane", correspondant à une trajectoire intermédiaire, a cependant été également conservée. Lors de la rencontre du 29 mai, les participants ont estimé, au regard de leurs propres observations, qu'elle sera vraisemblablement dépassée. "Entre la "projection France" et la "projection médiane", c'est la "projection France" qui nous paraît la plus probable au regard de ce que nous observons aujourd'hui". "C'est cette projection qu'il faut bien prendre en compte pour avoir des actions adaptées aux situations que nous connaissons de plus en plus".

Evolution des températures

HISTORIQUE DES TEMPERATURES (de 1950 à aujourd'hui)

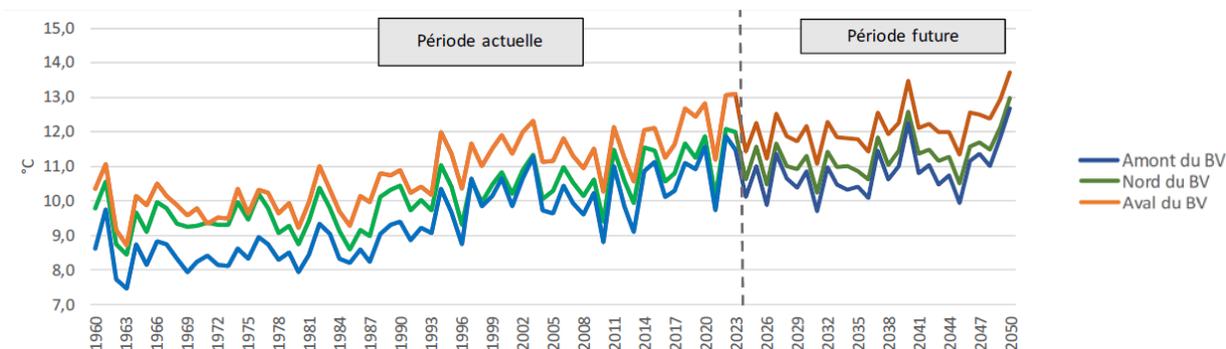
Evolution saisonnière des températures moyennes :
écart entre la décennie 2012-2022 et la décennie 1955-1965.
(Les chiffres entre parenthèses sont ceux de la décennie 1955-1965)

	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Nandax (42)	+1,6°C (3,9°C)	+1,8°C (12,9°C)	+2,1°C (17,4°C)	+2,5°C (6,6°C)
Monsols (69)	+1,7°C (3,0°C)	+1,1°C (12,8°C)	+1,5°C (17,2°C)	+2,3°C (5,7°C)



- ↪ Une succession d'années de plus en plus chaudes avec une augmentation de la température moyenne (+2,5°C de 1955 à 2022),
- ↪ des différences significatives selon les saisons et selon que l'on soit en amont ou en aval du bassin versant :
 - ▶ une hausse de la température plus marquée en automne,
 - ▶ une hausse plus forte en été en aval du bassin versant,
- ↪ des températures de plus en plus "extrêmes" (de 1955 à aujourd'hui) :
 - ▶ une augmentation du nombre de "jours de chaleur" (maximales > 25°C),
 - ▶ une baisse du nombre de jours de gelées (minimales < 0°C).

PROJECTION DES TEMPERATURES A HORIZON 2050



- ↪ Tendence à l'augmentation des températures partout sur le territoire à horizon 2050 : +3°C en moyenne sur l'année à l'échelle du bassin versant avec la projection "France",
- ↪ des différences selon les saisons et la situation sur le territoire :
 - ▶ des augmentations des températures plus importantes en été et en automne,
 - ▶ un réchauffement légèrement plus marqué sur l'amont du bassin versant.

Evolution des températures moyennes par saison (projection "France")

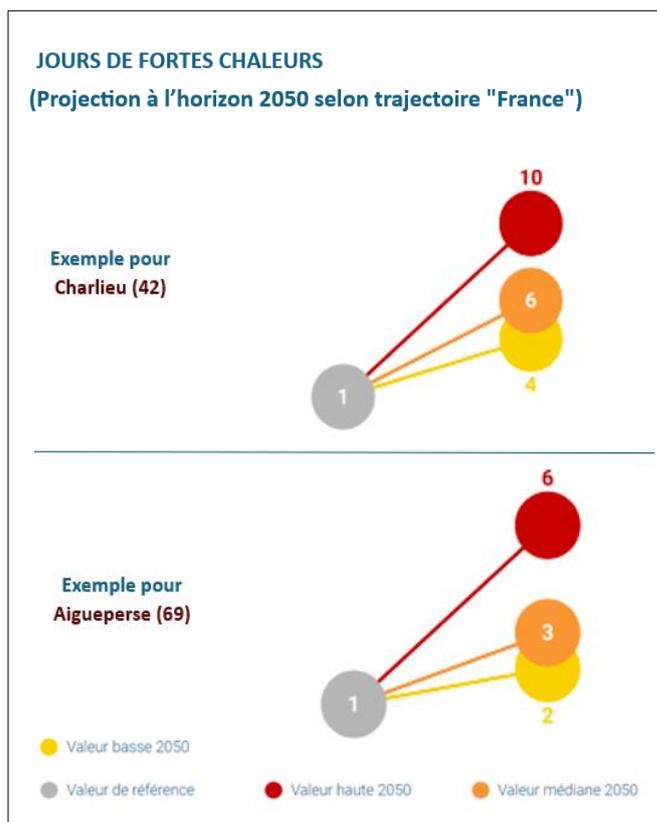
Evolution des températures moyennes par saisons	
HIVER	PRINTEMPS
Amont du BV : +2.8°C Nord du BV : +2.6°C Aval du BV : +2.9°C	Amont du BV : +1.9°C Nord du BV : +1.8°C Aval du BV : +1.9°C
ETE	AUTOMNE
Amont du BV : +4.4°C Nord du BV : +4.0°C Aval du BV : +4.3°C	Amont du BV : +3.8°C Nord du BV : +3.7°C Aval du BV : +3.9°C



- ▶ Une augmentation des températures extrêmes estivales qui questionne sur la capacité à vivre dans une perspective de changements climatiques.
- ▶ Un risque de stress extrême pour les animaux avec des températures aussi élevées.

JOURS DE FORTES CHALEURS ET NUITS CHAUDES A HORIZON 2050 (PROJECTION "FRANCE")

- ↪ **Le nombre de jours de fortes chaleurs** (c'est-à-dire avec une température qui dépasse 35°C au cours de la journée) augmente sensiblement, avec une évolution plus marquée en aval du bassin versant :
 - ▶ à Charlieu, il passe d'un jour par an actuellement à 6 jours à l'horizon 2050 (valeur médiane),
 - ▶ à Aigueperse, il passe d'un jour par an actuellement à 3 jours à l'horizon 2050 (valeur médiane).
- ↪ **Le nombre de nuits chaudes** (c'est-à-dire avec une température durant la nuit qui ne descend pas en dessous de 20°C) augmente très fortement, avec une augmentation plus marquée en amont du bassin versant :
 - ▶ à Charlieu, il passe de 3 jours par an actuellement à 16 jours à l'horizon 2050 (valeur médiane),
 - ▶ à Aigueperse, il passe de 4 jours par an actuellement à 18 jours à l'horizon 2050 (valeur médiane).



JOURS DE GEL ET VAGUE DE FROID A HORIZON 2050 (PROJECTION "FRANCE")

- ↪ **Le nombre de jours de gel** (c'est-à-dire avec une température qui descend en dessous de 0° C) diminue fortement, avec une baisse plus marquée en amont du bassin versant :
 - ▶ à Charlieu, il passe de 64 jours par an actuellement à 38 jours à l'horizon 2050 (valeur médiane),
 - ▶ à Aigueperse, il passe de 61 jours par an actuellement à 40 jours à l'horizon 2050 (valeur médiane).
- ↪ **Le nombre de jours de vague de froid** (c'est-à-dire au moins 5 jours consécutifs pour lesquels la température minimale quotidienne est inférieure de 5 degrés à la normale) diminue fortement : il passe de 4 jours actuellement à 1 jour à l'horizon 2050 (valeur médiane), que l'on soit en amont ou en aval.



- ▶ Une augmentation du nombre de nuits chaudes, avec de plus en plus de difficultés de récupération des organismes.
- ▶ Le sentiment partagé que la hausse des jours de fortes chaleurs et la baisse des jours de gel prévus en 2050 correspondent déjà au vécu d'aujourd'hui.
- ▶ Il y aura moitié moins de jours de gel d'ici 2050 selon la projection "France".

DES REFLEXIONS ET QUESTIONNEMENTS QUI RESSORTENT DES ECHANGES...

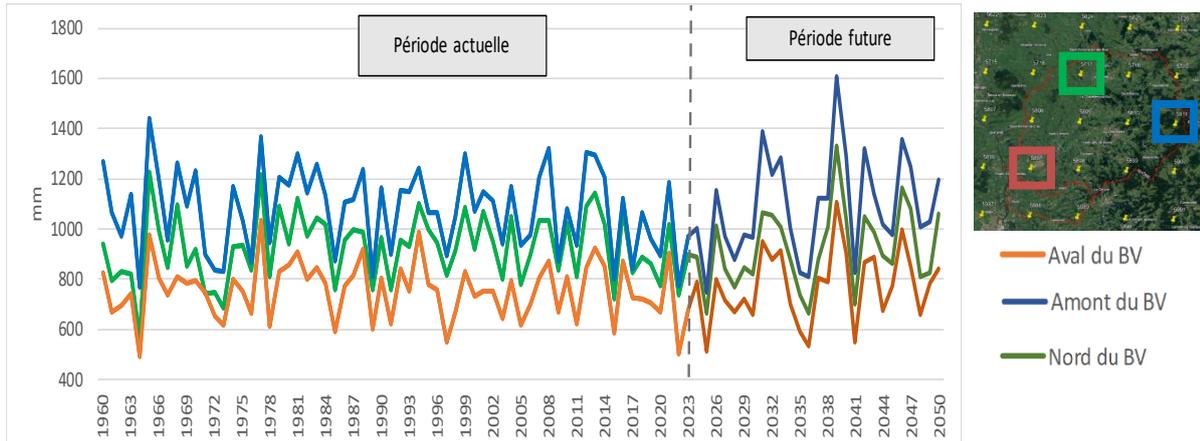
- ▶ *Des changements perçus comme brutaux, avec l'impression qu'il n'y a plus que deux saisons (sèche et humide).*
- ▶ *Pourquoi le réchauffement est-il plus marqué en amont du bassin versant dans les projections ?*
- ▶ *Ce que l'on ressent ne correspond pas forcément aux données statistiques, dans la mesure où l'on s'habitue aux nouvelles conditions de vie, ce qui réduit notre perception des changements.*
- ▶ *Quelle sera l'évolution prochaine du Gulf Stream, et quel pourrait être son impact sur le territoire ?*
- ▶ *Quelle est l'inertie des gaz à effet de serre par rapport aux changements climatiques ? Autrement dit, "ce qu'on change aujourd'hui se verra quand ?".*
- ▶ *Un sujet, les températures, à mettre en lien avec celui du vent et des précipitations.*
- ▶ *Des canicules de plus en plus fréquentes : ce qui était perçu comme exceptionnel il y a quelques années (par exemple, la canicule de 2003) devient la norme pour la plupart des gens.*

DES POINTS A CONSERVER A L'ESPRIT POUR LA SUITE DES REFLEXIONS...

- ▶ *Une nécessité d'adapter les logements, les métiers (horaires, pénibilité...), les bourgs (augmenter l'ombrage et supprimer le béton), et de "préparer le territoire à devenir l'Ardèche".*
- ▶ *Une difficulté cependant à réaliser cette adaptation du fait d'un grand nombre de paramètres imprévisibles.*
- ▶ *Des impacts déjà observables sur les exploitations agricoles, avec une grande imprévisibilité des phénomènes auxquels les agriculteurs sont dorénavant confrontés : exemple de l'apparition, pendant une année particulièrement chaude, d'une herbe très envahissante (de type moutarde) dans les prairies, qui a ensuite complètement disparu.*
- ▶ *Prendre en compte les besoins en abreuvement des animaux.*
- ▶ *Prendre en compte les changements pour la faune et la flore avec l'arrivée d'espèces invasives, en intégrant le fait que les températures supportables pour les humains et les animaux ne sont pas forcément les mêmes : "comment le vivant peut-il s'adapter à des changements brusques ?".*

Evolution des précipitations

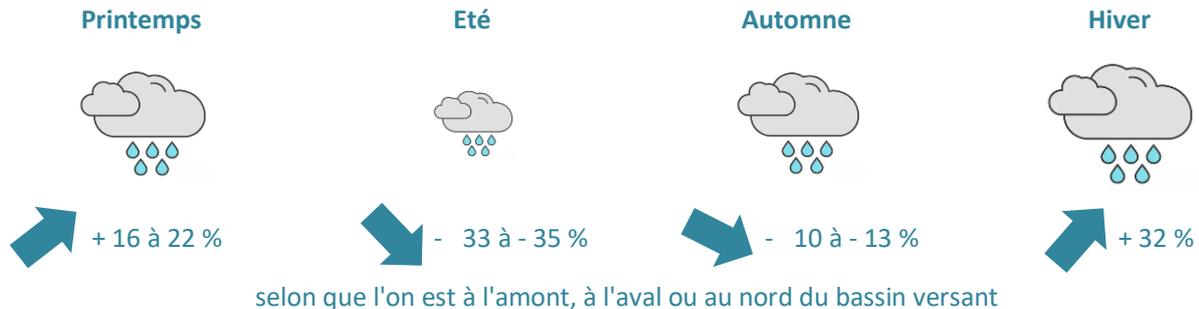
LES CUMULS ANNUELS



- ↪ une forte variabilité d'une année à l'autre,
- ↪ des différences significatives selon que l'on soit en amont, en aval ou au nord du bassin versant.
- ↪ des tendances :
 - ▶ à la baisse depuis 1960,
 - ▶ à l'augmentation à l'horizon 2050.

LA SAISONNALITE DES PRECIPITATIONS A L'HORIZON 2050

Evolution saisonnière du cumul des précipitations à l'horizon 2050 (projection "France")
(par rapport à la période de référence 1951-2005)



- ↪ des précipitations plus importantes en hiver et au printemps,
- ↪ mais qui diminuent en été et à l'automne (la projection médiane suggère au contraire une légère augmentation des précipitations en été et à l'automne).



- ▶ Des précipitations de plus en plus irrégulières d'une saison à l'autre, d'une année à l'autre.
- ▶ Des étés qui semblent plus secs ou plus humides qu'avant.
- ▶ Des orages qui semblent plus localisés, plus violents et plus précoces.
- ▶ Une même quantité d'eau, mais pas au même moment et, surtout, pas au bon moment.

LES EPISODES DE FORTES PRECIPITATIONS A L'HORIZON 2050 (PROJECTION "FRANCE")

Le nombre de jours de fortes précipitations augmente faiblement. A Charlieu ou Aigueperse par exemple, il passe d'un ou deux jours par saison actuellement à deux ou trois jours par saison à l'horizon 2050 (on parle de fortes précipitations quand le cumul sur une journée dépasse les 20 mm - soit 20 litres/m²).

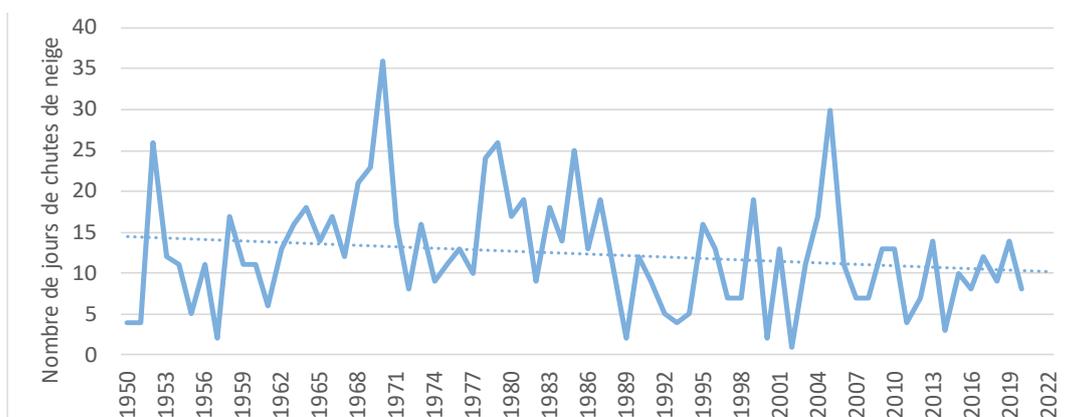
Le nombre de jours avec des précipitations dites "remarquables", qui présentent notamment un risque plus marqué d'inondation, augmente légèrement, de 3 à 4 jours par an à Charlieu ou Aigueperse.



- ▶ *Du fait d'un ruissellement trop important, une augmentation des fortes précipitations sur des périodes courtes ne permet pas la recharge des nappes.*
- ▶ *On a un cumul à peu près identique, mais un décalage entre saisons, très variables d'une année à l'autre. Il y a 15 jours, on a eu 60 mm en une heure, avec des dégâts qui nous ont surpris ; d'autres communes ont eu 80 mm. Des personnes âgées, qui avaient vécu 90 ans, n'avaient jamais vu ça.*

LA NEIGE

Nombre annuel de jours de chutes de neige à Saint-Denis-de-Cabanne, de 1950 à 2022



↪ diminution du nombre de jours de neige depuis 1950.



- ▶ *Il y a de moins en moins de jours de neige et, quand elle tombe, elle tient de moins en moins, à cause des températures de l'air mais aussi des sols.*
- ▶ *Quand la neige tombe précocement, elle casse les arbres quand ceux-ci ont encore conservé leurs feuilles.*

DES REFLEXIONS ET QUESTIONNEMENTS QUI RESSORTENT DES ECHANGES...

- ▶ *Complexité de la gestion des captages d'eau face à cette grande variabilité des précipitations, avec des phénomènes extrêmes de plus en plus récurrents et difficilement prévisibles.*
- ▶ *Un atout : des prairies (et plus globalement un paysage agricole) sur une grande partie du territoire, qui permettent d'atténuer les impacts des épisodes de fortes précipitations, qui risquent de se répéter et de s'aggraver à l'avenir.*

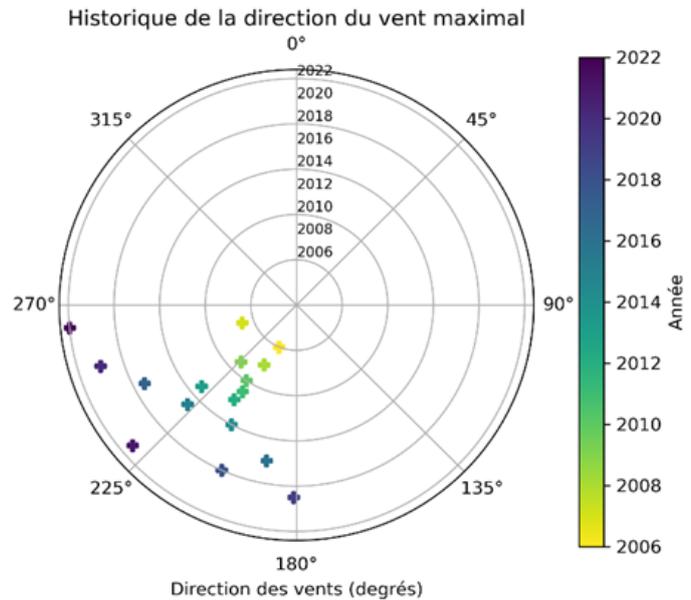
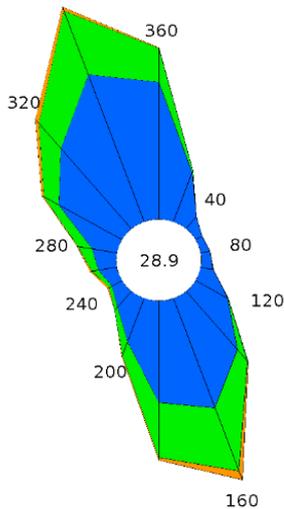
DES POINTS A CONSERVER A L'ESPRIT POUR LA SUITE DES REFLEXIONS...

- ▶ *Des cumuls d'eau importants ne remplissent pas forcément les nappes.*
- ▶ *Comment gérer les périodes déficitaires ou excédentaires eu eau ? Stocker pour réguler ?*
- ▶ *Améliorer la distribution en eau potable. Sa distribution en eau est très impactée par l'évolution du régime des précipitations ; il faut gérer des excès.*
- ▶ *Répartition de l'eau à travers les différents milieux - prés, forêts, cours d'eau, mares...*
- ▶ *Travailler le sol, ne pas le laisser nu, le couvrir en hiver pour capter les précipitations.*
- ▶ *Renforcer le maillage bocager pour limiter les ruissellements et améliorer le stockage de l'eau dans les sols.*
- ▶ *Revoir les infrastructures, qui ne sont aujourd'hui pas adaptées aux extrêmes.*

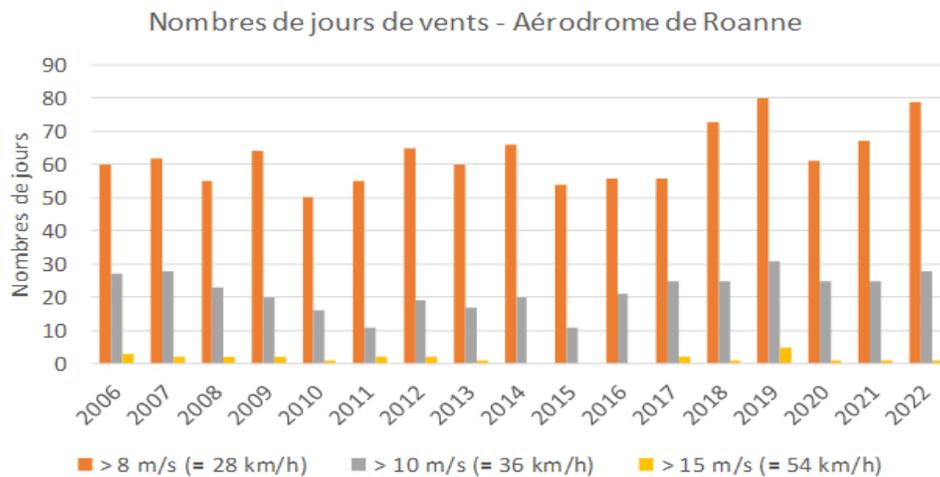
VENTS

Les données disponibles les plus proches sont celles de l'aérodrome de Roanne.

Elles indiquent que les vents dominants sont le plus souvent des vents du nord et du sud : ... mais que les vents les plus forts (rafales) sont du sud-ouest :



et qu'il n'y aurait pas d'évolution significative des vents, ni en nombre de jours et ni en intensité :



Mais les observations des participants font au contraire état d'une augmentation de la fréquence et de la force des vents :

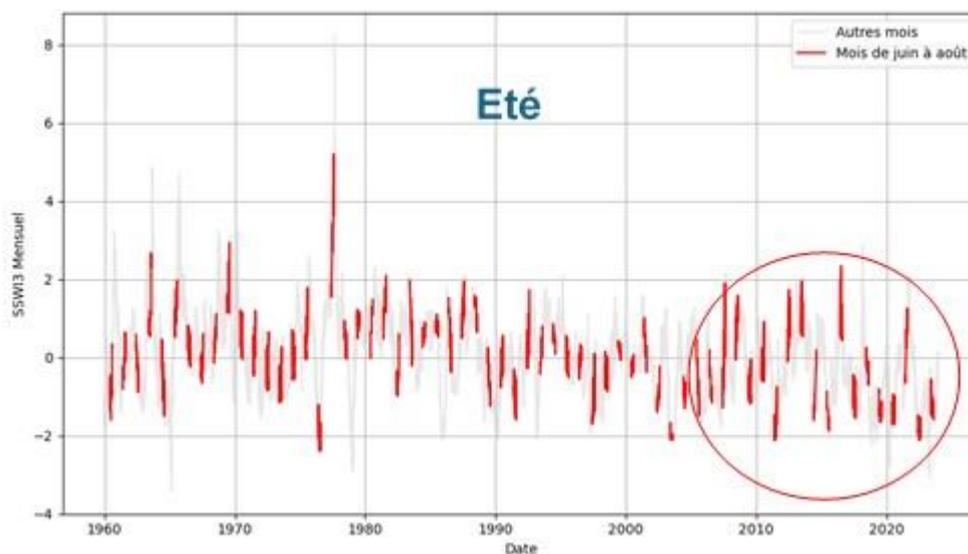


- ▶ "Il n'y a pas d'évolution notable des vents si l'on en croit les données de l'aérodrome de Roanne", "mais nous avons un ressenti différent : des vents plus forts, avec des à-coups". Les données de l'aérodrome de Roanne sont-elles représentatives du territoire ?
- ▶ "Le sentiment partagé, c'est qu'on a tout le temps du vent. Les anciens disent qu'avant on était tranquille, alors que maintenant, il y a tout le temps du vent".

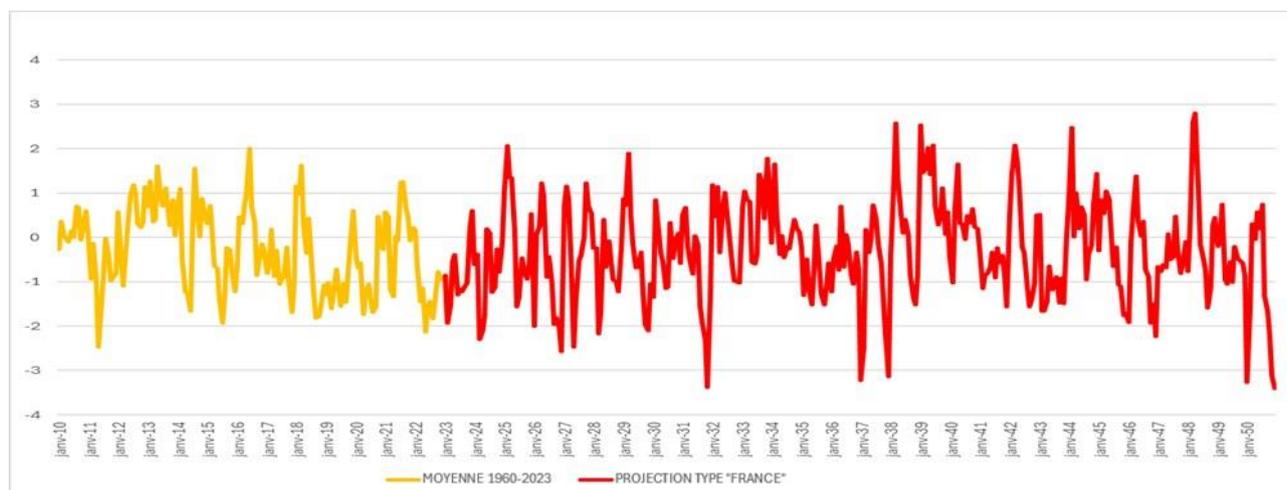
SECHERESSE DES SOLS

Pour caractériser l'état de sécheresse des sols, on utilise un indice : l'indice normalisé de sécheresse des sols (SSWI). Lorsqu'il est négatif (c'est-à-dire inférieur à zéro), cela signifie que la teneur en eau des sols est insuffisante pour la végétation.

Lorsque l'on observe l'évolution de cet indice, de 1960 à aujourd'hui, on constate, comme pour l'été sur cette courbe mais quelles que soient les saisons, une augmentation de la récurrence d'anomalies sèche les dernières années :



Cette tendance va se prolonger, à l'horizon 2050, avec une augmentation de la fréquence des sécheresses dites "agricoles" (ce graphique représente les moyennes annuelles de l'indice de sécheresse des sols, avec la projection "France") :



- ▶ L'indice de sécheresse des sols est en baisse régulière, en toutes saisons, avec une accentuation depuis 2010-2020, une augmentation des extrêmes et de leur fréquence
- ▶ L'assèchement des sols est fortement ressenti.
- ▶ Il y a sur une partie du territoire des sols sableux qui sèchent très vite.
- ▶ Les parcelles agricoles, les prairies sèchent beaucoup à cause du vent, pas seulement à cause des températures.
- ▶ La sécheresse a aussi des conséquences pour les industries du bois, avec notamment de plus en plus d'arbres qui tombent, séchés sur place.

FEUX DE FORET

Evolution, à l'horizon 2050, du nombre de jours

avec un "risque feux de forêt" modéré

7
aujourd'hui



15 à 30
en 2050

avec un "risque feux de forêt" élevé

0
aujourd'hui



0 à 7
en 2050



- ▶ Un risque "feux de forêt" très faible actuellement, une augmentation à l'horizon 2050 du fait de l'augmentation de la sécheresse, des orages violents et de la pollution : le risque (modéré et élevé) est plus important sur les deux projections (médiane et France), avec une accentuation plus marquée pour la projection "France", et un risque qui reste modéré à horizon 2050.
- ▶ Les massifs forestiers sont peu équipés au regard des risques d'incendies (il n'y a notamment pas de réservoirs).
- ▶ Le manque d'entretien de certaines parcelles privées est un facteur de risque d'incendie.
- ▶ De juin à septembre, les services d'incendie et de secours analysent les données de Météo France, les vents, la sécheresse des sols, de la végétation, et quand on dépasse un risque modéré, on peut mettre en place des patrouilles pour prévenir les départs d'incendies. "Ce que l'on appelle "les trois 30", c'est le cocktail à risques d'incendie : moins de 30 % d'humidité, des vents de plus de 30 km/h, des températures de plus de 30°.
- ▶ Il y a aussi des feux de plus en plus courants sur les parcelles agricoles. Certains travaux réalisés par temps sec peuvent provoquer des départs d'incendie ; par exemple lorsque l'on passe certaines machines sur des champs très secs, lorsque l'on taille des haies,...
- ▶ Il faut aussi surveiller les écobuages.

DES REFLEXIONS ET QUESTIONNEMENTS QUI RESSORTENT DES ECHANGES...

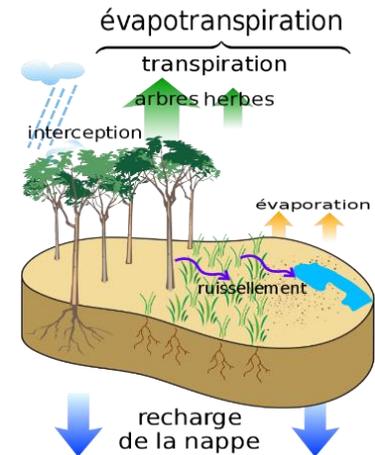
- ▶ "Le territoire est un pays de bocage, qui permet de moins subir les impacts liés à la sécheresse, aux vents, à l'érosion".
- ▶ "Les gens ressentent qu'il y a plus de vent. Mais on n'a pas de données locales. L'étendage du linge est un indicateur de l'évolution des vents ! On retrouve de plus en plus souvent le linge par terre, ou entortillé autour des fils d'étendage !"
- ▶ "La végétation a un impact important sur les vents : des couloirs de vent se forment là où des arbres sont tombés ou des parcelles coupées, on peut localement avoir davantage de vent".
- ▶ Les effets du vent et de la sécheresse des sols se conjuguent. La sécheresse fragilise les arbres, qui deviennent plus vulnérables au vent.

DES POINTS A CONSERVER A L'ESPRIT POUR LA SUITE DES REFLEXIONS...

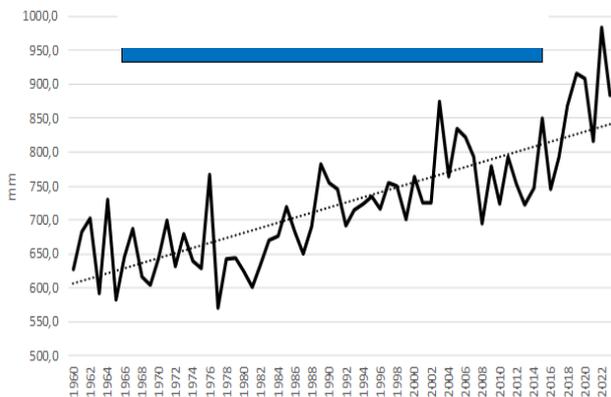
- ▶ "Les risques d'incendie augmentent. Les massifs forestiers sont mal ou pas du tout équipés pour y faire face. Les feux risquent bien sûr d'éclater davantage en période sèche : où prendre alors l'eau quand un incendie se déclare ?".
- ▶ "Qu'est-ce qu'on plante dans nos forêts ?" Il faut adapter et diversifier les essences forestières pour réduire la vulnérabilité des forêts aux incendies". "La monoculture Douglas : stop".
- ▶ Lutter contre le déboisement pour limiter l'impact de l'accentuation des vents.
- ▶ "Il faut adopter des cultures qui résistent mieux, mais aussi conserver le caractère bocager du territoire".
- ▶ "Il faut adapter les travaux en période de sécheresse, notamment pour éviter des étincelles provoquées par des machines et qui peuvent déclencher des feux".
- ▶ "Lutter contre le vent en préservant les haies, en gérant les coupes de bois".

EVAPOTRANSPIRATION ET PLUIES EFFICACES

- ↳ L'évapotranspiration correspond à la part des précipitations qui repart dans l'atmosphère. Elle cumule l'évaporation du sol et la transpiration de la végétation.
- ↳ La pluie est considérée comme efficace si elle permet d'alimenter les cours d'eau ou de s'infiltrer dans le sol pour alimenter les nappes.
- ↳ **De 1991 à 2020, sur la station de Charlieu, l'efficacité des pluies est nulle entre juin et septembre. Cela signifie que l'évapotranspiration est supérieure au volume des précipitations.**



EVOLUTION DE L'EVAPOTRANSPIRATION annuelle totale, de 1960 à 2022



... ET PROJECTION A HORIZON 2050 (par rapport à la référence 1976-2005)

Evolution saisonnière de l'évapotranspiration (projection "France")

	Hiver	Printemps	Eté	Automne
au Nord	+ 8 mm (+ 19 %)	+ 11 mm (+ 5 %)	+ 80 mm (+ 24 %)	+ 31 mm (+ 26 %)
en amont	+ 9 mm (+ 20 %)	+ 10 mm (+ 5 %)	+ 68 mm (+ 19 %)	+ 28 mm (+ 19 %)
en aval du bassin versant	+ 8 mm (+ 19 %)	+ 11 mm (+ 6 %)	+ 66 mm (+ 19 %)	+ 23 mm (+ 20 %)

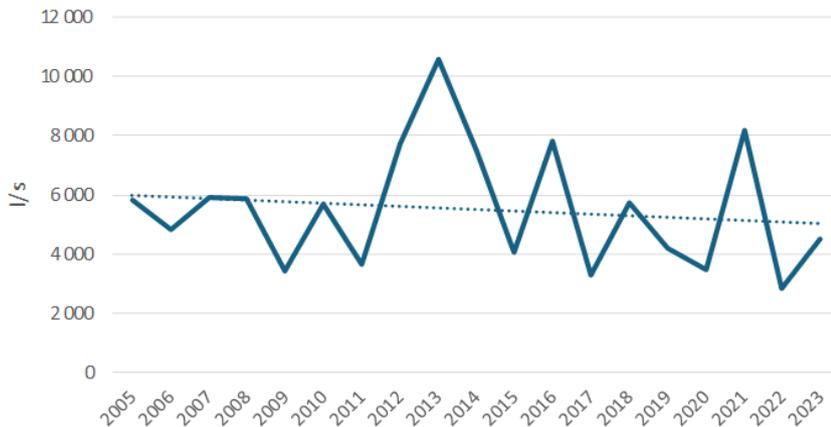
- ↳ L'évapotranspiration a augmenté de 40 % entre 1950 et 2023.
- ↳ En moyenne, l'évapotranspiration augmentera de 16% à horizon 2050 selon la projection "France", ce qui va entraîner une diminution des pluies efficaces.
- ↳ Cette augmentation de l'évapotranspiration sera beaucoup plus prononcée en été et en automne, ainsi qu'au nord du bassin versant.



- ▶ *En plaine, jusqu'à 70 % des précipitations retournent à l'atmosphère (évapotranspiration), et 30 % seulement restent au niveau des sols, de la végétation.*
- ▶ *Ce phénomène va s'amplifier à l'avenir, avec une évapotranspiration significative et en augmentation en toutes saisons, et un bilan hydrique nul de mai à septembre. Il est important de faire connaître ce phénomène au grand public.*
- ▶ *Certains facteurs favorisent l'évapotranspiration : les sols nus, les plans d'eau...*
- ▶ *Des pluies efficaces pour le rechargement des nappes et l'alimentation des cours d'eau uniquement entre novembre et mars.*

EVOLUTION DES DEBITS DES COURS D'EAU

Evolution du débit annuel moyen du Sornin à Pouilly-sous-Charlieu entre 2005 et 2023

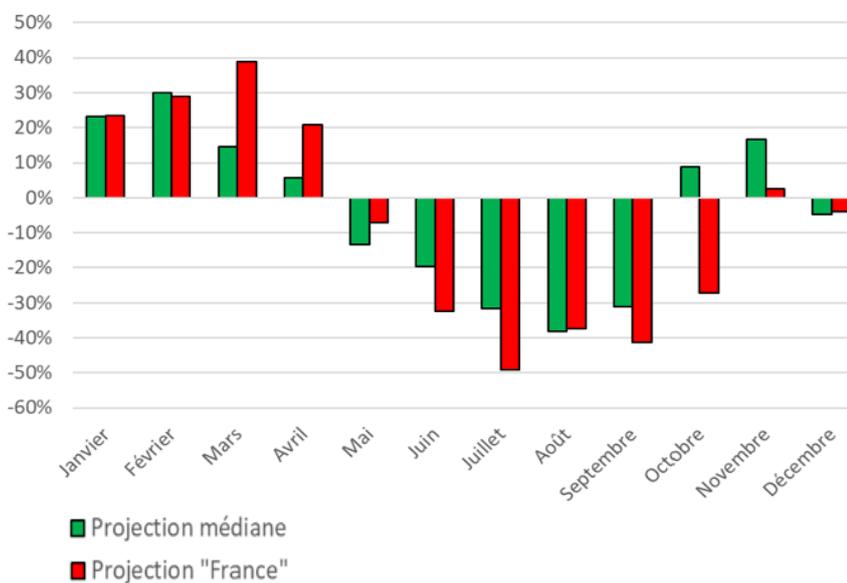


► Entre 2005 et 2023 :

- le débit moyen annuel du Sornin (appelé le module) a diminué de 16%,
- le débit minimum mensuel se produisant en moyenne une fois tous les cinq ans (appelé QMNA5) est passé fréquemment sous ce seuil depuis 2018.

... et à l'horizon 2050 (évolution en %)

Evolution des débits (%) - Horizon 2050 - Le Sornin à Pouilly-sous-Charlieu



► A horizon 2050 :

- le débit moyen annuel du cours d'eau va rester stable, avec de grandes disparités saisonnières : des débits plus élevés en hiver et en automne, et plus faibles le reste du temps,
- la projection "France" dessine une accentuation des extrêmes entre basses eaux et hautes eaux,
- le débit minimum mensuel se produisant en moyenne une fois tous les cinq ans ("QMNA5") va fortement diminuer : - 49% selon la projection "France".



- Une projection "France" à horizon 2050 qui montre une forte augmentation des débits en hiver et une très forte diminution en été : une accentuation des extrêmes qui suscite de vives inquiétudes avec notamment un risque inondation plus important en mars-avril.
- Des données sur la diminution des débits des cours d'eau, qui apparaît conforme à ce qui est constaté au quotidien sur le terrain.
- En revanche, l'augmentation prévue des débits en hiver, telle que présentée dans les projections, ne correspond pas toujours aux observations faites sur le terrain.
- Une augmentation du risque de concentration des polluants en période d'étiage, qu'il s'agira de surveiller davantage à l'avenir.

DES QUESTIONNEMENTS QUI RESSORTENT DES ECHANGES...

- ▶ *Pourquoi l'évapotranspiration est-elle plus marquée au Nord du bassin versant ?*
- ▶ *Les nappes phréatiques sont-elles aujourd'hui remplies ? Quel est leur niveau ?*
- ▶ *Y a-t-il des différences notables dans l'évolution du débit entre affluents du Sornin ?*
- ▶ *Quelles évolutions futures sont prévues en matière de pluies efficaces ?*
- ▶ *Quels sont les impacts d'un mauvais entretien des haies ?*
- ▶ *Quelles seront les répercussions de ce bilan hydrique futur sur la végétation et les arbres fruitiers ?*
- ▶ *Quel est le bilan hydrique d'un arbre ?*
- ▶ *Quelle est l'influence du vent sur l'évapotranspiration (vents asséchants) ?*

DES POINTS A CONSERVER A L'ESPRIT POUR LA SUITE DES REFLEXIONS...

- ▶ *Apprendre à diminuer les usages pendant la période d'étiage (de mars à octobre).*
- ▶ *Surveiller davantage la concentration des polluants du fait de la diminution des débits des cours d'eau.*
- ▶ *Recenser les conséquences économiques, avec un risque d'aggravation en cascades.*
- ▶ *Assurer le rechargement des nappes face à la diminution des pluies efficaces, en favorisant l'infiltration de l'eau dans les sols (inventaires et restauration des zones humides).*
- ▶ *Limiter les impacts sur les milieux aquatiques.*
- ▶ *Anticiper les impacts sur la ressource en eau : eau potable, abreuvement des animaux et arrosage des cultures.*
- ▶ *Limiter l'évapotranspiration.*

Les participants

Mélissa AKLI-CARDIN	SDIS42
Maurice AURAY	Vice-président, FDPPMA42
Jean Denis AZNARD	Hydro-électricité, Varennes-sous-Dun
Brigitte BAJARD	Habitant de St Denis de Cabanne
Henri BEAUPERTUIT	CRPF
Bernard CHIGNIER	Maire de Belleroche
Jean Rémi COLLOT	Agriculteur
Céline DECHAVANNE	Directrice du SYMISOA
Fabrice DEJOUX	Maire de Saint Igny de Roche
Jérôme DERIGON	Technicien de rivière, SYMISOA
Guillaume DESCAVE	Adjoint au maire, Saint Nizier sous Charlieu
Mathias DEVAUX	Habitant de Jarnosse
Vincente DREVET	Chargée de mission milieux aquatiques, Conseil Départemental de la Loire
David FAVRICHON	Chargé de mission milieux aquatiques, Conseil Départemental de Saône-et-Loire
Nicolas FECHE	SAUR
Samuel FESSY	Responsable services techniques, Mairie de Charlieu
Pierre GARMIER	Propriétaire d'étang, Chassigny-sous-Dun
Jean Yves LACORNE	Président, AAPPMA La Gaule de Chauffailles
Michel LAMARQUE	Président du SYMISOA - Pouilly-sous-Charlieu
Eric LAVENIR	Président, AAPPMA Sornins Réunis
Franck LEREVEREND	Habitant de Belleroche
Hélène MASSARDIER GRUNERT	ARNP
Pierre MERCIER	Agriculteur à Coutouvre, élu à la Chambre d'agriculture de la Loire
Marie-Pierre NAJMAN	Habitant de Chauffailles
François PARET	Responsable service chemins rivières, Charlieu Belmont Communauté
Luc PASQUIER	SETGORGE
Etienne PERRADIN	Conseiller à la Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire
Anaïs PERRAS	Habitant de Belleroche
Sylvie PIOLET	Maraîchère à Nandax
Maryse POPELIN	Maire de Mailly
Céline RAMPON	Responsable HSE, THIVENT
Antoine SAINT PIERRE	Directeur, Tissages de Charlieu

Claire SEVE	DDT de Saône-et-Loire
Louise SOUCILLE	Chargée de mission PCAET, Charlieu Belmont Communauté
Jérôme SOUPE	VEOLIA
Eric THORAL	Agriculteur, Pouilly-sous-Charlieu
René VALORGE	Maire de Saint Denis de Cabanne
Pascal VERCHERE	Agriculteur, Saint Igny de Roche
Jérôme VIODRIN	Maire de Mars
Bernard VOLLOT	Habitant de St Denis de Cabanne

Les fiches remises en réunion

⇒ Cf. pages suivantes.

Fiches à destination du Comité de suivi n°1

Différents types de fiches :

Connaissances	Connaissances mobilisables sur le sujet
Méthode	Éléments de méthodes pour traiter les données (notamment pour les projections à l'horizon 2050)
Données	Données du territoire

Différentes périodes analysées :

Le passé (avant 2024)	Le futur (après 2024 - à l'horizon 2050)	Passé et futur
		

Sommaire des fiches

Thème 1 – Evolution des températures		
Connaissances	Méthode	Données
1 - Données météorologiques disponibles	1 - Projections climatiques	1/2 - Températures moyennes et cumul annuel de précipitations
2 - SAFRAN /ISBA		1.1 - Historique des températures (de 1950 à aujourd'hui)
		1.2 - Evolution des températures " extrêmes " (de 1955 à aujourd'hui)
		1.3 - Evolution des températures moyennes annuelles et projection à l'horizon 2050
		1.3.1 - Evolution des températures moyennes annuelles et projection à l'horizon 2050 – Projection " médiane "
		1.3.2 - Evolution des températures moyennes annuelles et projection à l'horizon 2050 – Projection " France "
		1.4 - Projection des températures moyennes annuelles et projection à l'horizon 2050
		1.5 – Jours de fortes chaleur
		1.6 – Nuits chaudes
		1.7 – Jours de gel
		1.8 – Vague de froid

Thème 1 – Evolution des précipitations		
Connaissances	Méthode	Données
1 - Données météorologiques disponibles	1 - Projections climatiques	2.1 Cumul des précipitations (historique de 1950 à aujourd'hui)
2 - SAFRAN /ISBA		2.2 Intensité et fréquence des précipitations (historique de 1955 à aujourd'hui)
		2.3.1 - Evolution du cumul annuel des précipitations et projections à l'horizon 2050 – Projection "médiane"
		2.3.1 - Evolution du cumul annuel des précipitations et projections à l'horizon 2050 – Projection "France"
		2.4 - Projection à l'horizon 2050 des précipitations moyennes et saisonnières
		2.5 - Nombre de jours par saison avec fortes précipitations (Projection à l'horizon 2050 selon trajectoire "France")
		2.6 - Cumul des précipitations remarquables (Projection à l'horizon 2050 selon trajectoire "France")

Thème 3 : vent, neige, sécheresse des sols et feux de forêt

Connaissances	Méthode	Données
	3 – Sécheresses	3.1 VENT
1 - Données météorologiques disponibles	1 - Projections climatiques	3.2 – Evolution des vents – Projection à l’horizon 2050
2 - SAFRAN /ISBA		3.3 - NEIGE – Evolution historique 1950 - 2023
		3.4 - Evolution passée de l’indice normalisé de sécheresse des sols SSWI (de 1960 à aujourd’hui)
		3.5 - Projection de l’indice de sécheresse des sols à l’horizon 2050
		3.6.1 - Projection saisonnière de l’indice de sécheresse des sols à l’horizon 2050 - Printemps
		3.6.2 - Projection saisonnière de l’indice de sécheresse des sols à l’horizon 2050 - Eté
		3.7 - Indice feux de forêt – Situation actuelle et projection à l’horizon 2050

Thème 3 : évapotranspiration et évolution du débit des cours d'eau

Connaissances	Connaissances	Connaissances
4 – Connaissance des débits des cours d'eau	4.1 – La ressource en eau	4.1 - Une pluie efficace nulle : Pas de recharge des sols, des nappes, et d'alimentation des cours d'eau
	4.2 - L'évapotranspiration : un paramètre " déterminant "	4.2.1 - Evolution de l'évapotranspiration depuis 1960 et projection à l'horizon 2050
	4.3 - Débits des cours d'eau – Projection à l'horizon 2050	4.2.2 - Evolution saisonnière de l'évapotranspiration depuis 1960 et projection à l'horizon 2050
	1 - Projections climatiques	4.3 – Débits des cours d'eau – Evolutions récentes
		4.4 - Débits des cours d'eau – Projection à l'horizon 2050

Connaissances – Fiche 1	10
Connaissances – Fiche 1	10
Données – Fiche 1/2	11
Données – Fiche 1/2	11
Données – Fiche 2.1	12
Données – Fiche 2.1	12
Données – Fiche 2.2	13
Données – Fiche 2.2	13
Données – Fiche 1.1	14
Données – Fiche 1.1	14
Données – Fiche 1.2	15
Données – Fiche 1.2	15
Données – Fiche 3.1	16
Données – Fiche 3.1	16
Méthode – Fiche 1.....	17
Méthode – Fiche 1.....	17
Connaissances – Fiche 2	18
Connaissances – Fiche 2	18
Données – Fiche 2.3.1	19
Données – Fiche 2.3.1	19
Données – Fiche 2.3.2	20
Données – Fiche 2.3.2	20



Données – Fiche 2.4	21
Données – Fiche 2.4	21
Données – Fiche 2.5	22
Données – Fiche 2.5	22
Données – Fiche 2.6	23
Données – Fiche 2.6	23
Données – Fiche 1.3.1	24
Données – Fiche 1.3.1	24
Données – Fiche 1.3.2	25
Données – Fiche 1.3.2	25
Données – Fiche 1.4	26
Données – Fiche 1.4	26
Données – Fiche 1.5	27
Données – Fiche 1.5	27
Données – Fiche 1.6	28
Données – Fiche 1.6	28
Données – Fiche 1.7	29
Données – Fiche 1.7	29
Données – Fiche 1.8	30
Données – Fiche 1.8	30
Données – Fiche 3.2	31
Données – Fiche 3.2	31
Données – Fiche 3.3	32



Données – Fiche 3.3	32
Méthode – Fiche 3.....	33
Méthode – Fiche 3.....	33
Données – Fiche 3.4	34
Données – Fiche 3.4	34
Données – Fiche 3.5	35
Données – Fiche 3.5	35
Données – Fiche 3.6.1	36
Données – Fiche 3.6.1	36
Données – Fiche 3.6.2	37
Données – Fiche 3.6.2	37
Données – Fiche 3.7	38
Méthode – Fiche 4.1Données – Fiche 3.7	38
Méthode – Fiche 4.1.....	39
Méthode – Fiche 4.1.....	39
Méthode – Fiche 4.2.....	40
Méthode – Fiche 4.2.....	40
Données – Fiche 4.1	41
Données – Fiche 4.1	41
Données – Fiche 4.2.1	42
Données – Fiche 4.2.1	42
Données – Fiche 4.2.2	43
Connaissances – Fiche 4Données – Fiche 4.2.2.....	43



Connaissances – Fiche 4	44
Connaissances – Fiche 4	44
Données – Fiche 4.3	45
Données – Fiche 4.3	45
Méthode – Fiche 4.3.....	46
Méthode – Fiche 4.3.....	46
Données – Fiche 4.4	47

Connaissances – Fiche 1

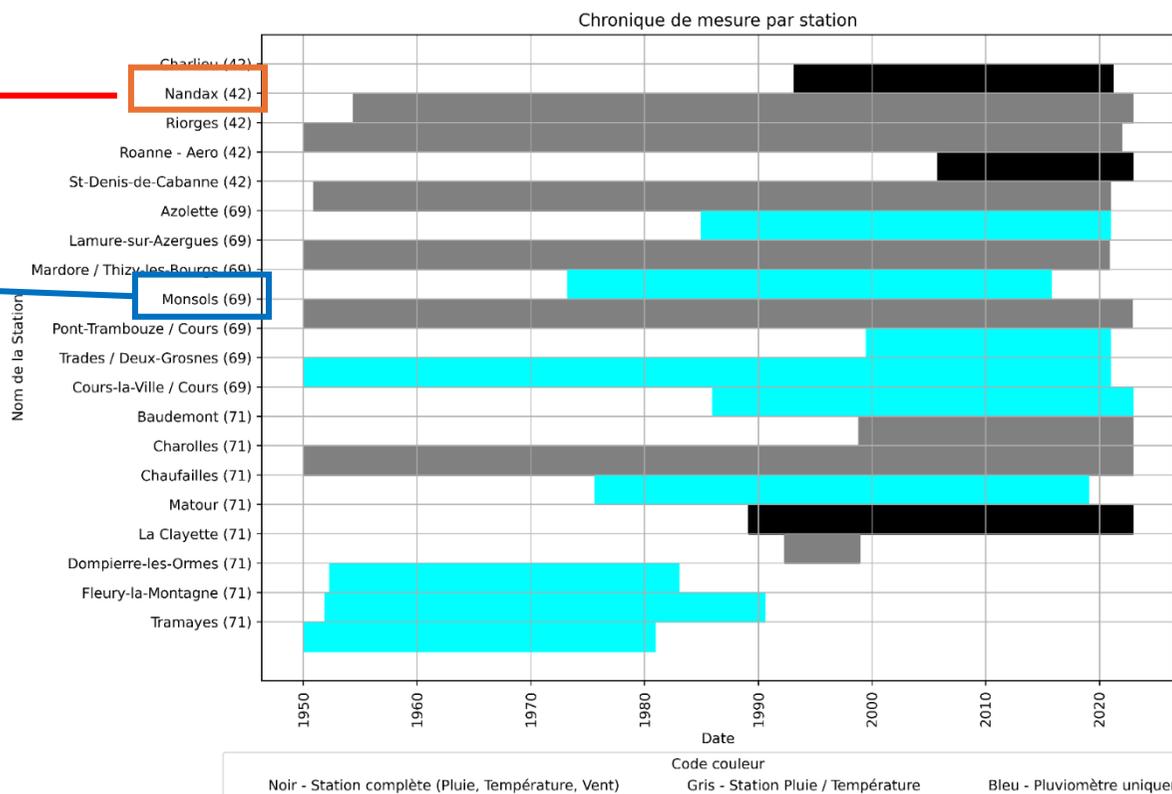
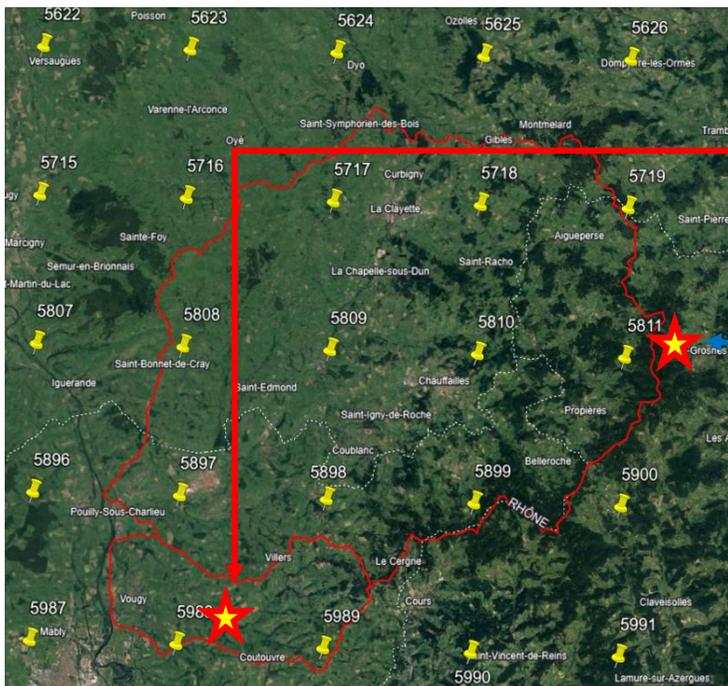
Données météorologiques disponibles :

- 20 stations Météo-France
- Réseau « amateur » complémentaire
- Des données plus ou moins longues et complètes en fonction des stations

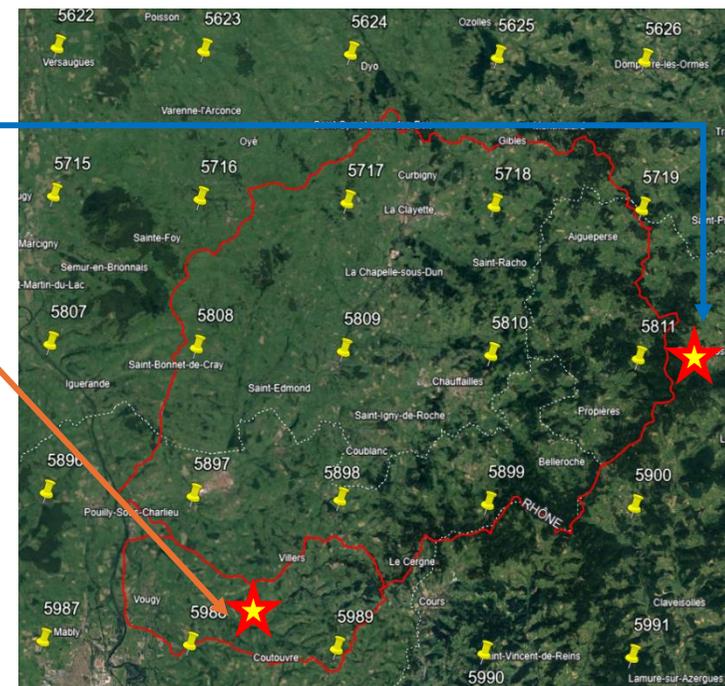
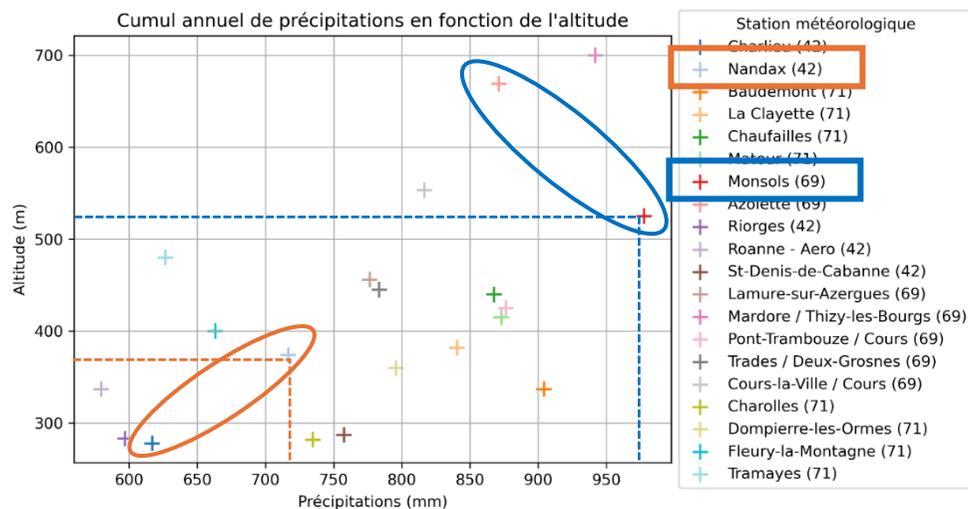
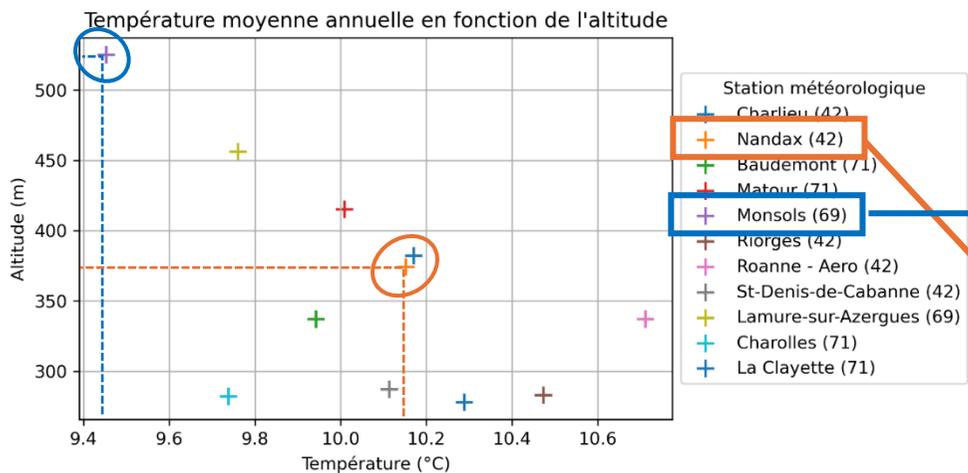


2 stations représentatives des contextes amont et aval des bassins versant, retenues pour une analyse fine de l'historique des précipitations et températures

- **Nandax (42)**, au Sud-Ouest (aval du bassin versant)
 - 374 m d'altitude
 - Longue chronique (1954 – 2022)
- **Monsols (69)**, au Nord-Est (tête du bassin versant du Sornin)
 - 525 m d'altitude
 - Longue chronique (1950 – 2022)



Températures moyennes et cumul annuel de précipitations : des situations contrastées



 Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

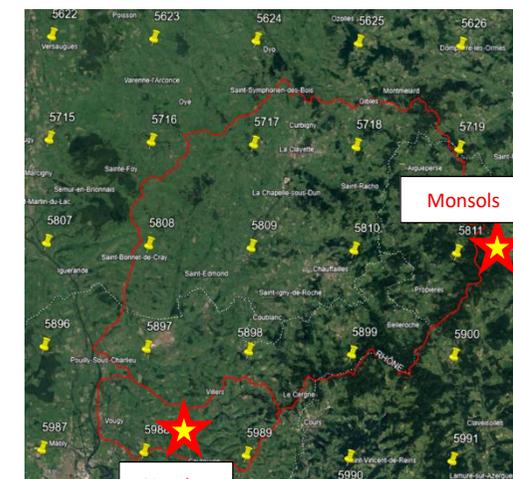
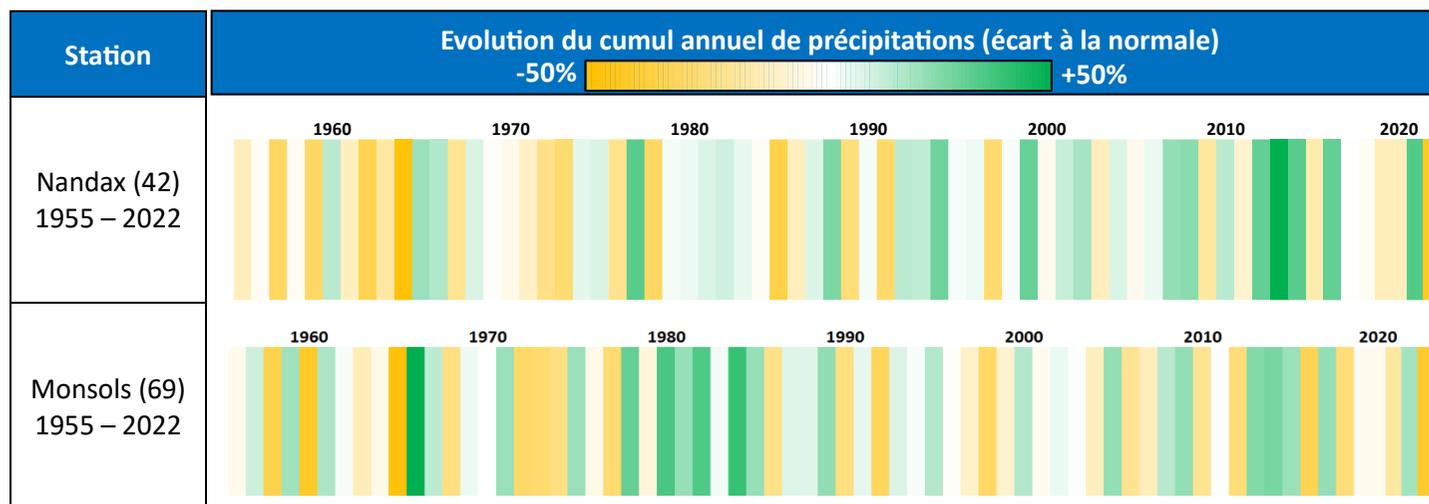
Nandax : Moyenne 1954-2022

Monsols : Moyenne 1950 - 2022

Cumul des précipitations (historique de 1950 à aujourd'hui) :

- Cumul annuel des précipitations**

→ Pas de tendance claire : des années normales, des années sèches, des années humides...



Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

- Cumul des précipitations par saison :**

→ Peu d'évolution l'hiver

→ Augmentation au printemps et à l'automne

→ Des évolutions différentes selon les stations l'été

- Pas d'évolution de la répartition des cumuls journaliers**

Station	Evolution du cumul de précipitations par saisons (Ecart moyenne 2012-2022 par rapport à moyenne 1955-1965)			
	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Nandax (42) 1955 – 2022	+12 mm (+8 %)	+58 mm (+28 %)	+28 mm (+12 %)	+59 mm (+34%)
Monsols (69) 1955 - 2022	-1 mm (0 %)	+21 mm (+8 %)	-61 mm (-20 %)	+67 mm (+25 %)

Données – Fiche 2.2

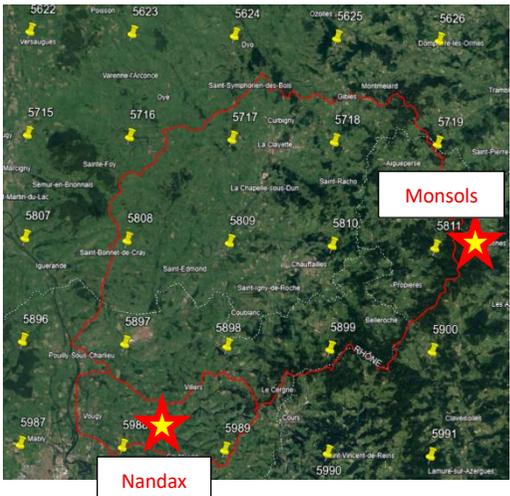


Intensité et fréquence des précipitations (de 1955 à aujourd'hui) :

→ Pas de modification dans la répartition des cumuls journaliers

Nandax (42)	Moyenne par an de jours avec cumul de précipitations					
	> 1 mm	> 5 mm	> 10 mm	> 30 mm	> 50 mm	> 100 mm
1989 - 2000	121	53	26	3	0	0
<i>2011 - 2022</i>	<i>123</i>	<i>54</i>	<i>27</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>0</i>

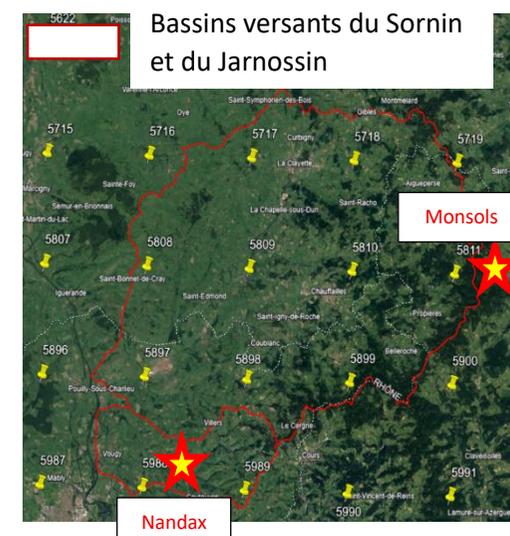
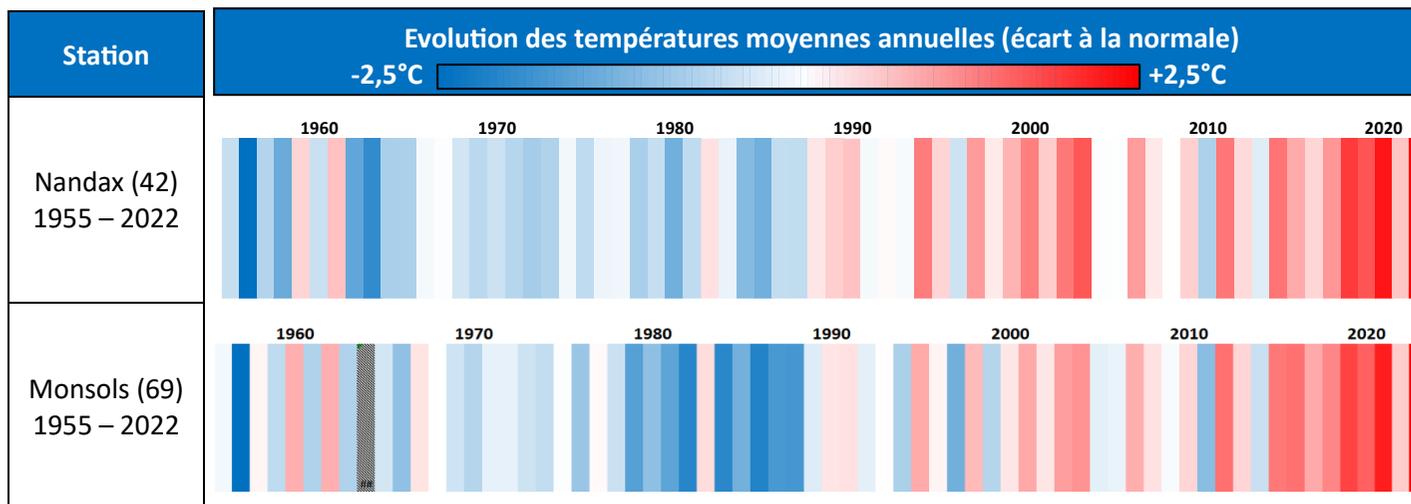
Monsols (69)	Moyenne par an de jours avec cumul de précipitations					
	> 1 mm	> 5 mm	> 10 mm	> 30 mm	> 50 mm	> 100 mm
1989 - 2000	129	71	38	3	1	0
<i>2011 - 2022</i>	<i>131</i>	<i>72</i>	<i>37</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	<i>0</i>



Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

Historique des températures (de 1950 à aujourd'hui) :

- **Températures moyennes annuelles :**
 Successions d'années plus chaudes → Augmentation de la température moyenne (+ 2,5°C de 1955 à 2022)



- **Températures moyennes par saison**

Station	Evolution des températures moyennes par saison			
	Ecart moyenne 2012-2022 par rapport à la moyenne 1955-1965 entre ()			
	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Nandax (42)	+1.6°C (3.9°C)	+1.8°C (12.9°C)	+2.1°C (17.4°C)	+2.5°C (6.6°C)
Monsols (69)	+1.7°C (3.0°C)	+1.1°C (12.8°C)	+1.5°C (17.2°C)	+2.3°C (5.7°C)

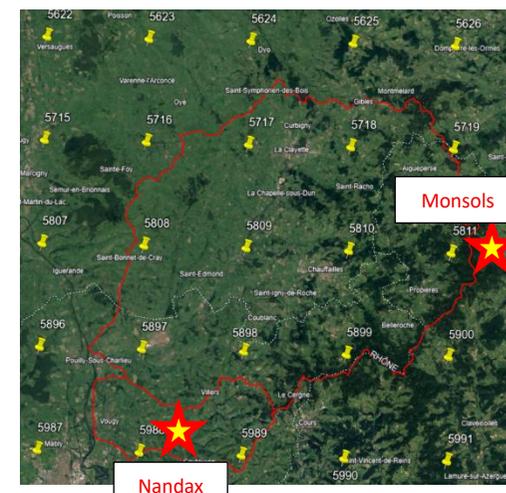


Evolution des températures "extrêmes" (de 1955 à aujourd'hui) :

- ➔ Augmentation du nombre de "jours de chaleur" (maximales > 25°C)
- ➔ Baisse du nombre de jours de gelées (minimales < 0°C)

Nandax (42)	Moyenne par an du nombre de jours avec						
	Température maximale				Température minimale		
	< 0°C	> 25°C	> 30°C	> 35°C	< -10°C	< -5°C	< 0°C
1989 - 2000	6	61	15	1	1	12	57
2011 - 2022	4	70	24	4	1	6	45

Monsols (69)	Moyenne par an du nombre de jours avec						
	Température maximale				Température minimale		
	< 0°C	> 25°C	> 30°C	> 35°C	< -10°C	< -5°C	< 0°C
1989 - 2000	13	47	11	1	3	17	73
2011 - 2022	7	62	19	2	2	11	64



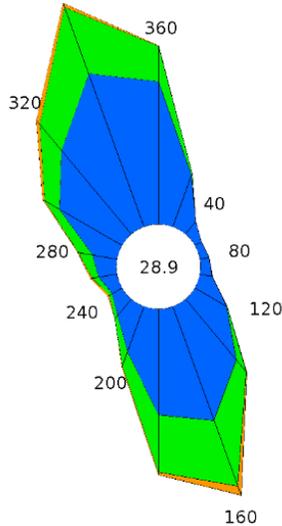
Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

VENT

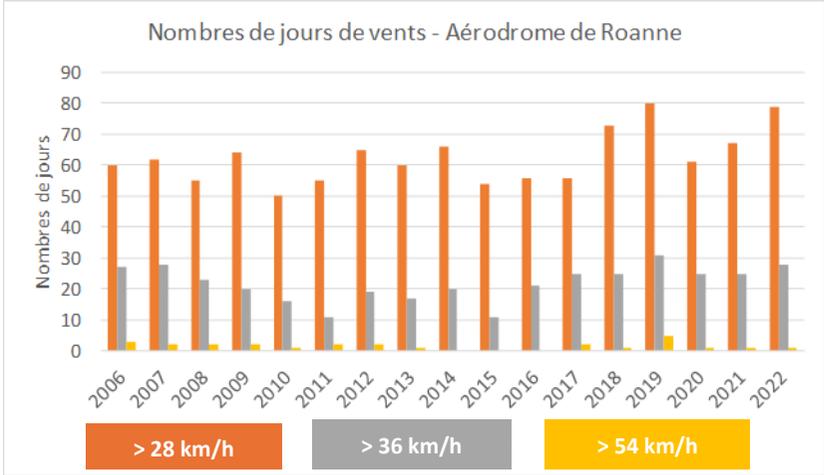
Aérodrome de Roanne

Fréquence des vents en fonction de leur **provenance**

Vent les plus fréquents : méridien (= Nord ou Sud)

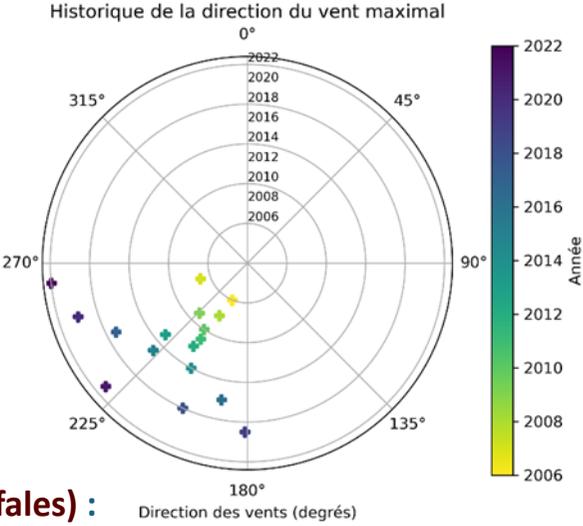


Valeur au centre =
 Pendant 30% du temps, le vent est inférieur à 5 km/h



Pas d'évolution significative des vents, en nombre de jours et intensité

Les cercles représentent les années (2006 au centre, 2022 à l'extérieur)



Vents les plus forts (= rafales) :

- Direction principale : Sud-Ouest
- Pas de tendance d'évolution claire

Projections climatiques : Combinaison d'un scénario futur d'émission de Gaz à effets de serre (GES) et de modèles climatiques

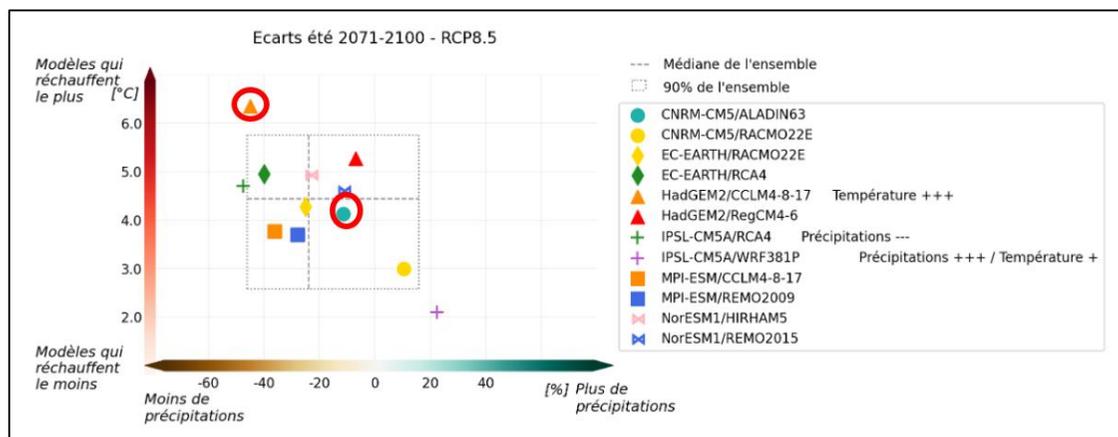
Valorisation du portail DRIAS :



- 1) Définition d'un scénario d'émissions gaz à effet de serre (GES) futurs : **retenu RCP 8.5**
- 2) Intégration dans un **modèle climatique global**
- 3) Couplage avec un **modèle climatique régional**
- 4) Application d'une correction (pour calage avec les stations au sol)

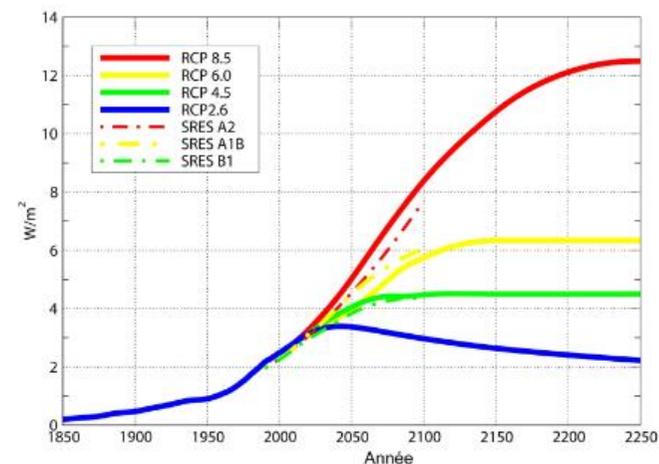
Modèles climatiques :

- Plusieurs couplages **modèle global / modèle régional** disponibles (17)
- 2 simulations climatiques retenues :
 - CNRM-CM5 / ALADIN63 (**type « médian »**)
 - HadGEM2 / CCLM4-8-17 (**type « France »**)
- Une seule méthode de correction : ADAMONT



A = Scénario d'émissions GES futurs :

- **RCP 2.6** : pic des émissions avant 2100 puis déclin,
- **RCP 4.5** : stabilisation des émissions d'ici 2100,
- **RCP 8.5** : pas de réduction des émissions.



➔ **RCP 8.5** proposé pour l'analyse (dernières tendances du GIEC axées sur cette trajectoire)

➔ **Objectif TRACC¹ (Horizon 2050) : +2.7°C sur la température moyenne en France (+ 4°C en 2100), correspondant à la projection « type France »**

1 : Trajectoire de réchauffement de référence pour l'Adaptation au Changement Climatique

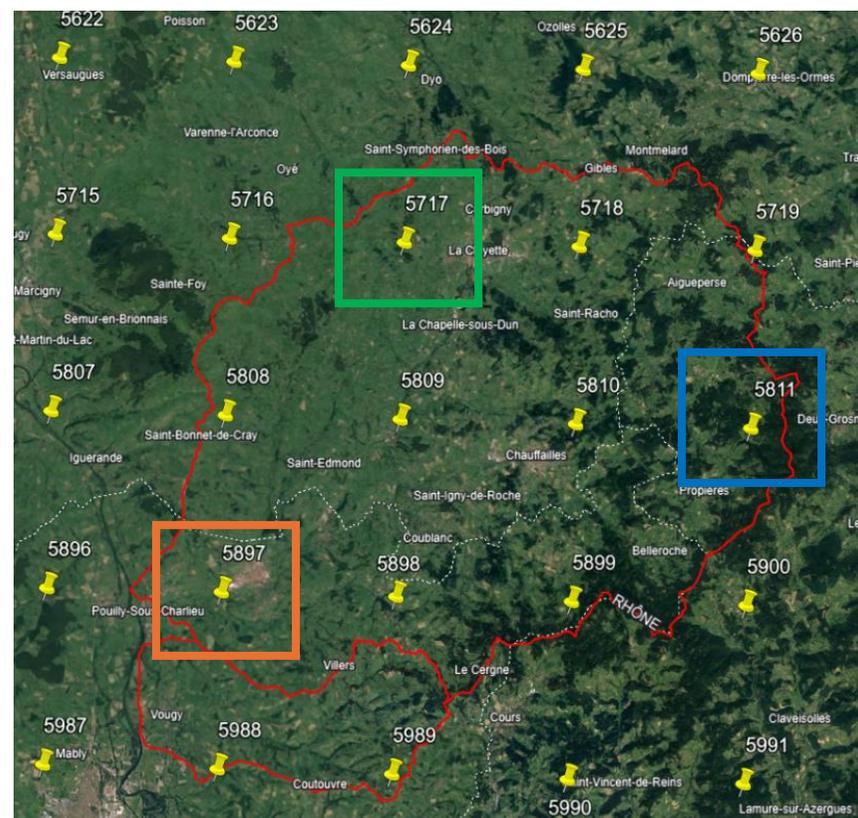
SAFRAN /ISBA : un maillage du territoire (8 x 8 km) permettant de sectoriser des données interpolées, historiques, actuelles et futures (selon projections choisies) :

- Données climatiques
- Evaporation réelle /Evapotranspiration potentielle
- Indice d'humidité des sols ...

Trois mailles sélectionnées pour caractériser le climat actuel et futur sur le territoire :

- L'aval du bassin versant
- Le Nord du bassin versant
- L'amont du bassin versant

Mailles SAFRAN sélectionnées



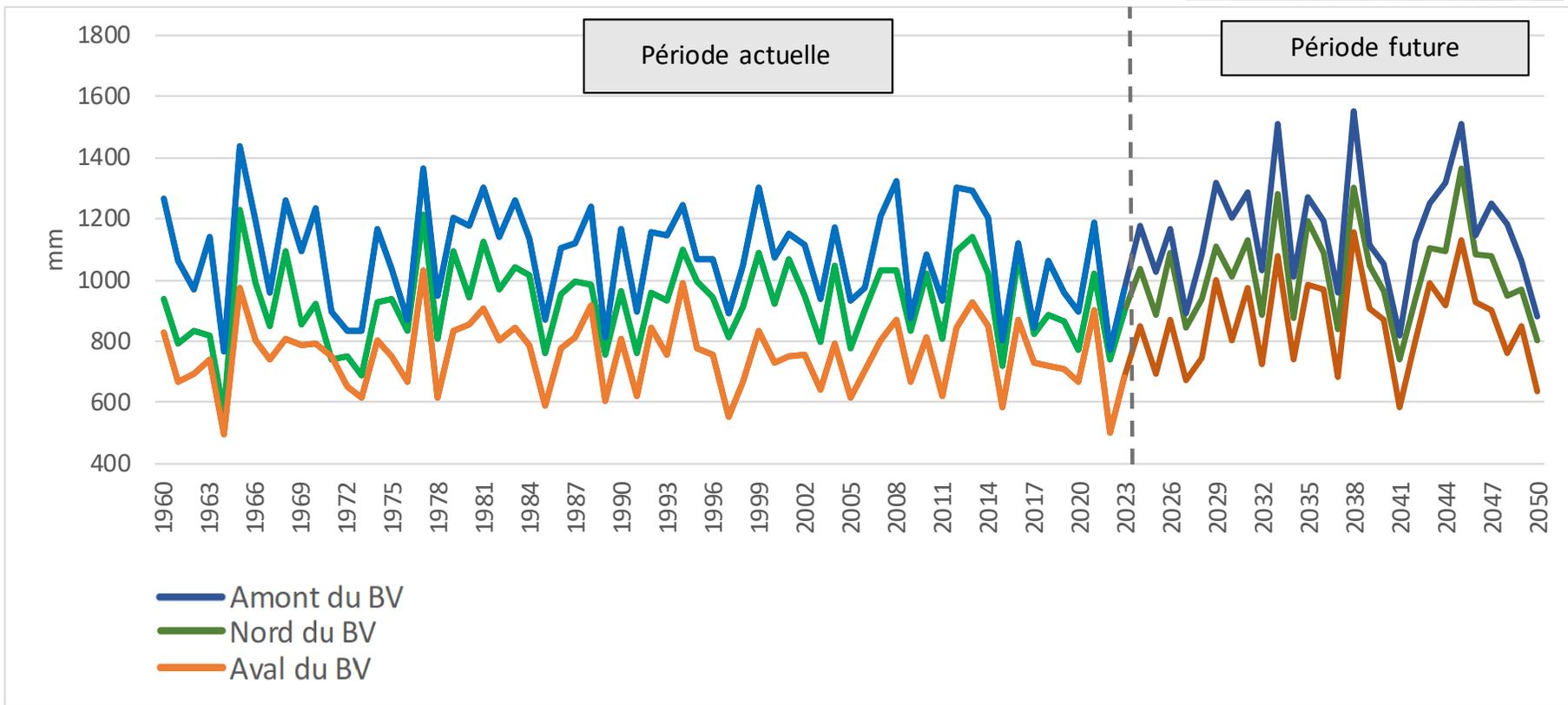
Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

Evolution du cumul annuel des précipitations et projections à l'horizon 2050 :

- ➔ Tendance à la baisse sur l'amont et l'aval du bassin versant
- ➔ ... et à la hausse au Nord

Projection "médiane"

 Bassins versants du Sornin et du Jarnossin



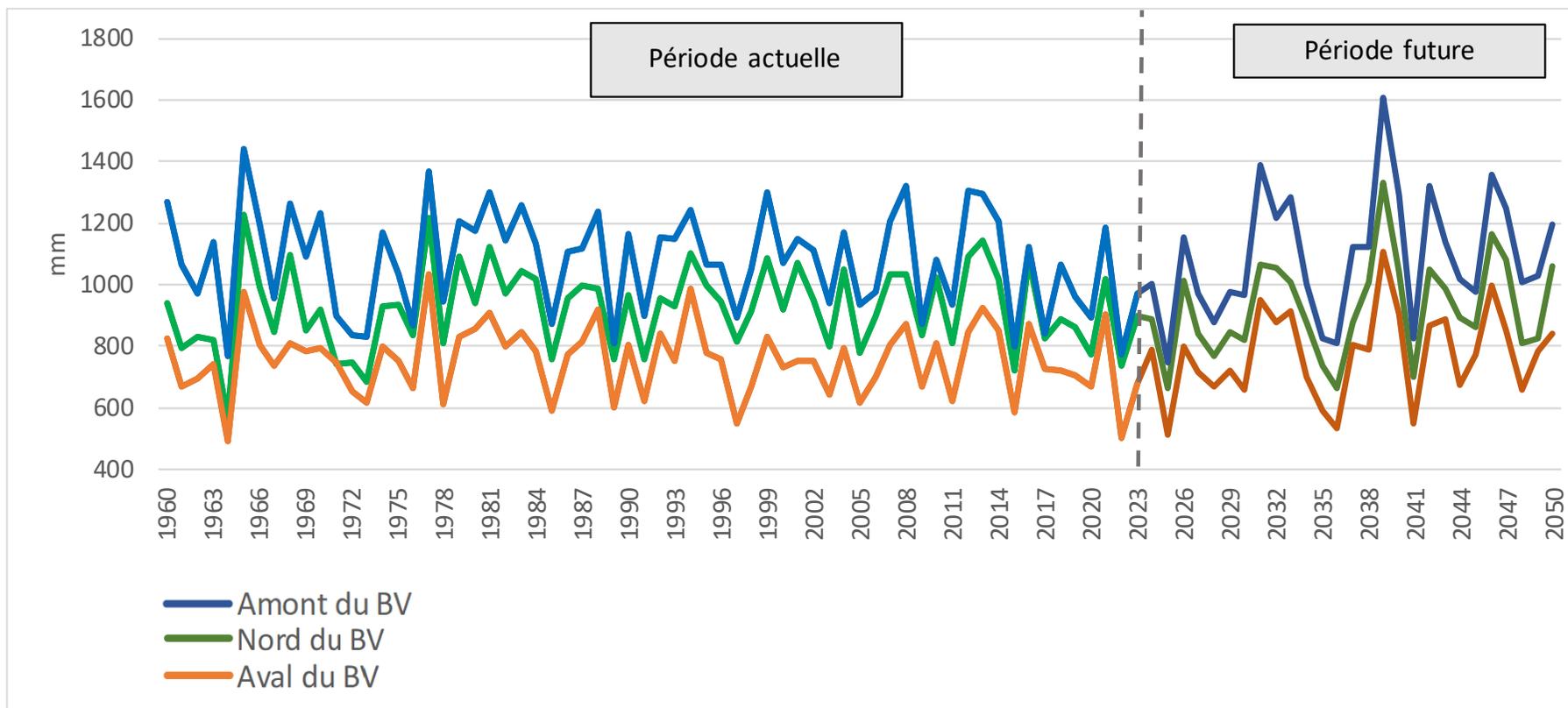
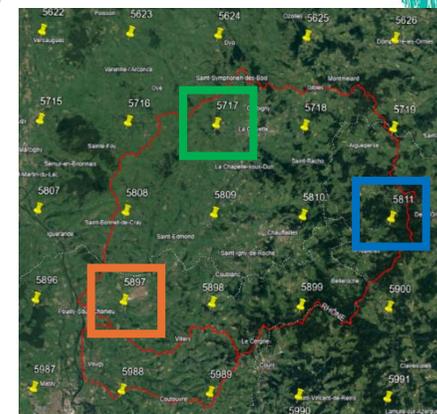


Evolution du cumul annuel des précipitations et projections à l'horizon 2050 :

- ➔ Tendance à la baisse sur l'amont et l'aval du bassin versant
- ➔ ... et à la hausse au Nord

Projection "France"

 Bassins versants du Sornin et du Jarnossin



Projection à l'horizon 2050 des précipitations moyennes et saisonnières

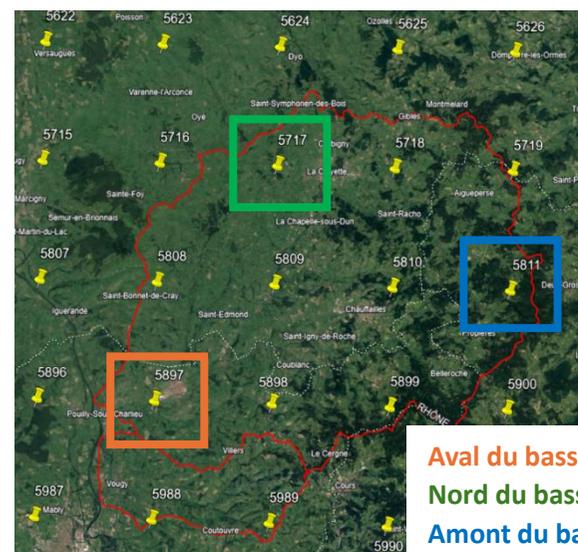
(Par rapport à la période de référence 1951 – 2005)

Evolution du cumul de précipitations par saisons	
HIVER	PRINTEMPS
Amont du BV : +20 % Nord du BV : +19 % Aval du BV : +22 %	Amont du BV : +5 % Nord du BV : +6 % Aval du BV : +7 %
ETE	AUTOMNE
Amont du BV : +3 % Nord du BV : +1 % Aval du BV : +5 %	Amont du BV : +8 % Nord du BV : +9 % Aval du BV : +13 %

Projection
 « médiane »

Evolution du cumul de précipitations par saisons	
HIVER	PRINTEMPS
Amont du BV : +32 % Nord du BV : +32 % Aval du BV : +32 %	Amont du BV : +16 % Nord du BV : +19 % Aval du BV : +22 %
ETE	AUTOMNE
Amont du BV : -33 % Nord du BV : -32 % Aval du BV : -35 %	Amont du BV : -10 % Nord du BV : -13 % Aval du BV : -13 %

Projection
 « France »



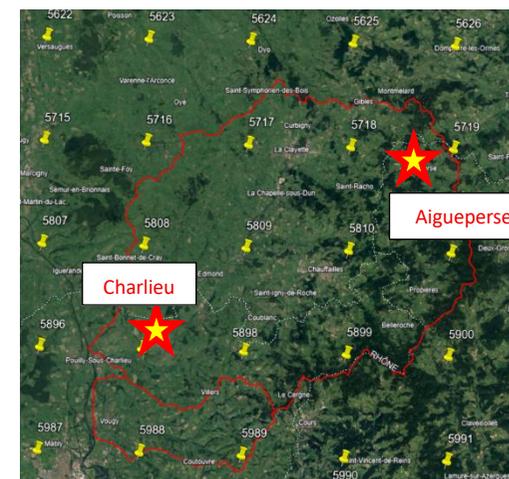
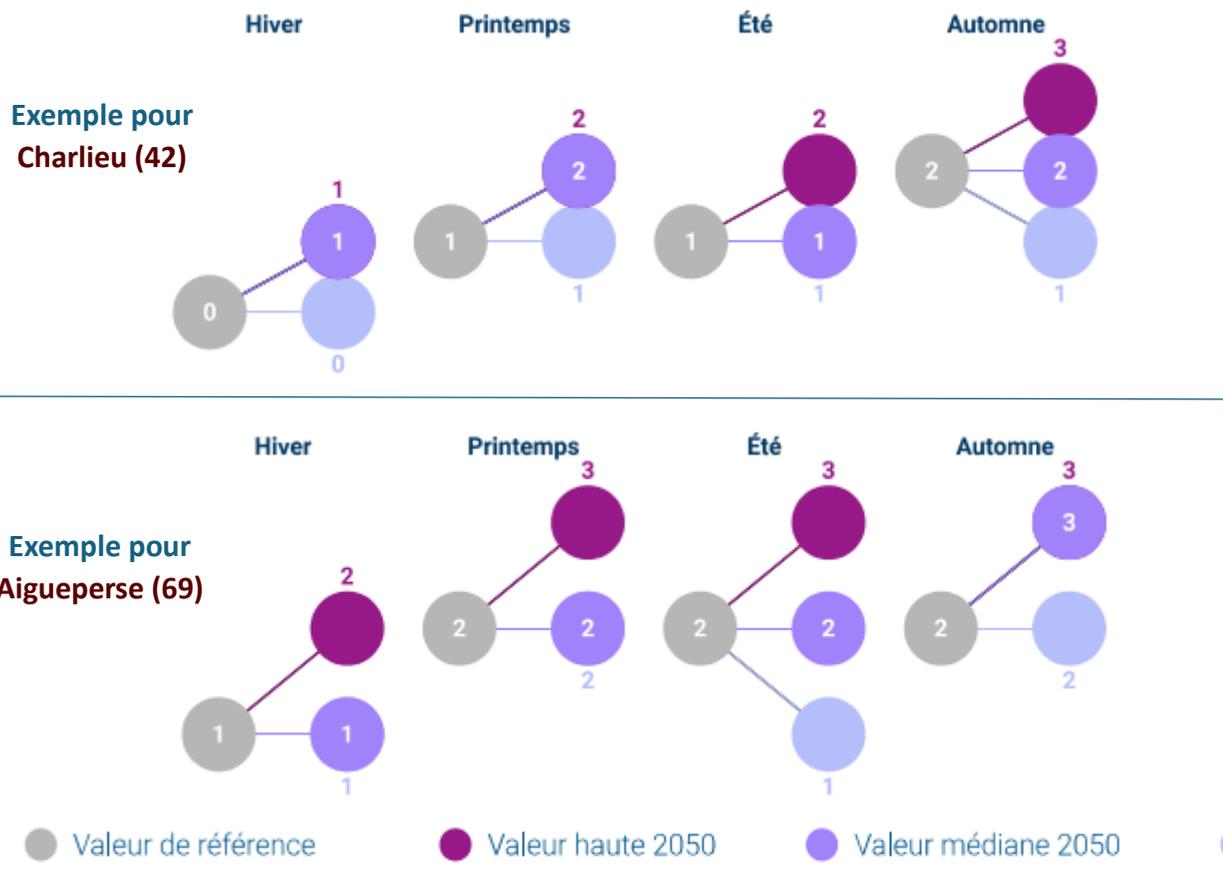
Aval du bassin versant
 Nord du bassin versant
 Amont du bassin versant

 Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

➔ Evolutions contrastées suivant les projections, notamment en été et automne

Nombre de jours par saison avec fortes précipitations (Projection à l'horizon 2050 selon trajectoire "France")

Un **jour pluvieux** est considéré avec fortes précipitations dès lors que la quantité d'eau recueillie est supérieure à 20 mm (soit 20 l/m²)



▭ Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

➔ **Peu d'évolution du nombre de jours avec fortes précipitations**

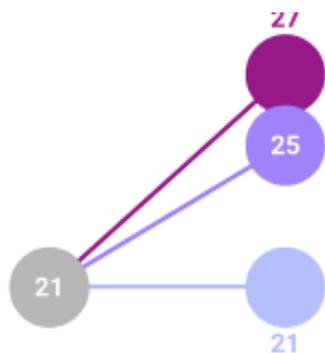
Valeur de référence : 1976 – 2005



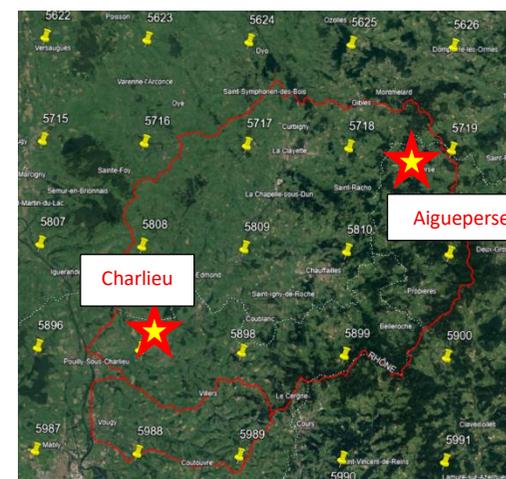
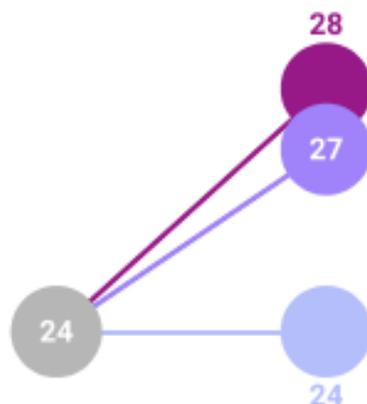
Cumul des précipitations dites "remarquables" (Projection à l'horizon 2050 selon trajectoire "France")

Le cumul de précipitations remarquables (en mm) correspond à la valeur qui n'est dépassée qu'un jour sur 100, soit 3 à 4 jours par an

Exemple pour la commune
 de **Charlieu (42)**



Exemple pour la commune
 d'**Aigueperse (69)**



Bassins versants du Sorin et du Jarnossin

➔ **Augmentation des cumuls quotidiens remarquables**
 (➔ **risque ruissellement**)

● Valeur de référence

● Valeur haute 2050

● Valeur médiane 2050

● Valeur basse 2050

Valeur de référence : 1976 – 2005



Données – Fiche 1.3.1

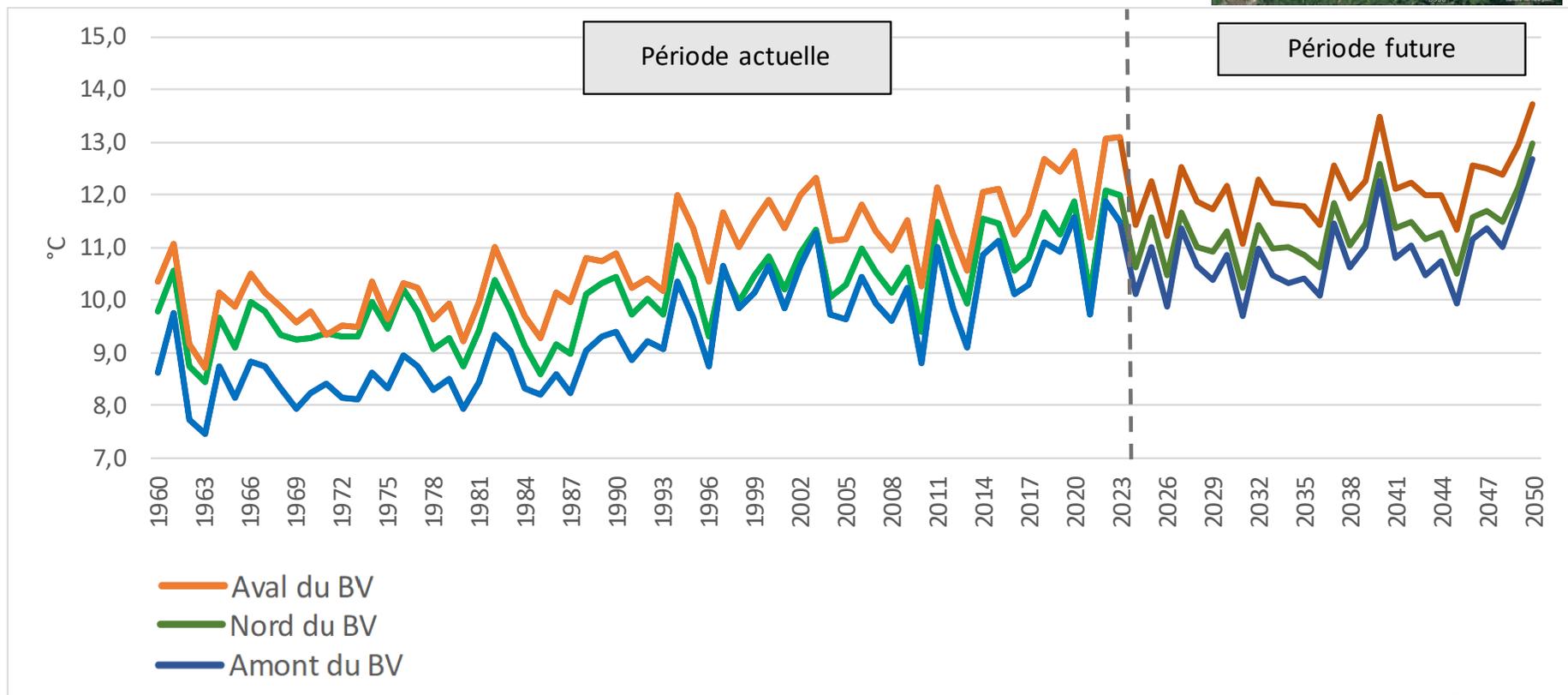
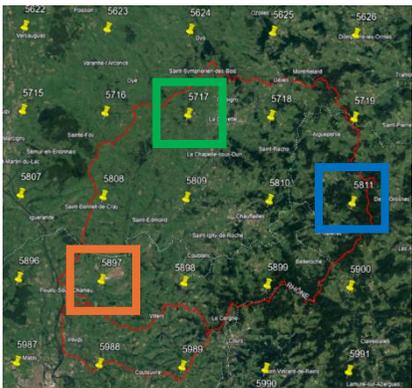
Passé | Futur

Evolution des températures moyennes annuelles et projection à l'horizon 2050

→ Tendance à l'augmentation partout sur le territoire

Projection "médiane"

Basins versants du Sornin et du Jarnossin



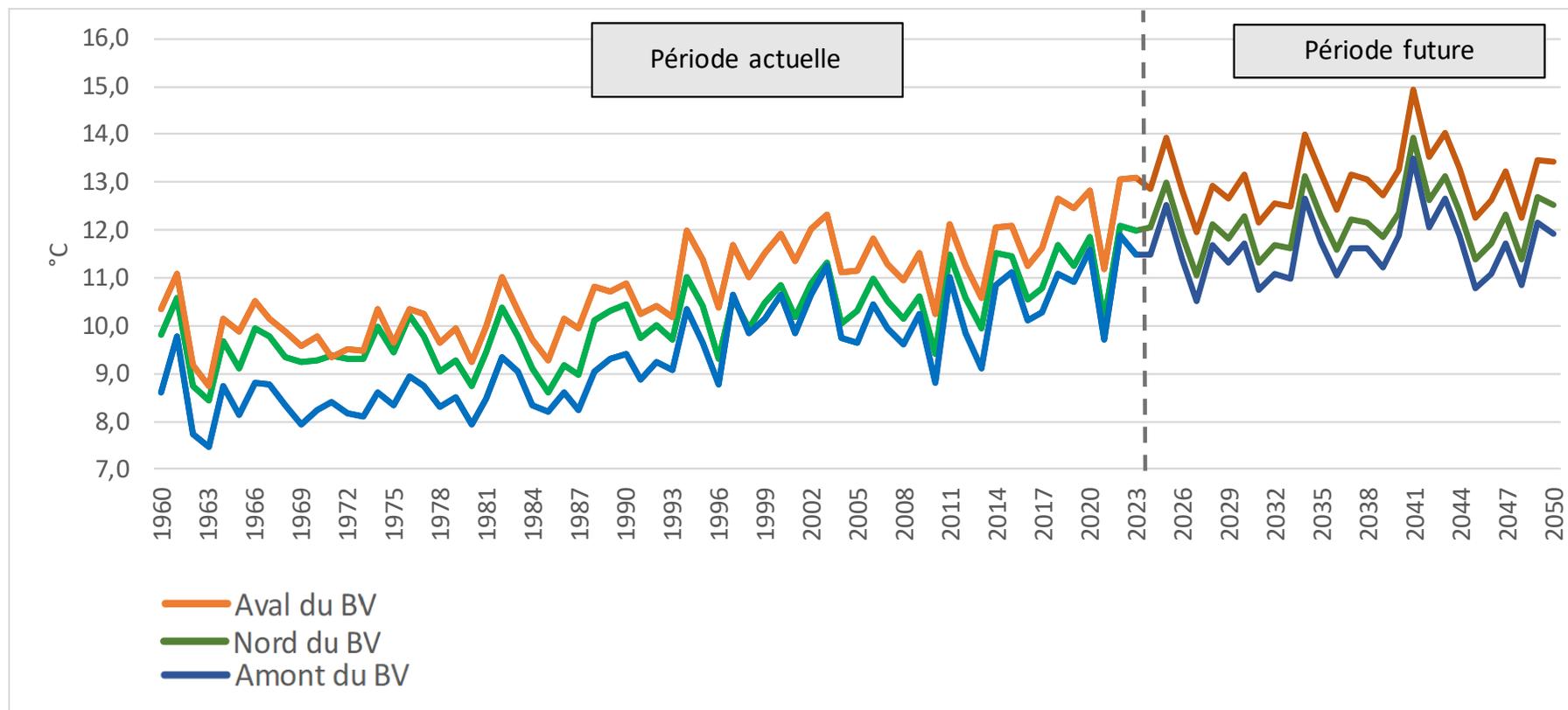
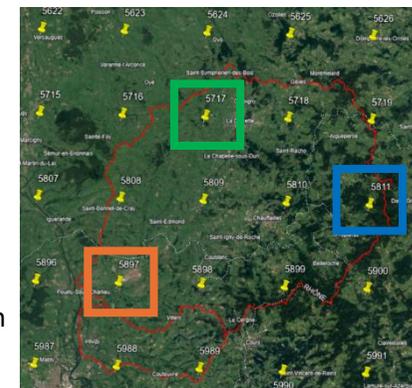


Evolution des températures moyennes annuelles et projection à l'horizon 2050

→ Tendance à la hausse partout sur le territoire

Projection « France »

Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

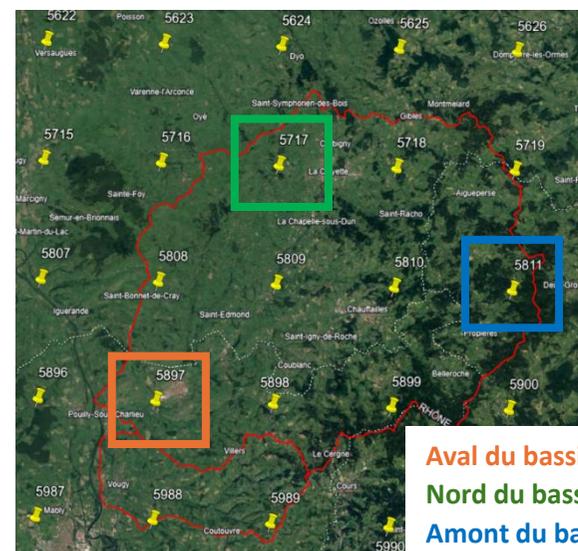


Projection des températures moyennes et saisonnières à l'horizon 2050

(Par rapport à la période de référence 1951 – 2005)

Evolution des températures moyennes par saisons	
HIVER	PRINTEMPS
Amont du BV : +1.9°C Nord du BV : +1.7°C Aval du BV : +1.7°C	Amont du BV : +2.2°C Nord du BV : +2.0°C Aval du BV : +2.0°C
ETE	AUTOMNE
Amont du BV : +2.2°C Nord du BV : +1.9°C Aval du BV : +2.0°C	Amont du BV : +2.6°C Nord du BV : +2.5°C Aval du BV : +2.5°C

Projection
 "médiane"



Aval du bassin versant
Nord du bassin versant
Amont du bassin versant

Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

Evolution des températures moyennes par saisons	
HIVER	PRINTEMPS
Amont du BV : +2.8°C Nord du BV : +2.6°C Aval du BV : +2.9°C	Amont du BV : +1.9°C Nord du BV : +1.8°C Aval du BV : +1.9°C
ETE	AUTOMNE
Amont du BV : +4.4°C Nord du BV : +4.0°C Aval du BV : +4.3°C	Amont du BV : +3.8°C Nord du BV : +3.7°C Aval du BV : +3.9°C

Projection
 "France"

Des évolutions plus contrastées en été

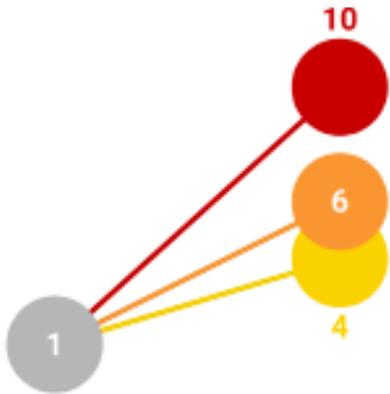
Un réchauffement plus marqué sur l'amont du bassin versant

En moyenne sur l'année à l'échelle du bassin versant :
 +2°C avec la projection "médiane"
 + 3°C avec la projection "France"

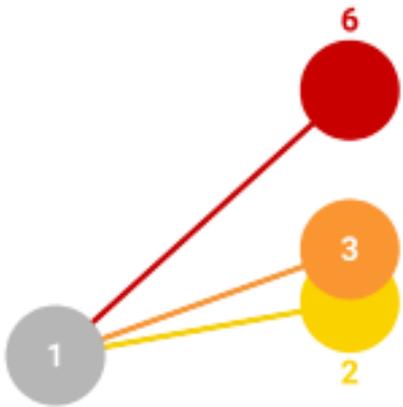
JOURS DE FORTES CHALEURS (Projection à l'horizon 2050 selon trajectoire "France")

Un jour est considéré comme très chaud quand la température dépasse 35°C au cours de la journée

Exemple pour
Charlieu (42)

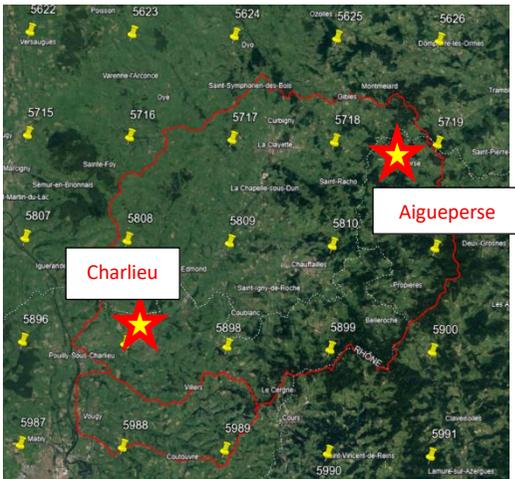


Exemple pour
Aigueperse (69)



● Valeur de référence ● Valeur haute 2050 ● Valeur médiane 2050 ● Valeur basse 2050

Valeur de référence : 1976 – 2005



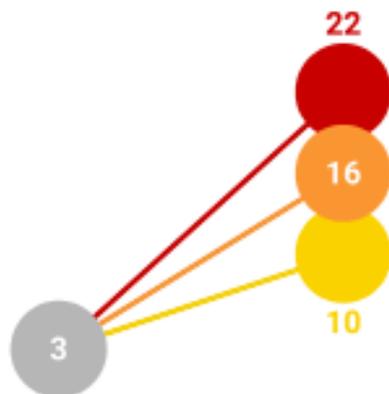
□ Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

➔ Augmentation du nombre de jours de très fortes chaleurs

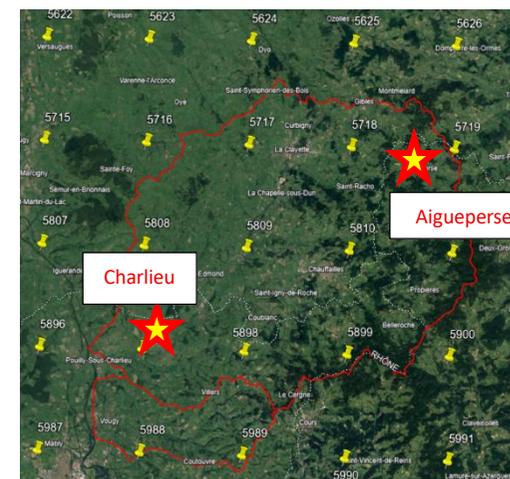
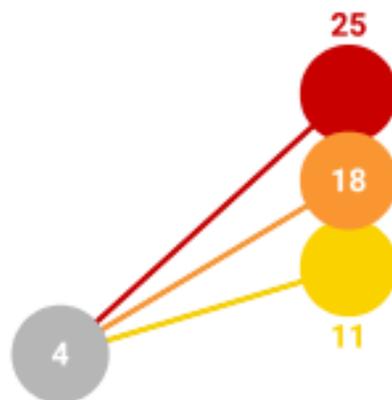
NUITS CHAUDES (Projection à l'horizon 2050 selon trajectoire "France"»)

Une nuit est considérée comme chaude si la température durant cette nuit ne descend pas en dessous de 20°C

Exemple pour
Charlieu (42)



Exemple pour
Aigueperse (69)



Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

➔ **Augmentation du nombre de nuits chaudes**

● Valeur de référence ● Valeur haute 2050 ● Valeur médiane 2050 ● Valeur basse 2050

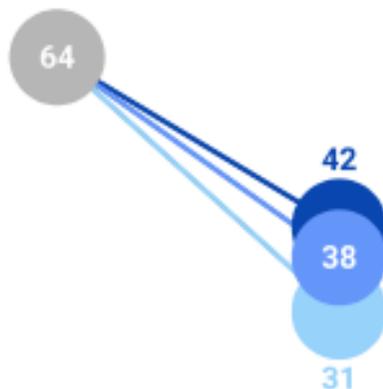
Valeur de référence : 1976 – 2005



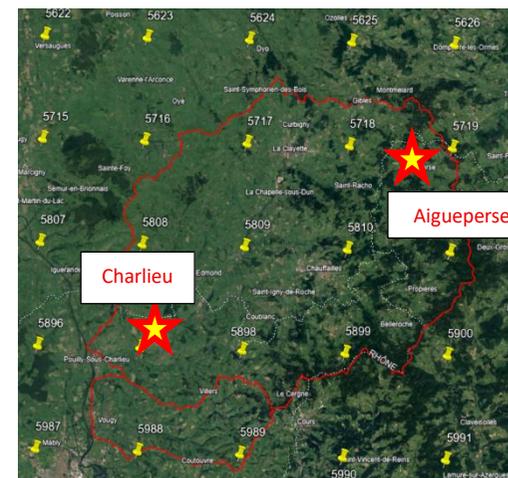
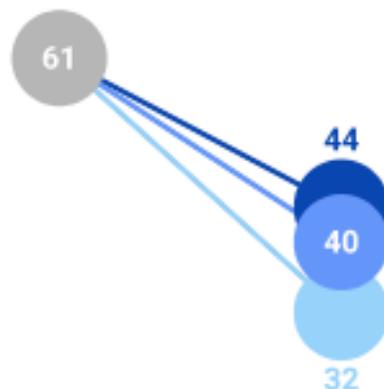
JOURS DE GEL (Projection à l'horizon 2050 selon trajectoire "France")

Est considéré comme jour de gel un jour où la température descend en dessous de 0

Exemple pour
Charlieu (42)



Exemple pour
Aigueperse (69)



Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

➔ Diminution du nombre de jours de gel

● Valeur de référence ● Valeur haute 2050 ● Valeur médiane 2050 ● Valeur basse 2050

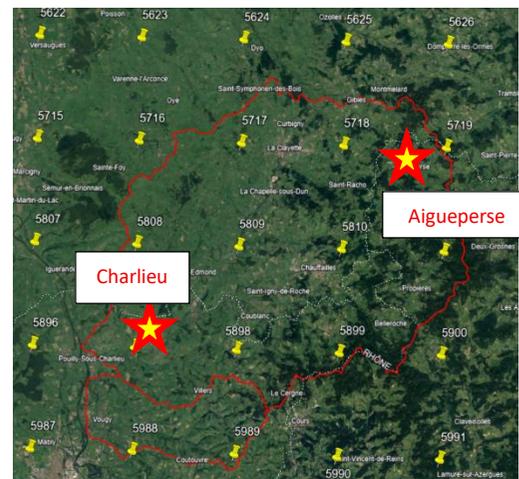
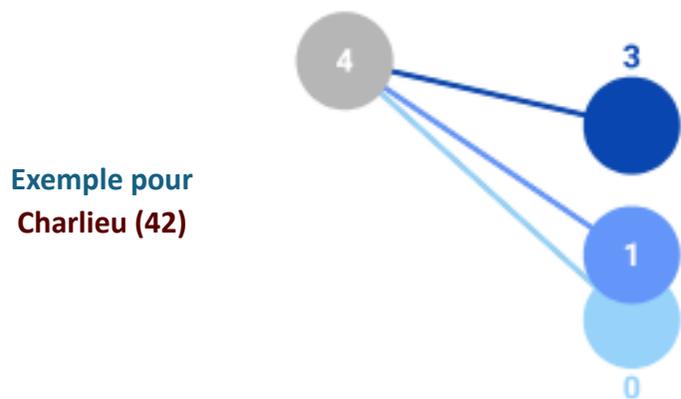
Valeur de référence : 1976 – 2005



VAGUE DE FROID

(Nombre annuels de jours - Projection à l'horizon 2050 selon trajectoire "France")

Une vague de froid est définie comme un épisode d'au moins 5 jours consécutifs durant lesquels la température minimale quotidienne est inférieure de 5 degrés à la normale.



Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

➔ **Diminution des vagues de froid**

● Valeur de référence ● Valeur haute 2050 ● Valeur médiane 2050 ● Valeur basse 2050

Valeur de référence : 1976 – 2005



Evolution des vents – Projection à l’horizon 2050

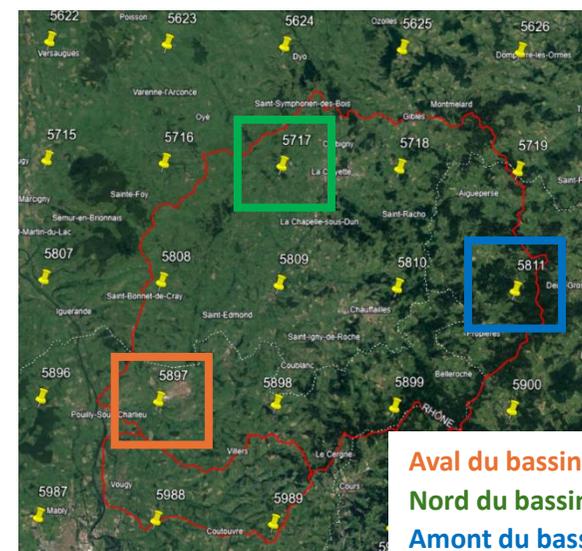
(Par rapport à la période de référence 1951 – 2005)

Evolution de la vitesse des vents par saisons	
HIVER	PRINTEMPS
Amont du BV : +0.0 m/s Nord du BV : +0.2 m/s Aval du BV : +0.2 m/s	Amont du BV : -0.1 m/s Nord du BV : +0.0 m/s Aval du BV : +0.0 m/s
ETE	AUTOMNE
Amont du BV : +0.1 m/s Nord du BV : +0.0 m/s Aval du BV : +0.1 m/s	Amont du BV : -0.4 m/s Nord du BV : -0.4 m/s Aval du BV : -0.2 m/s

Projection
 "médiane"

Evolution de la vitesse des vents par saisons	
HIVER	PRINTEMPS
Amont du BV : +0.3 m/s Nord du BV : +0.3 m/s Aval du BV : +0.3 m/s	Amont du BV : +0.2 m/s Nord du BV : +0.2 m/s Aval du BV : +0.2 m/s
ETE	AUTOMNE
Amont du BV : -0.3 m/s Nord du BV : -0.3 m/s Aval du BV : -0.4 m/s	Amont du BV : -0.1 m/s Nord du BV : -0.1 m/s Aval du BV : -0.1 m/s

Projection
 "France"



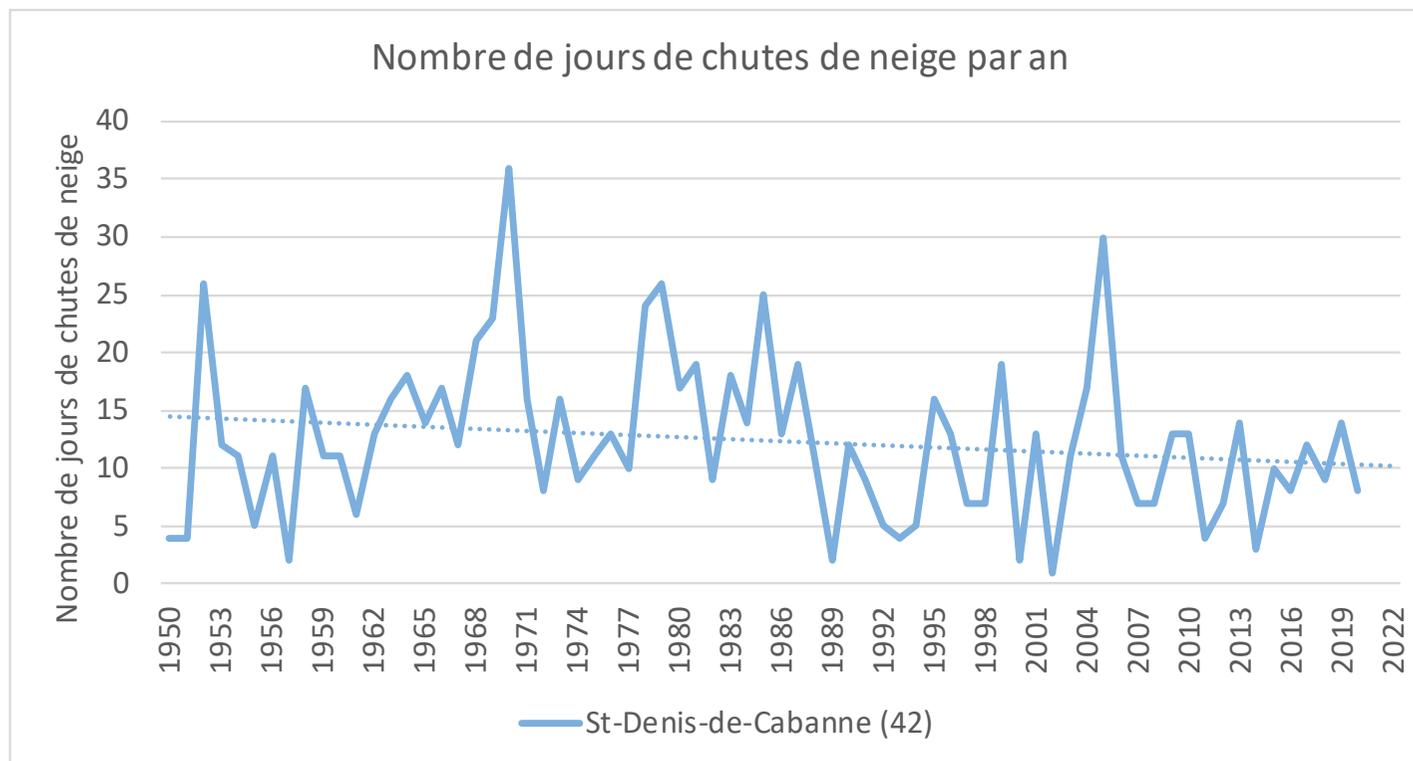
Aval du bassin versant
 Nord du bassin versant
 Amont du bassin versant

 Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

➔ Pas d'évolution notable sur l'année



NEIGE – Evolution historique 1950 - 2023



➔ Peu de données

➔ Diminution du nombre de jours de chutes de neige estimée à - 30 % depuis 1950

Sécheresses

Différents types de sécheresse :

- **Sécheresse météorologique** : Déficit pluviométrique sur une longue période
- **Sécheresse hydrologique** : Se produit lorsque les niveaux d'eau (dans les rivières ou dans les nappes) sont trop bas (conséquence de la sécheresse météorologique)

Sècheresse des sols

Indice d'humidité des sols « SWI » (Soil Wetness Index) :
 Représente sur une profondeur d'environ deux mètres, l'état de la réserve en eau du sol par rapport à la réserve utile (**eau disponible pour l'alimentation des plantes**).

$$SWI = \frac{W - W_{wilt}}{W_{fc} - W_{wilt}}$$

W = contenu en eau du sol

W_{wilt} = contenu en eau du sol au point de flétrissement (seuil à partir duquel la plante ne peut plus capter l'eau du sol, trop « rare »)

W_{fc} = contenu en eau du sol à la capacité au champ (seuil à partir duquel il n'y a plus de drainage gravitationnel dans le sol)

Indice SSWI : version normalisée de cet indice permettant de caractériser le niveau d'humidité ou de sécheresse des sols (et de sécheresse agricole)



Valeurs des durées de retour	Indice	catégorie
≥ 25 ans	≥1,75	Extrêmement humide
10 ans à 25 ans (exclu)	1,28 à 1,75	Très humide
5 à 10ans(exclu)	0,84 à 1,28	Modérément humide
0 à 5 ans(exclu)	-0,84 à 0,84	Autour de la normale
5 à 10 ans(exclu)	-1,28 à -0,84	Modérément sec
10 à 25 ans (exclu)	-1,75 à -1,28	Très sec
≤ 25 ans	≤-1,75	Extrêmement sec

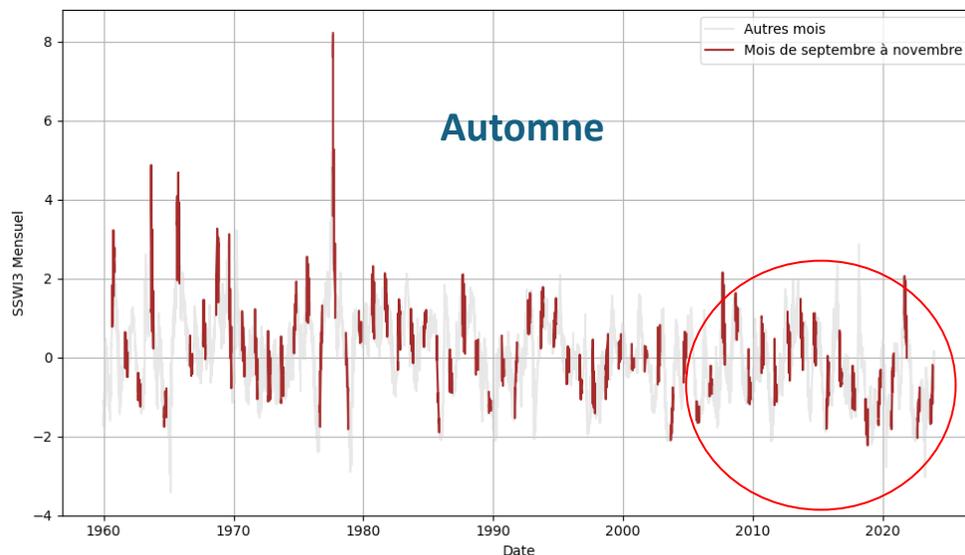
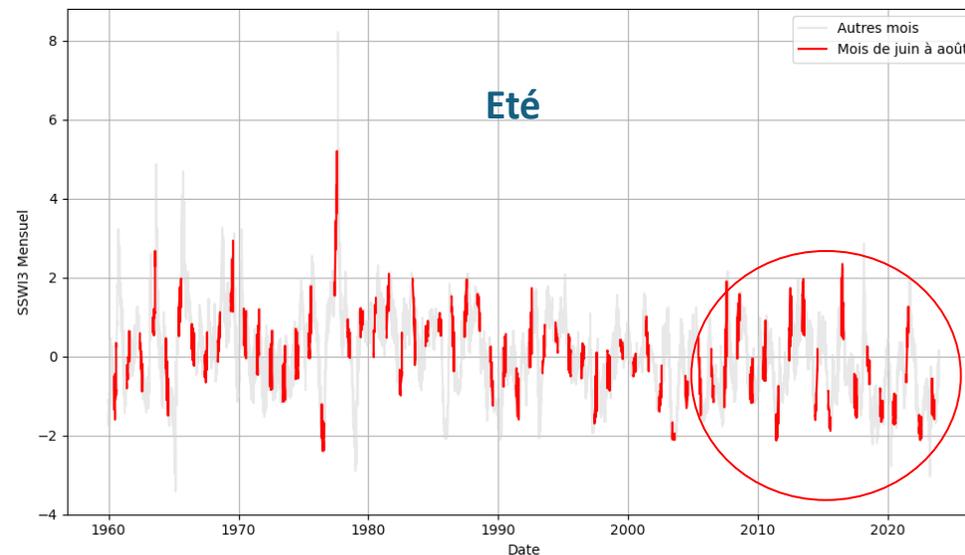
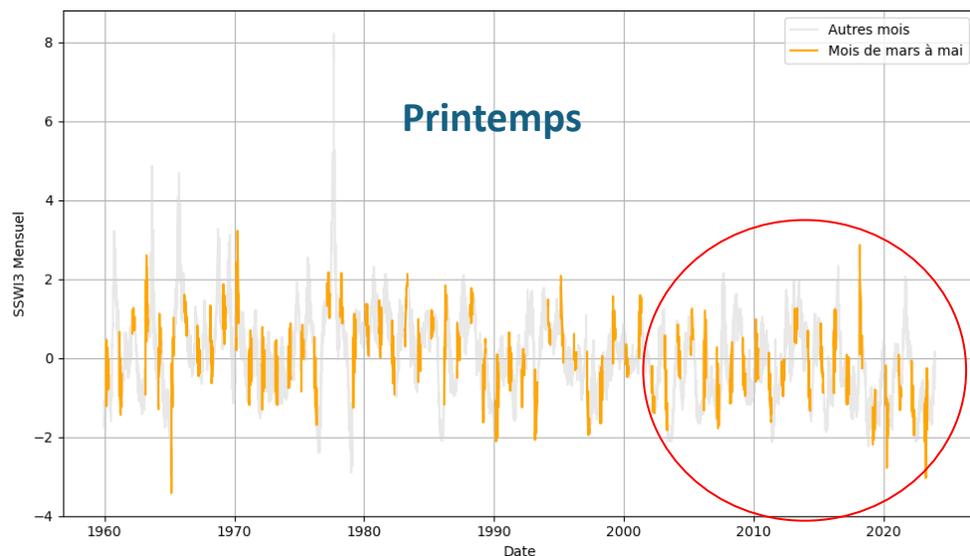


Evolution de l'indice normalisé de sécheresse des sols (SSWI) de 1960 à aujourd'hui.

La teneur en eau des sols est insuffisante pour la végétation quand l'indice est négatif (c'est-à-dire inférieur à zéro).

Moyenne sur l'ensemble du territoire

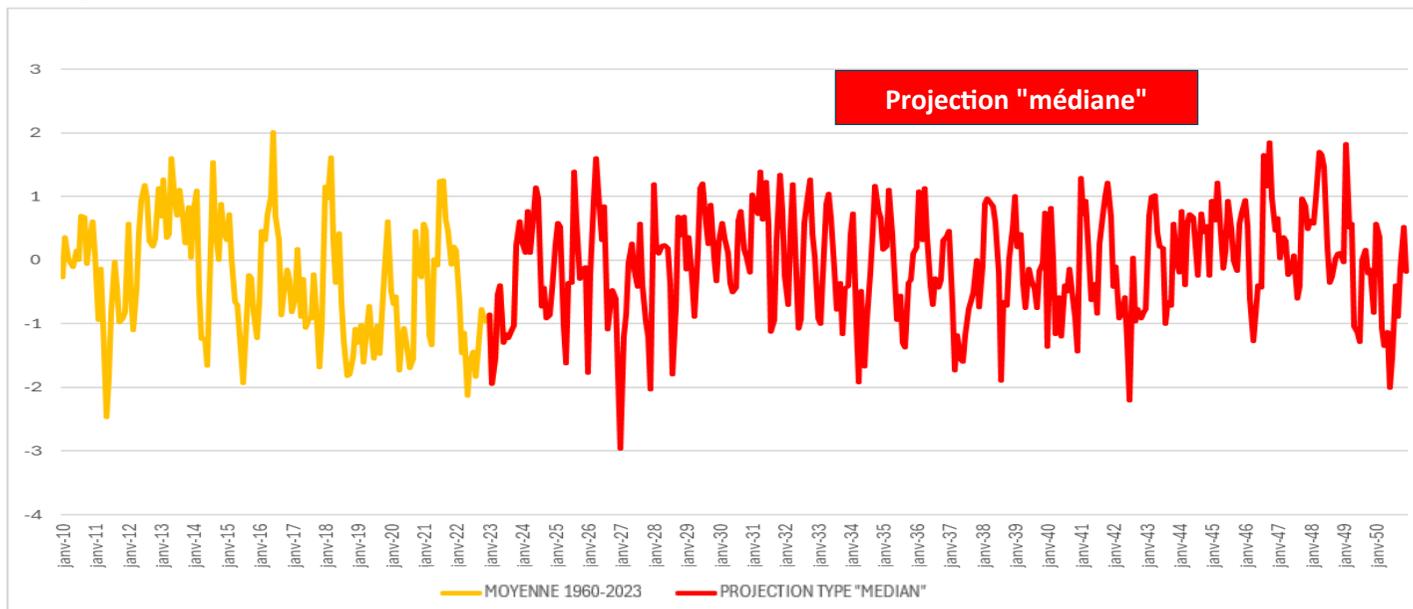
(Les tendances sur les différents secteurs - nord, amont et aval du territoire - sont identiques, même si les chiffres ne sont pas forcément les mêmes d'un endroit à l'autre)



➔ Quelles que soient les saisons : augmentation de la récurrence d'anomalies sèches durant les dernières années

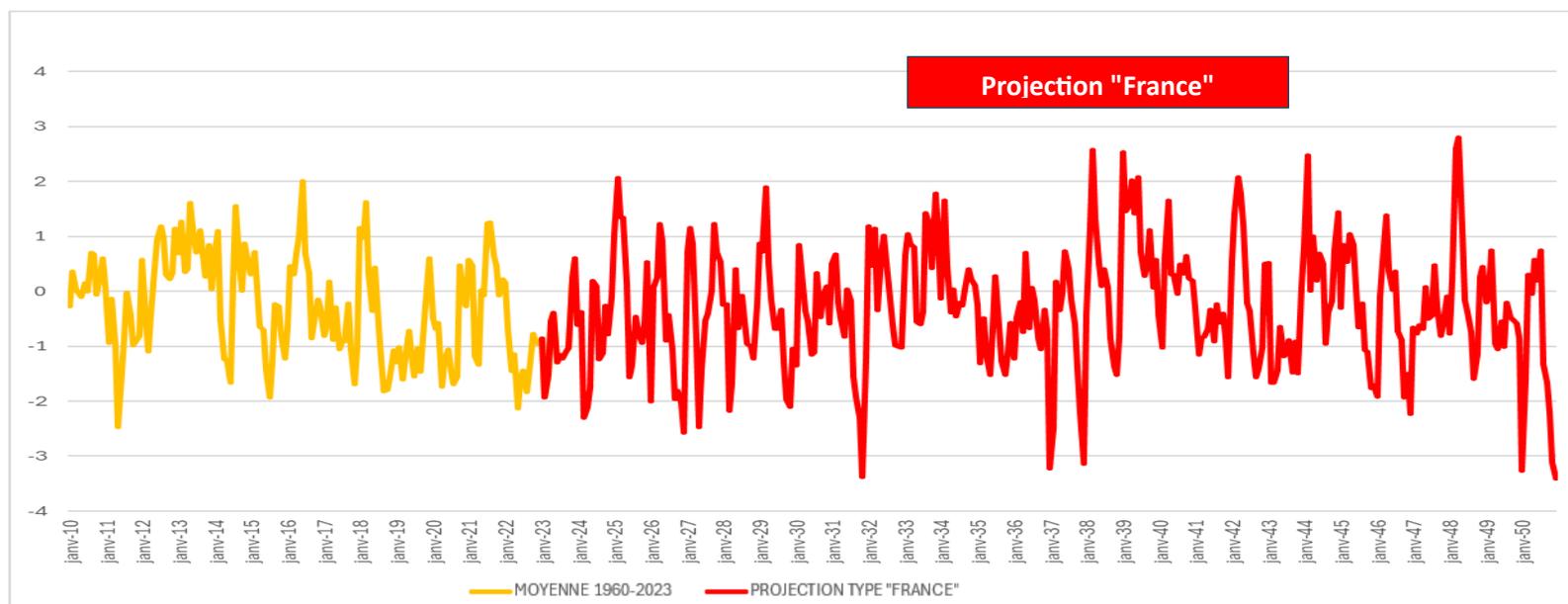


Projection de l'indice de sécheresse des sols à l'horizon 2050



Moyenne sur le territoire

➔ Augmentation de la fréquence des sécheresses dites "agricoles" avec la projection "France".

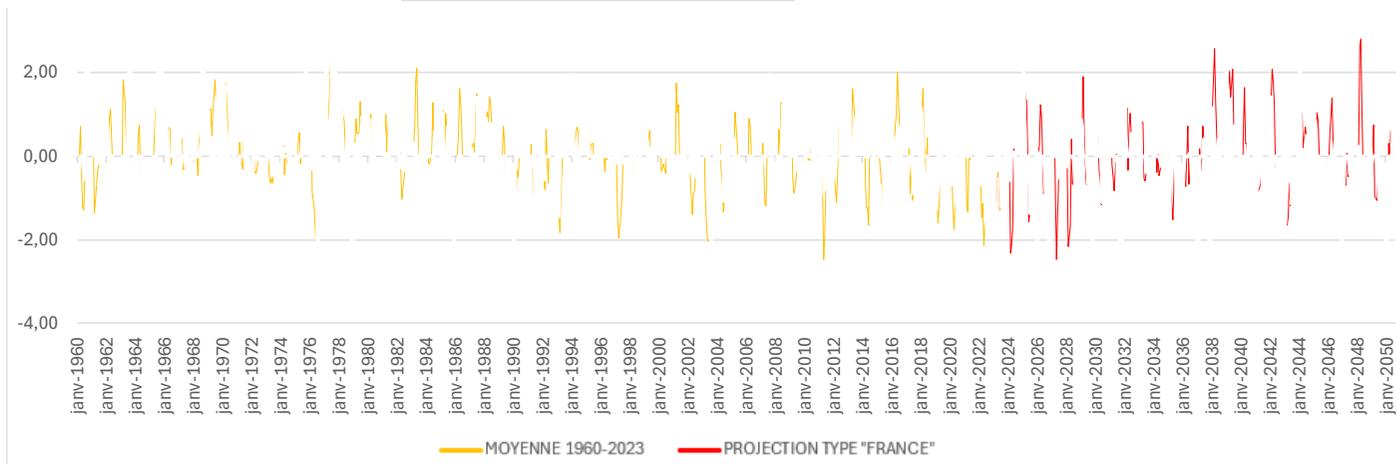
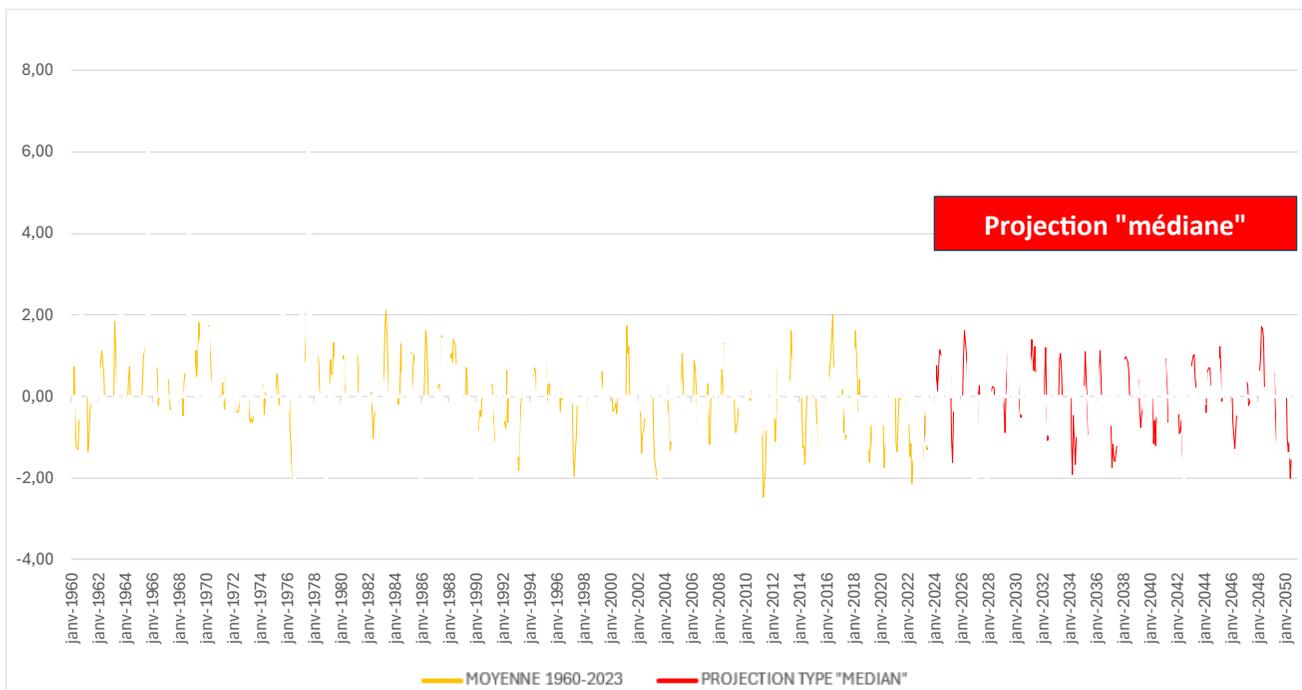


Projection saisonnière de l'indice de sécheresse des sols à l'horizon 2050 - **Printemps** (mars – juin)

Moyenne sur le territoire

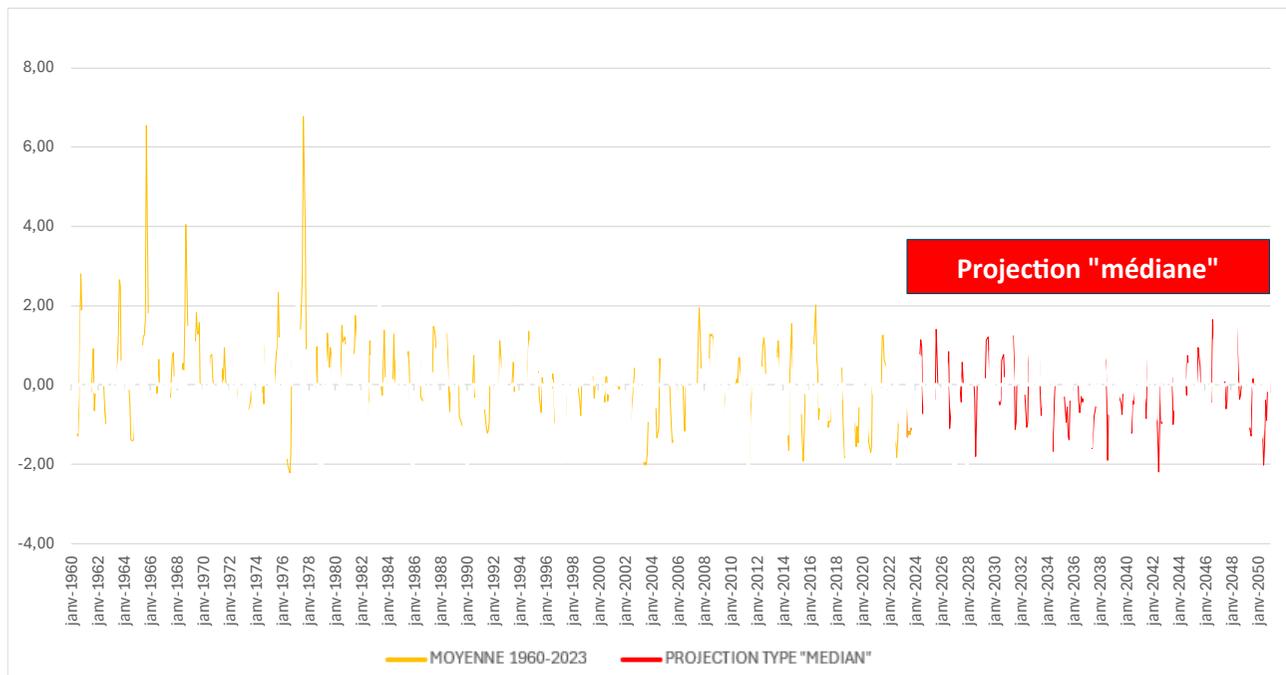
Projection "médiane"

Projection "France"

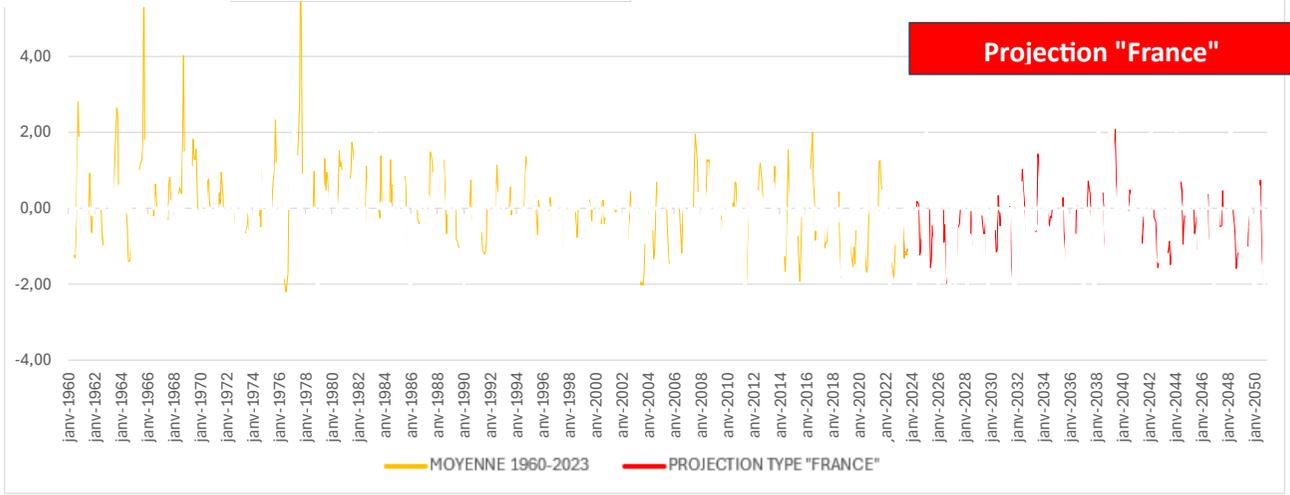




Projection saisonnière de l'indice de sécheresse des sols à l'horizon 2050 – Eté (juin - septembre)



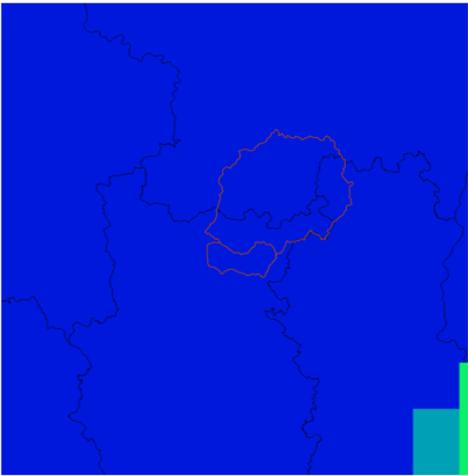
Moyenne sur le territoire



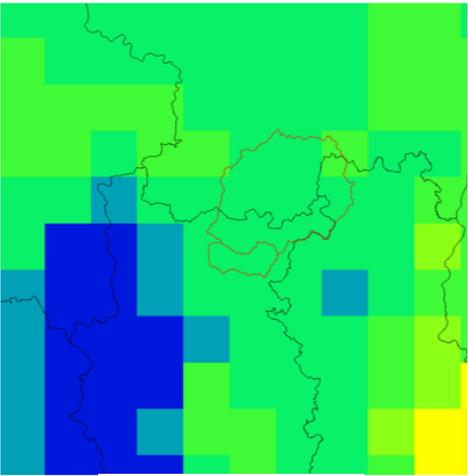
Indice feux de forêt – Situation actuelle et projection à l’horizon 2050

Nombre de jours avec « risque feux de forêt » élevé

- Actuellement = 0 jours
- **Projection 2050** : 0 jour (valeur médiane) – 7 jours (valeur haute)



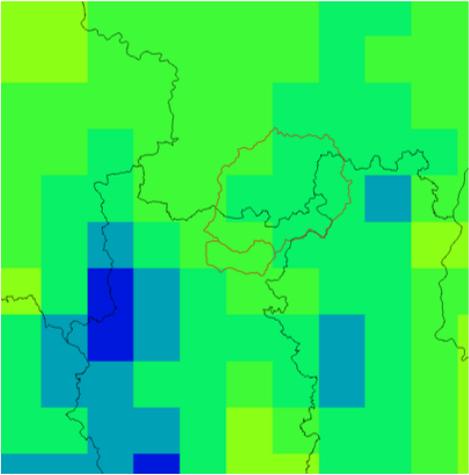
Situation Actuelle



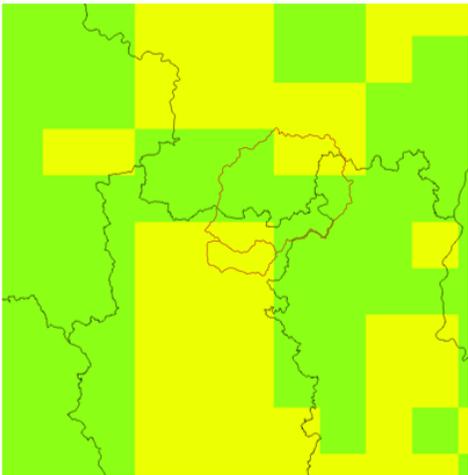
Projection 2050

Nombre de jours avec « risque feux de forêt » modéré

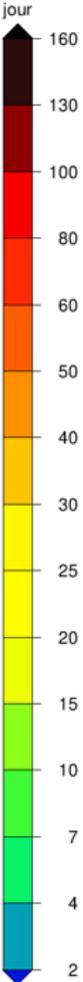
- Actuellement = 5 jours
- **Projection 2050** : 15 jours (valeur médiane) – 30 jours (valeur haute)



Situation Actuelle



Projection 2050



→ Un risque d’incendie qui augmente

La ressource en eau

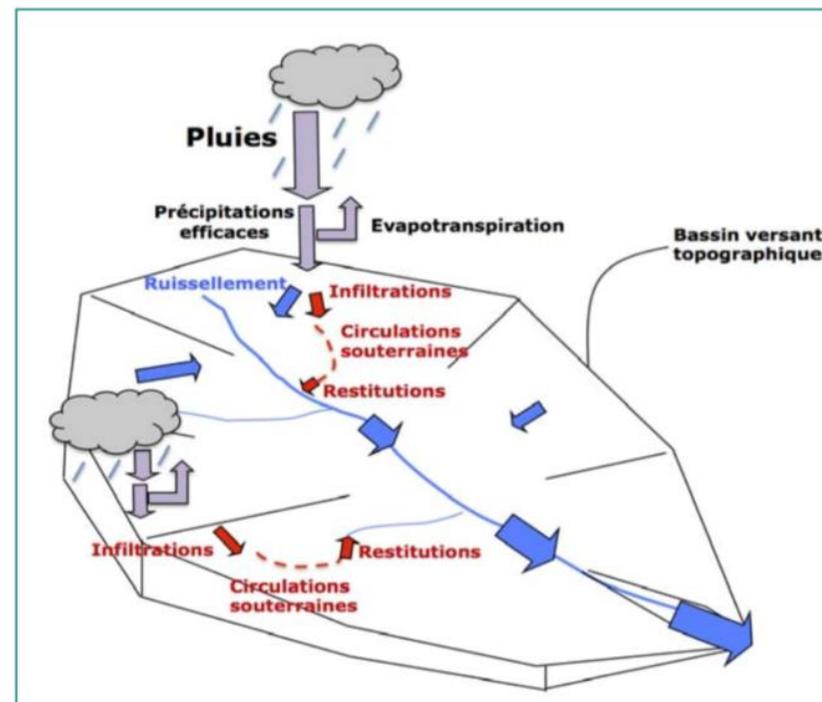
- Comment se calcule une ressource en eau ?
- Quels sont les facteurs qui influencent la ressource ?

La ressource en eau provient principalement des précipitations qui se produisent sur le territoire

Une partie de ces précipitations repart dans l'atmosphère (évaporation au niveau du sol, évapotranspiration au niveau de la végétation)

L'autre partie, ruisselle directement pour alimenter les cours d'eau, ou bien s'infiltrate pour alimenter les ressources souterraines (qui elles même contribuent à alimenter les cours d'eau) : c'est la **pluie efficace (Peff)**.

Sur le territoire, le contexte géologique ne permet pas le développement de « nappes » souterraines de grande ampleur → Les écoulements souterrains se font essentiellement dans la tranche d'altération des terrains et alimentent très rapidement les cours d'eau



Avec :

Peff = Pluie efficace

P = Précipitation

ETR = Evapotranspiration réelle

I = Infiltration

R = Ruissellement

$$\text{Peff} = P - \text{ETR} = I + R$$

L'évapotranspiration : un paramètre déterminant

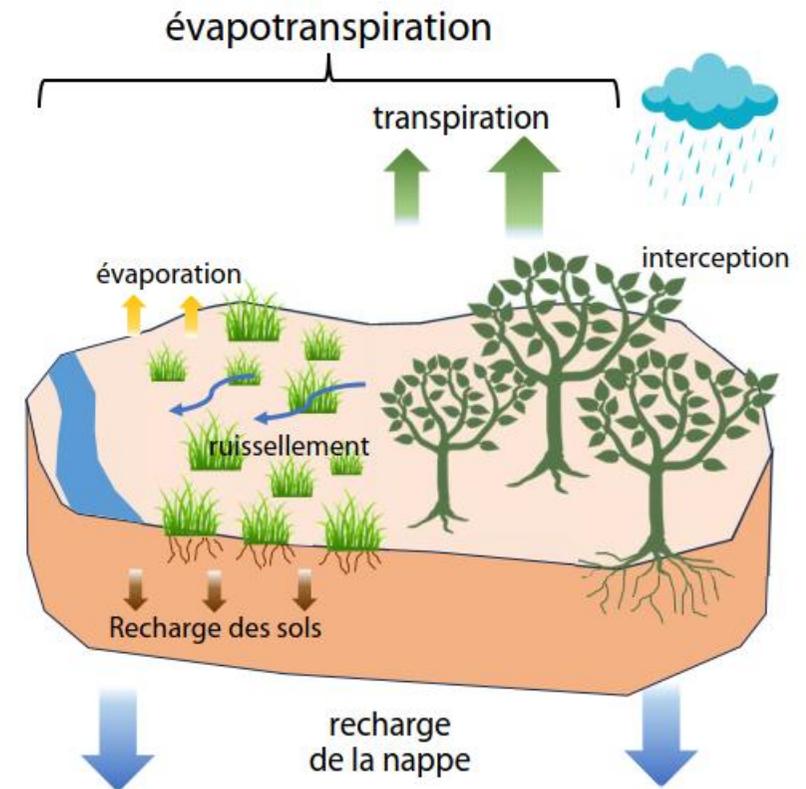
- Comment se calcule l'évapotranspiration réelle ?
- Quels sont les facteurs qui influencent l'évapotranspiration réelle ?

L'évapotranspiration réelle (ETR) se calcule à partir de l'évapotranspiration potentielle (ETP).

Différentes formules de calcul pour évaluer l'ETP avec **paramètre température structurant**.

L'ETR sera au moins égale à l'ETP si les précipitations (P) sont suffisantes ($P > ETP$)

Si les précipitations sont limitées ($P < ETP$), alors l'ETR sera fonction de la ressource en eau disponible dans le sol pour alimenter la végétation en place.



Données – Fiche 4.1

Des pluies **estivales** inefficaces pour alimenter les cours d'eau et recharger les nappes

On calcule l'efficacité des pluies, c'est-à-dire leur capacité à alimenter les cours d'eau et les nappes souterraines, à partir des températures et de l'évapotranspiration. **Quand l'efficacité des pluies est nulle, il n'y a pas de recharge des nappes et d'alimentation des cours d'eau**

Les pluies rechargent néanmoins les réserves en eau disponibles du sol dans lesquelles puisent les plantes

➤ **Un exemple à partir des données climatiques de la station de Charlieu**

Pluie efficace « nulle » (au pas de temps mensuel) entre juin et septembre

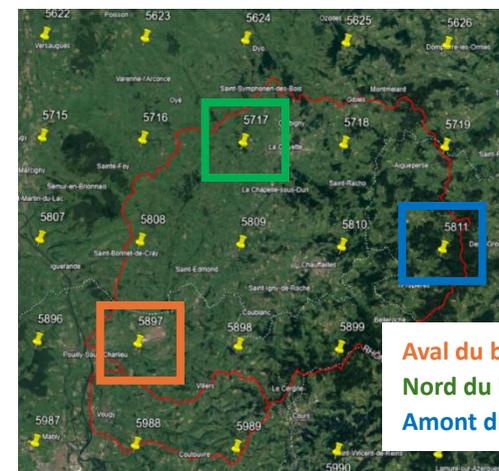
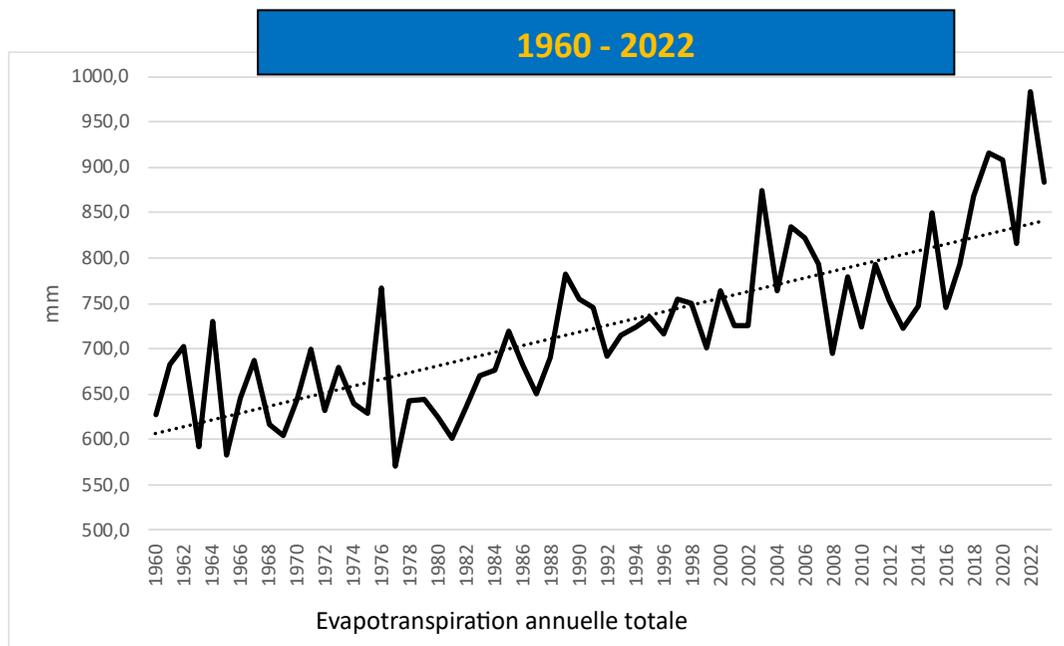


	1991 - 2020	1991 - 2020		
	PLUIE	TEMPERATURES	ETP	Peff
Moyenne mensuelle	(mm)	(°C)	(mm)	infiltration + ruissellement bruts (mm)
JANVIER	56	3,8	9,79	46,21
FEVRIER	43,6	4,5	12,21	31,39
MARS	45,9	7,5	28,89	17,01
AVRIL	58,1	10,5	48,48	9,62
MAI	82,5	14,5	81,80	0,70
JUIN	66,9	18,3	109,88	0,00
JUILLET	71,1	20,2	126,05	0,00
AOUT	73,5	19,9	114,30	0,00
SEPTEMBRE	63,3	15,8	73,89	0,00
OCTOBRE	73,7	12,5	50,01	11,84
NOVEMBRE	76,1	7,2	21,27	27,41
DECEMBRE	58,6	4,4	11,00	36,86

Evapotranspiration (ETP) : part des précipitations qui repart dans l'atmosphère (évaporation au niveau du sol, évapotranspiration de la végétation)

Pluie efficace (Peff) : part des précipitations alimente les cours d'eau ou s'infiltré pour alimenter les nappes souterraines

Evolution de l'évapotranspiration depuis 1960 et projection à l'horizon 2050



Aval du bassin versant
 Nord du bassin versant
 Amont du bassin versant

Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

➤ **L'évapotranspiration augmente :
 + 40 % entre 1950 et 2023**

Projection 2050

Moyenné sur le territoire :

➔ Projection "médiane" : +10 % ETP

➔ Projection "France" : +16 % ETP

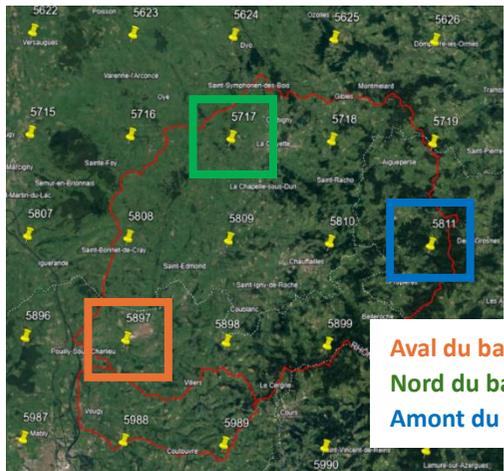
➤ Diminution de la pluie efficace

Cumul annuel d'évapotranspiration			
Secteur	Référence actuelle	Projection « Médiane »	Projection « France »
Amont du BV	672 mm	741 mm (+10 %)	789 mm (+17 %)
Nord du BV	710 mm	782 mm (+10 %)	837 mm (+18 %)
Aval du BV	731 mm	795 mm (+9 %)	833 mm (+14 %)

Evolution saisonnière de l'évapotranspiration depuis 1960 et projection à l'horizon 2050

Evolution du cumul d'évapotranspiration - projection type "médian"				
(par rapport à la référence 1976-2005)	Hiver	Printemps	Été	Automne
Nord du BV	+5mm (+13%)	+21mm (+10%)	+28mm (+9%)	+15mm (+13%)
Amont du BV	+8mm (+17%)	+22mm (+11%)	+24mm (+8%)	+14mm (+12%)
Aval du BV	+5mm (+13%)	+21mm (+10%)	+24mm (+7%)	+12mm (+10%)

Evolution du cumul d'évapotranspiration - projection type "France"				
(par rapport à la référence 1976-2005)	Hiver	Printemps	Été	Automne
Nord du BV	+8mm (+19%)	+11mm (+5%)	+80mm (+24%)	+31mm (+26%)
Amont du BV	+9mm (+20%)	+10mm (+6%)	+68mm (+22%)	+28mm (+24%)
Aval du BV	+8mm (+20%)	+11mm (+6%)	+66mm (+19%)	+23mm (+20%)



Aval du bassin versant
 Nord du bassin versant
 Amont du bassin versant

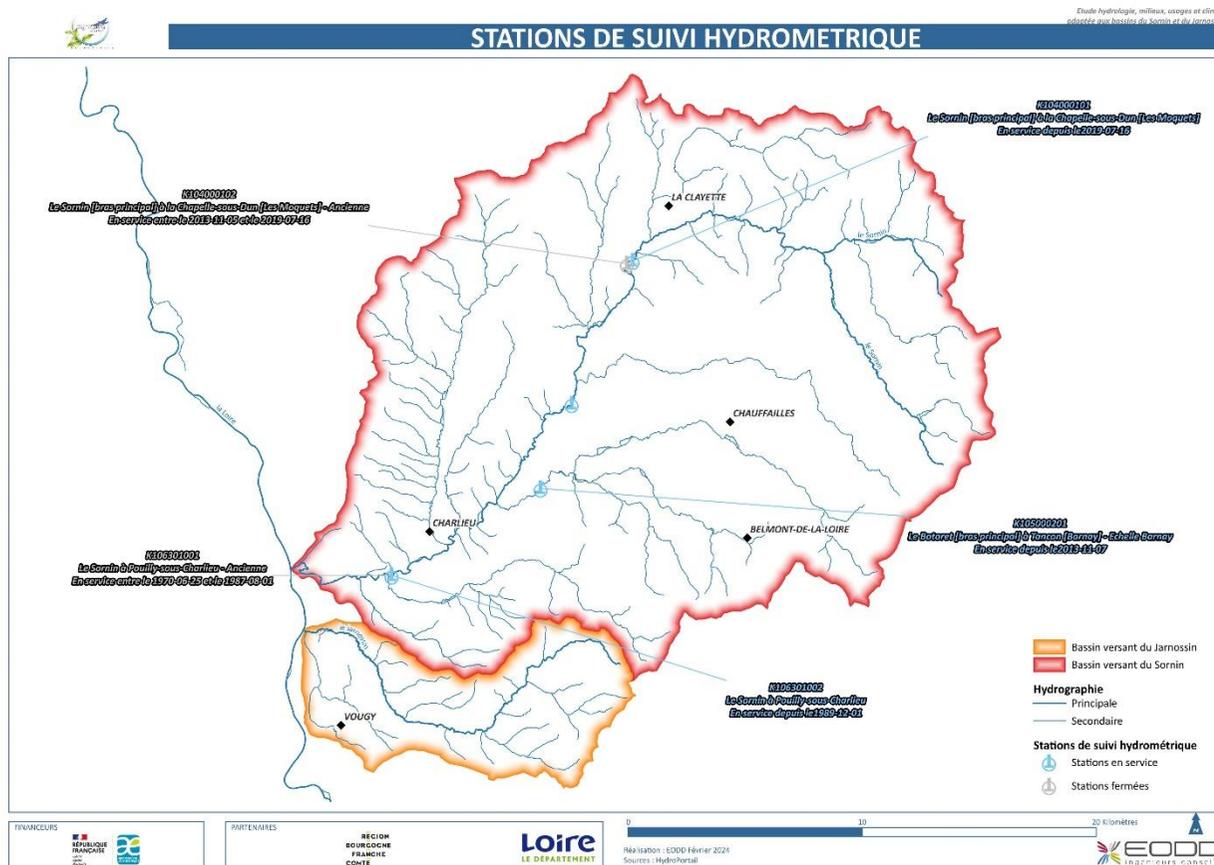
Bassins versants du Sornin et du Jarnossin

Connaissance des débits des cours d'eau

4 stations hydrométriques sur le bassin versant du Sornin

- Une station DREAL à Pouilly-sous-Charlieu (ouverte en 1970)
- 3 stations hydrométriques en réseau local (CENEAU), équipées par le SYMISOA (depuis 2013) :
 - 2 sur le Sornin (La Chapelle-sous-Dun et St-Maurice-lès-Châteauneuf)
 - 1 sur le Botoret aval (Tancon)

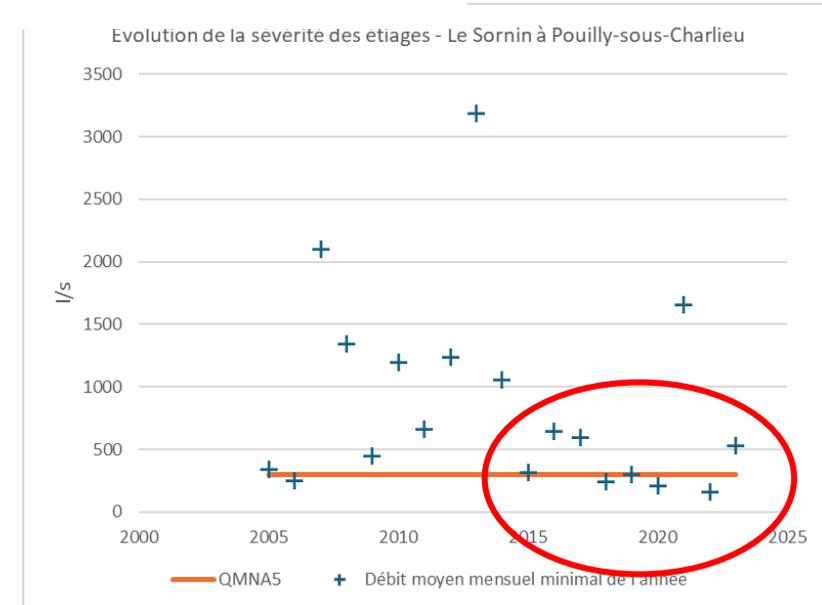
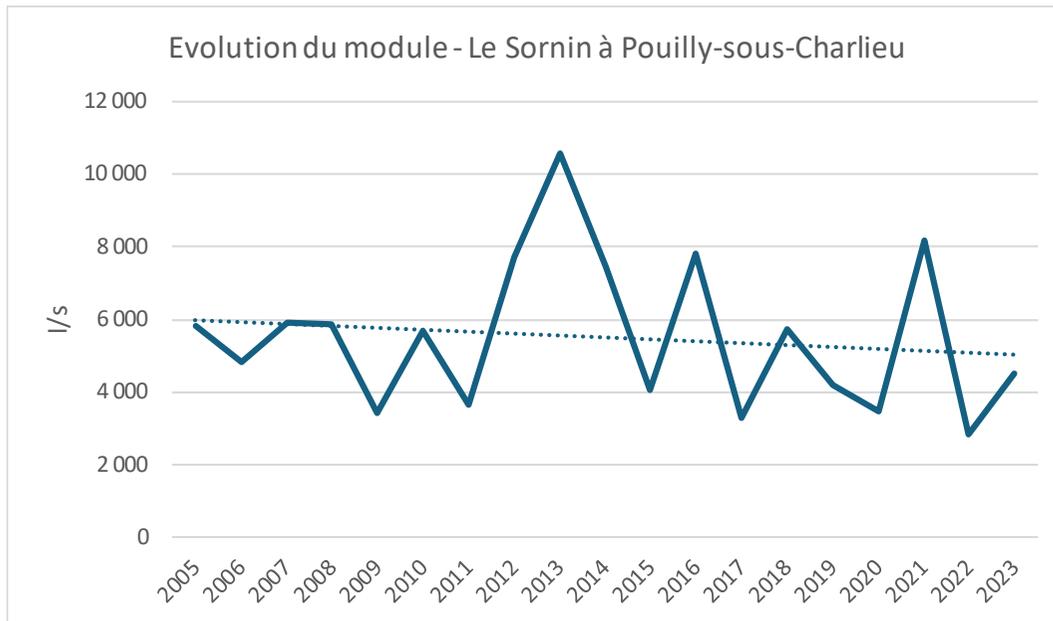
Aucune station sur celui du Jarnossin





Débits des cours d'eau – Evolutions récentes

Exemple : Le Sornin à Pouilly-sous-Charlieu sur la période 2005-2023



QMNA5 : calculé sur la période 2005-2023. Valeur qui sera différente si elle est calculée sur une autre période

Débit moyen du cours d'eau (appelé le **module**)

- Valeur actuelle : 5550 I/s
- Diminution de **16% entre 2005 et 2023**, soit -936 I/s

Débit minimum mensuel se produisant en moyenne une fois tous les **cinq ans** (appelé **QMNA5**) :

- Valeur actuelle : 301 I/s (environ 5.4% du module : un ratio faible, signe d'une sensibilité à l'étiage)
- Le débit est passé fréquemment sous ce seuil depuis 2018.

Débits des cours d'eau – Projection à l'horizon 2050

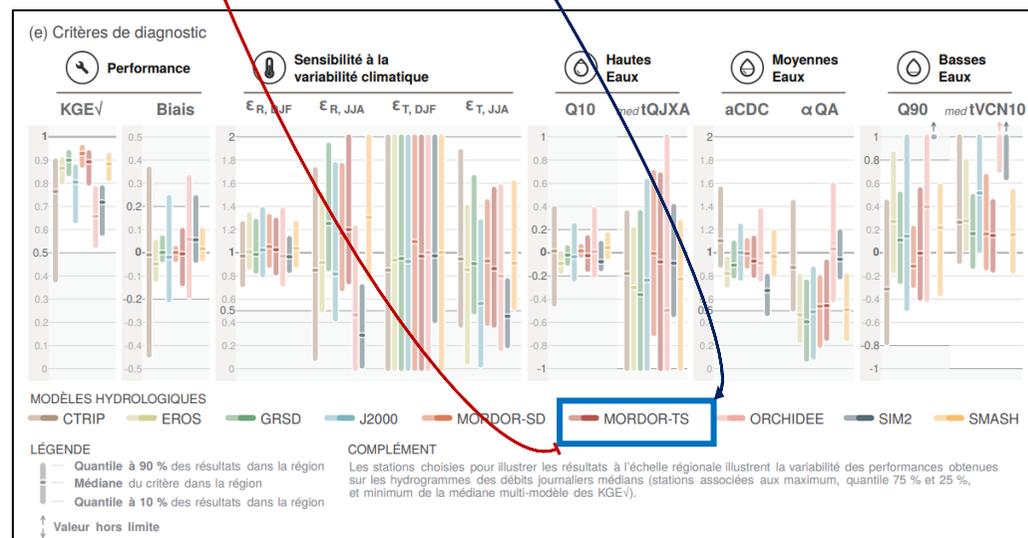
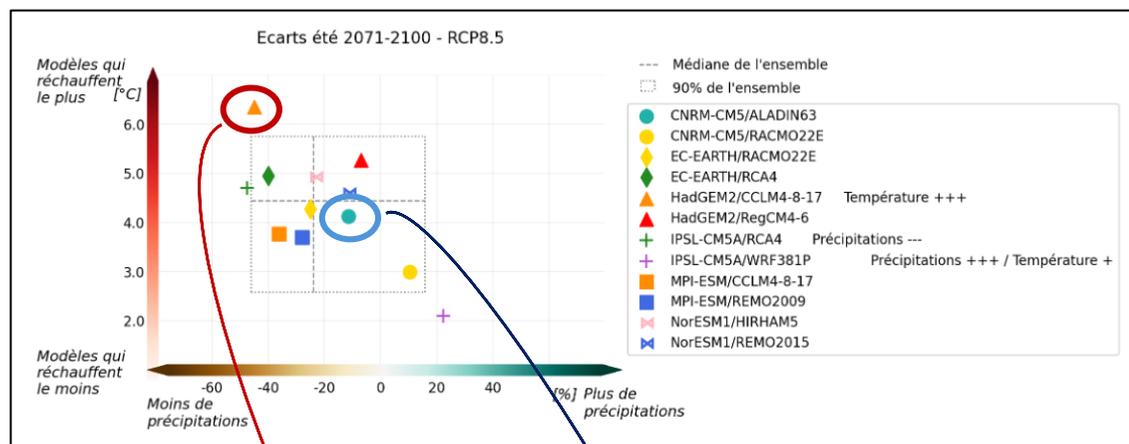
1) Modélisation climatique pour proposer 2 projections à l'horizon 2050 (cf. méthode – Fiche 1) avec :

- Une simulation climatique type « médian » : +2°C en moyenne, maintien/augmentation des précipitation, +10% pour l'ETP
- Une simulation climatique type « France » (trajectoire TRACC) : +3°C en moyenne, baisse significative des précipitations en été et en automne, +16% pour l'ETP



2) Intégration des résultats climatiques dans un modèle hydrologique :

- Plusieurs modèles hydrologiques disponibles (9)
- **1 modèle retenu** (à partir d'analyse de fiches diagnostic)



Débits des cours d'eau – Projection à l'horizon 2050

Projection "médiane"

- Débits plus élevés en hiver (janvier à avril) et en automne (octobre-novembre)
- Débits plus faibles le reste du temps
- Module : stable (+2%)
- QMNA5 : - 41 %

Projection "France"

- Accentuation des extrêmes (basses eaux/hautes eaux) par rapport à la projection "médiane"
- Module : stable (+1%)
- QMNA5 : - 49 %

Evolution entre les périodes
 2005-2023 et 2041-2070
 (référence pour situation 2050)

