

Sommaire

1.....	L'influence climatique et topographique.....	5
2.....	Rétrospectives climatiques	7
2.1	Les températures	7
2.2	Les précipitations	15
2.3	Les vents	20
2.4	L'enneigement.....	22
2.5	L'évapotranspiration potentielle	26
2.6	En conclusion	29
3.....	Les risques de sécheresse	31
3.1	Sécheresse météorologique	31
3.2	Sécheresse agricole	35
3.3	Sécheresse hydrologique	42
3.4	Arrêt sur la sécheresse de 2022-2023.....	44
3.5	Sécheresse et changement climatique.....	47

Table des illustrations

Figure 1 : Carte topographique de la zone d'étude.....	5
Figure 2 : Carte des climats dans les Pyrénées Orientales (source : Chambre d'Agriculture des Pyrénées Orientales, 2000)	6
Figure 3 : Tendence en °C par décennie de l'évolution des températures moyennes annuelles sur les bassins versants de l'Agly, la Têt et le Tech (source : projet Vulcain, réunion de clôture du 9 novembre 2010).....	7
Figure 4 : Evolution des températures à la station Canet en Roussillon pour la période 1990-2022 (données : Météo France SAFRAN, traitement : Suez Consulting)	10
Figure 5 : Evolution des températures à la station Saint Paul de Fenouillet pour la période 1990-2022 (données : Météo France SAFRAN, traitement : Suez Consulting)	10
Figure 6 : Evolution des températures à la station Porté Puymorens pour la période 1990-2022 (données : Météo France SAFRAN, traitement : Suez Consulting)	11
Figure 7 : Nombre de jours inférieur ou égal à 0°C à Porté Puymorens, 1986-2012 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting).....	11
Figure 8 : Nombre de jours inférieur ou égal à 0°C à Serralongue, 1986-2012 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting).....	11
Figure 9 : Températures en 2022 à la station météo Perpignan Rivesaltes (source : Infoclimat)	12
Figure 10 : Ecart des températures moyennes annuelles pour Perpignan Rivesaltes à la référence 1981-2010 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting).....	13
Figure 11 : Ecart des températures moyennes annuelles à la référence 1981-2010 pour Serralongue (source : Publi-thèque, traitement : Suez Consulting).....	13
Figure 12 : Ecart des températures moyennes annuelles à la référence 1981-2010 pour Eus (source : Publi-thèque, traitement : Suez Consulting)	13
Figure 13 : Ecart à la moyenne saisonnière de référence (1991-2020) de la température moyenne agrégée pour la zone des Pyrénées orientales (été 1947 à 2022). Source : Météo France	14
Figure 14 : Températures max et min à Perpignan pour la période de référence 1991-2020 (source : Météo France). ..	15
Figure 15 : Tendence des cumuls de précipitation de juin et novembre par an pour 1971-2006 (source : VULCAIN) ...	16
Figure 16 : Evolution des précipitations à la station Saint Paul de Fenouillet pour la période 1993-2022 (données : Publi-thèque, traitement : Suez Consulting).....	17
Figure 17 : Evolution des précipitations à la station Eus pour la période 1995-2022 (données : Publi-thèque, traitement : Suez Consulting).....	17
Figure 18 : Cumul de précipitations pour Perpignan Rivesaltes, 1993-2022 par saison (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)	17
Figure 19 : Nombre de jours par an avec un cumul de précipitations >= 100mm et >=50mm pour Eus, 1995-2022 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting).....	18
Figure 20 : Nombre de jours par an avec un cumul de précipitations >= 100mm et >=50mm pour Serralongue, 1995-2022 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)	18
Figure 21 : Ecart du cumul des précipitations annuelles pour Perpignan Rivesaltes à la référence 1981-2010 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting).....	18
Figure 22 : Ecart du cumul annuel de précipitations à la référence 1981-2010 pour Canet en Roussillon (source : Publi-thèque, traitement : Suez Consulting).....	19
Figure 23 : Ecart du cumul annuel de précipitations à la référence 1981-2010 pour Serralongue (source : Publi-thèque, traitement : Suez Consulting)	19
Figure 24 : Roses de vents à Perpignan : normale 1991-2020 (gauche), année 2022 (droite) (source : Météo France) 20	
Figure 25 : Rafale maximale en km/h à Perpignan Rivesaltes entre 2013 et 2022 (Données : Infoclimat, traitement Suez Consulting).....	21
Figure 26 : Hauteur totale de neige sur 5 stations des Pyrénées Orientales au mois de janvier de 2011 à 2023 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting).....	22
Figure 27 : Enneigement annuel sur le massif des Pyrénées Orientales, 1980-2021 (source : Météo France)	23
Figure 28 : Modélisation de l'équivalent en eau du manteau neigeux selon le modèle SIM2 pour le département des Pyrénées Orientales (source : Météo France)	24
Figure 29 : Couverture neigeuse sur le massif du Canigou au mois de janvier, 1985-2016 (source : Observatoire Midi-Pyrénées et Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère).....	25
Figure 30 : Surface enneigée dans le parc des Pyrénées Catalanes depuis 2000 (source : Observatoire Midi-Pyrénées et Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère)	25
Figure 31 : Hauteur moyenne du manteau neigeux à (de gauche à droite) Les Angles-2108m, Formiguères-1753m, St Léocadie-1320m (source : OPCC-CTP)	26
Figure 32 : Tendence ETP en mm/an (source : projet VULCAIN).....	27
Figure 33 : Evolution de l'ETP à Perpignan du 1er juin au 31 octobre, 1977-2015 (source : Région Occitanie, 2017) ..	28



Figure 34 : Evolution de l'ETP à Montpellier du 1er juin au 31 octobre, 1977-2015 (source : Région Occitanie, 2017) . 28

Figure 35 : Evolution de l'ETP à Toulouse du 1er juin au 31 octobre, 1977-2015 (source : Région Occitanie, 2017) 29

Figure 36 : Evolution du SPEI annuel entre 1902 et 2022 près de Canet-en-Roussillon (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting)..... 32

Figure 37 : évolution du SPEI entre 1902 et 2022 à Saint Paul de Fenouillet (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting) 32

Figure 38 : évolution du SPEI entre 1902 et 2022 à Eus (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting) 33

Figure 39 : évolution du SPEI entre 1902 et 2022 à Serralongue (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting)..... 33

Figure 40 : évolution du SPEI entre 1902 et 2022 à Porté-Puymorens (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting)..... 34

Figure 41 : Fréquence d'occurrence des mois ayant un SPEI compris entre -1 et -2, et inférieur à -2, de 1902 à 2022 près de Canet-en-Roussillon (Source des données : Météo France ; traitement : SUEZ Consulting) 35

Figure 42 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV de la Têt (données : Météo France ; traitement : SUEZ Consulting)..... 36

Figure 43 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Tech-Albères 37

Figure 44 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV de l'Agly 37

Figure 45 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Sègre..... 38

Figure 46 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Réart 38

Figure 47 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur une partie du BV de la Têt. Source des données : Météo France ; traitement : Suez Consulting 39

Figure 48 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Tech-Albères..... 39

Figure 49 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur le BV de l'Agly 40

Figure 50 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Sègre 40

Figure 51 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Réart 41

Figure 52 : Pourcentage de la surface de l'Occitanie touchée par des sécheresses agricoles (sols secs) en moyenne annuelle (source : Météo France)..... 42

Figure 53 : Evolution des valeurs du SDI moyen annuel de 1970 à 2023 dans la Têt (Pont Joffre - Perpignan). Source des données : HydroPortail, traitement : SUEZ Consulting 43

Figure 54 : Evolution du SDI pour les mois de juin, juillet et aout entre 1970 et 2023. Source des données : HydroPortail. Traitement : SUEZ Consulting..... 44

Figure 55 : Ecart à la normale de la température moyenne sur les Pyrénées Orientales du 1er janvier 2022 au 30 novembre 2023 (source : Météo France)..... 45

Figure 56 : Ecart à la normale pour les cumuls de précipitations pour les Pyrénées Orientales du 1er janvier 2022 au 30 novembre 2023 (source : Météo France)..... 45

Figure 57 : Ecart à la normale de l'indice d'humidité des sols superficiels au 20 novembre 2023 pour les Pyrénées Orientales (source : Météo France)..... 45

Figure 58 : Arrêtés sécheresse depuis 2006 pour les Pyrénées Orientales (source : Préfecture des Pyrénées Orientales et CCR, traitement : Suez Consulting)..... 46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Indicateurs de températures 1958-2018 pour l'Agly, la Têt et le Tech..... 8

Tableau 2 : Températures moyennes à Perpignan 1951-1970 et 2001-2020 8

Tableau 3 : Stations météorologiques utilisées 9

Tableau 4 : Indicateurs de précipitations 1958-2018 pour l'Agly, la Têt et le Tech..... 16

Tableau 5 : L'ETP 1958-2018 sur l'Agly, la Têt et le Tech 27

Tableau 6 : Coordonnées des unités de maillage utilisées dans l'analyse du SPEI 31

Tableau 7 : Coordonnées des unités de maillage utilisées dans l'analyse du SWI 35

Tableau 8 : Synthèse des années ayant les valeurs les plus basses de SWI pour les moyennes annuelles et hivernales 41



1. L'INFLUENCE CLIMATIQUE ET TOPOGRAPHIQUE

Le climat sur le territoire couvert par Eau'rizon est caractérisé par une **double influence climatique** :

- **Influence méditerranéenne** d'une part, se traduisant par des étés chauds et secs, des hivers doux et pluvieux, et des épisodes pluvieux courts et très intenses (épisodes méditerranéens ou aiguats) ;
- **Influence océanique** d'autre part, réduisant la variabilité saisonnière des précipitations.

La **topographie** constitue la troisième influence majeure par la présence de montagnes faisant **obstacle à la circulation des masses d'air**. Ainsi, la géographie du territoire fait varier les températures et les précipitations en fonction de l'altitude et de la proximité de la mer.

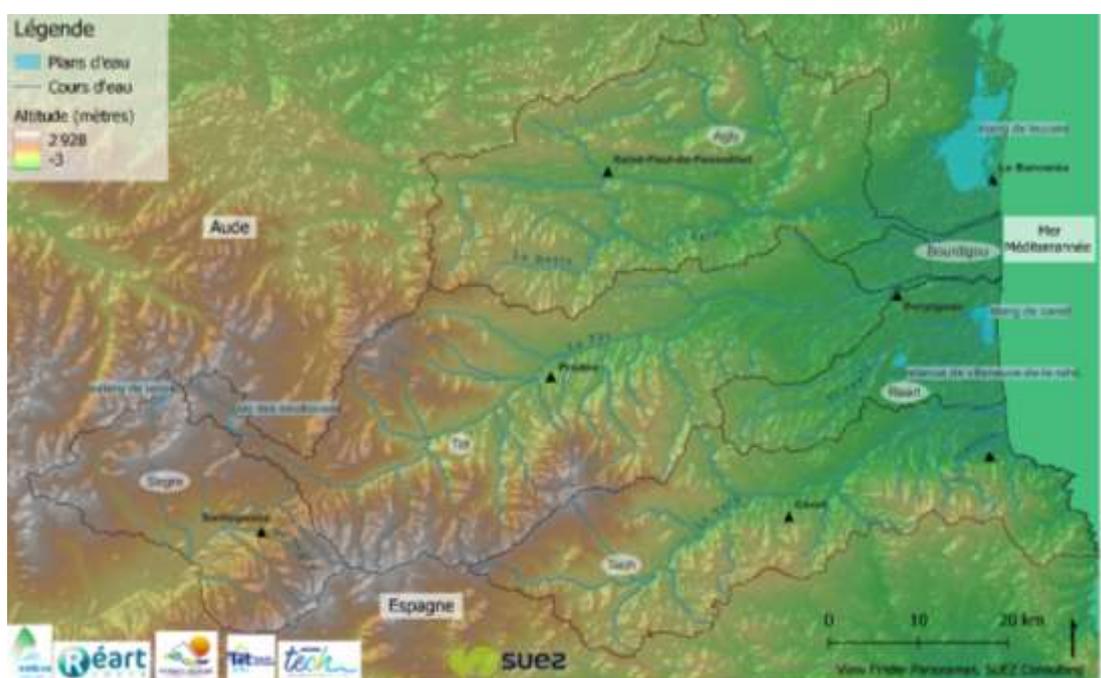


Figure 1 : Carte topographique de la zone d'étude

Le territoire est communément découpé en quatre typologies climatiques, d'est en ouest :

- Le **climat méditerranéen** concernant la *plaine du Roussillon*, la *Salanque*, les *Corbières* et l'*est du Fenouillèdes* et du *cru de Banyuls* – il est synonyme de douceur thermique et sécheresse estivale ;
- Le **climat de transition¹ à dominante méditerranéenne** regroupant le *Fenouillèdes*, le *Conflent*, le *Massif des Aspres* et du *Moyen et Bas Vallespir* – ce climat est caractérisé par une sécheresse estivale plus courte et des températures moins clémentes ;
- Le **climat de transition à dominante océanique** concernant le *Capcir* et le *Haut Conflent* – les températures sont froides, dû à l'altitude, et la pluviométrie est régulière ;

¹ Un climat de transition se situe entre deux types de climat strict, par exemple un climat méditerranéen et un climat continental.

- **Le climat de transition à dominante continentale** concernant la *Cerdagne* et le *Haut Vallespir* – le minimum pluviométrique s’observe en hiver et le maximum en été, avec un cumul de précipitations beaucoup plus important en Vallespir qu’en Cerdagne.

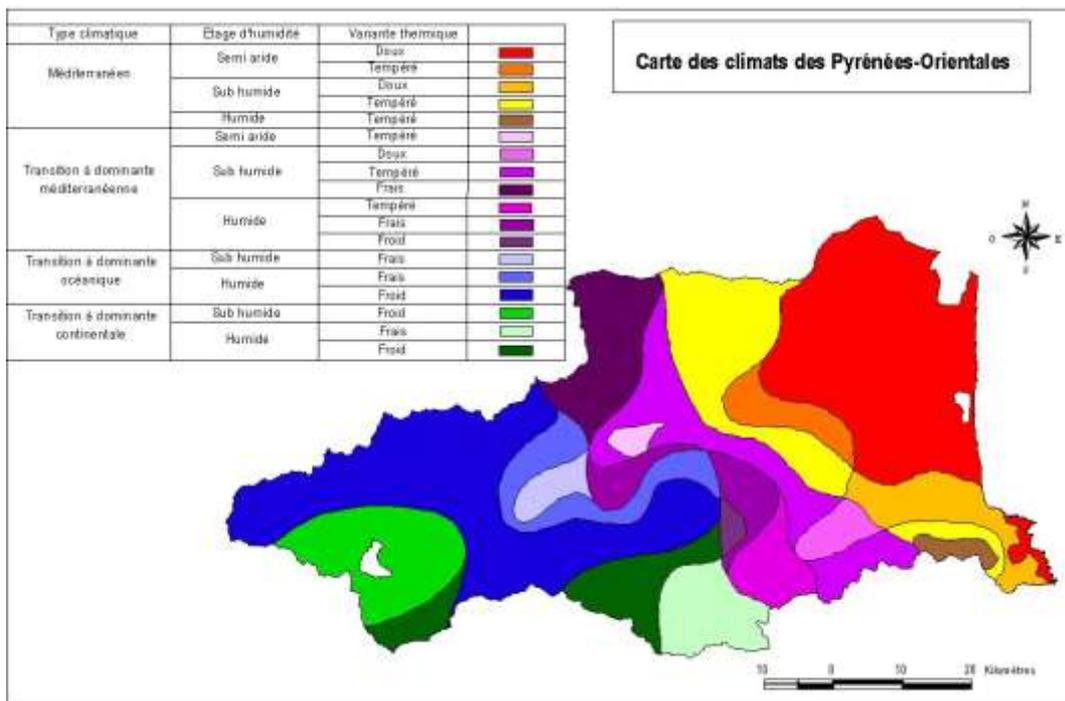


Figure 2 : Carte des climats dans les Pyrénées Orientales (source : Chambre d'Agriculture des Pyrénées Orientales, 2000)

2. RETROSPECTIVES CLIMATIQUES

Pour cette rétrospective climatique, nous analysons les indicateurs déterminants pour comprendre l'impact de l'évolution climatique sur le territoire et en particulier sur la ressource en eau : températures, précipitations, vents, enneigement, évapotranspiration potentielle.

Nous couvrons à minima une échelle de 30 ans, période de temps nécessaire pour déterminer le climat d'un territoire donné, comme indiqué par l'Organisation Météorologique Mondiale. En complément, nous citons certaines études qui ont couvert une période plus ancienne (par exemple, depuis 1971 pour l'étude VULCAIN ou depuis 1959 pour l'étude de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique).

2.1 Les températures

2.1.1 A l'échelle des bassins versants

A l'échelle des bassins versants, plusieurs analyses ont été produites pour déterminer l'évolution historique des températures.

En premier lieu, le projet de recherche VULCAIN (2010)² s'est concentré sur la période 1971 à 2006 selon un découpage en « sous bassins versants » de trois des bassins versants concernés par Eau'rizon que sont l'Agly, la Têt et le Tech. Il montre en utilisant les données de Météo France (mesures directes et mesures modélisées SAFRAN) l'évolution des températures moyennes annuelles par décennie, comme suit :

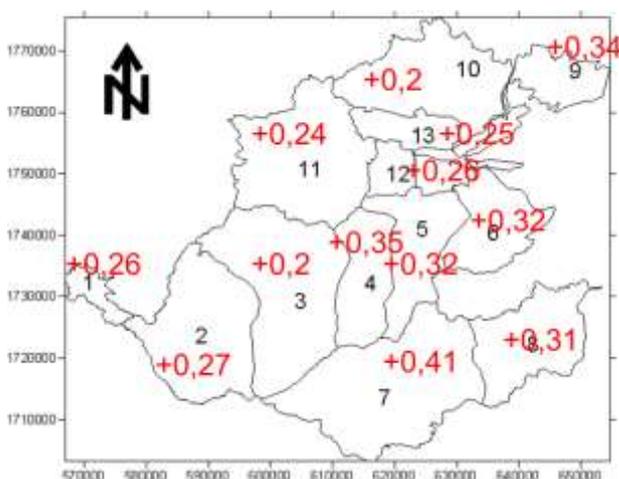


Figure 3 : Tendence en °C par décennie de l'évolution des températures moyennes annuelles sur les bassins versants de l'Agly, la Têt et le Tech (source : projet Vulcain, réunion de clôture du 9 novembre 2010)

Numérotation sur la carte	Nom du sous-bassin versant
1	Têt à Mont Louis
2	Têt à Serdynia
3	Têt à Marquixanes
4	Têt à Rodès
5	Têt à St Félix
6	Exutoire Têt
7	Tech à St Paul
8	Exutoire Tech
9	BV Fontestramar
10	Verdouble à Tautavel
11	Caramany Amont
12	Caramany Aval
13	Agly

L'étude note en moyenne une **hausse des températures annuelles de +0,3°C** pour chaque décennie sur toute la zone avec une hausse plus marquée à l'est des bassins versants, ce qui donne une augmentation de 1,1°C à 1,5°C en 36 ans (période couverte par VULCAIN).

² <https://brgm.hal.science/hal-01362435>

Ces résultats rejoignent ceux de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, l'OPCC-CTP (2018)³ qui indique une **hausse des températures de +0,4°C** par décennie à l'échelle des Pyrénées au cours des cinq dernières décennies (1959-2010).

Des **différences saisonnières** sont aussi relevées, avec :

- Une **augmentation des températures plus marquée au printemps** jusqu'à juin (VULCAIN ; Lespinas et al, 2009⁴ ; OPCC-CTP, 2018) et en été (Lespinas et al, 2009 ; OPCC-CTP, 2018) ;

Une absence de consensus sur les tendances hivernales et automnales (selon les études, pouvant aller d'une légère augmentation, à pas d'augmentation à une absence de tendance significative pour l'automne et l'hiver (Lespinas et al, 2009, VULCAIN ; OPCC-CTP, 2018)). Des analyses plus récentes ont été produites par Labrousse et al (2020)⁵ et Labrousse (2021)⁶ utilisant les données SAFRAN sur les mêmes bassins versants, cette fois pour une période de 60 ans allant jusqu'à 2018. Les résultats sont les suivants :

Tableau 1 : Indicateurs de températures 1958-2018 pour l'Agly, la Têt et le Tech

	Température annuelle moyenne (°C)	Evolution des températures moyennes 1958-2018 (°C)	Température moyenne en juillet et août (°C)	Température moyenne en janvier (°C)
Agly	12,6	+1,2	21	5
Têt	10,1	+1,4	18	3
Tech	11,7	+1,7	20	5

Selon cette analyse, l'augmentation des températures moyennes annuelles par décennie s'étend entre 0,2°C et 0,28°C selon les bassins versants. Ces résultats diffèrent légèrement de ceux de VULCAIN mais il est à noter que la période d'analyse n'est pas la même, tout comme les données utilisées (pas de mesures directes).

Ces trois analyses par bassin versant (VULCAIN, Lespinas et al et Labrousse et al) ne portent pas sur les deux autres bassins versants de l'étude que sont Sègre et Réart, pour lesquels nous n'avons pas trouvé de donnée agrégée.

Ces résultats rejoignent ceux du Cahier Régional Occitanie sur les Changement Climatiques⁷ qui confirment une hausse des températures moyennes de +1,4°C depuis 1951-1970 à l'échelle régionale. Ils indiquent aussi un contraste saisonnier, avec une augmentation des températures moyennes plus importantes à l'automne: un maximum en automne (+1,7 °C) et en été (+1,6 °C) et un minimum en hiver (+1,3 °C) et au printemps (+1 °C). Pour Perpignan, les résultats sont les suivants :

Tableau 2 : Températures moyennes à Perpignan 1951-1970 et 2001-2020

1951-1970		2001-2020	
Température minimale/maximale pour le mois de janvier	Température minimale/maximale pour le mois de juillet	Température minimale/maximale pour le mois de janvier	Température minimale/maximale pour le mois de juillet

³ OPCC-CTP (2018) *Le changement climatique dans les Pyrénées : impacts, vulnérabilités et adaptation*. Bases de connaissances pour la future stratégie d'adaptation au changement climatique dans les Pyrénées

⁴ Lespinas et al (2009) Impact of recent climate change on the hydrology of coastal Mediterranean rivers in Southern France. *Climatic Change*.

⁵ Labrousse, C. et al (2020), Unravelling climate and anthropogenic forcings on the evolution of surface water resources in Southern France, *Water*, 12, 3581

⁶ Labrousse (2021), *Changements climatiques et hydrologiques en Méditerranée nord-occidentale: évolutions au cours des 60 dernières années, pour le 21ème siècle, et impacts sur l'activité viticole*. Thèse.

⁷ RECO, (2021), *Cahier Régional Occitanie sur les Changements Climatiques*, édition 2021.

3,6 / 11,5	18,5 / 28	4,8 / 12,8	20 / 29,9
------------	-----------	------------	-----------

On voit ici une augmentation plus importante pour le mois de juillet (+1.5°C et +1.9°C, mini et max respectivement) entre les deux périodes par rapport au mois de janvier (+1.2°C et +1.3°C). L'augmentation estivale est donc plus forte pour Perpignan qu'à l'échelle de la région.

2.1.2 A l'échelle des stations météo

Pour les données de stations météo, nous utilisons les données Météo France disponibles sur la Publiothèque ainsi que sur le site d'informations météorologiques Infoclimat qui permettent de visualiser l'évolution historique de plusieurs indicateurs climatiques à l'échelle de stations météo et l'écart entre la dernière année complète disponible (2022) et la période de référence ou normale saisonnière correspondant à 1981-2010⁸.

Pour effectuer une analyse robuste de l'évolution climatique, il est nécessaire d'avoir à disposition des séries de mesures complètes et sur une échelle longue. La difficulté sur notre territoire d'étude est ce manque de données robustes notamment concernant les stations localisées en altitude. Ainsi jusqu'au début des années 1990 et le développement des réseaux automatisés, les mesures sont rares et irrégulières notamment au-dessus de 1500m (OPCC-CTP, 2018⁹). Une revue des données disponibles sur la Publiothèque de Météo France confirme le morcellement des données ainsi que les changements de stations pour une même localisation, impactant la robustesse de l'analyse.

Pour combler cette lacune, nous puisons dans les données modélisées de SAFRAN pour compléter les indicateurs manquants en termes de données observées (variables selon les stations).

Nous prenons les données des stations météo suivantes :

Tableau 3 : Stations météorologiques utilisées

Nom de station	Altitude	Bassin versant	Type climatique	Géographie	Orientation
Canet en Roussillon	de 1m à 16m	Réart	Méditerranéen (doux)	Basse altitude, côtier	Est
Perpignan Rivesaltes	42m	Têt	Méditerranéen (doux)	Basse altitude, urbain	Est
Saint Paul de Fenouillet	205m puis 300m	Agly	Méditerranéen (tempéré)	Basse-moyenne altitude	Nord
Eus	307m	Têt	Dominante méditerranéenne	Basse-moyenne altitude	Centre
Serralongue	700m	Tech	Continentale	Moyenne altitude	Sud
Porté-Puymorens	1620m	Sègre	Océanique	Haute altitude	Ouest

A l'échelle des stations météo utilisées, la tendance est une **augmentation des températures moyennes**, comme à *Canet en Roussillon*, *Porté Puymorens* et *Saint Paul de Fenouillet* ci-

⁸ A noter que Météo-France a changé depuis juin 2022 de normale saisonnière pour adopter la période 1991-2020 dans le but de représenter davantage le « climat actuel » et conformément aux règles de l'Organisation Météorologique Mondiale. Toutefois dans le cadre de cette étude, nous avons fait le choix de conserver la période précédente (1981-2010) pour montrer l'évolution année après année des indicateurs climatiques depuis 2010 et notamment les épisodes et valeurs records hors norme (autrement englobés dans la nouvelle période de référence) ainsi que les écarts par rapport à cette période. Cette période de référence est représentative du climat moyen des années 1990. C'est à partir des années 1980 que la hausse des températures est devenue plus marquée en France.

⁹ OPCC-CTP (2018) *Le changement climatique dans les Pyrénées : impacts, vulnérabilités et adaptation*. Bases de connaissances pour la future stratégie d'adaptation au changement climatique dans les Pyrénées

dessous. Un test de Mann-Kendall¹⁰ confirme la tendance significative à l'augmentation (+1°C pour Canet en Roussillon et Porté-Puymorens et +1.5°C pour Saint Paul de Fenouillet).

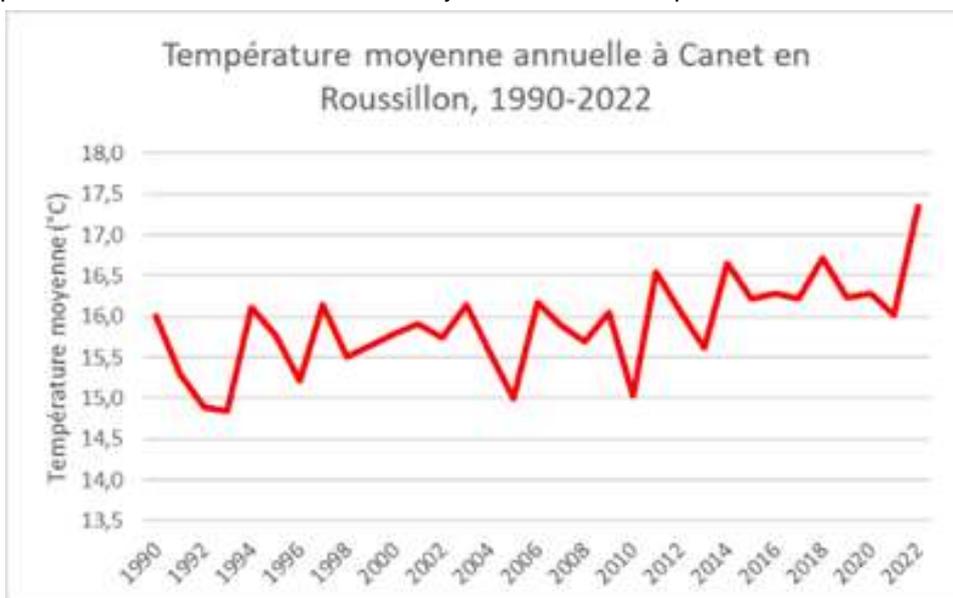


Figure 4 : Evolution des températures à la station Canet en Roussillon pour la période 1990-2022 (données : Météo France SAFRAN, traitement : Suez Consulting)

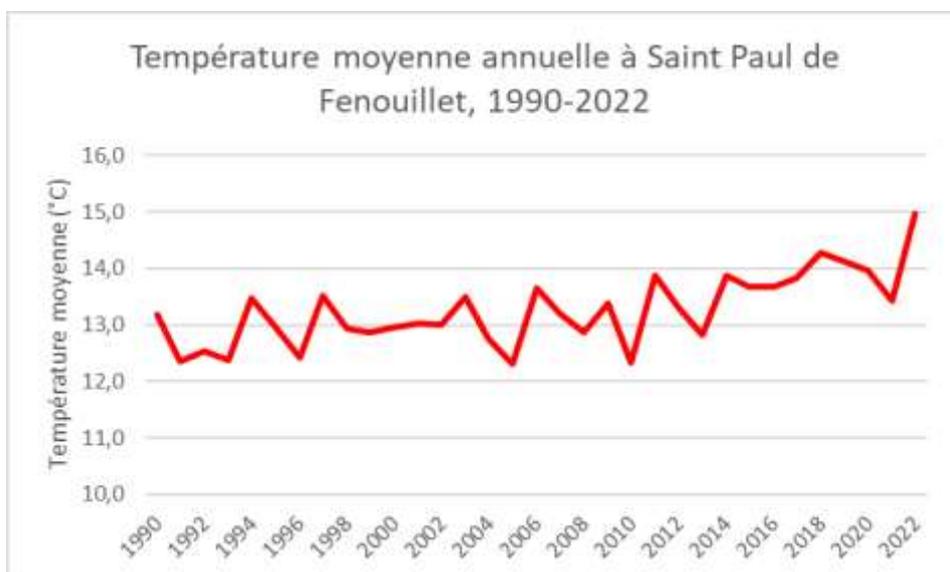


Figure 5 : Evolution des températures à la station Saint Paul de Fenouillet pour la période 1990-2022 (données : Météo France SAFRAN, traitement : Suez Consulting)

¹⁰ Test non paramétrique pour déterminer si une tendance est identifiable dans une série de données temporelle.

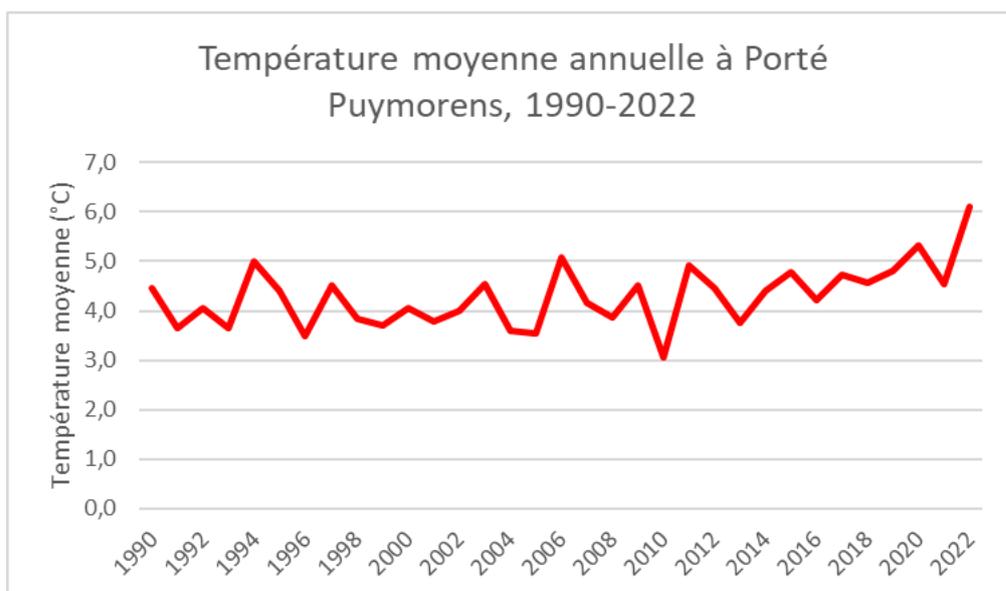


Figure 6 : Evolution des températures à la station Porté Puymorens pour la période 1990-2022 (données : Météo France SAFRAN, traitement : Suez Consulting)

Concernant l'évolution du nombre de jours de gel, c'est-à-dire les jours avec une température maximale inférieure ou égale à 0°C, aucune tendance significative ne se dégage. Les données concernant les stations utilisées montrent une forte variabilité interannuelle, tel qu'illustré à Porté Puymorens ci-dessous (à noter que les données depuis 2012 à Porté Puymorens sont trop morcelées pour en faire une analyse). Concernant Serralongue, on note une variabilité interannuelle jusqu'en 2012, avec des années comportant quelques jours inférieurs ou égaux à 0°C, puis plus aucun jour de gel depuis 2012 jusqu'à aujourd'hui.



Figure 7 : Nombre de jours inférieur ou égal à 0°C à Porté Puymorens, 1986-2012 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)



Figure 8 : Nombre de jours inférieur ou égal à 0°C à Serralongue, 1986-2012 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)

Le nombre de jours de gel n'est pas non plus significatif, ni pour Eus (seulement deux jours sur la période 1994-2022), ni pour Perpignan (0 jour). Saint Paul de Fenouillet ne marque aucun jour de gel entre 1993 et 2004, puis 12 jours entre 2005 et 2013, puis aucun à nouveau. A noter toutefois le changement de station à partir de 2005 pour une nouvelle station située à une altitude plus haute de 95m. Ainsi, comme pour Serralongue, Saint Paul de Fenouillet est marqué par une absence de nombre de jours de gel à partir d'une période similaire (2012-2013). Selon Météo France, la France effectivement a connu sa dernière grande vague de froid en 2012 (la cinquième

vague de froid la plus sévère depuis 1947)¹¹. Les vagues de froid récentes sont moins fréquentes et moins sévères et le portail de projections climatiques DRIAS les relie au changement climatique qui aggraverait la situation¹².

2.1.3 2022 l'année la plus chaude

L'année 2022 a été **l'année la plus chaude jamais enregistrée en France** depuis le début du XXème siècle, selon Météo France. Qualifiée de « hors normes », elle a été marquée par une extrême douceur, mais aussi plusieurs vagues de chaleur, un ensoleillement généralisé et un manque de pluie (**déficit pluviométrique moyen proche de 25%**) surtout au printemps et en été, causant une sécheresse des sols superficiels record sur l'ensemble du pays durant l'été et qui a duré jusqu'à mi-novembre en Occitanie. La sécheresse a continué sur le périmètre d'étude jusqu'en 2023 (voir section 3 pour plus de détails).

Les données de la station météo de Perpignan Rivesaltes donnent pour 2022 une température moyenne de +2°C par rapport à la période 1981-2010 ou +1,6°C par rapport à la période 1991-2020¹³.

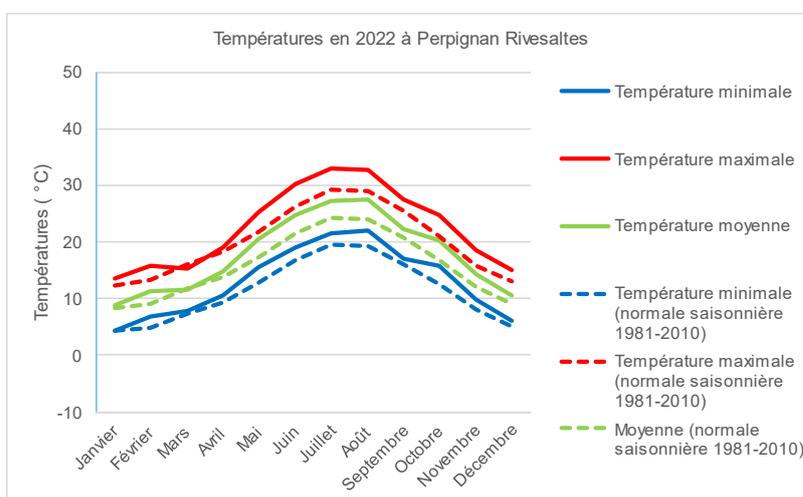


Figure 9 : Températures en 2022 à la station météo Perpignan Rivesaltes (source : Infoclimat)

Les courbes en pointillés représentent les normales saisonnières pour la période 1981-2010 et les courbes en trait plein les températures (minimale, maximale et moyenne) pour **l'année 2022**. Ces dernières sont **plus élevées que les normales saisonnières** pour tous les mois de l'année à l'exception du mois de mars.

Par ailleurs, le croisement entre les données depuis 1925 et la période de référence indique une tendance globale à la hausse pour les températures par rapport à cette période de référence, en particulier à partir du milieu des années 1990.

La Figure 10 montre cette évolution pour Perpignan Rivesaltes, station météo du périmètre d'étude avec la plus longue série de données disponible.

¹¹ <https://meteofrance.com/magazine/meteo-histoire/les-grands-evenements/fevrier-2012-une-vague-de-froid-exceptionnelle-en-france>

¹² <https://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/291>

¹³ La période de référence 1991-2020 étant plus proche du climat actuel que la période 1981-2010, et donc des changements climatiques déjà en cours, elle sera plus chaude, donc la différence avec l'année 2022 sera moins importante. C'est à partir des années 1980 que la hausse des températures est devenue plus marquée en France.



Figure 10 : Ecart des températures moyennes annuelles pour Perpignan Rivesaltes à la référence 1981-2010 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)

Dans cette tendance à la hausse, l'année 2022 (dernière barre à droite dans le graphique) se distingue bien comme l'année la plus chaude.

Les résultats pour Serralongue et Eus depuis 2011 sont les suivants. L'année 2022 se distingue ici clairement comme l'année la plus chaude.

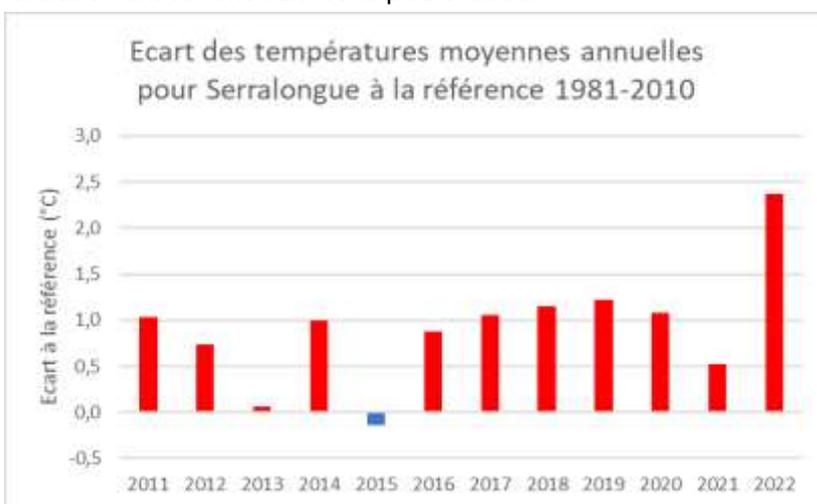


Figure 11 : Ecart des températures moyennes annuelles à la référence 1981-2010 pour Serralongue (source : Publithèque, traitement : Suez Consulting)

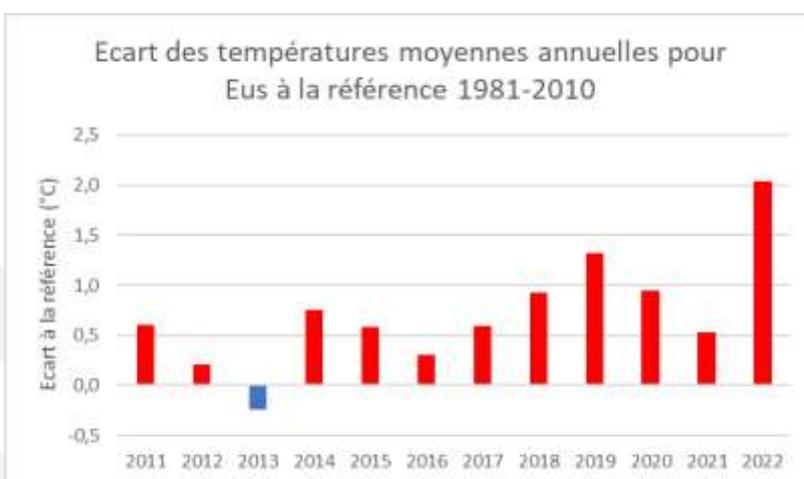


Figure 12 : Ecart des températures moyennes annuelles à la référence 1981-2010 pour Eus (source : Publithèque, traitement : Suez Consulting)

Toutes les données ne sont pas encore disponibles à la date de rédaction de ce rapport mais l'année 2023 devrait se classer au rang des années les plus chaudes en France depuis le début du XXème siècle. En effet, un bilan climatique provisoire de Météo France¹⁴ indique des températures moyennes pour 2023 allant de +1,3 à +1,4°C par rapport à la période de référence 1991-2020 sur la quasi-totalité du pays, avec +1,5°C pour Perpignan.

2.1.4 Canicules et records de températures

Une canicule est une période de chaleur exceptionnellement intense qui perdure pendant trois jours et trois nuits consécutifs, susceptible de constituer un risque sanitaire. Les seuils d'alerte dans les Pyrénées Orientales sont fixés à 35°C de jour et 23°C de nuit (Santé Publique France).

La représentation graphique ci-dessous des écarts à la période de référence 1991-2020 pour le département des Pyrénées Orientales reflète bien la canicule de 2003 ayant eu lieu dans toute l'Europe, et étant l'une des plus graves du XXIe siècle. Les huit périodes estivales précédant 2022 (à partir de 2014) ont toutes été au-dessus de la moyenne saisonnière avec des canicules plus ou moins marquées, et enregistrant des records locaux.

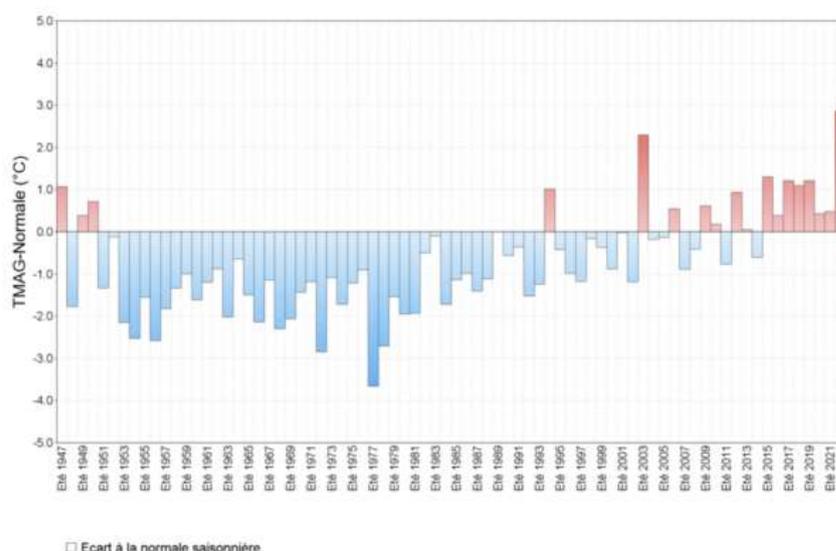


Figure 13 : Ecart à la moyenne saisonnière de référence (1991-2020) de la température moyenne agrégée pour la zone des Pyrénées orientales (été 1947 à 2022). Source : Météo France

Les plus grandes températures absolues jamais enregistrées remontent à la canicule de l'été 2019. La journée du 28 juin 2019 a compté la plupart des records, avec 43,6°C à Le Boulou, 42,4°C à Perpignan (pour une température maximale normale de 26,8°C pour un mois de juin), ou encore 42°C à Eus (pour une température maximale normale de 26,4°C pour un mois de juin). (Météo Ciel)

¹⁴ https://meteofrance.com/sites/meteofrance.com/files/files/editorial/bilan_2023_web.pdf

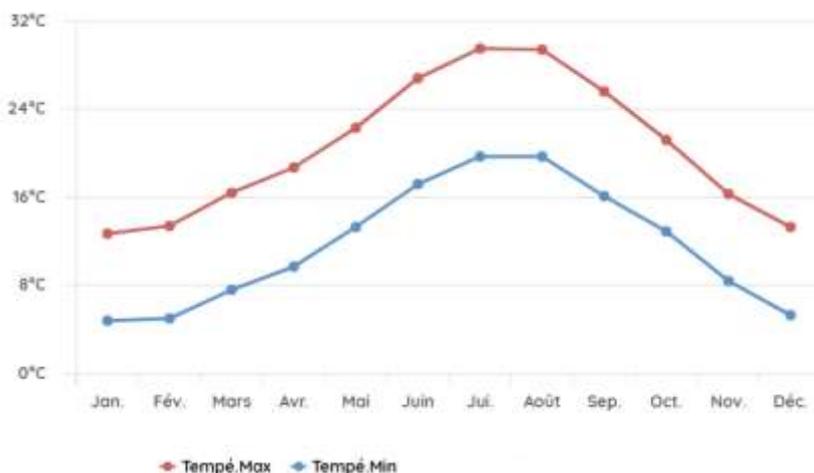


Figure 14 : Températures max et min à Perpignan pour la période de référence 1991-2020 (source : Météo France).

L'année 2022 a connu une anomalie globale de +2,9°C entre le 1^{er} juin et le 31 août par rapport à la normale, et a même devancé l'été 2003 (qui enregistrait une anomalie de +2,3°C au niveau de la zone d'étude), devenant l'été le plus chaud jamais enregistré localement.

L'année 2023 a connu elle aussi un été caniculaire, avec 29 jours de vague de chaleur, et un mois de juillet détenant des records absolus battus, accompagnés d'une anomalie de +1,9°C par rapport à la normale et 12 jours de vague de chaleur significative ininterrompue. Un pic de température de 40,4°C a été enregistré à Serralongue (700m d'altitude) le 18/07/2023. L'été 2023 est le 4^{ème} été le plus chaud depuis 1900, et le mois de juin 2023 le deuxième mois de juin le plus chaud avec une anomalie de +2,6°C. L'été 2023 s'est clôturé avec un mois de septembre le plus chaud jamais enregistré depuis 1900, ouvrant ainsi l'automne le plus chaud jamais enregistré (Météo France). Globalement, l'année 2023 a connu une anomalie de +1,3°C pour la région Occitanie, et de +1,5°C pour la ville de Perpignan.

L'été 2023 a aussi connu 38 nuits tropicales (nuits où la température n'a pas baissé sous la barre des 20°C). L'été 2022 aura été encore moins clément : 55 nuits tropicales ont été enregistrées entre le 1^{er} juin et le 31 août 2022, avec 21 nuits tropicales consécutives entre le 19 juillet et le 8 août. Le record de température nocturne a été atteint le 15 juin 2022 avec 37°C enregistrés à Perpignan. Néanmoins, le record de nuits tropicales reste détenu par l'été 2003 avec 62 nuits (Météo France).

2.2 Les précipitations

L'évolution des précipitations n'est pas aussi linéaire que celle des températures.

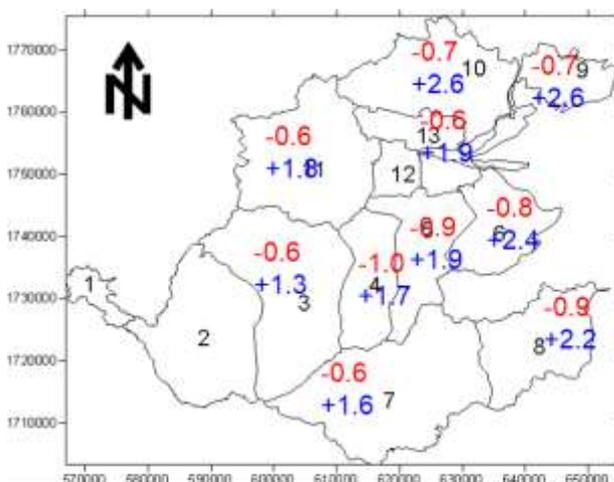
2.2.1 A l'échelle des bassins versants

Sur la période 1971-2006, le projet VULCAIN n'identifie **pas de tendance significative des pluies annuelles** (à la hausse ou à la baisse), ni de changement au niveau des durées des périodes sèches.

Cependant, à l'échelle des précipitations mensuelles, il note une **tendance à la baisse pour le mois de juin**, en moyenne -0,8mm par an (pour l'ensemble du périmètre couvert, à l'exception des sous-bassins de la Têt, Mont-Louis et Serdinya¹⁵), et une **augmentation pour le mois de**

¹⁵ Chaouche et al, 2010. Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change. *Comptes Rendus Géoscience*

novembre, en moyenne +2mm par an, avec une diminution plus marquée au sud et sud-est et une augmentation à l'est du territoire. Cette augmentation au mois de novembre serait liée à l'augmentation du nombre d'évènements pluvieux plutôt que leur intensité. Pour rappel, seuls trois bassins versants étaient à l'étude (Agly, Têt et Tech) :



Tendances des cumuls de juin mm/an
Tendances des cumuls de novembre mm/an

Figure 15 : Tendances des cumuls de précipitation de juin et novembre par an pour 1971-2006 (source : VULCAIN)

Labrousse et al (2020) et Labrousse (2021) ont également étudié les indicateurs liés aux précipitations pour les mêmes bassins versants. Ils notent une réduction des précipitations moyennes sur la période 1958-2018 entre -12.6% et -14.6% selon le bassin versant. Les résultats sont les suivants :

Tableau 4 : Indicateurs de précipitations 1958-2018 pour l'Agly, la Têt et le Tech

	Précipitations moyennes annuelles (mm)	Evolution des précipitations moyennes 1958-2018 (%)	Précipitations en juillet (mm)	Précipitations en octobre (mm)
Agly	802	-14,6	30	96
Têt	802	-18,2	45	90
Tech	998	-12,6	63	119

Labrousse (2021) conclut sur une tendance globale à la baisse du nombre d'évènements extrêmes et de cumuls enregistrés lors de ces évènements mais cette tendance est notée comme faiblement significative (selon le test de Mann-Kendall). Notamment, l'évolution du nombre de jours dépassant le seuil de 10mm est significativement en baisse pour l'Agly et la Têt.

2.2.2 A l'échelle des stations météo

A l'échelle des stations météo utilisées, la tendance au niveau du cumul des précipitations est marquée par une **grande variabilité interannuelle**, avec une absence de tendance significative. Ci-dessous, pour Eus et Saint Paul de Fenouillet.

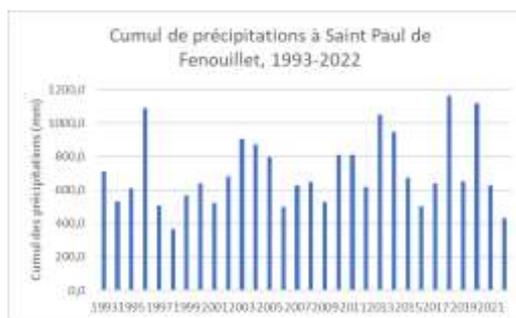


Figure 16 : Evolution des précipitations à la station Saint Paul de Fenouillet pour la période 1993-2022 (données : Publiothèque, traitement : Suez Consulting)

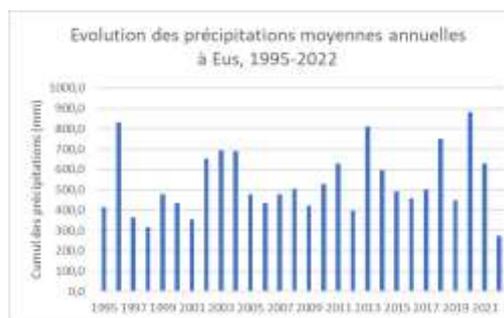


Figure 17 : Evolution des précipitations à la station Eus pour la période 1995-2022 (données : Publiothèque, traitement : Suez Consulting)

Les données analysées à l'échelle saisonnière n'indiquent pas non plus de tendance significative, avec Perpignan comme exemple en Figure 18.

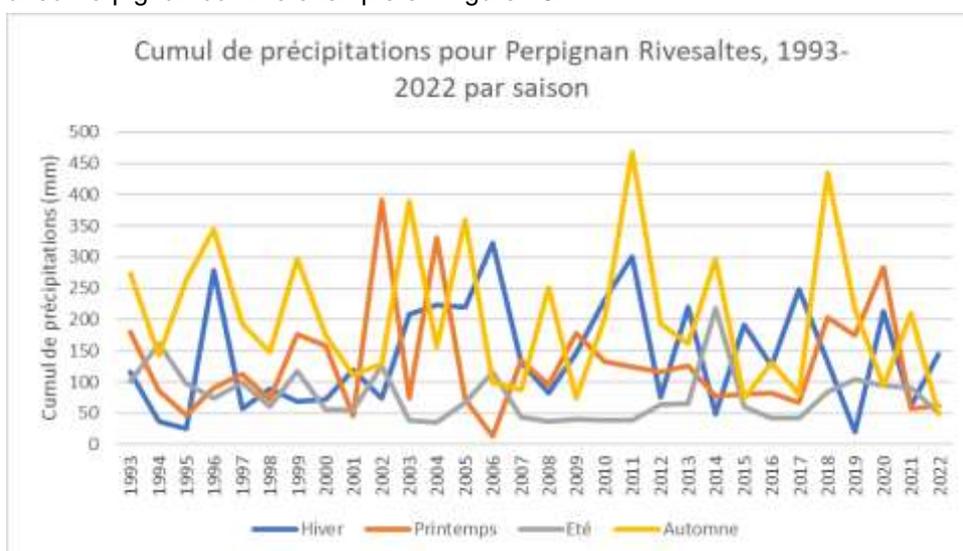


Figure 18 : Cumul de précipitations pour Perpignan Rivesaltes, 1993-2022 par saison (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)

L'analyse de l'évolution du nombre de jours de pluies intenses ($\geq 100\text{mm}$ et $\geq 50\text{mm}$) ne montre pas non plus de tendance claire (en cohérence avec Labrousse, 2020). En Figure 20 et Figure 19, les exemples d'Eus et de Serralongue. On note toutefois pour Eus une apparition des évènements de $\geq 100\text{mm}$ depuis 2013.

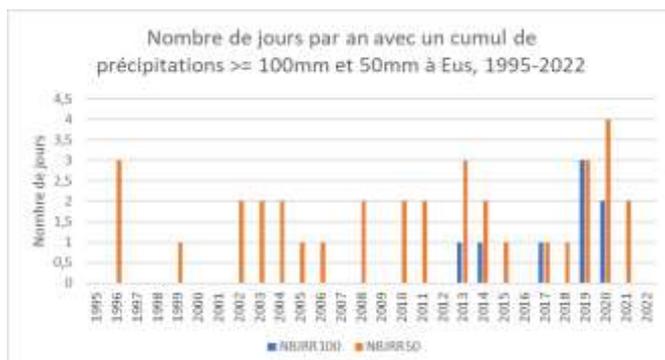


Figure 19 : Nombre de jours par an avec un cumul de précipitations >= 100mm et >=50mm pour Eus, 1995-2022 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)

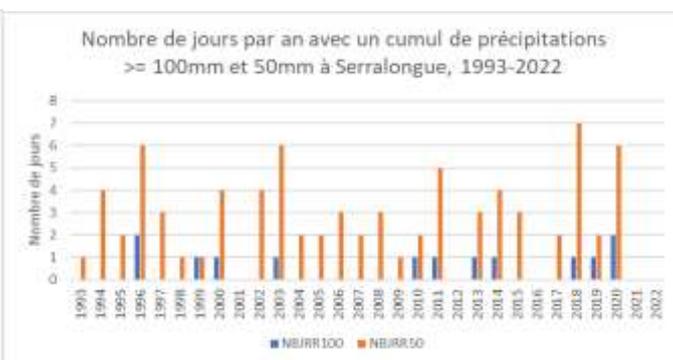


Figure 20 : Nombre de jours par an avec un cumul de précipitations >= 100mm et >=50mm pour Serralongue, 1995-2022 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)

2.2.3 2022 l'année d'un déficit de précipitations

Comme précisé précédemment, l'année 2022 était particulièrement sèche en France et surtout sur le territoire d'étude, avec un **cumul de 310 mm pour l'ensemble du département des Pyrénées Orientales**. En 2022, le **déficit pluviométrique est très prononcé**.

Une analyse des données disponibles pour Perpignan Rivesaltes depuis 1925 indique une grande variabilité interannuelle mais 2022 se démarque à nouveau comme l'année avec le plus grand déficit pluviométrique.



Figure 21 : Ecart du cumul des précipitations annuelles pour Perpignan Rivesaltes à la référence 1981-2010 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)

Néanmoins, selon les stations météo, **l'année 2022 n'est pas forcément l'année la plus sèche**. C'est le cas par exemple pour Canet en Roussillon, qui note une année 2015 beaucoup plus sèche, ou Serralongue avec 2012 qui se démarque comme l'année la plus sèche depuis 2011.

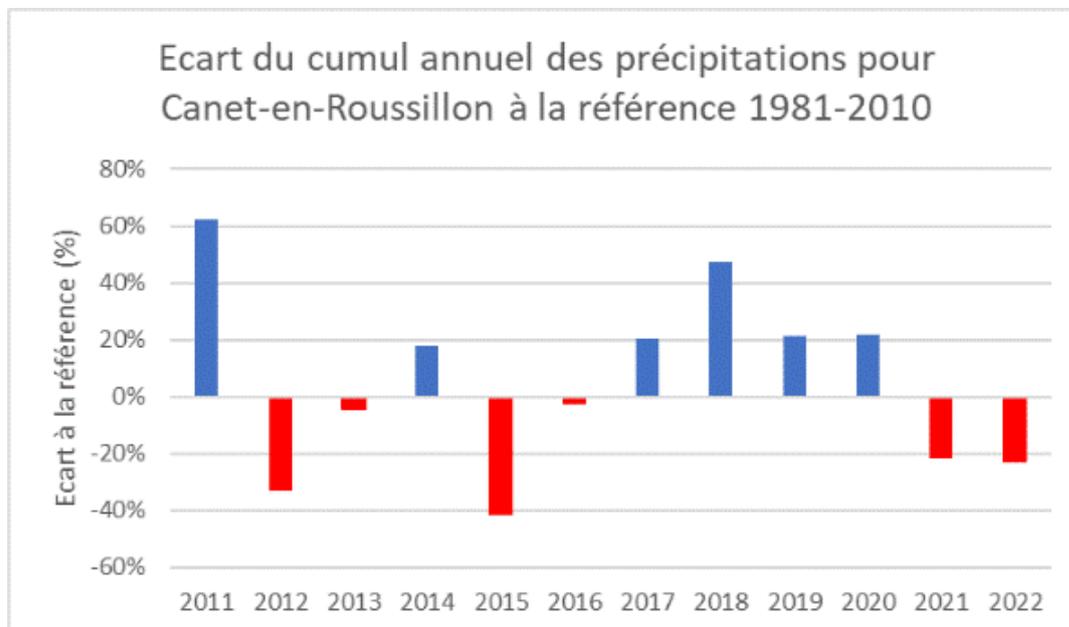


Figure 22 : Ecart du cumul annuel de précipitations à la référence 1981-2010 pour Canet en Roussillon (source : Publithèque, traitement : Suez Consulting)

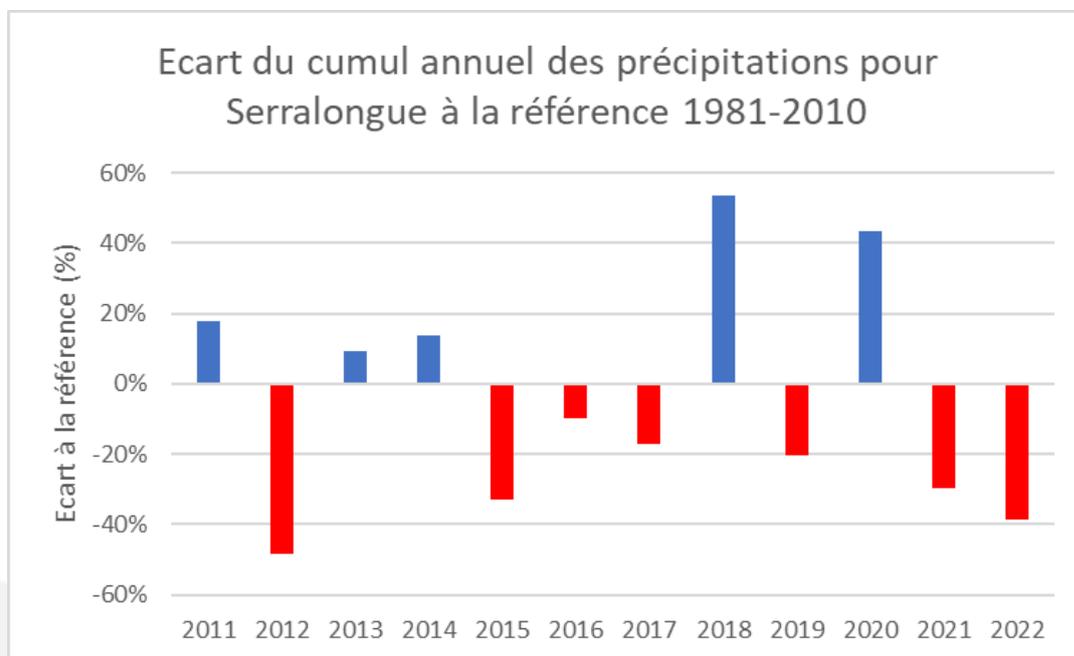


Figure 23 : Ecart du cumul annuel de précipitations à la référence 1981-2010 pour Serralongue (source : Publithèque, traitement : Suez Consulting)

Sur l'année 2023, Perpignan Rivesaltes note un cumul de précipitations de 245,9mm, soit -56% par rapport à la période 1981-2010. Le déficit pluviométrique était encore plus prononcé pour octobre, novembre et décembre, entre -80% et -89% de précipitations en moins par rapport à cette même période de référence (InfoClimat).

2.3 Les vents

Les Pyrénées-Orientales, sont marquées principalement par la **tramontane**. Ce vent régional prédomine avec à lui seul 47% des cas, suivi du vent d'est à sud-est, le **marin**¹⁶.

On notera que la **part horaire des vents supérieurs à 30km/h est de 11%** ce qui fait de Perpignan une ville relativement venteuse (2% à Montpellier).

2.3.1 La tramontane

De **secteur nord à nord-ouest, la tramontane**¹⁷ se caractérise par un **vent violent, sec et froid**, dégageant le ciel de ses nuages, soufflant régulièrement en rafales (elle peut atteindre 140km/h, voire plus) et se matérialisant avec plus de force en **hiver** et au **printemps**. La tramontane **souffle en moyenne un jour sur trois en Occitanie** selon Météo France qui compte un jour de tramontane quand le vent dépasse ou atteint 60km/h.

Alors que sur la période 1981-2010, Perpignan comptait en **moyenne annuelle 122 jours** de tramontane, Météo France n'en a relevé que **90 en 2022**, ce qui constitue un record depuis 1981¹⁸ et ce qui confirme bien le caractère exceptionnel de cette année.

Les deux années précédentes ont également marqué une baisse par rapport à la période de référence, même si moins importante qu'en 2022 (114 jours en 2021 et 98 en 2020).

Ci-dessous la rose des vents pour Perpignan comparant 2022 (droite) à la période 1991-2020 (gauche). La tramontane est représentée dans le secteur nord-ouest de la rose (excroissance verte et orange) dont la superficie correspond à la fréquence des cas de tramontane sur la période. Cette excroissance est beaucoup plus réduite en 2022. Les couleurs représentent les vitesses de vent, la couleur orange représentant la vitesse la plus forte. Les numéros représentent la direction du vent sur 360°.

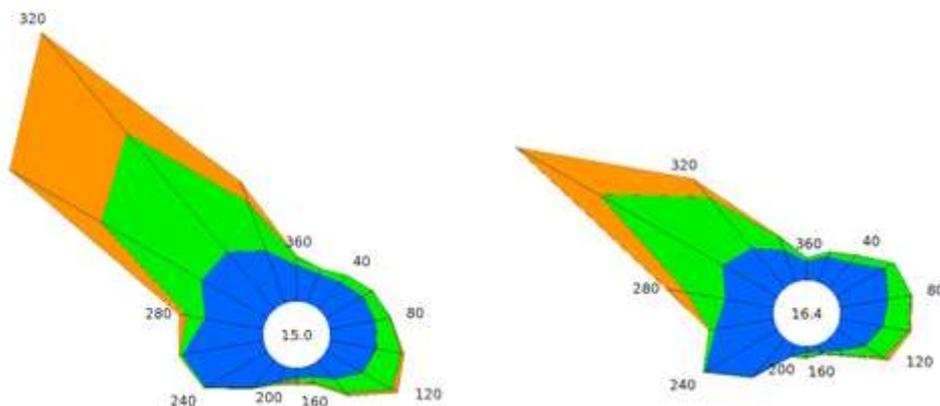


Figure 24 : Roses de vents à Perpignan : normale 1991-2020 (gauche), année 2022 (droite) (source : Météo France)

La tramontane s'accompagne souvent de **l'effet de Foehn** qui se développe dans les zones de relief. Ce phénomène est relativement fréquent sur les Pyrénées. Il se produit lorsque le vent pousse des particules d'air chargées en humidité contre un obstacle. Les nuages subissent une ascension forcée qui engendre des précipitations. C'est donc un air sec qui franchit le sommet, il est ensuite compressé lors de sa redescende en vallée et gagne sensiblement en température. Plus le vent sera fort et plus l'effet de Foehn sera marqué. Cela provoque des vents secs et très chauds dans les vallées, susceptibles de :

- Assécher les cultures ;

¹⁶ Bulletin climatique Languedoc Roussillon, 2016, Météo France

¹⁷ <http://tempetes.meteo.fr/Les-vents-regionaux-mediterreneens>

¹⁸ <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/moins-de-jours-de-tramontane-en-2022>

- Engendrer un fort stress hydrique ;
- Augmenter les températures ;
- Intensifier les feux de forêt.

Par ailleurs, les rafales sont de plus en plus fortes depuis 1993 (le pic de 2009 est marqué par la tempête Klaus qui a frappé le sud-ouest de la France le 24 janvier de cette année-là).

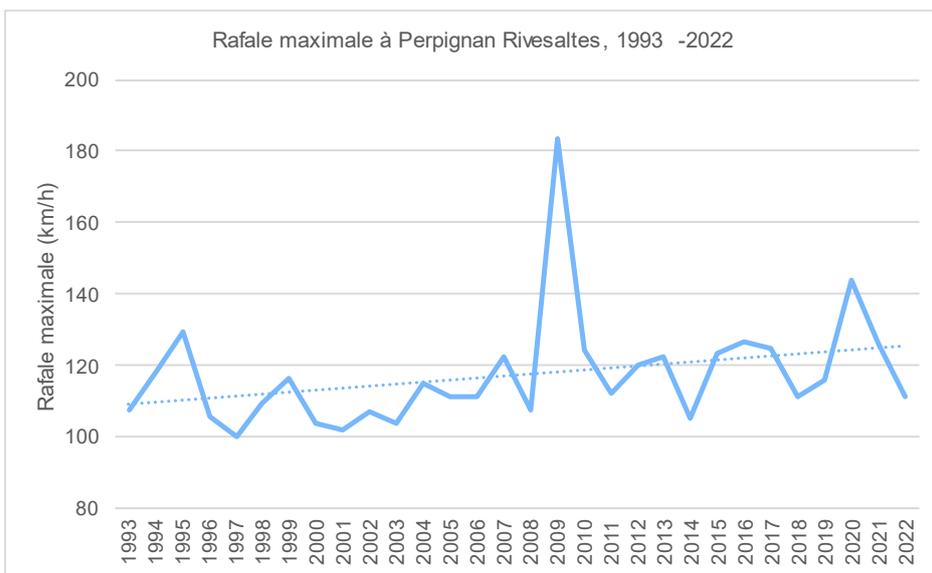


Figure 25 : Rafale maximale en km/h à Perpignan Rivesaltes entre 2013 et 2022 (Données : Infoclimat, traitement Suez Consulting)

Le nombre de jours de tramontane diminue ces dernières années par rapport à la période de référence et **son intensité augmente**. Une hypothèse est un **effet de Foehn de plus en plus fort** allant de pair avec la plus forte intensité des rafales.

A noter en outre que la vitesse du vent à la station de Perpignan Rivesaltes a dépassé 89 km/h chaque année depuis 30 ans. Un avis de tempête est déclaré pour un vent de degré 10 ou supérieur sur l'échelle de Beaufort, ce qui correspond à une vitesse de vent supérieure à 90 km/h.

2.3.2 Le marin

Le second vent dominant est le vent marin, qui représente **18% des cas à Perpignan**. Généralement modéré et régulier, il peut être parfois violent sur le relief, très humide, doux et amenant le plus souvent de **fortes précipitations**. Il accompagne notamment les **épisodes** de fortes pluies méditerranéennes. Il est plus fréquent au **printemps** et en **automne**. Aucune donnée sur l'évolution du vent marin n'a été trouvée.

2.4 L'enneigement

Du fait de la présence d'un nombre limité de stations de mesure en altitude et de la forte variabilité de ces dernières, il est difficile d'extraire une tendance à partir des mesures observées, réalisées dans les différentes stations du territoire d'étude.

Les chercheurs ainsi que Météo France ont très souvent recours aux outils de modélisation ou aux données satellitaires pour évaluer l'évolution de l'enneigement sur le massif des Pyrénées. Plusieurs indicateurs sont étudiés : la hauteur du manteau neigeux, la durée de l'enneigement, l'équivalent en eau du manteau neigeux ou encore la surface enneigée.

Les résultats des dernières études disponibles montrent une **tendance générale à la baisse de l'enneigement** mais avec une **forte variabilité interannuelle** qui s'explique aussi par la variabilité des précipitations.

Le réseau nivo-météorologique de Météo France offre plusieurs indicateurs de suivi de la neige sur les massifs de la Métropole depuis décembre 2011 jusqu'à aujourd'hui. Les stations sur le périmètre d'étude ont été sélectionnées pour montrer l'évolution de la **hauteur totale de neige** à ces stations tous les mois de janvier depuis 2011 jusqu'à 2023. Certaines années sont manquantes pour certaines des stations. Le résultat est le suivant :

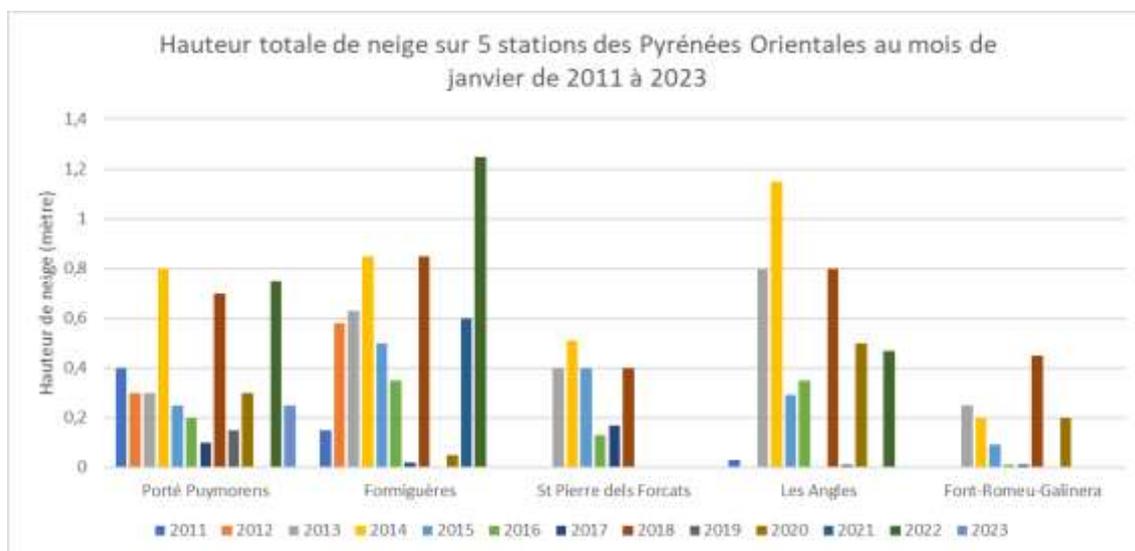


Figure 26 : Hauteur totale de neige sur 5 stations des Pyrénées Orientales aux mois de janvier de 2011 à 2023 (source : Météo France, traitement : Suez Consulting)

Le site de Météo France permet également de visualiser l'évolution de **l'enneigement annuel sur l'ensemble du massif des Pyrénées Orientales** au moyen de la modélisation du manteau neigeux Crocus. La Figure 27 indique ainsi une forte variabilité interannuelle de la durée d'un enneigement supérieur à 20cm à 1800m d'altitude. Toutefois la tendance depuis 1980 est à la baisse. De manière générale, la réduction de la durée de l'enneigement est marquée en moyenne montagne mais s'atténue aux altitudes plus élevées.

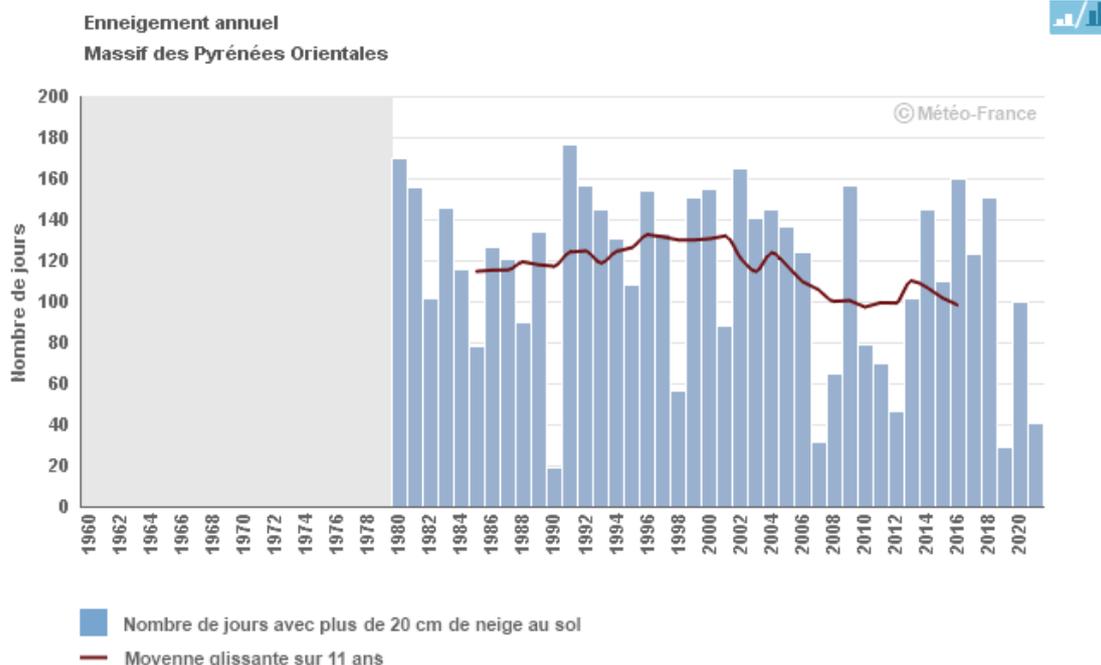


Figure 27 : Enneigement annuel sur le massif des Pyrénées Orientales, 1980-2021 (source : Météo France)

Lopez-Moreno et al (2020)¹⁹ ont étudié les **tendances de la hauteur de neige et de la durée d'enneigement annuelle** dans les Pyrénées, entre 1958 et 2017, à partir d'observations météorologiques et du modèle Crocus. Leurs résultats montrent une réduction de la hauteur de neige et de la durée d'enneigement, notamment pour l'altitude 2100m. Cette tendance est toutefois plus marquée pour la partie ouest des Pyrénées. On note une baisse plus légère pour la partie orientale des Pyrénées. Deux massifs dans le territoire d'étude ont fait partie de cette analyse : Capcir Puymorens et Cerdagne.

Il est intéressant également de regarder à **l'équivalent en eau du manteau neigeux**. Dans le graphique présenté ci-dessous datant de janvier 2023, on remarque que les mesures s'écartent des quintiles historiques et vont jusqu'à frôler les minimums modélisés.

¹⁹ Lopez-Moreno et al (2020) Long-term trends (1958-2017) in snow cover duration and depth in the Pyrenees. *International Journal of Climatology*.

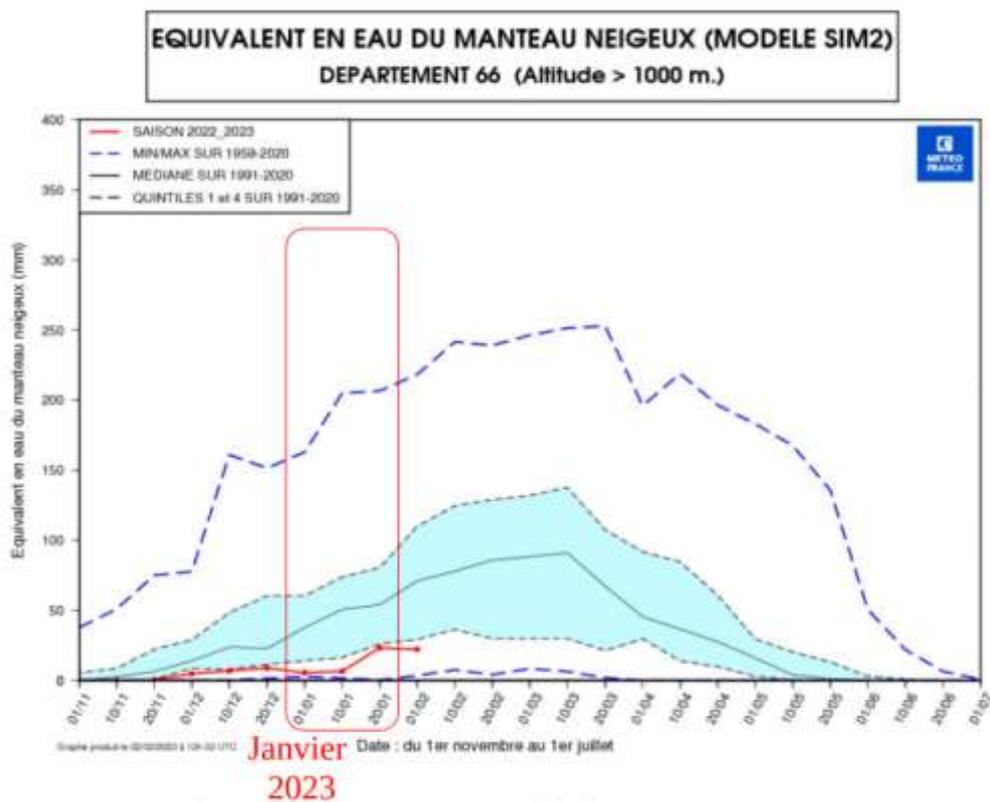
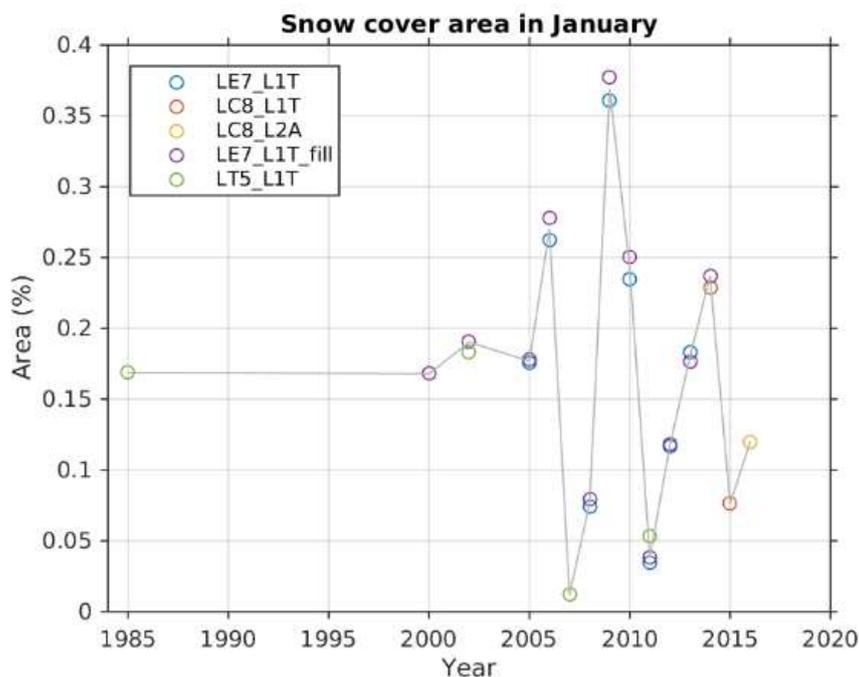


Figure 28 : Modélisation de l'équivalent en eau du manteau neigeux selon le modèle SIM2 pour le département des Pyrénées Orientales (source : Météo France)

Sur la station du Pic du Canigou, la tendance est plus difficilement perceptible. Des chercheurs ont essayé de modéliser la surface enneigée du pic à partir des données satellite Landsat. Si on observe une forte variabilité interannuelle, on observe également un début de diminution de la moyenne de cette couverture neigeuse.



Surface enneigée en janvier sur le massif du Canigou calculée à partir de données Landsat (en % de la zone de 224 km²). LE7: Landsat-7, LC8: Landsat-8, LT5: Landsat-5. L1T et L2A indiquent le niveau de traitement. Le suffixe fill indique les images dont les lacunes ont été interpolées. On a retiré l'image Landsat-5 de 2010 car elle était trop nuageuse.

Figure 29 : Couverture neigeuse sur le massif du Canigou au mois de janvier, 1985-2016 (source : Observatoire Midi-Pyrénées et Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère)

Une récente étude montre la **surface enneigée** dans le Parc des Pyrénées Catalanes vue par satellite depuis le 1 septembre 2000 jusqu'à l'hiver 2022-2023. Le graphique ci-dessous met en évidence la forte variabilité interannuelle de la surface enneigée depuis 2000.

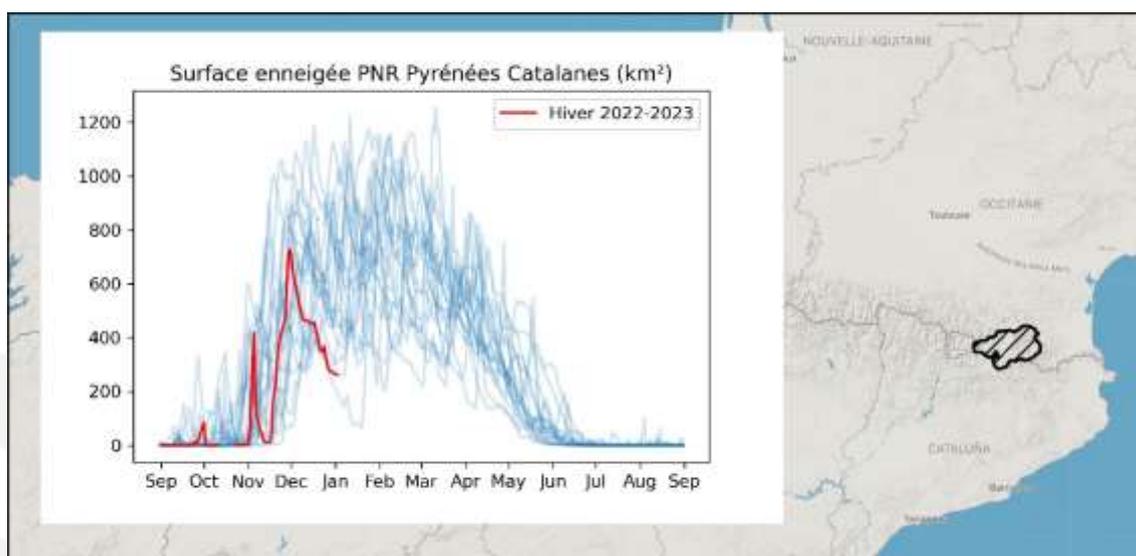


Figure 30 : Surface enneigée dans le parc des Pyrénées Catalanes depuis 2000 (source : Observatoire Midi-Pyrénées et Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère)

Enfin, une autre façon de mesurer l'enneigement est de regarder la **hauteur moyenne du manteau neigeux**. En regardant les résultats ci-dessous de l'OPCC pour Les Angles, Formiguères et Saint Léocadie, il est difficile d'extraire une tendance claire :

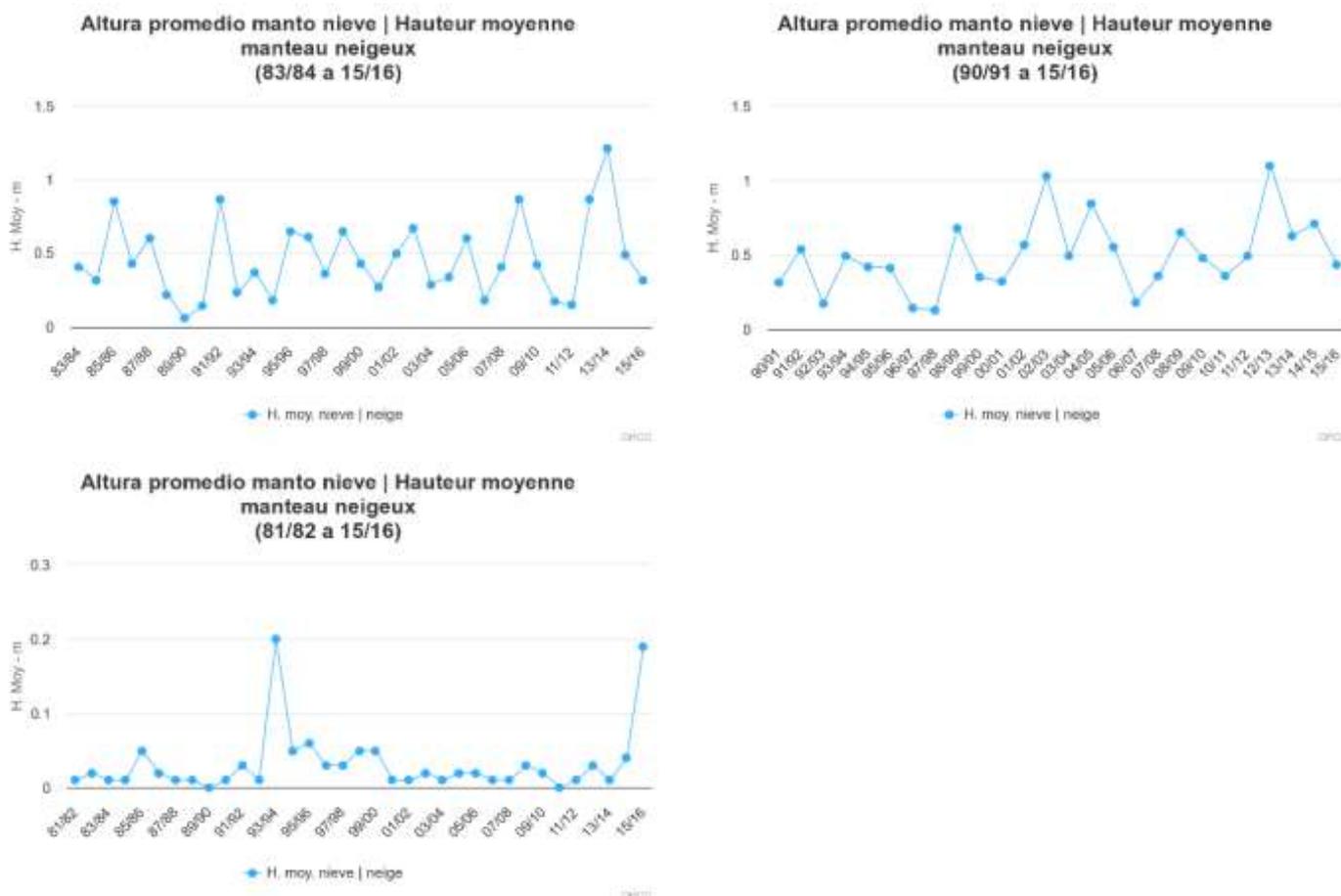


Figure 31 : Hauteur moyenne du manteau neigeux à (de gauche à droite) Les Angles-2108m, Formiguères-1753m, St Léocadie-1320m (source : OPCC-CTP)

2.5 L'évapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est une valeur calculée traduisant la somme de la **transpiration du couvert végétal** et de l'**évaporation du sol** qui pourrait se produire en cas d'approvisionnement en eau suffisant pour un couvert végétal bas, continu et homogène sans aucune limitation (nutritionnel, physiologique ou pathologique)²⁰.

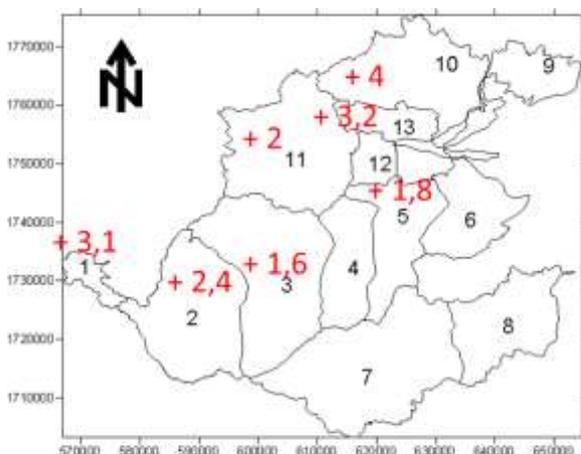
Un accroissement de l'ETP traduit un **besoin croissant des plantes en eau** et explique une tendance vers la **diminution des pluies efficaces**, c'est-à-dire les pluies qui contribuent à alimenter les milieux aquatiques et à recharger les nappes souterraines²¹. La **recharge des ressources** en eau s'en retrouve donc affectée. Lorsque les précipitations sont inférieures à l'ETP, il y a déficit hydrique. Son accroissement est en lien étroit avec la hausse des températures.

Les récentes analyses indiquent pour le périmètre d'étude une **hausse de l'évapotranspiration en période d'été mais également au printemps** (de février à juin). L'évapotranspiration va ainsi rendre les sols plus secs en période d'été mais aussi freiner la recharge.

²⁰ Voir : <https://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/310>

²¹ Voir : <https://www.eaufrance.fr/les-precipitations-efficaces>

Le projet VULCAIN calcule l'ETP toujours pour la même période (1970-2006) et trouve une tendance forte de +1 à +4mm d'ETP par an sur 10 des 13 sous bassins versants analysés, essentiellement à l'ouest de la zone, avec une augmentation significative de février à juin :



Tendance ETP en mm/an

Figure 32 : Tendance ETP en mm/an (source : projet VULCAIN)

Labrousse et al (2020) ont aussi calculé l'évapotranspiration potentielle et son évolution – à la hausse – pour les trois bassins versants de l'Agly, la Têt et le Tech, comme suit :

Tableau 5 : L'ETP 1958-2018 sur l'Agly, la Têt et le Tech

	ETP (mm)	Evolution de l'ETP 1958-2018 (%)
Agly	1045	+23,6
Têt	1017	+15,5
Tech	1046	+16,7

On note une augmentation de l'ETP de +2,4mm par an à Perpignan en période d'été (juin à octobre), augmentation accentuée avec l'élévation des températures.

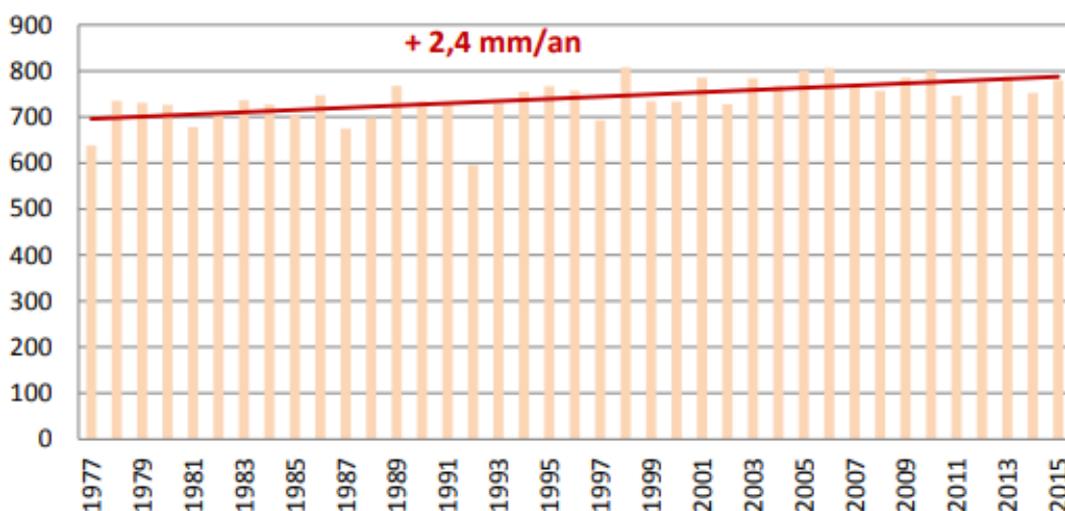


Figure 33 : Evolution de l'ETP à Perpignan du 1er juin au 31 octobre, 1977-2015 (source : Région Occitanie, 2017)

A titre comparatif, l'évolution de l'ETP pour Montpellier, aussi soumis à un climat méditerranéen, en période d'été est de 2,9mm par an, et Toulouse +3.1mm par an (Région Occitanie, 2017²²).

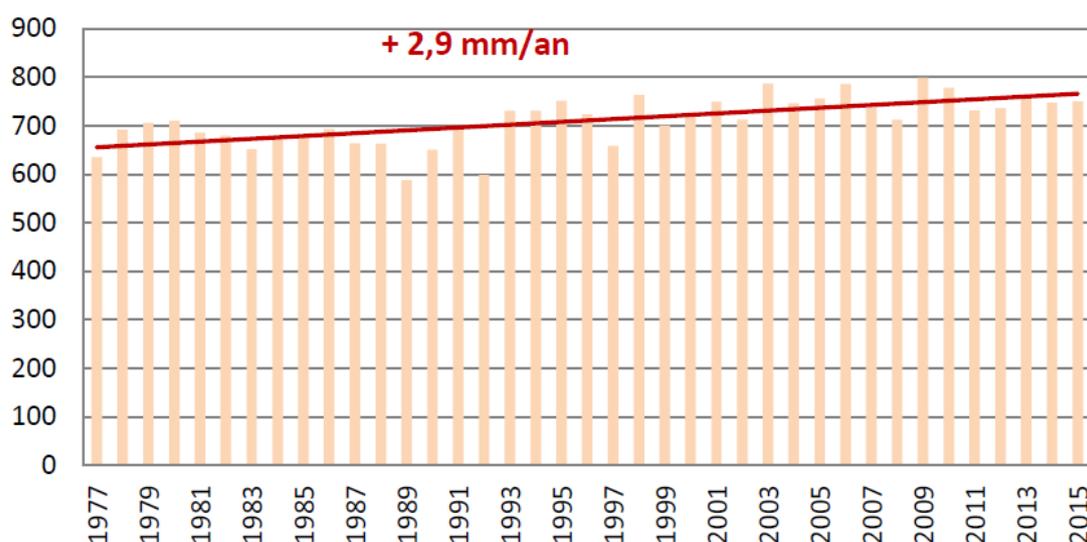


Figure 34 : Evolution de l'ETP à Montpellier du 1er juin au 31 octobre, 1977-2015 (source : Région Occitanie, 2017)

²² Région Occitanie (2017), Etat des lieux régional sur l'eau en Occitanie Pyrénées/Méditerranée (Région Occitanie : Toulouse/Montpellier)

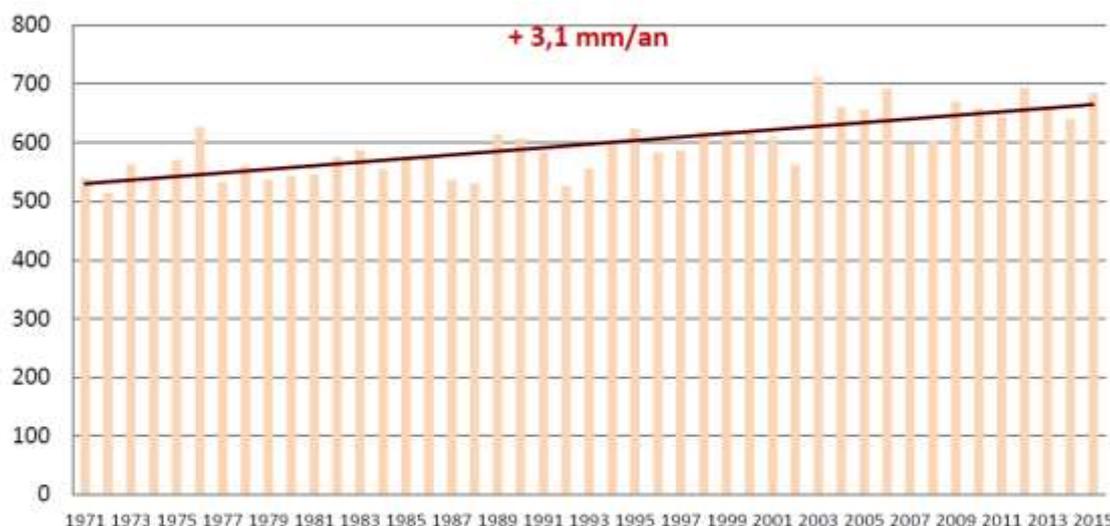


Figure 35 : Evolution de l'ETP à Toulouse du 1er juin au 31 octobre, 1977-2015 (source : Région Occitanie, 2017)

2.6 En conclusion

L'analyse sur les dernières décennies des indicateurs climatiques clés qui impactent l'état des ressources en eau (températures, précipitations, vents, évapotranspiration, enneigement, humidité des sols) met en évidence des tendances claires vers une :

- **Hausse des températures moyennes annuelles**, plus marquée en été et au printemps ;
- **Absence de jours de gel/grandes vagues de froid** depuis une dizaine d'années ;
- **Absence de consensus sur la tendance significative d'évolution du cumul de précipitations (à la hausse ou à la baisse) ;**
- **Tramontane plus forte** même si moins fréquente, apportant de l'air sec et chaud en zone de relief par l'effet de Foehn ;
- **Baisse de l'enneigement** mais marquée par une variabilité interannuelle ;
- **Hausse de l'évapotranspiration.**

Même si aucune tendance claire de se dégage pour certains d'entre eux (les précipitations et l'enneigement), le constat est clair concernant les **tendances plutôt négatives de l'influence climatique sur la ressource en eau.**

A ce titre, l'année 2022, affiche des **records** de température et de déficit de précipitation coïncidant avec moins de jours de tramontane qui apporte habituellement un vent sec et froid.

Par ailleurs, **l'interdépendance** observée et constatée entre l'évolution des températures, des précipitations, des vents, de l'enneigement et de l'évapotranspiration engendre une **amplification** voire une **accélération des impacts visibles sur le territoire.**

Les **évolutions climatiques** ainsi **constatées** à l'échelle du département, accréditent à l'échelle locale les **tendances portées par le GIEC** à l'échelle de la planète. Ce qui paraissait encore éloigné du quotidien de chacun devient à présent perceptible. **Effet anxigène ou prise de conscience des enjeux**, les réactions peuvent être multiples cependant le **scepticisme face au changement climatique ne peut que reculer.**

En conséquence, la **considération des évolutions climatiques** est à la fois **un impératif politique pour adapter le territoire dans son ensemble** et assurer son **développement durable** et, un **besoin** sous-jacent pour la population.

Afin d'éviter des dérives ou fausses informations, l'information situationnelle, la plus précise, comme les prévisions, autant que faire se peut, devraient se partager plus largement.

Des questionnements vont s'ouvrir :

- **Quels sont les moyens ou les dispositifs qui permettront de réduire la sensibilité de la population et des activités économiques** du territoire aux changements climatiques déjà visibles, tels que l'augmentation des températures ou à la réduction de l'enneigement et de renforcer leur capacité d'adaptation ?
- Les conséquences de ces évolutions climatiques portant également sur **l'environnement** et la **biodiversité** fortement dépendante de la ressource en eau et sa répartition sur le territoire, **comment est-il possible de les préserver** ?
- ...

3. LES RISQUES DE SECHERESSE

Traditionnellement, on différencie les sécheresses selon leur impact sur les écosystèmes. Ainsi, une **sécheresse météorologique** correspond à un déficit de précipitations et une baisse de l'humidité atmosphérique. La **sécheresse agricole** se caractérise par des sols secs avec une faible humidité, et une **sécheresse hydrologique** est quant à elle caractérisée par des masses et cours d'eau qui présentent des niveaux anormalement bas.

3.1 Sécheresse météorologique

Afin de comprendre les sécheresses météorologiques dans la zone d'étude, l'indicateur SPEI a été utilisé pour les six stations météo précédemment citées. Le "Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index" (SPEI) est un indicateur utilisé à partir de données modélisées pour évaluer et surveiller les conditions de sécheresse. Il a été développé pour prendre en compte dans ses calculs non seulement les précipitations, mais aussi l'évapotranspiration, ce qui le rend plus complet que certains autres indices de sécheresse qui ne tiennent compte que des précipitations (comme le SPI – Standard Precipitation Index), et notamment pour suivre l'impact du changement climatique en prenant en compte la température. Le calcul du SPEI se fait à partir de modèles, est normalisé, et exprime des valeurs en écart-type. Concrètement, il calcule le surplus ou le déficit d'eau dans une région donnée, et se traduit par une valeur brute : les valeurs positives du SPEI indiquent un excédent d'eau, tandis que les valeurs négatives indiquent un déficit d'eau par rapport à la normale (la période utilisée pour le calcul), c'est-à-dire une sécheresse. Plus la valeur du SPEI est négative, plus la sécheresse est grave.

Il est largement utilisé et permet de faire un suivi des conditions hydriques afin d'aider à la gestion de la ressource et à la planification agricole.

Les points de mesures ont été sélectionnés pour se confondre avec ceux des stations météo utilisées précédemment, mais correspondent néanmoins à des unités de base dans le maillage de la base de données qui couvrent une plus large surface qu'un point précis.

Tableau 6 : Coordonnées des unités de maillage utilisées dans l'analyse du SPEI

Station	Coordonnées (degrés décimaux)
Canet en Roussillon	42.750000 3.250000
Saint-Paul-de-Fenouillet	42.750000 2.750000
Eus	42.750000 2.250000
Serralongue	42.250000 2.750000
Porté-Puymorens	42.750000 1.750000

A noter que Rivesaltes et Canet-en-Roussillon se trouvent sur une même maille unitaire sur la base de données, les résultats sont donc les mêmes pour les deux localisations. Un seul graphique est donc utilisé pour les deux, intitulé Canet-en-Roussillon.

Afin de suivre l'évolution du SPEI dans le temps, ce dernier a été représenté en moyennes annuelles entre 1902 et 2022 sous forme de graphique à barres, et la tendance est représentée de manière linéaire. Les moyennes annuelles sont obtenues en calculant la moyenne des valeurs mensuelles pour chaque année hydrologique (allant donc de septembre de l'année n à août de l'année n+1)

Les résultats sont les suivants :

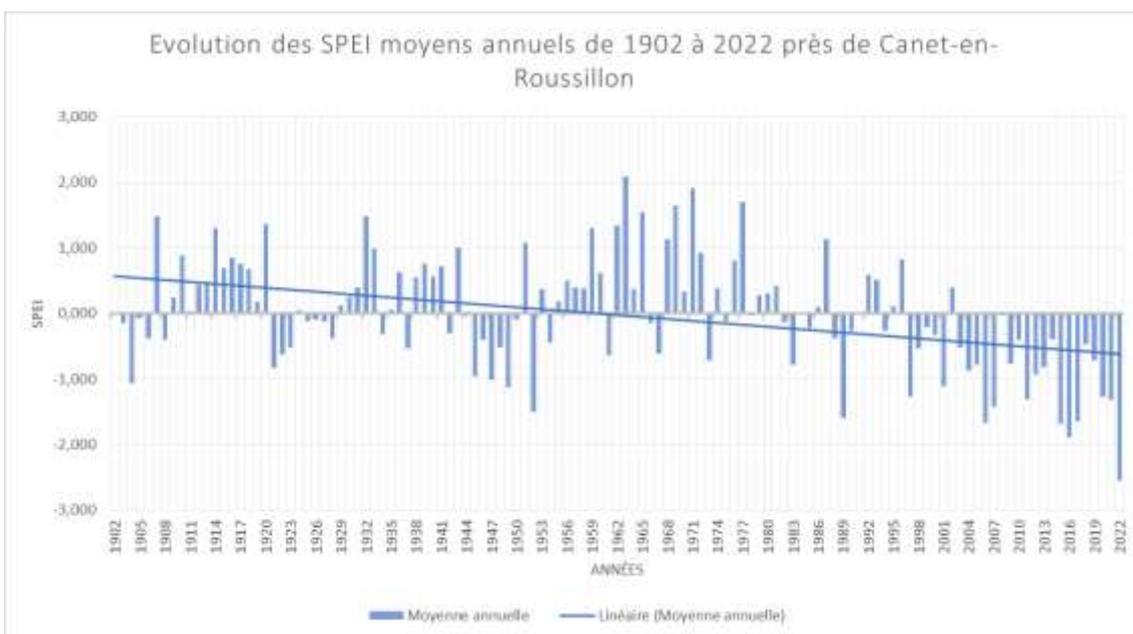


Figure 36 : Evolution du SPEI annuel entre 1902 et 2022 près de Canet-en-Roussillon (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting)

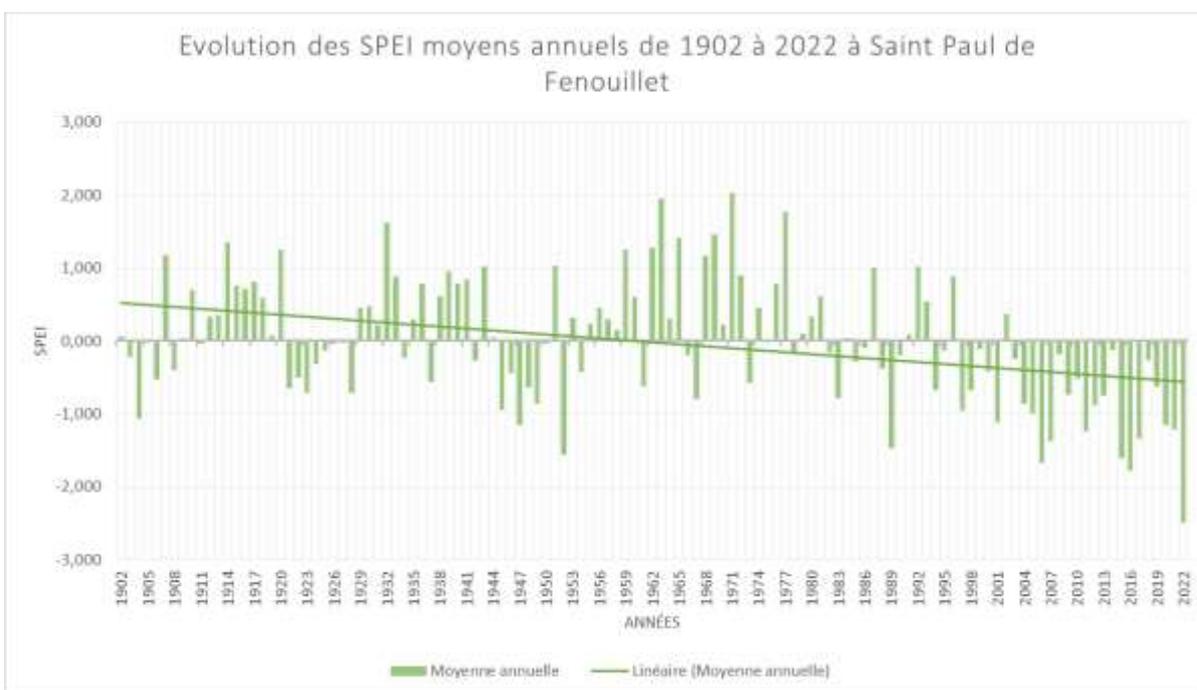


Figure 37 : évolution du SPEI entre 1902 et 2022 à Saint Paul de Fenouillet (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting)

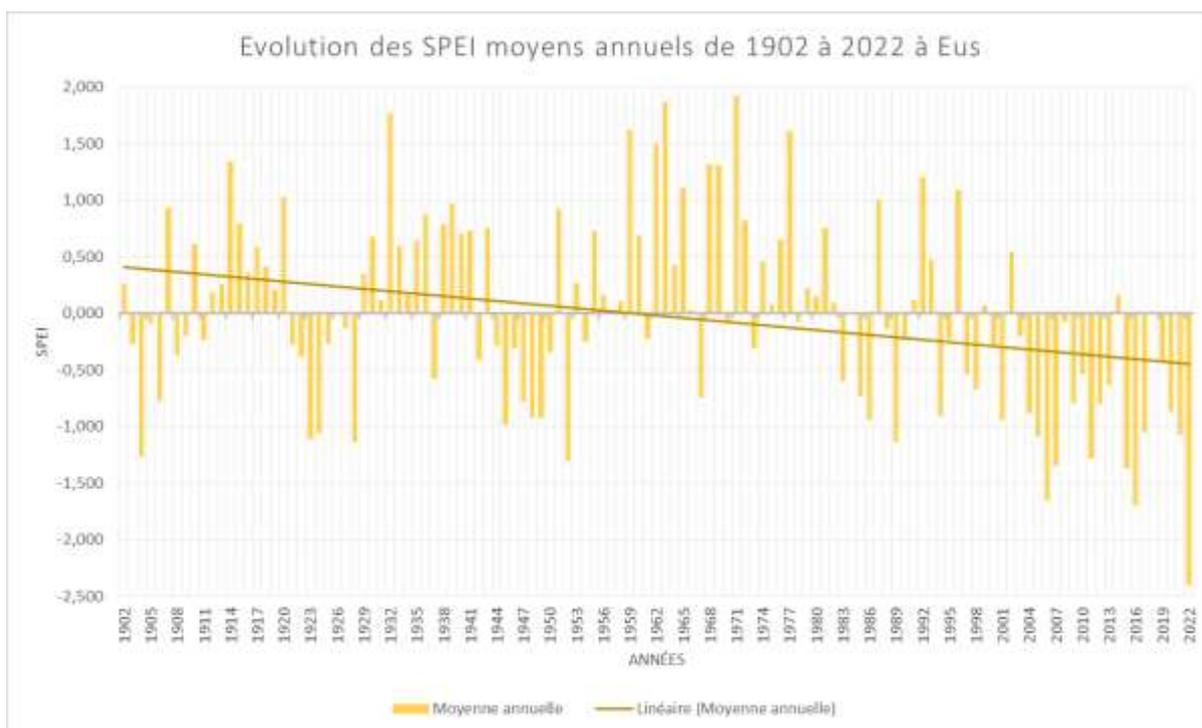


Figure 38 : évolution du SPEI entre 1902 et 2022 à Eus (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting)

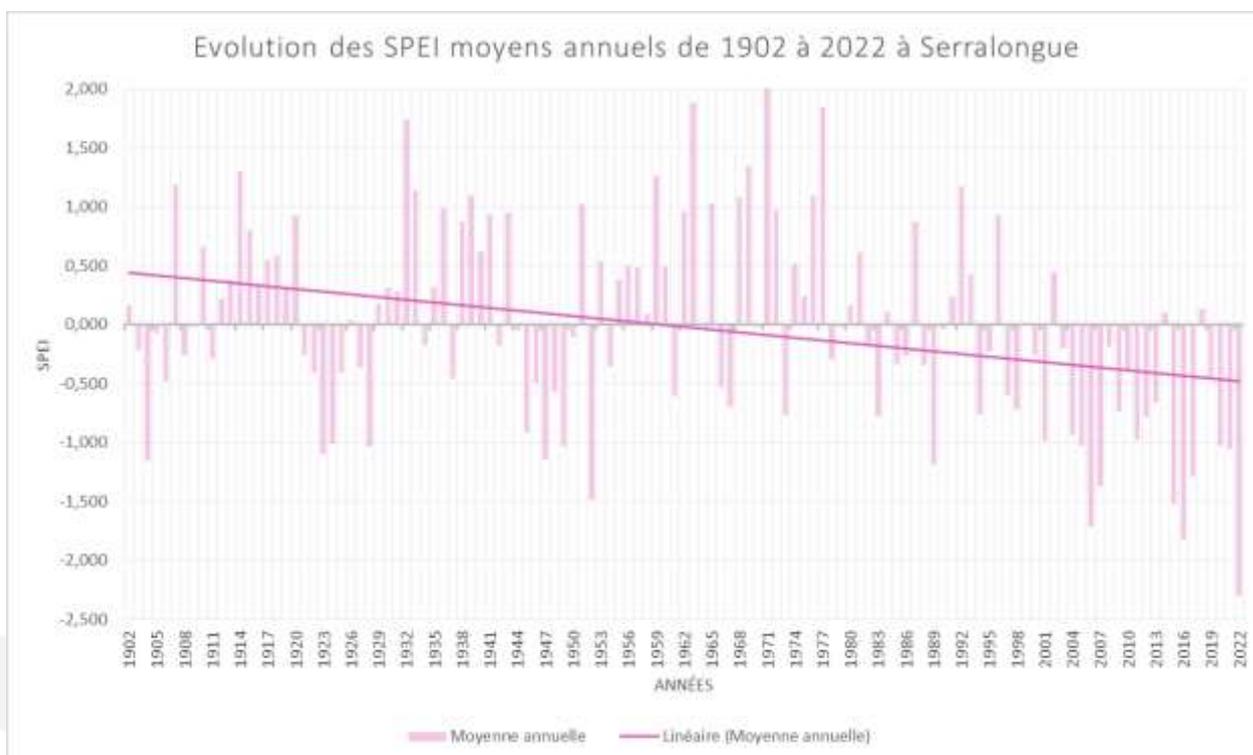


Figure 39 : évolution du SPEI entre 1902 et 2022 à Serralongue (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting)

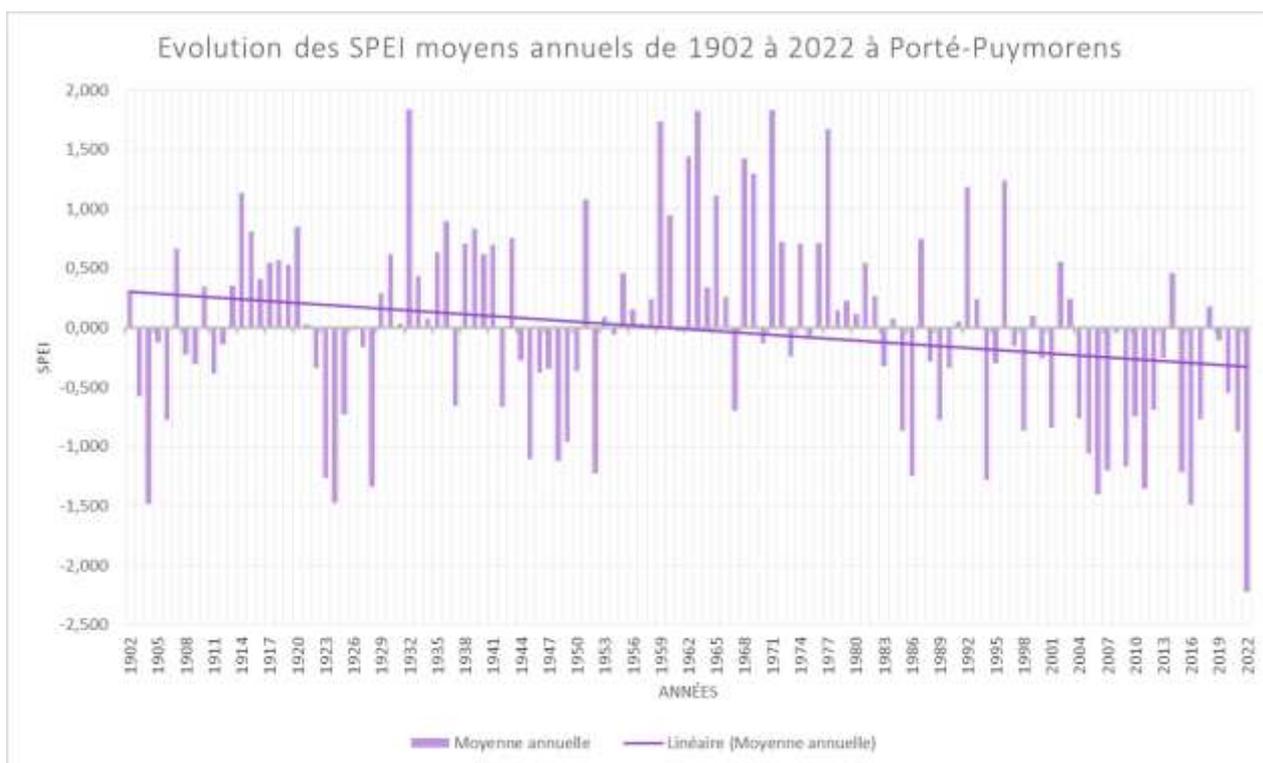


Figure 40 : évolution du SPEI entre 1902 et 2022 à Porté-Puymorens (source : Laboratory of Climate Services and Climatology ; traitement : Suez Consulting)

Sur l'évolution des cinq points considérés, le SPEI est à la baisse, ce qui caractérise une **tendance persistante de sécheresses météorologiques de plus en plus intenses**, confirmée par le test de Mann-Kendall.

Les valeurs négatives indiquant un déficit des précipitations sont de plus en plus récurrentes et importantes, et atteignent des valeurs record durant l'année 2022. A Canet-en-Roussillon, la valeur de SPEI annuel moyen la plus basse depuis 1901 est celle de 2022, -2,5. Les quatre valeurs de SPEI mensuels les plus basses jamais atteintes depuis 1901 ont été celles de septembre à décembre 2022 (-2,6 et -2,5). L'année 2022 se hisse en haut du classement avec des valeurs très basses pour toutes les zones considérées.

On retrouve dans les valeurs négatives des sécheresses historiques ayant touché la zone d'étude. C'est le cas de la sécheresse de 1973, une année qui a connu de grandes irrégularités dans les précipitations mensuelles et des cumuls en dessous des moyennes et des médianes normales (sauf pour janvier 1973), avoisinant même régulièrement les minimales²³. L'épisode de sécheresse extrême de 1989, ayant commencé en septembre 1988 et ayant eu des impacts jusqu'à l'automne 1990 ressort également sur le graphique. Depuis 2003 une tendance d'épisodes de sécheresses à répétition est observée, avec des années particulièrement affectées (2006-2007, 2014-2016, 2022-2023).

La fréquence d'occurrence annuelle du nombre de mois ayant une valeur négative importante est représentée pour Canet-en-Roussillon en Figure 41.

²³ Pour plus d'informations, voir la revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Année 1975, article « La sécheresse exceptionnelle de 1973 dans les Pyrénées orientales », pages 55-68

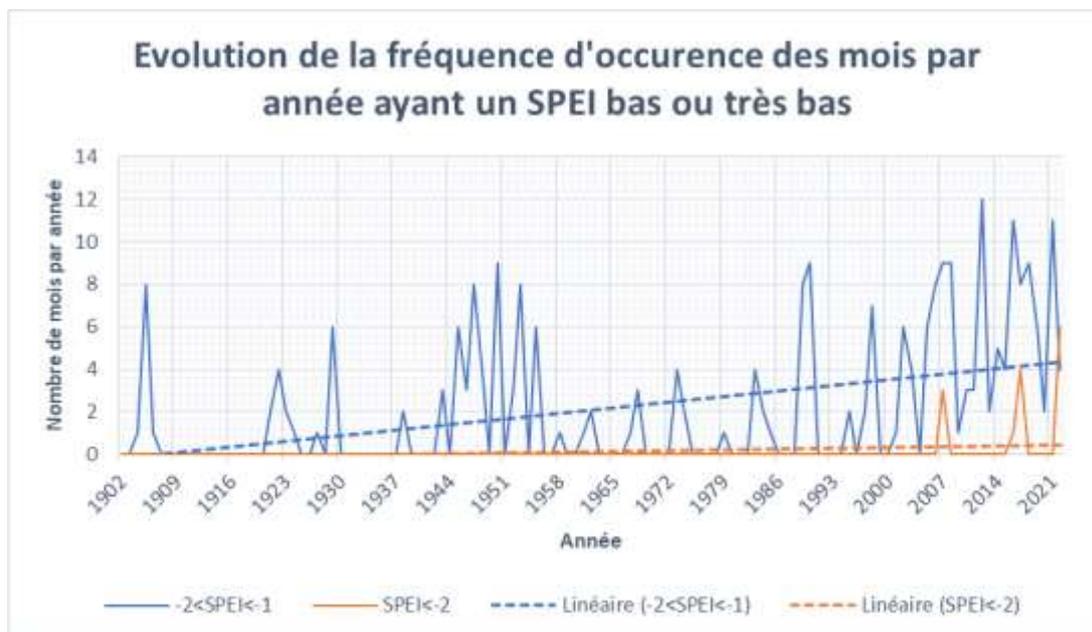


Figure 41 : Fréquence d'occurrence des mois ayant un SPEI compris entre -1 et -2, et inférieur à -2, de 1902 à 2022 près de Canet-en-Roussillon (Source des données : Météo France ; traitement : SUEZ Consulting)

Au fil des années, les grandes valeurs négatives de SPEI sont de plus en plus fréquentes, avec un pic lors de l'année 2022 avec quasiment tous les mois en valeurs négatives. Les **sécheresses anormalement intenses sont de plus en plus fréquentes** dans la zone d'étude.

L'OPCC confirme cette observation sur la fréquence des sécheresses météorologiques entre 1950 et 2012 en combinant 3 indices (le SPI, le SPEI et RDI). La tendance sur le territoire est à **l'augmentation du nombre d'évènements de sécheresse météorologique**.

Il convient de noter que ce type de sécheresse est généralement corrélé à la sécheresse hydrologique qui caractérise un assèchement des cours d'eau et nappes d'eau.

3.2 Sécheresse agricole

L'humidité des sols est exprimée avec l'Indice d'humidité des Sols (en anglais SWI – Soil Wetness Index). Il s'agit du ratio entre la réserve d'eau utile (eau disponible pour l'alimentation des plantes) et la capacité au champ (la capacité de rétention maximale en eau du sol).

Lorsque le SWI est égal à 0, cela traduit un sol extrêmement sec avec une faible quantité d'eau par rapport à la capacité maximale. A contrario, une valeur de 1 traduit un sol très humide qui a atteint sa réserve utile. Selon Météo France, un sol est considéré sec si son SWI est en dessous de 0,5, et très humide si son SWI est supérieur à 0,8. Il s'agit d'un bon outil afin d'estimer la sécheresse agricole et d'évaluer les besoins notamment en irrigation.

Pour cet état des lieux, l'évolution du SWI a été étudiée dans le temps pour chaque bassin versant. Les coordonnées des points utilisés pour l'analyse de l'humidité des sols sont les suivants :

Tableau 7 : Coordonnées des unités de maillage utilisées dans l'analyse du SWI

Bassin versant	Coordonnées (degrés décimaux)
L'Agly	42.780300 2.385970
La Têt	42.706600 2.970390

Le Tech-Albères	42.492000 2.773940
Le Réart	42.634700 2.969600
Le Sègre	42.563400 1.802750

Pour déterminer les points de référence nécessaires au calcul du SWI, une approche manuelle a été adoptée en raison de la complexité et la multitude des données. Les données sont géoréférencées sous forme de mailles identifiées avec des coordonnées décimales. Initialement, un point inclus dans la surface du BV, généralement son centroïde, a été choisi comme point de départ. Ensuite, à l'aide d'une comparaison visuelle et manuelle, les points voisins ont été examinés pour trouver une maille adéquate à la fois proche du point de départ et incluse dans la surface du BV. Cette procédure a été réalisée point par point pour chaque BV. En cas de plusieurs correspondances potentielles, la préférence a été accordée aux emplacements situés dans des zones rurales plutôt qu'urbaines, afin de mieux représenter les caractéristiques naturelles du BV. Malgré son caractère manuel et "au cas par cas", cette méthode permet de considérer des mailles réparties sur toute la surface d'étude, pour une représentativité maximale des données.

Pour l'évolution des SWI, les valeurs mensuelles moyennes ont été utilisées. Les données de SWI utilisées proviennent de Météo France et sont des calculs modélisés. Afin de suivre l'évolution du SWI, il a été représenté de deux manières, et ce, pour toutes les zones analysées.

Une première représentation graphique de l'évolution des moyennes annuelles (à partir des valeurs mensuelles) de 1991 à 2022 pour toutes zones étudiées. La moyenne mensuelle est obtenue en calculant la moyenne des valeurs moyenne mensuelle sur une année hydrologique, donc de septembre à août.

Les résultats pour chaque bassin versant sont les suivants :

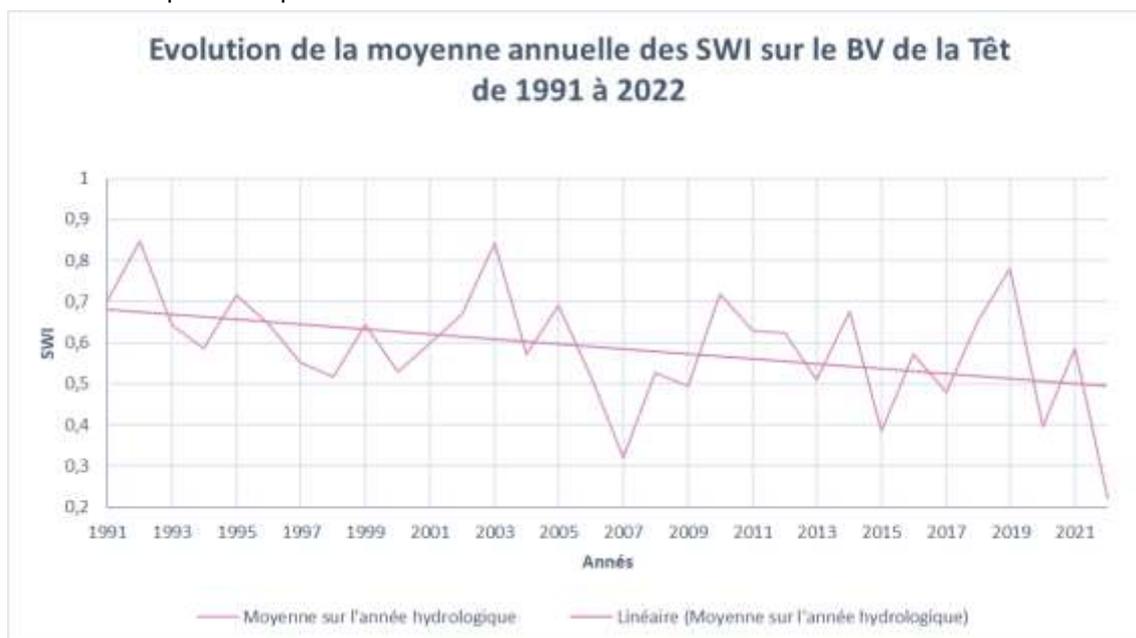


Figure 42 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV de la Têt (données : Météo France ; traitement : SUEZ Consulting).

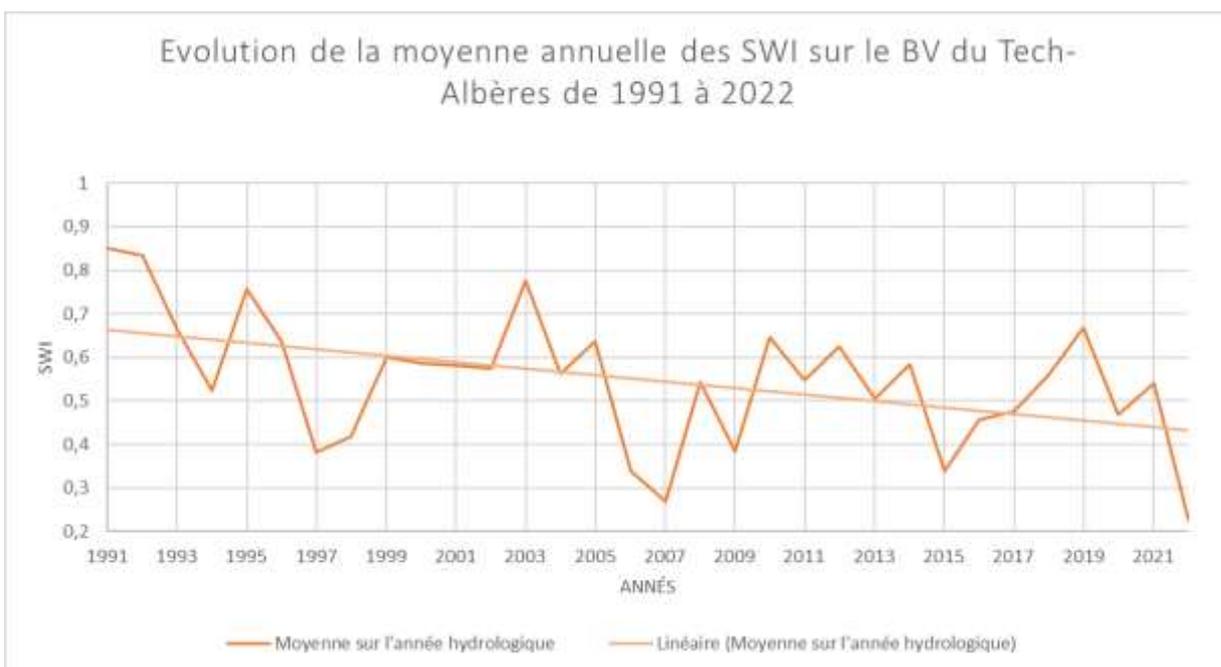


Figure 43 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Tech-Albères

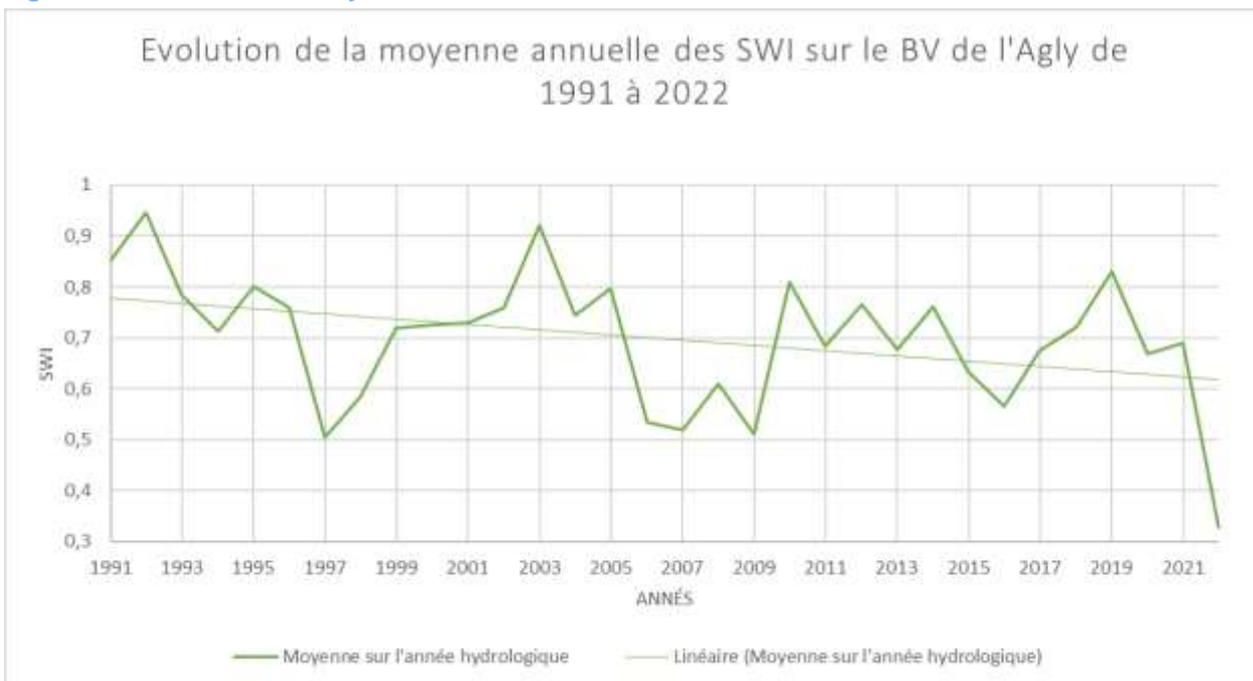


Figure 44 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV de l'Agly

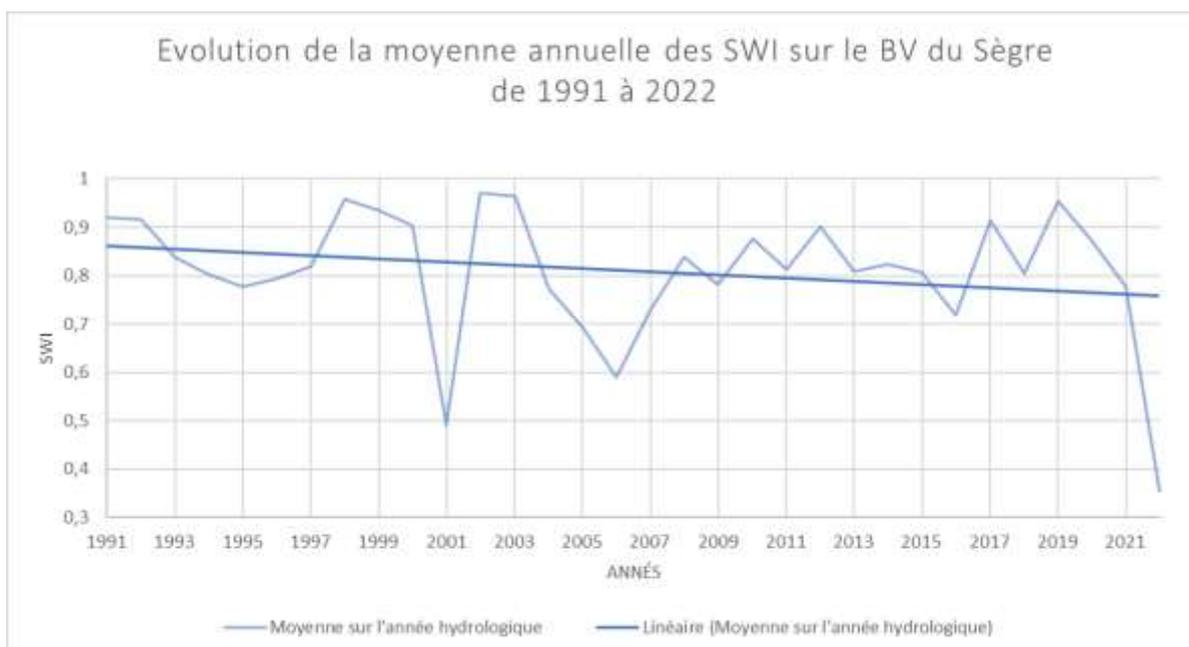


Figure 45 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Sègre

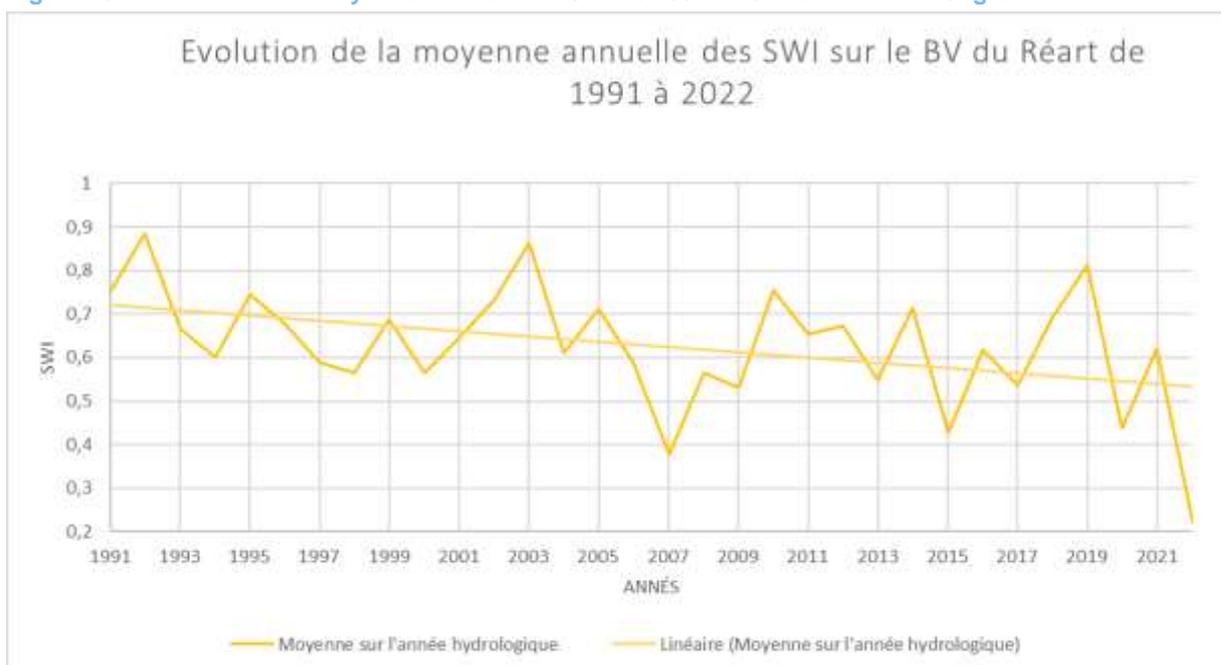


Figure 46 : Evolution de la moyenne annuelle du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Réart

Le constat de cette évolution est que la tendance significative de l'humidité des sols est à la baisse, et que donc l'humidité disponible dans les sols ne fait que baisser. Cette tendance à la baisse est vérifiée par le test de Mann-Kendall. Les années 2017, 2020 et 2022 présentent des SWI inférieurs à 0,5, durant lesquelles le sol est donc considéré comme sec.

Une même analyse de l'évolution a été faite en tenant compte des moyennes des saisons. L'analyse est présentée sous forme de graphiques en courbes pour les quatre saisons (printemps = mars, avril, mai de l'année N / été = juin, juillet, août de l'année N / automne = septembre, octobre, novembre de l'année N / hiver = décembre de l'année N-1, janvier, février de l'année N), avec la valeur du SWI en fonction des années. Comme exemple, l'évolution des SWI saisonniers dans le BV de la Têt est représentée graphiquement ci-dessous.

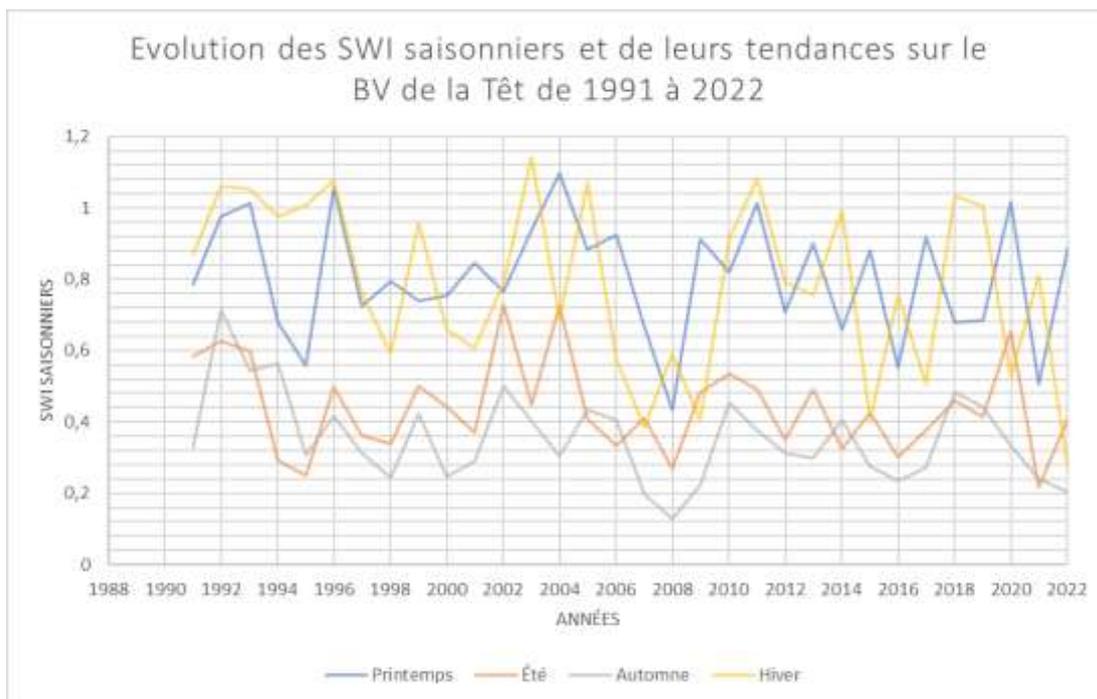


Figure 47 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur une partie du BV de la Têt. Source des données : Météo France ; traitement : Suez Consulting

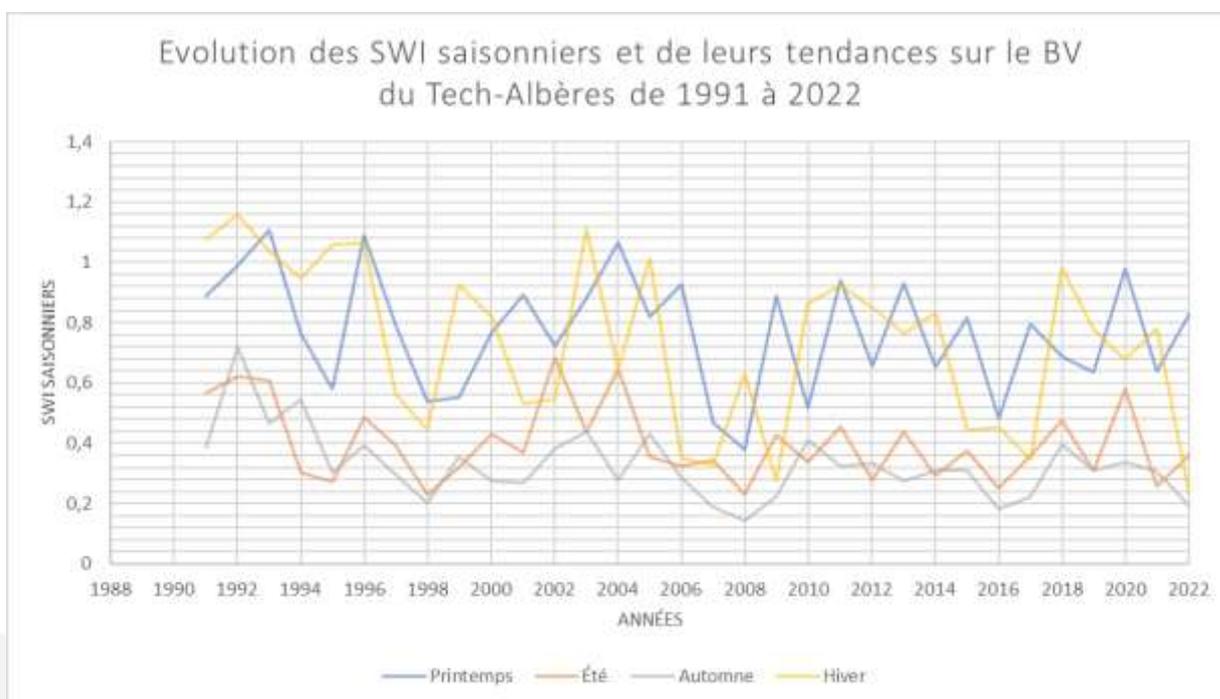


Figure 48 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Tech-Albères

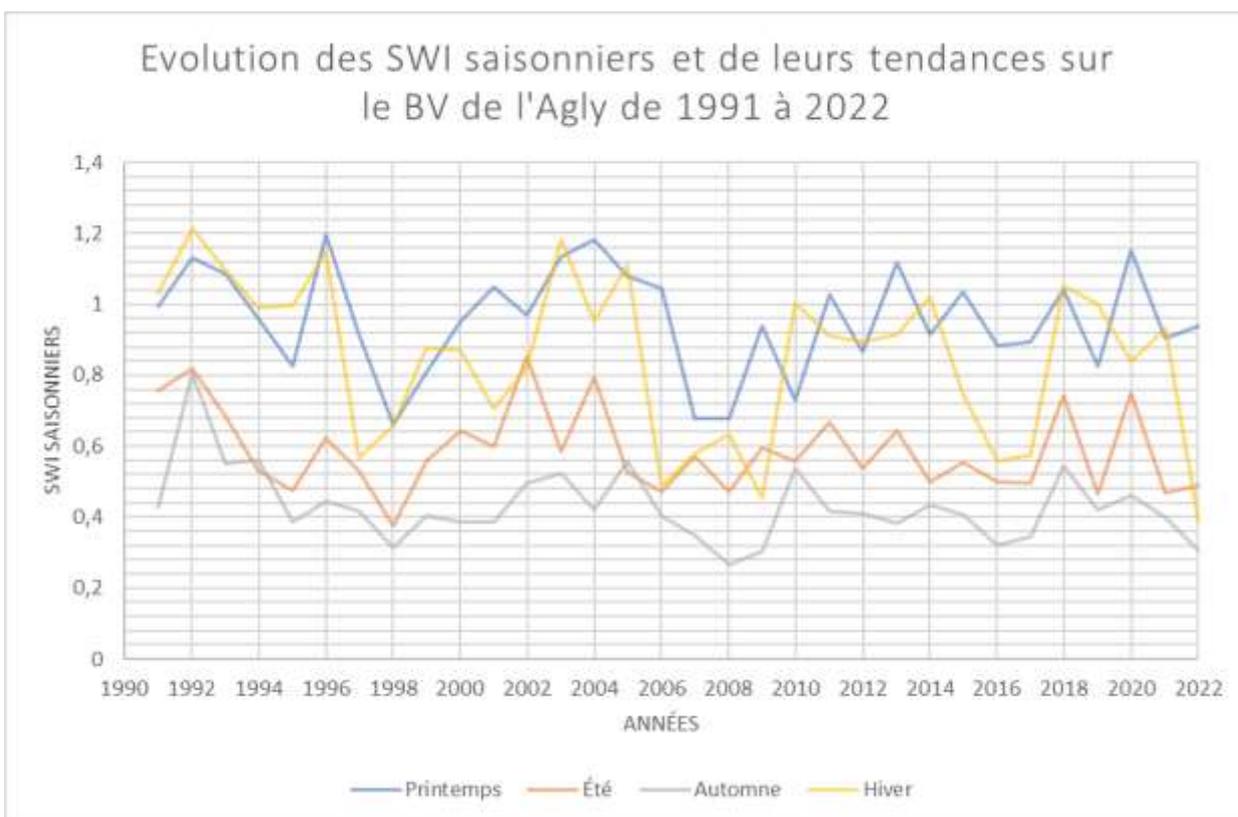


Figure 49 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur le BV de l'Agly

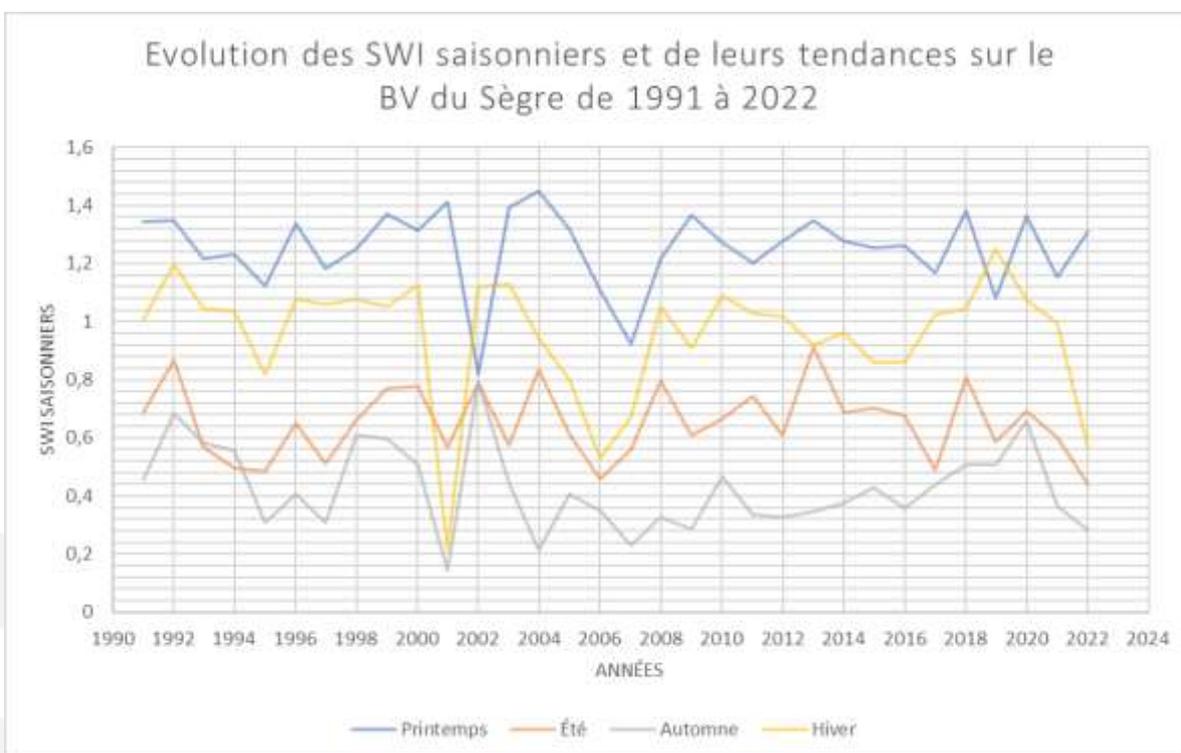


Figure 50 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Sègre

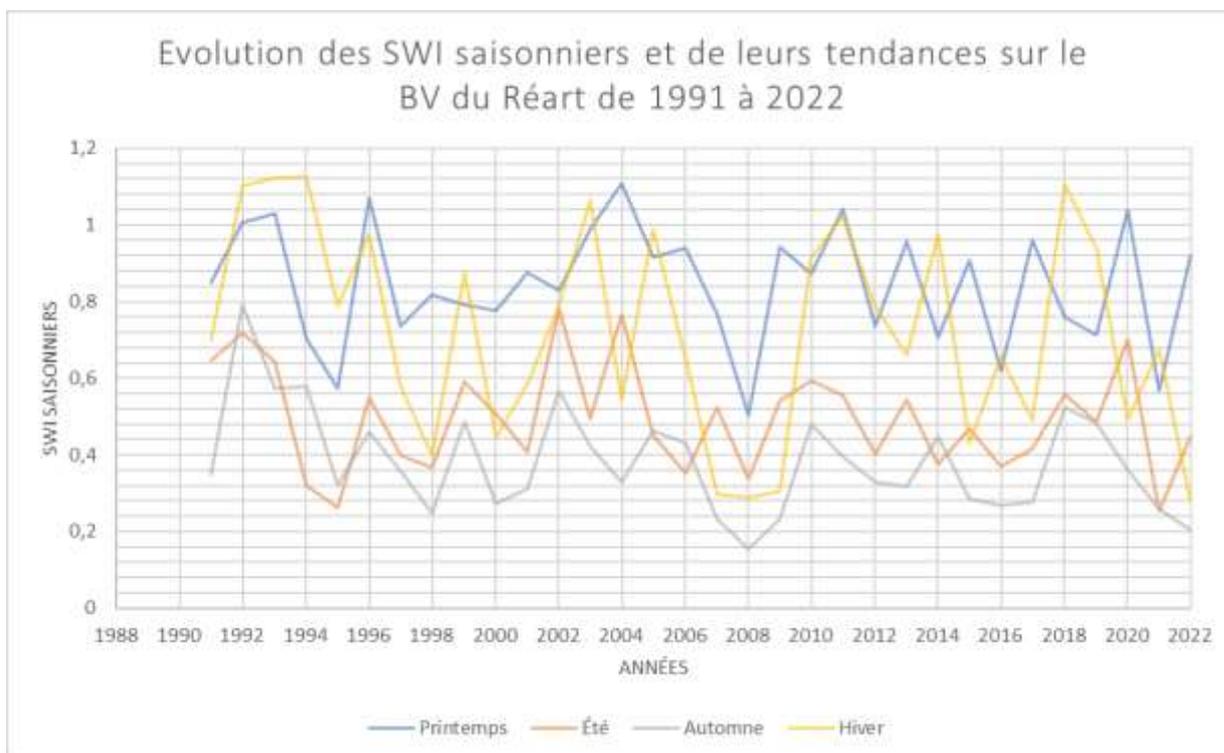


Figure 51 : Evolution des moyennes saisonnières du SWI de 1991 à 2022 sur le BV du Réart

On constate une baisse significative pour la saison automnale uniquement. On constate également quelques épisodes qui se distinguent, comme la sécheresse représentée par le point bas lors de l'hiver 2007 (précédemment évoqué), suivi par une année 2008 aux saisons (printemps, été et automne) présentant un SWI bas. L'année 2022 présente la moyenne saisonnière **hivernale** de SWI la plus basse de toute la période étudiée, pour toutes les zones d'études (sauf pour le Sègre).

Tableau 8 : Synthèse des années ayant les valeurs les plus basses de SWI pour les moyennes annuelles et hivernales

Bassin versant / valeur	Année ayant la valeur la plus basse de la moyenne annuelle	Année ayant la valeur la plus basse de la moyenne hivernale
Sègre	2022	2001 (2022 en 3 ^{ème} position)
Agly	2022	2022
Réart	2022	2022
Têt	2022	2022
Tech-Albères	2022	2022

Ce constat rejoint les conclusions de l'analyse des sécheresses météorologiques, à savoir que **l'année 2022 a été particulièrement sèche et a battu les records** des deux indicateurs considérés sur les périodes étudiées.

Par ailleurs, la corrélation entre l'évolution des températures et celle de l'indice d'humidité des sols (pour mesurer les sécheresses agricoles) a été étudiée à partir des indicateurs suivants : "températures mensuelles moyennes" et "SWI mensuels moyens". Un coefficient de corrélation

a été calculé à partir des séries de données mensuelles de températures et de SWI sur le bassin versant de la Têt.

Il en résulte un coefficient de corrélation de “-0,506”, qui donne deux informations.

- Le fait que le coefficient soit négatif indique que les deux indicateurs évoluent de manières opposées : lorsque la température augmente, le SWI baisse.
- La valeur absolue de 0,506 quant à elle reste modérée, mais indique que la corrélation commence à être significative et forte (0 veut dire une absence de corrélation, 1 que la corrélation est parfaite).

En somme, la valeur -0,506 du coefficient de corrélation indique une forte corrélation négative, ce qui veut dire que la baisse de l'humidité des sols accompagne fortement la montée des températures. L'augmentation de la sécheresse agricole et la hausse des températures sont donc corrélées, dans une certaine mesure, et pour la plage de donnée étudiée. Cependant, cette corrélation analyse la convergence de l'évolution des deux plages de données, mais ne se prononce pas sur un lien de causalité entre les deux.

Enfin, **cette augmentation des sécheresses agricoles est constatée au niveau de la région Occitanie**. La Figure 52 indique le pourcentage du territoire de la région touché par des sécheresses agricoles de 1959 à 2020. On constate une augmentation depuis le milieu des années 1980.

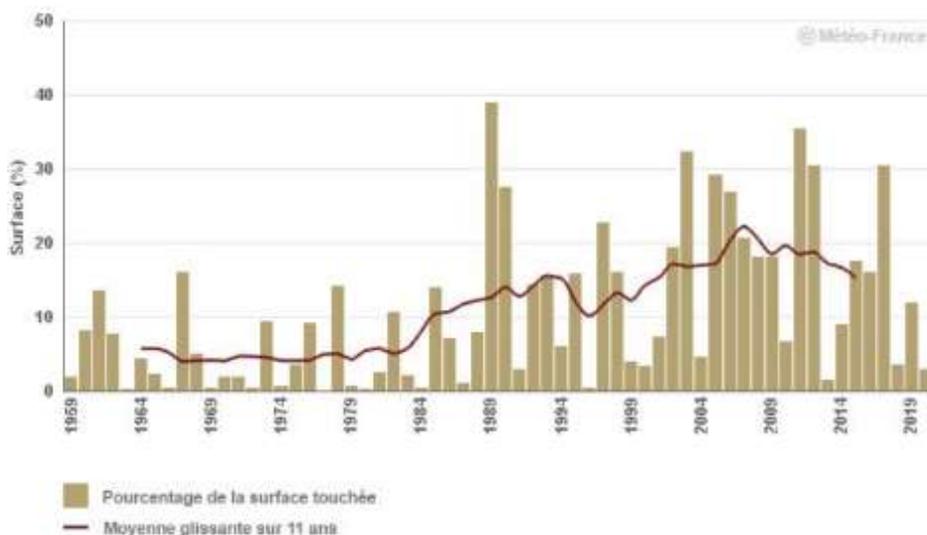


Figure 52 : Pourcentage de la surface de l'Occitanie touchée par des sécheresses agricoles (sols secs) en moyenne annuelle (source : Météo France)

3.3 Sécheresse hydrologique

La sécheresse hydrologique, phénomène complexe et multifactoriel, est une problématique environnementale majeure dans l'impact du changement climatique sur la ressource en eau. Elle se manifeste par un déficit prolongé des précipitations, conduisant à des niveaux d'eau insuffisants dans les cours d'eau, les lacs et les nappes. La compréhension approfondie de la sécheresse hydrologique est cruciale pour anticiper ses conséquences sur les écosystèmes aquatiques, l'approvisionnement en eau, et les activités humaines dépendantes de cette ressource vitale.

Le Streamflow Drought Index (SDI) est un indicateur qui permet l'évaluation de la sécheresse hydrologique. Il offre une mesure quantitative de l'état des débits d'eau, tenant compte des variations saisonnières et des anomalies par rapport aux conditions normales. En combinant des données hydrologiques (débits) et une méthodologie statistique, le SDI permet de caractériser la gravité de la sécheresse. Il s'agit d'un ratio : la valeur de zéro interprète une absence d'anomalie

par rapport à la période de référence. Une valeur positive affiche un excédent, et une valeur négative un déficit. Plus la période d'analyse est longue, plus cette analyse est fiable : c'est pourquoi il a été fait le choix d'analyser les débits sur la période allant de 1970 à 2023.

L'analyse a été faite pour Perpignan, au niveau du pont Joffre (n° de la station hydrométrique : Y047 4030 01), disponibles sur HydroPortail. Les SDI ont donc été calculés pour chaque mois entre 1970 et 2023 en prenant à chaque fois en période de référence les QmM de chaque mois (tous les janviers de 1970 à 2023, tous les févriers de 1970 à 2023, et ainsi de suite avec tous les mois de l'année). Des moyennes annuelles de SDI ont aussi été calculées.

L'évolution du SDI a été représentée sous deux angles. D'abord une comparaison des valeurs annuelles moyennes de SDI sur toute la période de référence, afin de comparer les années entre elles.

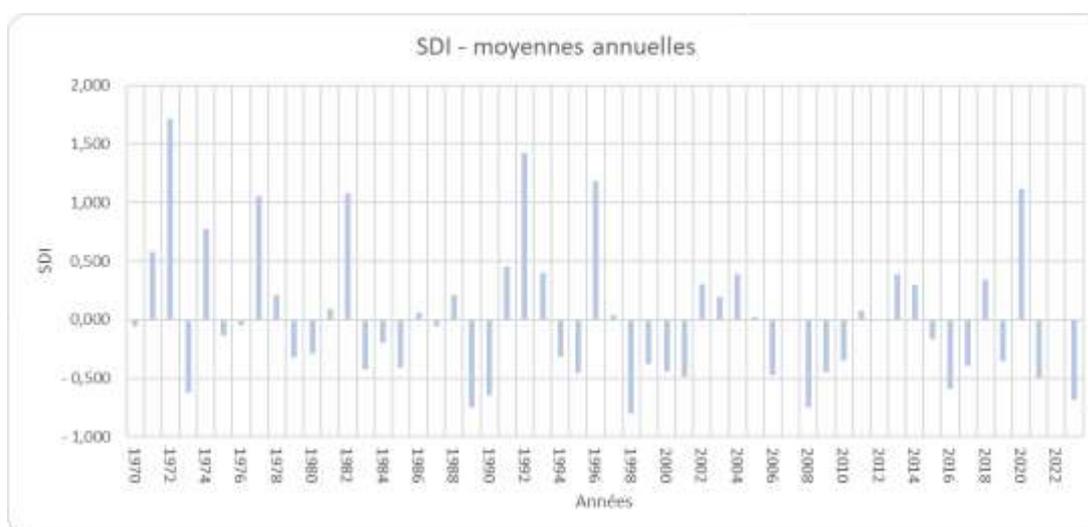


Figure 53 : Evolution des valeurs du SDI moyen annuel de 1970 à 2023 dans la Têt (Pont Joffre - Perpignan). Source des données : HydroPortail, traitement : SUEZ Consulting.

Aucune tendance significative n'a été trouvée à l'échelle annuelle par le test de Mann-Kendall. Toutefois, l'année 2023 y figure parmi les années ayant les SDI moyens les plus bas. Elle est devancée uniquement par des années historiques, comme l'année 1998 ayant connu un printemps très sec, ou encore l'année 2008, qui d'après Météo France s'inscrit dans un « cycle sec qui persiste depuis 2003 », et dont les « chaleurs entretiennent une sécheresse superficielle et chronique dans le sud de la France » (voir : sécheresse de 2008 en France sur CatNat). Les données des débits pour l'année 2022 n'étant pas disponibles au niveau de la station hydrométrique, il n'a pas été possible de représenter ses valeurs de SDI.

La Figure 54 présente une comparaison de l'évolution des valeurs mensuelles de SDI pour les mois de juin, juillet et août de 1970 à 2023. Une baisse du SDI mensuel moyen pour le mois de juin a été vérifiée avec le test de Mann-Kendall.

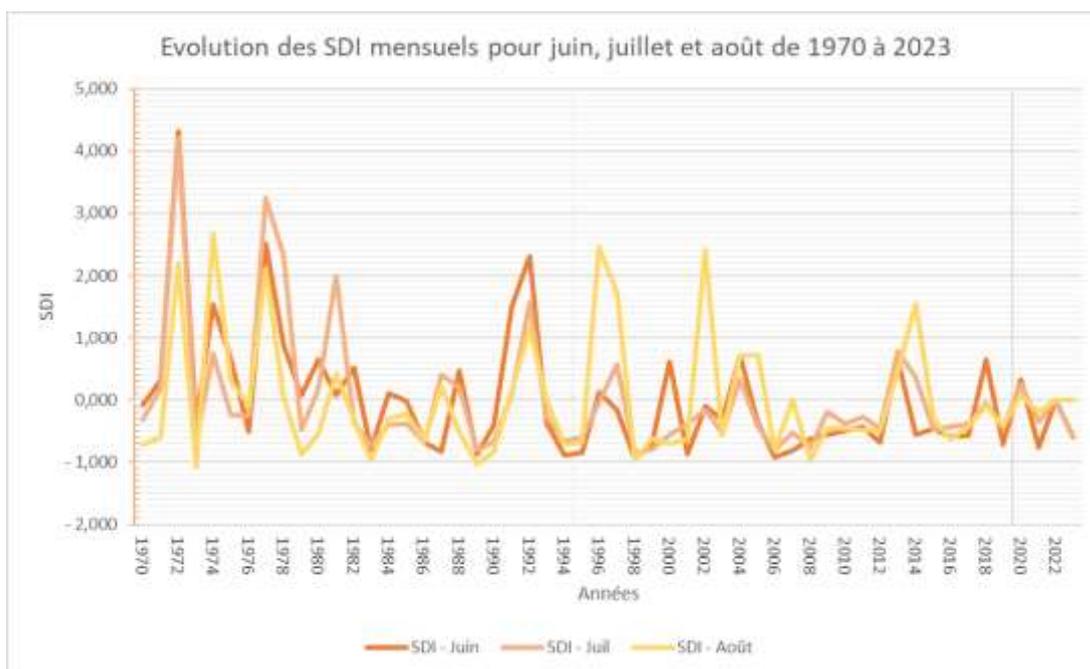


Figure 54 : Evolution du SDI pour les mois de juin, juillet et août entre 1970 et 2023. Source des données : HydroPortail. Traitement : SUEZ CONSULTING

3.4 Arrêt sur la sécheresse de 2022-2023

3.4.1 Situation climatique

La sécheresse 2022-2023 a été inédite en intensité et en durée sur le territoire. Elle a duré de mai 2022 jusqu'au moins la date de rédaction du présent document soit décembre 2023.

Des records de température ont été battus avec en moyenne entre janvier 2022 et novembre 2023 +1,74°C par rapport aux normales et jusqu'à des températures >+3°C notamment les mois d'octobre de ces deux années.

Pour les **précipitations**, dont l'absence prolongée reflète une sécheresse météorologique, les cumuls mensuels sont restés bas jusqu'en mai 2023. En effet, par rapport à la normale, les cumuls de précipitations sont passés de contrastés en janvier-février, à un déficit de plus de 75% de manière localisée dans les Pyrénées orientales en mars (moins de 20 mm). Ce déficit s'est poursuivi en avril (moins de 30 mm) où il a été supérieur à 25% dans les Pyrénées Orientales et dépassant les 75% sur la plaine du Roussillon. La situation s'est améliorée en mai avec un cumul se situant dans la normale mensuelle, et la situation de stabilité s'est poursuivie jusqu'en juillet où le cumul présentait un excédent allant à 25% sur l'est des Pyrénées Orientales, et jusqu'à 50-100% dans le Roussillon. En août et septembre la tendance s'inverse avec un déficit variable sur le territoire du département (entre 25 et 75%). En octobre la situation a été déficitaire de plus de 75% sur le département, et ce grand déficit s'est poursuivi en novembre (alors que les précipitations étaient excédentaires sur la majeure partie du pays) et en décembre. (Source : bilans hydro mensuels de Eau France).

Températures record : +1,74 °C depuis janvier 2022

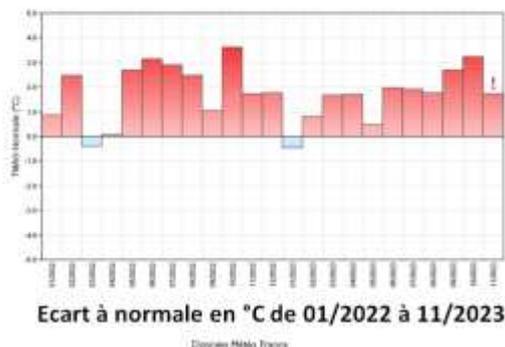


Figure 55 : Ecart à la normale de la température moyenne sur les Pyrénées Orientales du 1er janvier 2022 au 30 novembre 2023 (source : Météo France)

Absence de pluie depuis janvier 2022

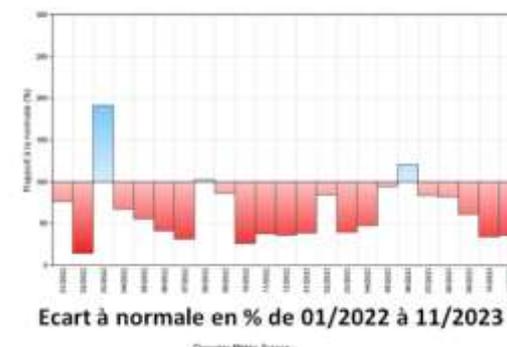


Figure 56 : Ecart à la normale pour les cumuls de précipitations pour les Pyrénées Orientales du 1er janvier 2022 au 30 novembre 2023 (source : Météo France)

Les **précipitations efficaces** sont quant à elles restées déficitaires tout au long de l'année hydrologique, avec une valeur allant à 75% à partir de mars sur les Pyrénées orientales.

Sans crue ni recharge hivernale suite à la sécheresse 2022, l'année 2023 a été marquée notamment par des débits très faibles des fleuves (aval de l'Agly asséché l'équivalent de 11 mois sur 12, débits caractéristiques d'année vicennale voire cinquantenale sur certains bassins versants), des nappes au plus bas (nombreux records de niveaux bas), des zones humides et affluents asséchés, un enneigement peu abondant et vide déstocké par les fortes températures, des barrages non suffisamment remplis ou très tardivement, un indice d'humidité des sols record (jusqu'à -90% sur certains secteurs).

Indice d'humidité des sols

- Record bas depuis indicateur existe (1995)
- 90% / normales sur Albères-Aspres

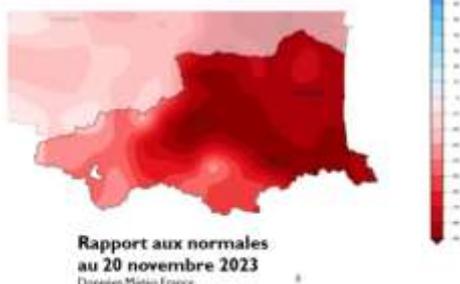


Figure 57 : Ecart à la normale de l'indice d'humidité des sols superficiels au 20 novembre 2023 pour les Pyrénées Orientales (source : Météo France)

L'**indice de l'humidité des sols** est déficitaire par rapport à la normale. L'année 2023 a démarré avec les valeurs de déficit très importantes, en étant la zone la plus déficitaire de la France métropolitaine. En avril le déficit a atteint 90% dans une bonne partie du département. Les Pyrénées orientales et la partie audoise du bassin versant de l'Agly se sont différenciées du reste de la France (dont les sols ont été ré-humidifiés grâce à des précipitations abondantes). En effet, sur le territoire d'étude, l'indice d'humidité des sols a affiché des records bas ininterrompus depuis le 22 décembre 2022, qui sont d'après Météo France comparables à une situation estivale (notamment à un mois de juillet en plein mois de mai). Le record n'est plus affiché à partir de juin grâce au mois de mai ayant apporté une meilleure situation de précipitations, mais la valeur reste quand même en dessous de la

médiane, et comparable à des valeurs atteintes fin juillet. Cet indice d'humidité des sols a donc affiché des déficits allant de 40% à 80% par rapport aux normales pour le reste de l'année hydrologique.

De ce fait, pour **l'indicateur de la sécheresse des sols**, Météo France a classé une grande partie du territoire des Pyrénées orientales en « sols extrêmement secs » jusqu'à la fin de l'année hydrologique.

Cela s'est aussi répercuté sur le **niveau des nappes**. La période de recharge 2022-2023 a été rythmée d'une succession d'épisodes de recharge et de périodes de sécheresse. L'infiltration a été ralentie par des sols très secs (notamment après les épisodes de sécheresse). Des sols secs combinés à des précipitations efficaces déficitaires ont fait que le niveau des nappes de l'aquifère

du Roussillon a connu une situation inédite avec des niveaux « bas » pour la nappe profonde du Pliocène, à « très bas » pour la nappe superficielle, comparés aux normales. Parfois leur niveau a été « historiquement bas avec un fort risque d'intrusion saline ». Les restrictions et limitations de prélèvements ont eu un effet bénéfique, mais « ne suffisent pas à compenser les déficits enregistrés depuis 2022 » d'après Météo-France, et le niveau des nappes reste qualifié de « bas à très bas » jusqu'à la fin de l'année hydrologique, sur la plaine du Roussillon, mais également dans les Corbières, comme le montrent les chroniques présentées en annexe 4.

Le **manteau neigeux** a quant à lui connu un déficit quasi-ininterrompu de plus de 75% sur toute la chaîne des Pyrénées, et les **débits des cours d'eau** (QmM, débits moyens mensuels rapportés à leur valeur moyenne interannuelle) dans les Pyrénées Orientales ont connu des déficits importants, où ils ont parfois atteint 0 à 20% de leur valeur normale. Au mois de mars, le VCN3 (débit quotidien le plus bas observé sur trois jours consécutifs durant le mois) a été inférieur à la décennale sèche sur une grande partie des stations hydrométriques dans la zone d'étude.

3.4.2 Impacts sectoriels, répercussions sur les usages et premières mesures d'adaptation

En conséquence le territoire a subi un important manque d'eau avec des ruptures d'alimentation en eau potable sur certains secteurs (Conflent, Bouleternère, Haut Vallespir, Fenouillèdes...), une baisse de la qualité de l'eau, des milieux aquatiques qui ont beaucoup souffert (T°C de l'eau >20°C en plaine), une ripisylve qui s'assèche (arbres couchés), et des restrictions préfectorales inédites portées jusqu'au niveau de crise sur la Têt et l'Agly.

Ces fortes restrictions qui ont débuté dès avril 2023 ont notamment concerné les usages agricoles avec des pertes conséquentes sur certains secteurs comme l'Agly aval. Beaucoup de tensions des acteurs locaux ont émergé début 2023 mêlant sécheresse intense et procès gagné par FNE pour rehausser le débit réservé sur la Têt. Des manifestations de grande ampleur portées par le monde agricole ont suivi.

Au printemps, le Préfet a demandé à toutes les communes et tous les acteurs socio-économiques de présenter des plans d'urgence. Ainsi de nombreuses initiatives volontaristes ont vu le jour pour économiser et réutiliser les eaux notamment dans le secteur du tourisme (campings, UMIH, ports, parcs aquatiques, etc.). Des dérogations de l'ARS ont permis des innovations qui font aujourd'hui référence au niveau national notamment sur la réutilisation des eaux usées et des eaux de piscines. Des expérimentations ont été menées notamment pour recharger les nappes et les zones de captages d'eau potable. Une gestion fine des barrages a été nécessaire (gestion des stocks pour irrigation vs hydroélectricité vs incendies vs AEP vs risques de crues, prise en main du Préfet de la gestion de Vinça). De nombreuses réunions ont eu lieu sur tout le territoire pour expliquer la situation et tenter de trouver des solutions d'urgence. Au final, la solidarité entre usages et usagers a été majoritairement une réussite qui a permis d'éviter le pire tant d'un point de vue eau potable, irrigation et autres usages économiques au dépend parfois des milieux aquatiques et des usages de la population permanente. L'été 2023 a mis en lumière la nécessaire instauration d'une gestion de crise sécheresse consolidée pour anticiper les prochains événements et accompagner de manière juste et efficace les usagers.

La Figure 58 place sur la période 2006 jusqu'à aujourd'hui l'ensemble des arrêtés sécheresse publiés pour les Pyrénées Orientales (barres rouges) sans distinction du niveau de crise, avec également une indication des arrêtés de catastrophe naturelle – CatNat (triangles bleus) :

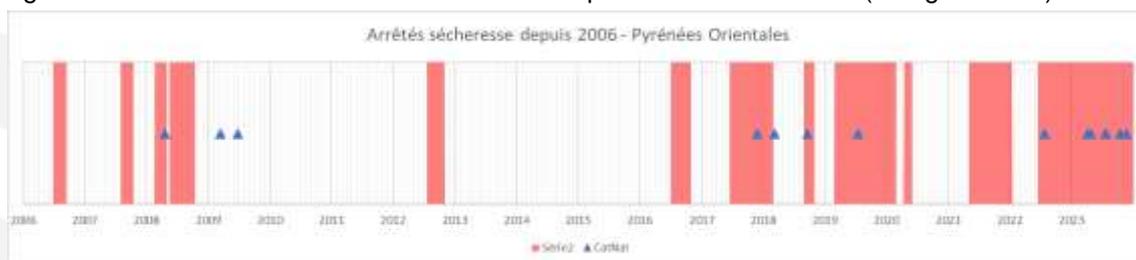


Figure 58 : Arrêtés sécheresse depuis 2006 pour les Pyrénées Orientales (source : Préfecture des Pyrénées Orientales et CCR, traitement : Suez Consulting)

Elle montre bien le caractère exceptionnel de la sécheresse actuelle en termes de durée mais aussi l'accélération des événements de sécheresse depuis 2016.

Le premier arrêté cadre relatif à la gestion de crise en situation de sécheresse pour les Pyrénées orientales a été publié le 22 juin 2006.

3.5 Sécheresse et changement climatique

Un récent article du CNRS (Faranda et al, 2023²⁴) met en évidence que **le changement climatique lié aux activités humaines contribue à la survenue d'épisodes de sécheresse prolongés** comme celui qui a touché la région méditerranéenne et plus largement l'Europe de l'Ouest en 2022. La sécheresse de 2022 a été associée à une « **anomalie anticyclonique persistante** » causant des températures plus élevées et exacerbant la sécheresse.

La sécheresse, qu'elle soit météorologique, agricole ou hydrologique, pose des défis majeurs : les pénuries de précipitations affectent la croissance des cultures et réduisent les réserves d'eau dans les cours d'eau et les nappes souterraines. Ces impacts ont des conséquences significatives sur l'approvisionnement en eau, l'agriculture et les milieux naturels, soulignant l'importance de stratégies d'adaptation et de gestion durable des ressources hydriques.

²⁴ Faranda et al (2023). Persistent anticyclonic conditions and climate change exacerbated the exceptional 2022 European-Mediterranean drought. *Environmental Research Letters*.