



Une étude
cofinancée
par :



Avec la
contribution
de :



EAU ET CLIMAT 3.0 : PRÉPARONS L'AVENIR



Étude de gestion des ressources en eau
face au changement climatique

Rapport de phases 1 et 2 : Diagnostic



V2.0 – 14 mai 2020



	<p>BRL ingénierie</p> <p>1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5</p>
	<p>Hydrofis (sous-traitant)</p>

Date du document	19/04/2019
Contact	Sébastien Chazot, sebastien.chazot@brl.fr

Titre du document	EAU ET CLIMAT 3.0 : PREPARONS L'AVENIR – Rapport de Phases 1 et 2 : Diagnostic
Référence du document :	A00456
Indice :	V2.0

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
02/08/2019	V1.0	Rapport de diagnostic complet (phases 1 et 2)	Cécile Robert Victor Brunner Pascal Fénart (société Hydrofis) Sébastien Chazot	Sébastien Chazot
14/05/2020	V2.0	Rapport de diagnostic complet (phases 1 et 2) intégrant les amendements des membres du COTECH	Cécile Robert Victor Brunner Pascal Fénart (société Hydrofis) Sébastien Chazot	Sébastien Chazot

EAU ET CLIMAT 3.0 : PRÉPARONS L'AVENIR

Phases 1 et 2 : Diagnostic

PRÉAMBULE	1
1 EAU ET CLIMAT 3.0 : UNE DÉMARCHE PROSPECTIVE POUR SE PRÉPARER À L'AVENIR	3
1.1 ORIGINE ET PÉRIMÈTRE DE L'INITIATIVE	3
1.2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE GLOBALE	5
1.2.1 Un exercice de prospective qui s'inscrit dans une histoire et doit conduire à l'action	5
1.2.2 Une approche qui tient compte des spécificités de sous-territoires cohérents au sein du Département	7
1.3 GOUVERNANCE ET PROCESSUS PARTICIPATIF MIS EN ŒUVRE	10
1.4 LIMITES DE L'EXERCICE CONCERNANT LE DIAGNOSTIC SUR LES EAUX SOUTERRAINES	12
2 UN DÉPARTEMENT DE PLUS EN PLUS CHAUD AVEC DES DISPARITES ENTRE TERRITOIRES	14
2.1 GÉNÉRALITES SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE	14
2.2 COMMENT LE CLIMAT DU GARD A-T-IL ÉVOLUÉ DEPUIS 1960 ?	19
2.2.1 Un climat qui se réchauffe, de manière plus ou moins forte selon les territoires	21
2.2.2 Des cumuls de précipitations qui restent inchangés mais une répartition temporelle qui évolue	24
2.2.3 Une conséquence directe à la hausse des températures : augmentation de l'évapotranspiration potentielle	29
2.2.4 Au final un déficit hydrique qui augmente et des sols de plus en plus secs	30
2.3 COMMENT LE CLIMAT DU GARD POURRAIT-IL ÉVOLUER D'ICI À 2100 ?	32
2.3.1 Quoi qu'on fasse, le réchauffement va se poursuivre	33
2.3.2 De fortes incertitudes sur le devenir des précipitations	35
3 QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES RESSOURCES EN EAU ET LE TERRITOIRE ?	37
3.1 DES RESSOURCES SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES FORTEMENT LIÉES	37
3.1.1 Ressources superficielles du département	37
3.1.2 Ressources souterraines du département : quelles sont les roches qui abritent de l'eau souterraine ?	39
3.1.3 Ressources souterraines du département : quels sont les grands systèmes aquifères du département du Gard ?	51
3.1.4 Ressources souterraines du département : des ressources en eau abondantes	58
3.1.4.1 Modalités de recharge	58
3.1.4.2 Modalités d'exutoires	64
3.1.5 Des liens forts entre eaux souterraines et eaux superficielles	65
3.2 UN TERRITOIRE HISTORIQUEMENT ÉQUIPÉ EN OUVRAGES HYDRAULIQUES	69
3.2.1 Les ouvrages hydrauliques cévenols : vers une reconnaissance patrimoniale après l'abandon progressif de l'usage ?	71
3.2.2 Les principaux réseaux collectifs d'irrigation du territoire (hors RHR)	74
3.2.3 Trois barrages contribuant au soutien d'étiage	76

3.2.4	Le Réseau hydraulique régional, des ressources importantes complémentaires pour le territoire gardois d'hier à aujourd'hui	78
3.2.5	La Camargue gardoise, des terres gagnées sur la mer	82
3.3	COMMENT LES RESSOURCES EN EAU ONT ÉVOLUÉ DEPUIS 1970 ?	83
3.3.1	Eaux superficielles	83
3.3.2	Eaux souterraines	90
3.4	COMMENT L'OCCUPATION DU SOL DES BASSINS VERSANTS A ÉVOLUÉ DEPUIS 1900 ET QUELLES SONT LES CONSEQUENCES POUR LES RESSOURCES EN EAU ?	94
3.5	COMMENT LA RÉSERVE DU SOL ET LES RESSOURCES EN EAU POURRAIENT ÉVOLUER D'ICI À 2100 ?	100
3.5.1	Processus globaux à l'œuvre	100
3.5.2	Des sécheresses agricoles qui vont s'intensifier	101
3.5.3	Eaux superficielles : des débits d'étiage qui pourraient fortement diminuer	103
3.5.4	Eaux souterraines : des recharges de nappes qui pourraient fortement diminuer	119
3.6	QUEL EST L'ÉTAT DE SOLlicitation DES RESSOURCES À CE JOUR ET QUELLES SONT LES ÉVENTUELLES MARGES DE MANŒUVRE ?	129
3.6.1	Vision globale des prélèvements dans le Gard	129
3.6.2	Eaux superficielles - Empreinte Eau en 7 points du territoire	131
3.6.3	Eaux souterraines	137
3.6.3.1	Quelles sont les contraintes réglementaires sur les prélèvements ?	138
3.6.3.2	Des eaux souterraines sont-elles menacées par un biseau salé ?	143
3.6.3.3	Peut-on approcher l'équilibre actuel entre prélèvements et ressources en eau souterraine ?	148
3.7	AUTRES CONSÉQUENCES POSSIBLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE TERRITOIRE	154
3.7.1	Hausse du niveau de la mer Méditerranée et conséquences possibles pour la Camargue	154
3.7.2	Liens Eau — Végétation et évolution possible du fait du changement climatique	156
4	QUELLES ÉVOLUTIONS POSSIBLES POUR LES USAGES DE L'EAU	161
4.1	USAGE AEP	161
4.1.1	Rétrospective démographique : une population gardoise qui a presque doublé depuis le milieu du XIX ^{ème} siècle avec de fortes disparités selon les territoires	161
4.1.2	Le Gard, 3 ^{ème} département le plus peuplé d'Occitanie, avec une dynamique démographique particulièrement marquée dans le triangle Nîmes-Alès-Montpellier	163
4.1.3	Bilan sur l'usage AEP actuel	165
4.1.4	Prospective : un tassement de la dynamique démographique en faveur de Nîmes et des pôles secondaires	167
4.1.4.1	Comparaison des différentes projections réalisées sur le territoire	167
4.1.4.2	140 000 habitants en plus à l'horizon 2050 dans le Gard par rapport à 2015	173
4.1.5	Le tourisme gardois : une capacité d'accueil qui se stabilise et un renforcement de la fréquentation sur les ailes de saison	175
4.1.6	Conséquences pour la demande en eau	178
4.2	USAGE IRRIGATION	182
4.2.1	L'agriculture du Gard au sein de la région Occitanie	183
4.2.2	Rétrospective sur l'évolution de l'usage irrigation en Méditerranée et dans le Gard	190
4.2.3	L'irrigation dans le Gard aujourd'hui : une estimation difficile des surfaces et des volumes concernés	194
4.2.3.1	Approche retenue pour caractériser l'irrigation actuelle dans le Gard	194
4.2.3.2	Environ 20 % de la SAU gardoise irriguée	198
4.2.3.3	Les volumes et ressources mobilisées pour l'irrigation	201
4.2.3.4	Les rendements des réseaux d'irrigation	203
4.2.3.1	La conduite et les enjeux de l'irrigation à la parcelle	204

4.2.4	Conséquences possibles du changement climatique sur l'activité agricole	208
4.2.4.1	Des effets déjà sensibles aujourd'hui	208
4.2.4.2	A surface irriguée constante, hausse du besoin en eau des cultures	214
4.2.4.3	Des ruptures dans les pratiques. Cas de la vigne et autres à attendre ?	218
4.2.5	Prospective agricole et irrigation.....	218
4.2.5.1	Une volonté de maintenir la SAU départementale et de développer les circuits courts	218
4.2.5.2	La vigne : principal moteur de la demande de développement de l'irrigation	219
4.2.5.3	L'oignon doux des Cévennes : des demandes supplémentaires pour une production à fort enjeu économique local	226
4.2.5.4	Les prairies : une demande qui pourrait émerger avec l'augmentation du prix du fourrage.....	227
4.2.5.5	Les céréales : une irrigation qui devient nécessaire, mais des cultures de moins en moins rentables.....	227
4.3	USAGE INDUSTRIEL	228
4.4	EVOLUTION GLOBALE DES DEMANDES EN EAU À ANTICIPER	230
5	QUEL BILAN POUR LE GARD ET SES TERRITOIRES ?	232
5.1	BILAN GLOBAL.....	232
5.1.1	Changement climatique	232
5.1.2	Ressources en eaux superficielles	234
5.1.3	Ressources en eaux souterraines	234
5.1.4	Usages	236
5.2	TERRITOIRE « CÉVENNES »	238
5.2.1	Historique des liens du territoire avec l'eau	238
5.2.2	Facteurs de sensibilité « Eau et climat » du territoire	239
5.2.3	Bilan : vulnérabilité du territoire	240
5.3	TERRITOIRE « GARRIGUES ET PLAINES »	241
5.3.1	Historique des liens du territoire avec l'eau	241
5.3.2	Facteurs de sensibilité « Eau et climat » du territoire	242
5.3.3	Bilan : vulnérabilité du territoire	243
5.4	TERRITOIRE « CEINTURE RHODANNIENNE »	244
5.4.1	Historique des liens du territoire avec l'eau	244
5.4.2	Facteurs de sensibilité « Eau et climat » du territoire	245
5.4.3	Bilan : vulnérabilité du territoire	246
5.5	TERRITOIRE « CAMARGUE »	247
5.5.1	Historique des liens du territoire avec l'eau	247
5.5.2	Facteurs de sensibilité « Eau et climat » du territoire	248
5.5.3	Bilan : vulnérabilité du territoire	248
	BIBLIOGRAPHIE.....	249
	ANNEXES.....	251
	Annexe 1. Glossaire	253
	Annexe 2. Liste des acteurs locaux contactés dans le cadre du diagnostic.....	255
	Annexe 3. Ressources souterraines du département - Précisions	257
	Annexe 4. Disponibilité et validité des données hydrométriques	263
	Annexe 5. Caractéristiques des stations retenues pour l'étude rétrospective des débits.....	265
	Annexe 6. Résultats de l'étude rétrospective hydrologique par station hydrométrique	267
	Annexe 7. Synthèse des projections climatiques et hydrologiques par bassin versant.....	289
	Annexe 8. Synthèse des analyses réalisées sous SIG sur les surfaces en vigne RPG 2017	319

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Le Gard et l'Eau, liés depuis plus de 2000 ans	6
Figure 2 : Topographie et relief du territoire gardois.....	7
Figure 3 : Un découpage du département en quatre sous-territoires cohérents.....	9
Figure 4 : Aperçu des ateliers de concertation « Eau et climat 3.0 » de juin 2019	10
Figure 5 : le principe de l'effet de serre	14
Figure 6 : Évolution du bilan radiatif de la terre ou « forçage radiatif » en W/m ² sur la période 1850-2250 selon les différents scénarios du GIEC	17
Figure 7 : Éléments et interactions pris en compte dans les modèles climatiques	17
Figure 8 : Des projections climatiques globales aux projections régionales	18
Figure 9 : Température moyenne annuelle du Gard (1959-2018)	19
Figure 10 : Précipitation moyenne annuelle du Gard (1959-2018)	20
Figure 11 : Cumul ETP-P de mai à août du Gard (1959-2018)	20
Figure 12 : Températures moyennes annuelles dans le Gard (1959-2018)	21
Figure 13 : Anomalies des températures moyennes annuelles dans le Gard (1959-2018)	21
Figure 14 : Anomalies des températures par secteur (1959-2018).....	22
Figure 15 : Précipitations annuelles et anomalies des précipitations dans le Gard (1959-2018).....	24
Figure 16 : Précipitations annuelles pour le département du Gard : écart à la référence (1961-1990).....	24
Figure 17 : Précipitations annuelles par secteur (1959-2018)	24
Figure 18 : Comparaison des pluies mensuelles moyennes sur les périodes 1961-1990 et 1991-2018	25
Figure 19 : Évolution observée du cumul hivernal de précipitations (1959-2009).....	26
Figure 20 : Évolution observée du cumul printanier de précipitations (1959-2009)	26
Figure 21 : Évolution observée du cumul estival de précipitations (1959-2009)	27
Figure 22 : Évolution observée du cumul automnal de précipitations (1959-2009)	27
Figure 23 : Nombre de jours de pluies supérieur à 50 mm à l'échelle des différents secteurs (1959-2018).....	28
Figure 24 : Evapotranspiration annuelle dans le Gard (1959-2018)	30
Figure 25 : Illustration de la notion de déficit hydrique.....	30
Figure 26 : Cumul ETP-P (mai à août) annuel dans le Gard (1959-2018).....	31
Figure 27 : Pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse en Languedoc-Roussillon (1959-2017).....	31
Figure 28 : Comparaison du climat observé et des climats modélisés (période 1971-2005).....	32
Figure 29 : Trajectoires d'évolution du climat selon les 9 modèles climatiques	33
Figure 30 : Évolution des températures mensuelles. Exemple du bassin versant du Gardon à Ners. HP : Horizon Proche, HL : Horizon Lointain.	34
Figure 31 : Évolution des précipitations mensuelles. Exemple du bassin versant du Gardon à Ners. HP : Horizon Proche, HL : Horizon Lointain.	35
Figure 32 : Les bassins versants du Gard	37
Figure 33 : Relations entre vides et type d'aquifères.....	39
Figure 34 : Géologie du Gard	40
Figure 35 : Modèles conceptuels des aquifères de socle (d'après Lachassagne et Wyns, 2005)	42
Figure 36 : Système unaire et binaire (Marsaud, 1996).....	45
Figure 37 : Organisation d'un karst (d'après Agence de l'Eau RMC « Bilan et analyse de la mise en œuvre des périmètres de protection des captages AEP en milieu karstique »).	46
Figure 38 : Représentation schématique d'un corps alluvial	49
Figure 39 : Relations possibles entre cours d'eau et nappe	50
Figure 40 : Schéma explicatif des relations nappe-rivière selon les variations de section d'écoulement	50
Figure 41 : Localisation des grandes unités hydrogéologiques du Département du Gard.....	53
Figure 42 : Localisation des masses d'eau souterraines affleurantes du Gard	54
Figure 43 : Surveillance de la qualité des eaux souterraines	56
Figure 44 : Recharge moyenne interannuelle estimée à partir des données SAFRAN pour les grands systèmes aquifères du Gard	60
Figure 45 : Estimation des moyennes annuelles de recharge par Caballero et al. (2016).....	60
Figure 46 : Volumes de recharge moyenne interannuelle estimée à partir des données SAFRAN pour les grands systèmes aquifères du Gard	61
Figure 47 : Fonctionnement hydrogéologique du système karstique drainé par la Fontaine de Sauve (d'après Legay, 2013)	62
Figure 48 : Volume moyen annuel de recharge pour les calcaires liasiques au nord d'Alès.	63
Figure 49 : Les eaux souterraines du Mont Aigoual à la mer.....	65

Figure 50 : Des liens forts entre eaux souterraines et eaux superficielles	67
Figure 51 : Principaux ouvrages hydrauliques du Département du Gard	70
Figure 52 : Aperçu de quelques ouvrages traditionnels en Cévennes.....	72
Figure 53 : Localisation des 3 barrages du Gard contribuant au soutien d'étiage	76
Figure 54 : Le RHR dans le Gard	79
Figure 55 : Taux d'utilisation des réseaux du RHR dans le Gard	80
Figure 56 : Bilan des usages mensuels sur la partie française du bassin du Rhône en conditions actuelles	81
Figure 57 : Carte des stations retenues pour l'étude rétrospective des débits	83
Figure 58 : Chroniques du QMNA et du VCN3 pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès	85
Figure 59 : Chronique du Q95 pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès	85
Figure 60 : Chronique du volume d'eau écoulé en période d'étiage pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès	86
Figure 61 : Chronique des épisodes d'étiages (intensité-durée) pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès	86
Figure 62 : Chronique du nombre de jours de sous-passement des valeurs de l'arrêté cadre sécheresse pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès	87
Figure 63 : Chroniques du QMNA et du VCN3 pour la station du Gardon de Sainte-Croix à Gabriac.....	89
Figure 64 : Recharge annuelle de 1957 à 2007 pour les calcaires liasiques au Nord d'Alès, pour l'urgonien drainé par le Gardon et pour les alluvions de la Vistrenque.....	90
Figure 65 : Recharge annuelle et variations piézométriques dans les alluvions de la Vistrenque	91
Figure 66 : Analyse des débits simulés du débit à Ners de 1970 à 2018 pour caractériser les étiages estivaux ...	92
Figure 67 : Analyse des débits observés à Ners de 2008 à 2019 pour caractériser les étiages estivaux. Comparaison avec les débits issus d'une modélisation pluie-débit.....	93
Figure 68 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Cévennes entre 1990 et 2018.....	95
Figure 69 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Garrigues et plaines entre 1990 et 2018.....	95
Figure 70 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Ceinture rhodanienne entre 1990 et 2018	96
Figure 71 : Evolution de l'occupation du sol pour le secteur Camargue entre 1990 et 2018	96
Figure 72 : Carte de l'occupation des sols du département du Gard (2018)	98
Figure 73 : Occupation des sols par secteur (2018)	99
Figure 74 : Eau et changement climatique – processus globaux à l'œuvre.....	100
Figure 75 : Cycle annuel d'humidité du sol (1961-1990)	101
Figure 76 : Cycle annuel d'humidité du sol (2021-2050)	102
Figure 77 : Cycle annuel d'humidité du sol (2071-2100)	102
Figure 78 : Carte localisant les stations retenues pour l'étude prospective hydrologique.....	103
Figure 79 : Schéma de fonctionnement de la modélisation hydrologique.....	105
Figure 80 : Résultat de la modélisation des débits moyens mensuels selon les 9 modèles climatiques	106
Figure 81 : Projection des débits moyens mensuels par station.....	107
Figure 82 : Projection des débits mensuels quinquennaux secs par station	110
Figure 83 : Projection du nombre d'années (sur 30 ans) avec sous-passement du VCN10 quinquennal sec par station	113
Figure 84 : Projection du nombre moyen de jours par an de sous-passement du VCN10 quinquennal sec par station	115
Figure 85 : Projection de l'intensité des épisodes d'étiages par station.....	117
Figure 86 : Effet ciseau sur la température de l'augmentation de la température.....	119
Figure 87 : Variabilité de la recharge des nappes en fonction des saisons	120
Figure 88 : Variations de pluie efficace sur le bassin Rhône Méditerranée Corse selon 6 projections climatiques pour un horizon proche	121
Figure 89 : Carte de l'évolution potentielle de la recharge à l'échelle du bassin Rhône Méditerranée Corse (d'après Caballero et al., 2016).	122
Figure 90 : Recharges annuelles moyennes pour trois aquifères selon la trajectoire climatique RCP 4.5	124
Figure 91 : Recharges annuelles moyennes pour trois aquifères selon la trajectoire climatique RCP 8.5	125
Figure 92 : station du Gardon à Ners. Nombre moyen annuel de jours de sous-passement du débit de 1 m ³ /s sur la période 1971-2005. Comparaison entre les résultats issus d'une modélisation à partir de données climatiques SAFRAN (en vert) et ceux issus d'une modélisation à avec des données climatiques issues de neuf modèles climatiques (en bleu).	126
Figure 93 : Projection du nombre de jours de sous-passement des débits seuils à la station du Gardon à Ners	127
Figure 94 : Répartition des prélèvements bruts (en m ³) pour des usages situés dans le département du Gard, par usage et type de ressource (2017).....	130
Figure 95 : Schéma de principe de calcul de l'empreinte eau	131
Figure 96 : Empreinte prélèvements nets / ressources pour les principaux bassins versants du département ...	135
Figure 97 : Zones de répartitions des eaux	139
Figure 98 : Schématisation d'un biseau salé dans un aquifère homogène.....	144

Figure 99 : Schéma de synthèse des phénomènes de salinisation des hydro systèmes souterrains en Camargue (d'après Fénart, 2013).....	145
Figure 100 : Schématisation d'un biseau salé dans un aquifère hétérogène (De Montety, 2008).....	146
Figure 101 : Etat de salinité des forages sur la partie Sud de la commune de St Laurent d'Aigouze (d'après Delainé, 2017).....	147
Figure 102 : Situation hydrogéologique de la molasse de Sommières (d'après Lamotte , 2012).	149
Figure 103 : Suivis piézométriques de la molasse de Sommières (d'après Ladouche et Lamotte, 2014).....	151
Figure 104 : Localisation des principaux champs captants AEP dans la nappe de la Vistrenque (d'après ANTEA, 2016).....	151
Figure 105 : Approche d'un bilan par la modélisation (d'après Pinzelli, 2006).	152
Figure 106 : Chroniques piézométriques longues de la nappe de la Vistrenque (données ADES).	153
Figure 107 : Représentation du classement obtenu pour la vulnérabilité physique de la zone côtière de la région Languedoc-Roussillon (Du delta du Rhône (Partie Région Languedoc-Roussillon) à Palavas les-Flots), en 2070 sous une hypothèse de 1m d'élévation du niveau marin.	155
Figure 108 : Eau et végétation : décomposition des phénomènes en jeu	157
Figure 109 : Carte de synthèse des dépérissements de végétation 2018	159
Figure 110 : Evolution de la population du Gard depuis 1876	162
Figure 111 : Répartition de la population du Gard en 2015	164
Figure 112 : Projection de la population du Gard à l'horizon 2050	167
Figure 113 : Les territoires de projets du Gard	170
Figure 114 : Évolution de la population du Gard depuis 1968 et prospectives	172
Figure 115 : Répartition de 90 % de la croissance démographique du Gard attendue entre 2015 et les 2 horizons de l'étude (2030 et 2050)	173
Figure 116 : les 3 zones géo-touristiques du Gard	176
Figure 117 : Répartition des lits selon les destinations	176
Figure 118 : Répartition mensuelle des nuitées extra-résidentielles dans le Gard (2018).....	177
Figure 119 : Besoins additionnels pour l'AEP par rapport à 2015 aux deux horizons de l'étude	181
Figure 120 : Panorama des orientations agricole des cantons d'Occitanie	184
Figure 121 : Évolution de la SAU (en ha) du Gard de 1988 à 2015.....	185
Figure 122 : Répartition par culture de la SAU du Gard 2015	186
Figure 123 : La vallée de Taley rac, ses terrasses d'oignons doux et ses bassins de stockage (une douzaine d'hectares)	186
Figure 124 : Surface agricole du Gard.....	187
Figure 125 : Surfaces en vigne du Gard.....	188
Figure 126 : Surfaces en vergers et légumes du Gard	188
Figure 127 : Surfaces en céréales du Gard.....	189
Figure 128 : Surfaces en herbe du Gard	189
Figure 129 : Surfaces en oignon du Gard.....	190
Figure 130 : Part de l'irrigation dans les départements méditerranéens en 2010 et évolution 2000-2010 sur le bassin.....	191
Figure 131 : Évolution des surfaces irriguées du Gard depuis 1988 (ha)	191
Figure 132 : Répartition de la SAU irriguée du Gard en 2010	192
Figure 133 : Evolution des surfaces irriguées pour quelques productions du Gard entre 2000 et 2010 (ha)	193
Figure 134 : Répartition des surfaces irriguées dans le Gard aujourd'hui pour les principales cultures concernées	198
Figure 135 : Localisation des surfaces en vigne du Gard à partir des données RPG 2017 par zone.....	199
Figure 136 : Estimation de la part des surfaces en vignes irriguées sur les 4 périmètres étudiés en 2017	199
Figure 137 : Part des surfaces en vignes irriguées chez les différents pays producteurs mondiaux	201
Figure 138 : Aperçu de quelques retenues gardoises	202
Figure 139 : Extrait du memento irrigation publié en 2019 par BRLe – Pêcher de saison.....	206
Figure 140 : La vigne ne valorise pas les apports supérieurs à 1000m ³ /ha/an (soit 100 mm/an).....	207
Figure 141 : Effets déjà observés du changement climatique sur la vigne	209
Figure 142 : Sécheresse et usage agricole à partir du RHR, le cas de la sécheresse de 2017	210
Figure 143 : Extrait d'un article de presse (juillet 2019).....	213
Figure 144 : Représentation schématique du bilan hydrique.....	214
Figure 145 : Besoin annuel en eau d'irrigation par culture (1959-2018)	215
Figure 146 : Valeurs moyennes 2017 des terres et prés libres de plus de 70 ares par petite région agricole d'Occitanie	219
Figure 147 : Localisation des projets d'irrigation majoritairement en faveur de la vigne	222
Figure 148 : Demande potentielle supplémentaire en eau d'irrigation pour la vigne – 4 cas de figures	223
Figure 149 : Répartition des vignes gardoises selon 3 classes de réserve utile.....	224

Figure 150 : Demande supplémentaire en eau d'irrigation potentiellement induite par la culture des oignons doux des Cévennes	226
Figure 151 : Répartition des besoins annuels en eau d'irrigation de 100 ha de prairie (en m ³).....	227
Figure 152 : Mise en perspective des prospectives AEP et Irrigation du vignoble	231

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des réunions et échanges organisés dans le cadre du diagnostic « Eau et Climat 3.0 »	11
Tableau 2 : Classement des dix années les plus chaudes depuis 1880, à l'échelle globale.	15
Tableau 3 : Evolution des températures moyennes par saison et par secteur (tendance linéaire entre 1959 et 2018).....	23
Tableau 4 : Évolution des précipitations (en mm et en % par rapport à la moyenne 1961-1990) par saison et par secteur (tendance linéaire entre 1959 et 2018).....	25
Tableau 5 : Entités hydrogéologiques majoritairement hors du département du Gard	51
Tableau 6 : Entités hydrogéologiques peu aquifères du Département du Gard	55
Tableau 7 : Paramètres du modèle de calcul de la recharge à partir des données SAFRAN	59
Tableau 8 : Modalités d'alimentation significatives des systèmes aquifères autres que l'infiltration des eaux de pluie ou les pertes des cours d'eau.....	64
Tableau 9 : Caractéristiques des 3 barrages du Gard contribuant au soutien d'étiage	77
Tableau 10 : Synthèse des prélèvements 2018 et des volumes distribués dans le Gard via le RHR	79
Tableau 11 : Synthèse des indicateurs retenus pour l'analyse rétrospective sur les écoulements superficiels.....	84
Tableau 12 : Représentation graphique de l'indicateur « Intensité de l'épisode d'étiage »	85
Tableau 13 : Occupation des sols par secteur (2018)	99
Tableau 14 : Aperçu des prélèvements bruts 2017 dans le département du Gard	129
Tableau 15 : Bilan des prélèvements 2017 pour des usages situés dans le département du Gard.....	129
Tableau 16 : Source des données mobilisées pour le calcul des empreintes eau en 7 points du territoire	132
Tableau 17 : Empreintes eau – valeurs maximales par bassin versant.....	133
Tableau 18 : Objectifs de gestion quantitative des cours d'eau et marges de manœuvre pour les prélèvements.	141
Tableau 19 : Ressource renouvelable moyenne annuelle et prélèvements moyens annuels pour les principaux systèmes aquifères sollicités par pompage.....	148
Tableau 20 : Estimation de l'évolution potentielle des prélèvements dans la nappe de la Vistrenque	152
Tableau 21 : Causes et conséquences de mutations paysagères à l'échelle parcellaire	158
Tableau 22 : Répartition de la population du Gard 2015 selon les sous-territoires.....	163
Tableau 23 : Contribution du RHR à l'alimentation en eau potable du Gard	165
Tableau 24 : Projections de population issues du scénario central Insee pour le Gard.....	167
Tableau 25 : Projections démographiques	168
Tableau 26 : Projections des SCoT concernant le territoire du Gard pour 2030	169
Tableau 27 : Projections de population du Gard horizon 2030 et 2050 à l'échelle des EPCI	174
Tableau 28 : Hypothèses de base retenues pour les projections de la demande supplémentaire en eau potable	179
Tableau 29 : Projections de population du Gard horizon 2030 et 2050 à l'échelle des EPCI	180
Tableau 30 : Économies d'eau permises par l'amélioration du rendement et de la consommation unitaire	181
Tableau 31 : Principales cultures du Gard.....	185
Tableau 32 : Estimation des surfaces en vignes irriguées du Gard.....	200
Tableau 33 : Prélèvements bruts 2017 dans le Rhône pour des usages irrigation situés dans le département du Gard	201
Tableau 34 : Prélèvement net irrigation sur les 4 principaux bassins versants du territoire	202
Tableau 35 : Synthèse des rendements des principales ASA du Gard (hors ASA de Camargue) et du syndicat intercommunal du canal de Boucoiran	203
Tableau 36 : Mode d'irrigation dans le Gard – Retour enquêtes Chambre d'agriculture	204
Tableau 37 : Rendements de la vigne sur le Département du Gard.....	207
Tableau 38 : Taux de pertes sur les différentes sources de productions fourragères en Languedoc Roussillon entre 2000 et 2015	212
Tableau 39 : Synthèse des résultats des besoins en eau des cultures sur la période 1959-2018.....	216
Tableau 40 : Résultats du projet CLIMATOR sur l'évolution des dates de récolte	217
Tableau 41 : Projets d'irrigation supplémentaire recensés en 2019	221
Tableau 42 : Répartition des zones de vignes selon les 3 classes de réserve utile	225
Tableau 43 : Répartition des projets d'irrigation de la vigne selon les 3 classes de réserve utile.....	226
Tableau 44 : Mise en perspective des prospectives AEP et Irrigation du vignoble.....	230

PRÉAMBULE

« Eau et climat 3.0 : Préparons l'avenir » est une étude commanditée par le Département du Gard et cofinancée par la Région Occitanie et l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Son objectif est l'élaboration d'une stratégie départementale de gestion de la demande et de la ressource en eau face au changement climatique. Cette étude a été confiée à BRL ingénierie, bureau d'étude gardois spécialisé dans les domaines liés à l'eau, à l'environnement et à l'aménagement du territoire, en partenariat avec Hydrofis, bureau d'étude spécialisé en gestion des eaux souterraines.

Elle a débuté en décembre 2018 et s'étendra jusqu'au premier semestre 2020.

Sa réalisation se découpe en cinq phases :

- Les deux premières, objet du présent rapport, visent à établir un diagnostic partagé des ressources en eau et des usages, en intégrant conséquences du changement climatique et évolutions socio-économiques.
- Les trois suivantes concernent :
 - L'identification et l'analyse socio-économique de scénarios « Eau et climat » possibles à l'horizon 2050 ;
 - La caractérisation et l'étude de solutions, certaines « classiques » et d'autres plus novatrices, qui pourraient permettre de répondre aux enjeux mis en évidence et d'atteindre les objectifs associés aux scénarios ;
 - La proposition d'une stratégie départementale fondée sur un scénario co-construit par les acteurs locaux et un mix de solutions, priorisées en intégrant des aspects socio-économiques et les spécificités des territoires. Des projets démonstrateurs seront identifiés dans ce cadre.

Des Cévennes à la Camargue, le département du Gard connaît en effet des situations très diverses en termes de climat, d'hydrologie superficielle et souterraine, de dynamique démographique, d'agriculture, de tourisme, d'équipements hydrauliques, de rapport historique à l'eau ... L'étude vise à cerner plus précisément la vulnérabilité de ces différents territoires et à garantir durablement leur accès à une ressource de qualité, pour des usages de l'eau respectueux de l'environnement.





1 EAU ET CLIMAT 3.0 : UNE DÉMARCHE PROSPECTIVE POUR SE PRÉPARER À L'AVENIR

1.1 ORIGINE ET PÉRIMÈTRE DE L'INITIATIVE

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE ET CONJONCTUREL

Plusieurs éléments de contexte ont conduit au lancement de la présente étude par le Département du Gard dont :

- La vulnérabilité du Gard au déficit chronique de la ressource en période d'étiage ;
- Le classement de plusieurs secteurs sensibles en Zone de Répartition des eaux : Vidourle (2004), Cèze (2010), Gardons (2013), Tave (2015) ;
- L'élaboration d'Etudes Volume Prélevables (EVP) et de Plans de Gestion de la Ressource en Eau (PGRE) ambitieux sur le territoire ;
- La sécheresse de 2017 et ses conséquences, en particulier sur les productions agricoles et viticoles, qui ont engendré une préoccupation des acteurs du monde agricole et de l'environnement ;
- L'émergence de nouveaux besoins en eau pour des cultures traditionnellement non-irriguées comme la vigne ;
- Des craintes concernant l'approvisionnement en eau potable, notamment vis-à-vis de l'évolution des règles de prélèvement.

Depuis le lancement de l'étude en décembre 2018, plusieurs articles, rapports et événements soulignent l'actualité de ces réflexions :

- Rapport du Sénat (mai 2019) soulignant l'impréparation globale de la France en termes d'adaptation au changement climatique et l'urgence d'agir, avec la proposition de 18 mesures, parmi lesquelles :
 - Mesure 6 : Accorder un accès gratuit aux données nécessaires à l'élaboration des politiques d'adaptation (Météo France) ;
 - Mesure 14 : Multiplier les travaux de prospective inclusifs pour créer une culture commune de l'adaptation et construire des projets de territoire ;
 - Mesure 17 : Mettre en place des politiques de l'eau adaptées au changement climatique ;
 - Mesure 18 : Mettre en place un plan national d'adaptation de l'agriculture.
- Circulaire du 7 mai 2019 relative au projet de territoire pour la gestion de l'eau, qui évolue pour permettre « le stockage d'eau ou le transfert, y compris pour l'irrigation ou le soutien d'étiage [...] lorsque les ressources et les milieux le permettent, [...] au-delà de la seule substitution ».
- Document de synthèse « Un nouveau pacte pour faire face au changement climatique » (1^{er} juillet 2019) du second volet des Assises de l'Eau qui s'est tenu de novembre 2018 à juin 2019 sur le thème « Changement climatique et ressource en eau : comment les territoires, les écosystèmes et l'ensemble des acteurs vont-ils s'adapter ? ». Plus de 40 actions sont identifiées pour répondre aux enjeux de l'adaptation.
- Alerte rouge canicule dans le Gard le 28 juin 2019 : température maximum observée dans le Gard à Gallargues-le-Montueux avec 45,9 °C et record historique de chaleur en France atteint à Vérargues (Hérault) avec 46°C, une soixantaine d'incendies dans le Gard, un secteur agricole fortement touché (vignes brûlées « comme au chalumeau », arbres fruitiers desséchés, etc.).



- Crise sécheresse dans le Gard en 2019 : L'été 2019 a été marqué par des températures élevées et des précipitations très inférieures aux normales. Le département a été placé en vigilance dès fin avril (hors vallée du Rhône et Camargue) et plusieurs secteurs sont passés en alerte voire en crise (bassins versants du Vidourle et de la Cèze aval) au cours de l'été. En crise, seuls les usages prioritaires de l'eau (liés à l'alimentation en eau potable, aux exigences de la santé, à la salubrité publique et à la sécurité civile) et l'abreuvement des animaux sont autorisés
- Nombreux articles dans la presse nationale sur le thème du changement climatique dans les derniers mois comme par exemple « La France n'est pas préparée au « choc climatique » qu'elle subira d'ici à 2050 » (Le Monde, 16 mai 2019).

VOLONTÉ POLITIQUE

La présente étude est issue d'une volonté politique partagée de l'Etat, de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, de la Région Occitanie et du Département du Gard de conduire une démarche prospective ambitieuse.

Météo France a par ailleurs fourni gracieusement des données indispensables à la qualité de l'étude.

A travers « Eau et climat 3.0 », le Département du Gard s'engage à garantir durablement un accès à une ressource de qualité pour des usages de l'eau respectueux de l'environnement, dans un contexte de changement climatique.

PÉRIMÈTRE DU SCHÉMA

Périmètre temporel

La définition du schéma cible deux horizons de temps :



- Un horizon proche (2030-2050), pour lequel l'étude vise à définir finement les évolutions climatiques et socio-économique prévisibles, leurs impacts sur la ressource disponible et les besoins en eau, ainsi que les mesures d'adaptations opérationnelles à mettre en œuvre pour atténuer la vulnérabilité des territoires.
- Un horizon plus lointain (2070-2100), à l'échelle duquel il s'agit davantage de dégager des trajectoires d'évolution possibles et d'apporter un éclairage sur les scénarios d'intervention à envisager pour éviter les maladaptations, au regard des fortes incertitudes associées.



Périmètre géographique

Le schéma est centré sur le Département du Gard. D'un point de vue hydrologique, les bassins de l'Ardèche et de la Dourbie sont exclus du périmètre de l'étude. Les ressources en eau en marge du territoire (Rhône, Ardèche, Dourbie...) seront cependant prises en compte pour l'identification de solutions.



1.2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE GLOBALE

1.2.1 Un exercice de prospective qui s'inscrit dans une histoire et doit conduire à l'action

Comme le dit Michel Godet, prospectiviste français, « la bonne projection n'est pas celle qui se réalise mais celle qui conduit à l'action ». Ainsi, il ne s'agit pas d'établir une prospective exacte, tâche impossible, mais davantage d'envisager ensemble les futurs possibles pour ne pas subir l'avenir mais le préparer.

Dans ce contexte, la question de l'eau est abordée de manière intégrée, au regard des liens très importants qui existent entre les ressources en eau, les territoires, les usages économiques, l'environnement et les paysages.

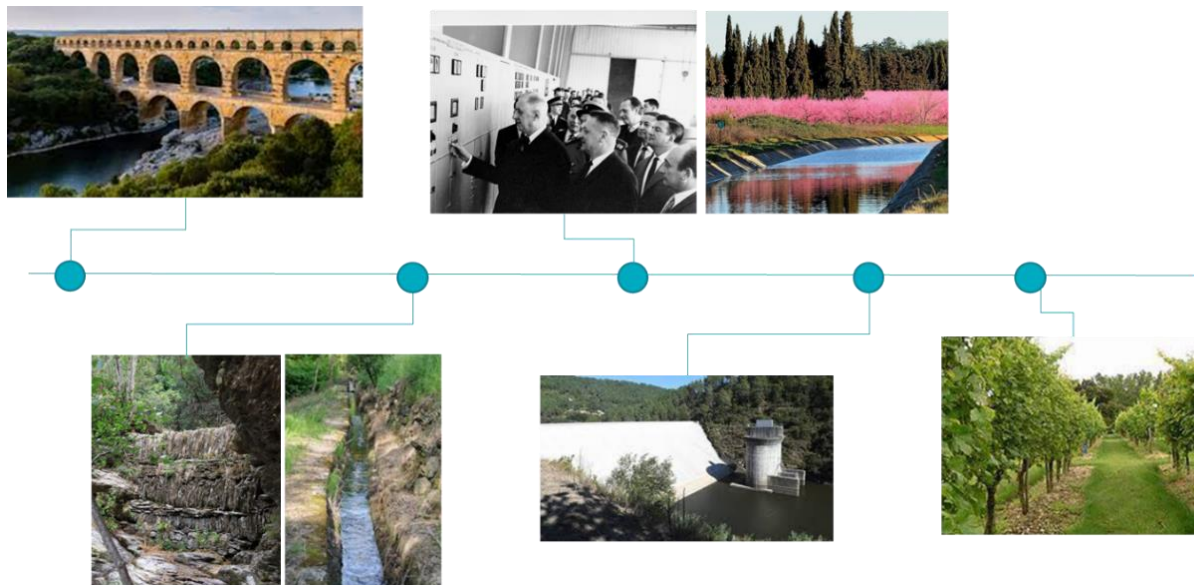
Ces liens existent depuis longtemps sur le territoire gardois, comme peuvent le mettre en évidence quelques dates symboliques parmi de nombreuses autres :

- 1^{er} siècle : construction du Pont du Gard par les Romains.
Plus haut ouvrage de ce type jamais construit sous l'Antiquité, ce pont canal fait partie de l'aqueduc d'Uzès à Nîmes construit au 1^{er} siècle. Inscrit au patrimoine mondial de l'humanité par l'UNESCO depuis 1985, il est le premier monument touristique visité du Gard et accueille près de 900 000 visiteurs par an.
- XVI - XIX^{ème} siècles : développement des ouvrages hydrauliques traditionnels dans les Cévennes
De nombreux systèmes d'aménagement de l'espace montagnard pour gagner du sol et maîtriser l'eau ont été mis en place à partir du XVI^{ème} siècle dans les Cévennes (terrasses, pansières, béals, tancats, etc.) et façonnent encore aujourd'hui le paysage. Avec la déprise agricole et l'exode rural, l'entretien de ces ouvrages a progressivement été abandonné à partir de 1850. Leur maintien est rendu difficile par des contraintes techniques et des coûts d'entretien incompatibles avec les usages qui en sont faits aujourd'hui. Une conscience patrimoniale s'est cependant développée autour de ces ouvrages et s'est traduite notamment par le classement UNESCO en 2011 du site « Causses et les Cévennes, paysage culturel de l'agro-pastoralisme méditerranéen ». Plus récemment ces ouvrages ont fait l'objet d'une résolution spécifique de l'UNESCO visant leur pérennisation et le maintien de leurs usages agricoles. Ces ouvrages hydrauliques sont présentés plus en détail au chapitre 3.2.
- 1957-1963 : Réalisation du canal Philippe Lamour, précurseur du Réseau hydraulique régional.
L'idée d'irrigation du Languedoc-Roussillon à partir de l'eau du Rhône émerge au milieu du XIX^{ème} siècle : ce projet sera le combat d'Aristide Dumont, repris par Philippe Lamour. Il aboutira à la création de la Compagnie nationale d'aménagement de la région du Bas-Rhône Languedoc (CNABRL) en 1955 et à la création du canal Philippe Lamour entre 1957 et 1963. La station de pompage Aristide Dumont a été inaugurée en 1960 par le Général de Gaulle, Président de la République. Le Réseau hydraulique régional (RHR) est présenté plus en détail au chapitre 3.2.
- Années 1950-1980 : Construction des grands barrages du territoire
Les grands barrages gardois, au nombre de 6, ont été construits dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle pour répondre à des enjeux d'écrêtement des crues et dans certains cas aussi pour apporter un soutien d'étiage au cours d'eau.
Les barrages contribuant au soutien d'étiage sont présentés plus en détail au chapitre 3.2.



- Aujourd'hui : des pratiques qui évoluent pour préserver ressources en eau et biodiversité. Face aux sécheresses plus fréquentes et à l'annonce des effets possibles du changement climatique, les pratiques évoluent progressivement. Dans le secteur agricole, ceci peut passer par exemple par le choix de cultures moins consommatrices en eau ou encore le maintien de la couverture du sol (sur la photo ci-dessous, inter-rang enherbé entre pieds de vignes).

Figure 1: Le Gard et l'Eau, liés depuis plus de 2000 ans



Légende d'hier à aujourd'hui : Pont du Gard, Inauguration de la station de pompage Aristide Dumont, Canal Philippe Lamour, Infrastructures hydrauliques traditionnelles cévenoles, Barrage de Sainte-Cécile, Développement de l'enherbement de l'inter-rang en viticulture

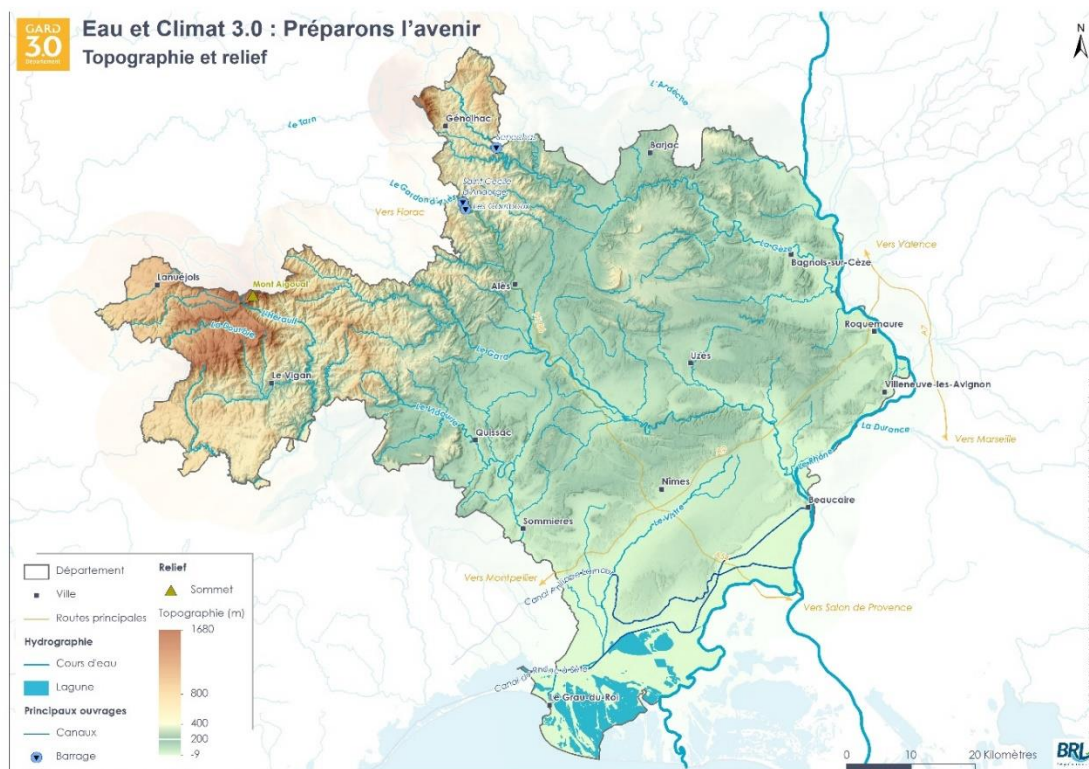


1.2.2 Une approche qui tient compte des spécificités de sous-territoires cohérents au sein du Département

Le Gard, du fait notamment de sa topographie (gradient altitudinal marqué du nord-ouest au sud du territoire), présente des caractéristiques climatiques, naturelles mais aussi humaines qui varient fortement entre les Cévennes (1567 m au sommet du mont Aigoual), le Rhône et la mer en Camargue.

N.B. : un atlas cartographique accompagne les différents rapports de l'étude et permet de consulter les différentes cartes présentées dans ce rapport au format A3.

Figure 2 : Topographie et relief du territoire gardois



Afin d'affiner l'établissement du diagnostic, et dans un second temps la recherche de solutions adaptées aux enjeux locaux, le Gard a été découpé en territoires cohérents. La définition de leur périmètre s'est appuyée sur plusieurs zonages existants dont notamment :

- Les sylvo-écorégions (Grandes Causses, Cévennes, Garrigues, Plaines et collines rhodaniennes et languedociennes) ;
- Les régions forestières ;
- Les unités paysagères (Causses, Cévennes, Garrigues, Gard rhodanien, Costière, Camargue) ;
- Les bassins versants (Dourbie, Hérault, Vidourle, Gardons, Cèze, Ardèche, Vistre-Rhony, Rhône, Camargue) ;
- Les limites administratives des communes ;
- Les zones qui ont accès au Réseau hydraulique régional (RHR, communément appelé aussi « réseau BRL »¹).

¹ BRL, maison mère du groupe BRL, est concessionnaire du RHR, propriété de la Région Occitanie. La société BRL est historiquement à l'origine du développement du réseau en Languedoc-Roussillon.

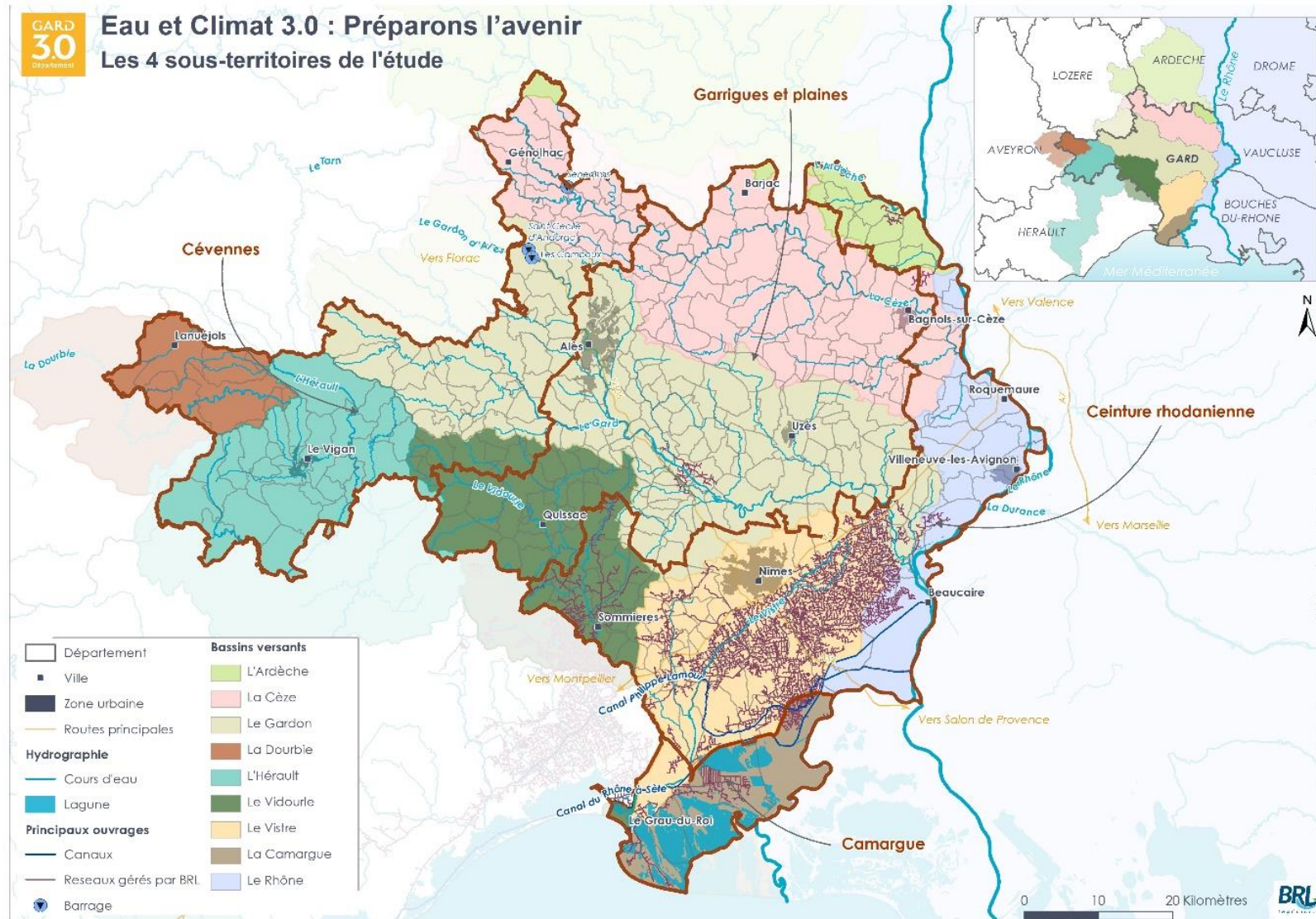


Le croisement de ces zones a conduit à définir quatre sous-territoires pour la présente étude :

- Les **Cévennes**, territoire de moyenne-montagne occupant la partie amont du Gard et rassemblant les têtes de bassins versants.
- Les **Garrigues et plaines**, vaste quadrilatère qui s'étend des Costières, au sud-est, jusqu'aux Cévennes, au nord-ouest ; entre Nîmes et Alès d'une part et les gorges de l'Ardèche et Sommières d'autre part.
- La **Ceinture rhodanienne**, qui rassemble les Costières, le Gard rhodanien et plus largement les secteurs ayant accès à l'eau du Rhône et de l'Ardèche. Ce territoire intègre notamment l'agglomération de Nîmes et remonte à l'ouest jusqu'au Nord Sommiérois, desservi par le RHR.
- La **Camargue**, à l'extrême sud du département, constitue un cas à part. Il s'agit, à l'ouest du delta actuel, d'une zone anciennement occupée par des bras disparus du Rhône. S'y succèdent basses plaines, étangs, cordons littoraux, anciens bras du fleuve et zones marécageuses (certaines asséchées et mises en culture).



Figure 3 : Un découpage du département en quatre sous-territoires cohérents





1.3 GOUVERNANCE ET PROCESSUS PARTICIPATIF MIS EN ŒUVRE

Ce diagnostic n'est pas uniquement le fruit d'un travail en chambre. La méthode mise en œuvre et les résultats présentés s'appuient sur de nombreux échanges avec les membres des comités techniques et de pilotage instaurés pour l'étude « Eau et climat 3.0 ».

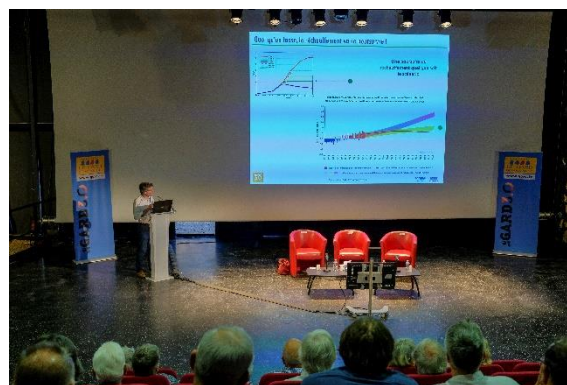
Des entretiens avec une trentaine d'acteurs locaux de l'eau (structures indiquées dans le tableau suivant, liste exhaustive des contacts en annexe), ont également permis d'approfondir le diagnostic.

Enfin, trois ateliers de concertation visant un large panel d'acteurs (acteurs publics et privés, associations, chambres consulaires, agriculteurs, élus...) se sont tenus en juin 2019 afin de partager le diagnostic et de nourrir la réflexion sur les solutions à mettre en œuvre à l'échelle des territoires :

- Au Pont du Gard, le lundi 17 juin 2019, avec un focus sur le territoire « Garrigues et Plaines » ;
- À Alès, le mercredi 19 juin 2019, avec un focus sur le territoire « Cévennes » ;
- À Nîmes, le mardi 25 juin 2019, avec un focus sur les territoires « Ceinture rhodanienne » et « Camargue ».

Ces ateliers, auxquels près de **200 personnes** œuvrant autour de l'eau, l'environnement, l'agriculture, le tourisme et l'industrie ont participé, auront été l'occasion de mobiliser l'intelligence collective des gardois pour se préparer ensemble à l'avenir et à un climat en changement.

Figure 4 : Aperçu des ateliers de concertation « Eau et climat 3.0 » de juin 2019



Source : © Conseil Régional du Gard



Tableau 1 : Synthèse des réunions et échanges organisés dans le cadre du diagnostic « Eau et Climat 3.0 »

DATE	RENCONTRES	OBJET
13/12/2018	COPIL 1	<ul style="list-style-type: none">- Lancement de l'étude : présentation du contexte et des objectifs, des différentes phases du projet, des résultats attendus et de l'organisation du projet (équipes, planning)
10/01/2019	Réunion de travail avec le CD 30, l'Agence de l'eau RMC, la DDTM 30 et la DREAL	<ul style="list-style-type: none">- Préciser les attentes des différents acteurs,- Faire un point sur la bibliographie disponible,- Échanger sur les approches possibles du cahier des charges et de ses impacts hydrologiques,- Échanger sur l'approche des besoins agricoles futurs.
22/01/2019	Réunion de travail avec l'Agence de l'eau	<ul style="list-style-type: none">- Préciser la méthode à retenir pour approcher l'impact hydrologique du changement climatique dans le cadre de la présente étude (« Comment évaluer l'évolution de la ressource ? »)
Février- Juillet 2019	Entretiens avec des acteurs clés	<p>Approfondissement du contexte et des enjeux liés au changement climatique, aux évolutions socio-économiques et aux ressources en eau à travers :</p> <ul style="list-style-type: none">- Echanges réguliers avec BRL et BRL exploitation en tant que concessionnaire du RHR et experts irrigation- Echanges réguliers avec les 6 EPTB et syndicats mixtes de bassins et de nappes du Département ((Hérault, Vidourle, Gardons, Cèze, Vistre, Vistrenque et Costières)- Echanges avec les représentants du monde agricole (Chambres d'agriculture du Gard et d'Occitanie, Coopérative Origine Cévennes, Cave des vignerons des 4 chemins) et la DRAAF Occitanie- Autres entretiens : service tourisme du Département du Gard, Gard Tourisme, chargés de mission SCoT et EPCI hors SCoT, Daniel Travier (fondateur du musée des vallées cévenoles), chercheurs de l'Irstea (modélisation changements climatiques) et du CNRS (travaux en cours dans le Gard), Entente Causse Cévennes
Juin 2019	Ateliers territoriaux de concertation (3)	<ul style="list-style-type: none">- Partager le diagnostic- Nourrir la réflexion sur les solutions à mettre en œuvre à l'échelle des territoires
Février à juillet 2019	Réunions de travail régulières avec le CD 30	<ul style="list-style-type: none">- Échanges sur la méthodologie retenue et précisions des attentes du Département- Identification des données disponibles et mobilisables pour l'étude- Points d'avancement régulier (retour des entretiens, propositions méthodologiques, premiers résultats...)



1.4 LIMITES DE L'EXERCICE CONCERNANT LE DIAGNOSTIC SUR LES EAUX SOUTERRAINES

CE SUR QUOI REPOSE LE DIAGNOSTIC

Le département du Gard a fait l'objet de nombreuses études techniques et scientifiques qui intéressent les eaux souterraines.

Les principaux grands systèmes aquifères sont aujourd'hui relativement bien identifiés et caractérisés. Citons, sans souci d'exhaustivité, depuis les contreforts des Cévennes jusqu'au rivage méditerranéen : les aquifères de socle, peu productifs mais localisés en tête des bassins versants, les séries carbonatées du Lias qui sont en forte interrelation avec la Cèze, les Gardons d'Alès et d'Anduze, les séries karstiques du Jurassique supérieur (rôle important surtout pour le bassin versant du Vidourle), l'aquifère urgonien de première importance pour la Cèze et le Gardon en période estivale, les séries hétérogènes du Miocène, les alluvions anciennes qui forment le vaste aquifère de la Vistrenque, les alluvions modernes en position basse dans les bassins versants (dépôts importants mais localisés pour le Vidourle, le Gardon et la Cèze).

Pour proposer un état des lieux et un premier diagnostic des eaux souterraines, nous avons suivi la méthode suivante :

1. Reprise des informations et du maillage de la BD LISA du BRGM pour identifier et caractériser les grands systèmes aquifères par bassins versants (Gardon, Vidourle, Hérault, Cèze, Vistrenque et Rhône).

2. Pour chaque grand système aquifère, synthèse des informations utiles à une bonne gestion des eaux souterraines :

- Détermination des relations avec les eaux superficielles, en particulier en période estivale (sources permanentes avec un débit moyen > 50 l/s, venues sous-alluviales, zones de pertes).
- Caractérisation des grands systèmes aquifères avec une description systématique des thématiques suivantes renseignées : nature de l'aquifère (karstique, alluvial,...), type de nappe (libre ou captive), estimations argumentées des réserves statiques et dynamiques, modalités d'alimentation, modalités d'exutoires, bilan des prélèvements agricoles, industriels et AEP (les forages domestiques sont exclus de l'analyse) et un avis argumenté (volumes et localisation) des modalités de soutien d'étiage aux cours d'eau superficiels.
- Un bilan de la métrologie actuelle de ces grands systèmes aquifères : localisation et durée des chroniques piézométriques, localisation et nombres de prélèvements pour les qualitomètres.
- Un état de la protection réglementaire (Zones de Répartition des Eaux et zones de sauvegarde pour les aquifères stratégiques).

Un autre objectif opérationnel de cette phase est l'élaboration de deux cartes de référence, basées sur des données géoréférencées :

- Une carte des grands systèmes aquifères.
- Une carte des relations supposées entre eaux souterraines et eaux superficielles en période estivale.



LES LIMITES DU DIAGNOSTIC

Le diagnostic présente plusieurs limites :

- Les avis proposés dans ce diagnostic reposent principalement sur l'exploitation des informations disponibles dans la littérature scientifique et technique. En fonction des aquifères, ces informations peuvent être datées et lacunaires. Dans le cadre d'un diagnostic territorial à l'échelle d'un département, il n'était pas dans notre mission de produire de l'expertise scientifique sur des aquifères peu ou mal décrits dans cette littérature. Quand des manques ont été identifiés, nous les avons répertoriés et nous proposons des études complémentaires pour pallier ces lacunes de connaissance. De manière générale, excepté pour quelques aquifères bien particuliers, on ne peut que constater un déficit de métrologie sur les suivis piézométriques et de suivi hydrométrique adapté à la problématique de caractérisation des échanges nappe-rivière. Nous détaillons ces points dans les conclusions du diagnostic.
- En particulier, concernant la problématique du risque de propagation du biseau salé, nous disposons de peu d'informations (pas de suivi adapté, seulement deux rapports de maîtrise dédié à cette problématique) : il est difficile de proposer un avis robuste sur ce risque sans une approche complémentaire sur les équilibres hydrodynamiques actuels et sur la traduction d'éventuels futurs prélèvements en termes d'empreinte sur ces équilibres.
- Il est entendu que seules les eaux souterraines ayant un lien direct avec les eaux superficielles ont été étudiées (karst, nappes d'accompagnement, alluvions anciennes...). La description des ressources profondes, souvent mal connues, est donc exclue de cet état des lieux, mais elles pourront faire partie des propositions en phase projet.
- L'inertie des hydro systèmes souterrains est difficile à appréhender. Elle va conditionner le décalage temporel entre la période d'un prélèvement en nappe et la perte d'un débit d'alimentation pour un hydro système superficiel plus ou moins lointain. Cette inertie dépend de paramètres géométriques tels que la géométrie des structures et la position des forages mais surtout des paramètres hydrodynamiques des aquifères. Il n'est pas possible de définir ce paramètre dans un état des lieux départemental. Il faudra analyser chaque projet de captage au cas par cas.

DIFFICULTÉS LIÉES À L'EXISTENCE DE PLUSIEURS RÉFÉRENTIELS

Plusieurs référentiels peuvent intéresser les systèmes aquifères. Nous ferons référence à ces différentes classifications selon le sujet traité.

- Le référentiel "scientifique" qui décrit des unités ou des **systèmes hydrogéologiques "cohérents"** (unité géologique qui abrite une nappe en continuité hydraulique). Ce référentiel n'est pas normé et on trouve des dénominations d'aquifères dans la littérature scientifique et technique qui se réfèrent généralement au type de réservoir et à sa localisation (par exemple, « les calcaires du Lias entre Alès et La Grand Combe ») ; les dénominations d'un même aquifère peuvent varier d'un auteur à l'autre, d'un article scientifique à l'autre.
- Le référentiel de la base de données LISA, référentiel mis au point et entretenu par le BRGM. Créé en 1985, il présente l'avantage de systématiser la dénomination des grands systèmes aquifères à l'échelle nationale. On parle alors d'**entités hydrogéologiques** ; ce ne sont pas toujours des systèmes hydrogéologiques "cohérents" ; certaines entités peuvent regrouper des aquifères avec des nappes distinctes (pas de continuité hydraulique) mais qui présentent *a priori* le même comportement hydrogéologique.
- Le référentiel des **masses d'eau** mis au point par les Agences de l'Eau et qui vise à donner des unités de rapportage à l'Union Européenne dans le cadre des objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau (2000). Les masses d'eau englobent généralement plusieurs entités et elles peuvent regrouper des systèmes hydrogéologiques différents. Dans le diagnostic, nous nous référons aux masses d'eau uniquement lorsque que nous identifions les systèmes hydrogéologiques classés comme stratégiques et pour lesquels il est nécessaire de définir des zones de sauvegarde. Ce classement administratif est en effet appliqué aux masses d'eau et non aux entités BD LISA."



2 UN DÉPARTEMENT DE PLUS EN PLUS CHAUD AVEC DES DISPARITES ENTRE TERRITOIRES

2.1 GÉNÉRALITES SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

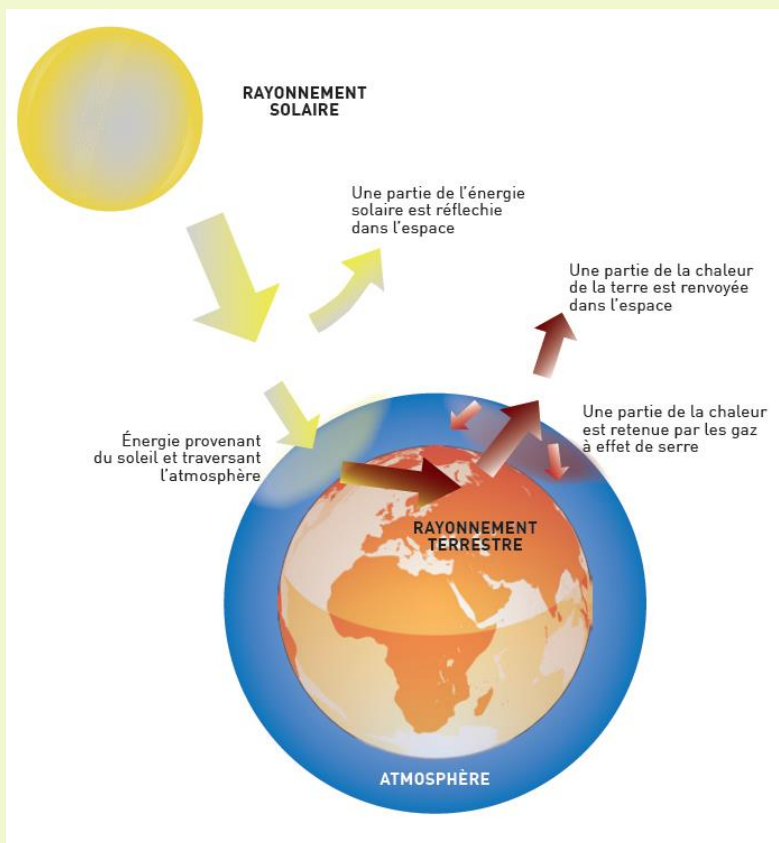
La notion de « climat » renvoie à l'ensemble des paramètres caractérisant l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné et sur une période donnée. Le climat se définit à partir de statistiques sur une période longue (en général au minimum sur 30 ans). La climatologie se distingue de la météorologie qui s'intéresse aux mêmes paramètres atmosphériques à une échelle de temps plus courte.

LE PRINCIPE DE « L'EFFET DE SERRE »

« L'atmosphère laisse passer une partie du rayonnement du Soleil qui vient frapper le sol. Réchauffé, celui-ci émet un rayonnement infrarouge qui est en partie ou totalement piégé par l'atmosphère rendue « imperméable » par la présence de gaz dont principalement la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone CO_2 et le méthane CH_4 . Ce rayonnement est alors réémis vers la surface, ce qui contribue au réchauffement de l'atmosphère.

Les gaz à effet de serre assurent à la Terre une température moyenne de $+15^\circ\text{C}$. En leur absence, notre climat serait très différent et très inhospitalier pour la vie. (...) Depuis le début de l'ère industrielle l'homme brûle une quantité toujours accrue de combustibles fossiles dont les résidus atmosphériques sont également des gaz à effet de serre. Le volume de CO_2 ainsi rejeté a déjà provoqué un réchauffement global de la planète. »

Figure 5 : le principe de l'effet de serre



Source : le texte de cet encadré et le schéma sont extraits de « Impact du changement climatique sur les ressources en eau du bassin versant de la Seine », Agence de l'Eau Seine-Normandie, 2015



LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : UN CONSTAT TRÈS ALARMANT À L'ÉCHELLE MONDIALE

Dans son 5^{ème} rapport, publié en 2014, le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) met en évidence :

- Une hausse de la température moyenne mondiale de 0,85°C sur la période 1880-2012 ;
- Une **accélération du réchauffement**. Chacune des trois décennies (1980-90 / 1990-2000 / 2000-2010) a été plus chaude que la précédente et que toutes les autres depuis 1850 ;
- L'**influence des activités humaines sur le réchauffement climatique**. En particulier, c'est l'augmentation des émissions anthropiques de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane et oxydes nitreux) sous l'ère industrielle qui est la principale cause du réchauffement observé.

Depuis 2014, la situation climatique mondiale a continué d'évoluer et semble connaître une **phase d'accélération du réchauffement** sans précédent. Les bilans climatiques annuels publiés début 2019 par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2019), la National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2019) ou l'Organisation météorologique mondiale (OMM, 2019) mettent en évidence cette accélération.

Neuf des dix années les plus chaudes jamais enregistrées à l'échelle globale l'ont été depuis 2005, avec les cinq dernières années (2014 à 2018) occupant les cinq premières places de ce classement (voir tableau ci-dessous).

Tableau 2 : Classement des dix années les plus chaudes depuis 1880, à l'échelle globale.

Rang (depuis 1880)	Année	Anomalie de température (°C) par rapport à la référence (1880-2018)
1	2016	+0.95
2	2015	+0.91
3	2017	+0.85
4	2018	+0.79
5	2014	+0.75
6	2010	+0.70
7	2013	+0.67
8	2005	+0.66
9	2009	+0.64
10	1998	+0.64

Source : National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2019)



PEUT-ON PRÉVOIR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT À L'HORIZON DE PLUSIEURS DIZAINES D'ANNÉES ? MÉTHODE DE PROJECTION ET INCERTITUDES

« On ne peut pas prévoir la météo à plus de 10 ou 15 jours ? Comment pourrait-on prévoir le climat dans 50 ans !? »

La question se pose en effet. Pour y répondre clairement il faut comprendre que l'état de l'atmosphère répond d'une part à une **logique « chaotique »** : un tout petit changement local peut avoir des grands effets. C'est l'effet dit « papillon ». En d'autres termes, deux états initiaux très proches peuvent conduire à des météos très différentes au bout de quelques jours. De ce fait, effectivement, il est très difficile de prévoir la météo au-delà d'une quinzaine de jours car les modèles mathématiques des météorologues ne sont pas assez fins pour prendre en compte cet aspect « chaotique ». Mais l'état de l'atmosphère répond aussi à une **logique déterministe**, parfaitement appréhendable par des lois physiques connues. Il est, par exemple, bien connu que, du fait de la variation de la position de la terre par rapport au soleil, il fait, sous nos latitudes, plus chaud l'été que l'hiver. De la même manière, on sait désormais relativement bien modéliser le rôle des gaz contenus dans l'atmosphère sur le climat. On sait donc approcher relativement bien les conséquences de la hausse de la concentration de certains de ces gaz sur le climat, en particulier pour les températures.

On ne sait donc pas dire le temps qu'il fera le 23 juillet 2064 (et on ne saura jamais prévoir le temps aussi longtemps en avance !), mais on sait très bien calculer que la décennie 2060 sera très probablement plus chaude que la décennie 2010 si l'humanité ne réduit pas ses émissions de gaz à effet de serre !

La difficulté des climatologues est leur impossibilité à prévoir comment la concentration de gaz à effet de serre va évoluer dans le futur. D'où la nécessité de dessiner plusieurs « trajectoires possibles »

Des simulations futures du climat sont ainsi produites par la communauté scientifique à partir d'un **ensemble d'hypothèses et à l'aide de modèles climatiques**. Ces simulations sont construites selon la démarche explicitée dans l'encadré suivant.

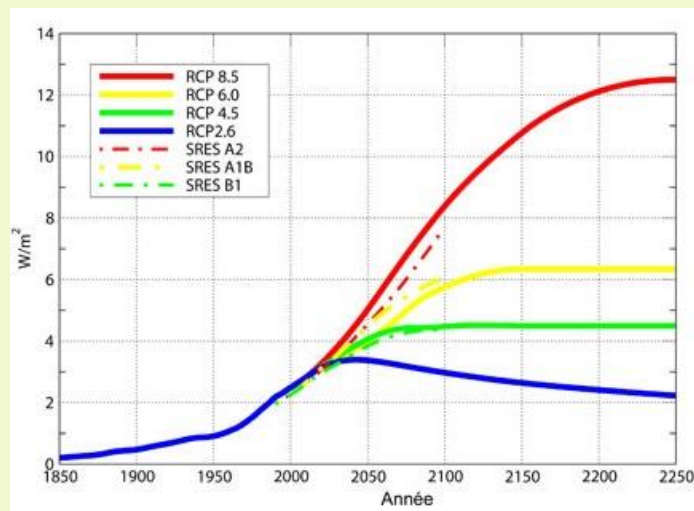
- **Étape 1** : Construction de **scénarios d'émission de gaz à effet de serre**. Depuis 2014 et la publication du 5^{ème} rapport du GIEC, les scénarios utilisés se basent sur la définition *a priori* de différents niveaux de forçage radiatif² auxquels sont associés des niveaux de concentration et d'émission de gaz à effet de serre.

Les travaux du GIEC proposent quatre "scénarios « RCP » (Representative Concentration Pathway), représentés ci-dessous :

- Scénario RCP 2.6 associé à une politique climatique ambitieuse et une baisse des émissions de gaz à effet de serre,
- Scénario RCP 4.5 et RCP 6.0 (anciennement B1 et A1B) associé à une stabilisation des émissions avant 2100,
- Scénario RCP 8.5 (anciennement A2), associé à une forte augmentation des émissions et une absence de politique climatique.

² « Le bilan radiatif représente la différence entre le rayonnement solaire reçu et le rayonnement infrarouge réémis par la planète. Il est calculé au sommet de la troposphère (entre 10 et 16 km d'altitude). Sous l'effet de facteurs d'évolution du climat, comme par exemple la concentration en gaz à effet de serre, ce bilan se modifie : on parle de forçage radiatif. » source : Météo France [<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/le-giec-groupe-dexperts-intergouvernemental-sur-levolution-du-climat/les-scenarios-du-giec>]

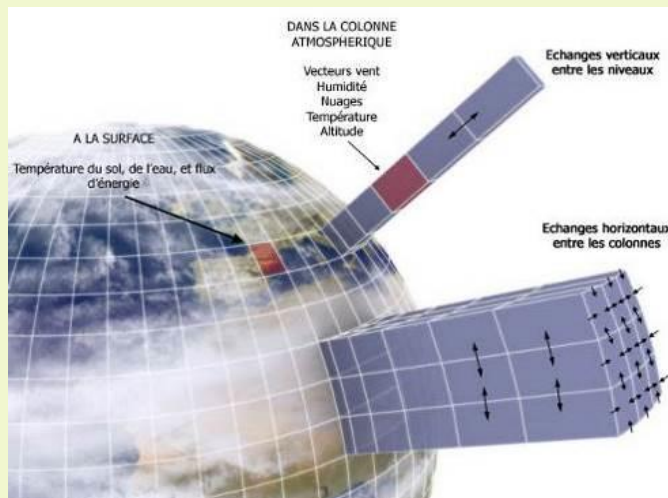
Figure 6 : Évolution du bilan radiatif de la terre ou « forçage radiatif » en W/m^2 sur la période 1850-2250 selon les différents scénarios du GIEC



Source : GIEC

- **Etape 2** : Ces scénarios d'émission de gaz à effet de serre sont injectés dans des **modèles climatiques globaux** (planétaires). Ces modèles (Global Climate Models – GCM) simulent le système global de circulation atmosphérique (avec ses interactions végétation-sols/océans/atmosphère) et l'impact des gaz à effet de serre sur ce système. Ils produisent des simulations du climat à l'échelle la planète (à une résolution de plusieurs centaines de km).

Figure 7 : Eléments et interactions pris en compte dans les modèles climatiques

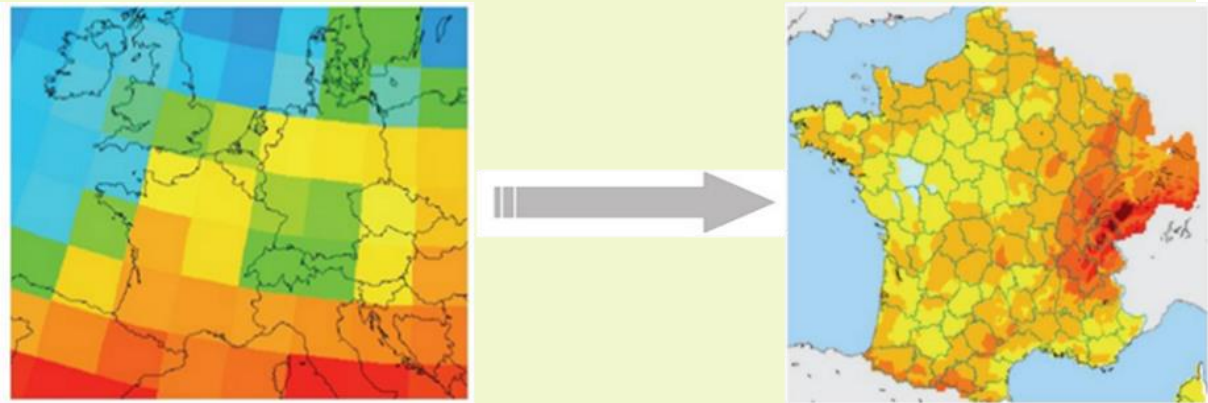


Source : Schéma figurant (sans source) dans le rapport Explore 2070-Ressource superficielles, BRLi 2012, (source originale inconnue)

- **Etape 3** : Un travail de « **descente d'échelle** » permet d'obtenir, à partir des résultats des modèles globaux, des projections climatiques à une échelle plus fine, permettant une meilleure représentation du climat local, et compatible avec les objets sur lesquels on va étudier les impacts du changement climatique (région, bassin versant, zone agricole, etc.). En France, de telles projections ont été produites à une résolution de 8 km par 8 km, et fournissent des projections de températures et précipitations pour différents modèles et différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre.



Figure 8 : Des projections climatiques globales aux projections régionales



Une projection climatique est donc la résultante d'un scénario de gaz à effet de serre, d'un modèle climatique, et d'une méthode de descente d'échelle. En conséquence, il existe dans la littérature, diverses projections climatiques, basées sur des hypothèses et des modèles différents, et pouvant indiquer des évolutions différentes du climat.

Ces projections peuvent indiquer des évolutions différentes voire contradictoires, car les hypothèses considérées sont variables, et les modèles sont imparfaits (ils ne rendent pas exactement compte des processus physiques en jeu). Il n'est pas possible de connaître les modèles les plus fiables, ni les hypothèses les plus justes. En conséquence, la méthode classique consiste à utiliser plusieurs projections climatiques, afin de disposer d'une image de plusieurs futurs possibles.

Compte tenu de la complexité des processus en jeu (grand nombre de variable), des limites des modèles et des hypothèses faites sur le futur, **il existe de fortes incertitudes associées aux projections climatiques. Il convient d'être très prudent sur l'utilisation de ces résultats.**

En particulier, il faut noter que les précipitations sont difficiles à modéliser pour les modèles existants, particulièrement en contexte méditerranéen, marqué par une forte variabilité interannuelle.

La quantification précise des modifications climatiques futures est donc difficile, en particulier à l'échelle locale.

Ces simulations peuvent néanmoins permettre de dégager des signaux forts pour l'évolution à venir des grandes composantes du climat (précipitations, températures, évapotranspiration potentielle).

Elles seront notamment utiles pour alimenter les modèles hydrologiques et estimer l'évolution des débits de certains cours d'eau sous l'action du changement climatique. Elles pourront également servir aux modèles permettant l'estimation des besoins hydriques des plantes.



2.2 COMMENT LE CLIMAT DU GARD A-T-IL ÉVOLUÉ DEPUIS 1960 ?

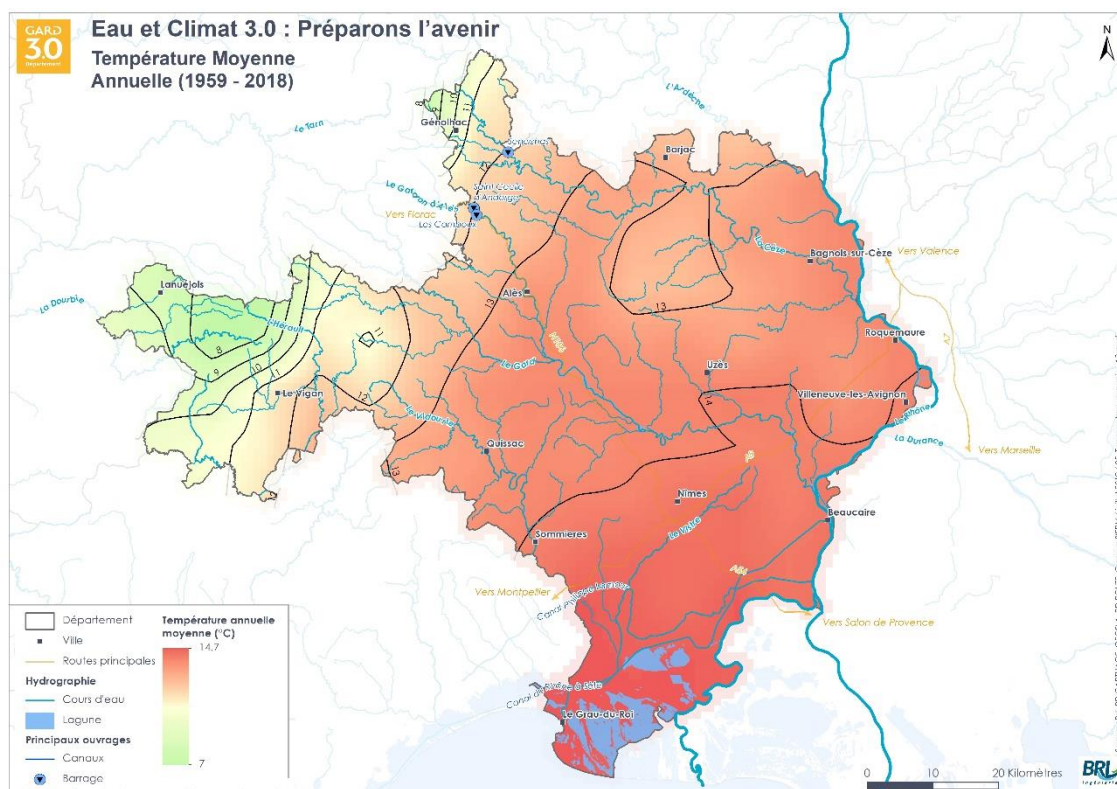
La description et l'identification de tendances d'évolution du climat dans le département du Gard au cours des dernières décennies s'appuient sur l'analyse des **données climatiques SAFRAN**, produites par Météo France et mises à disposition gracieusement dans le cadre de cette étude. Ces données recouvrent la période allant du 1^{er} août 1958 au 28 juin 2019. Elles possèdent une résolution temporelle (journalière) et spatiale (maille de 8 km de côté) très fine. Les paramètres disponibles sont la température, l'évapotranspiration potentielle ainsi que les précipitations.

L'utilisation de ces données nous a permis de caractériser de manière précise les **changements climatiques déjà observés sur le territoire** et d'identifier les secteurs les plus impactés.

Il est important de caractériser spatialement l'évolution du climat car le territoire gardois est très hétérogène et une tendance observée ponctuellement ou observée à l'échelle de tout le département pourrait masquer certaines particularités locales.

Les cartes ci-dessous ont été établies à partir des données météorologiques SAFRAN et sont présentées pour figurer la grande variabilité des paramètres climatiques à l'intérieur du département.

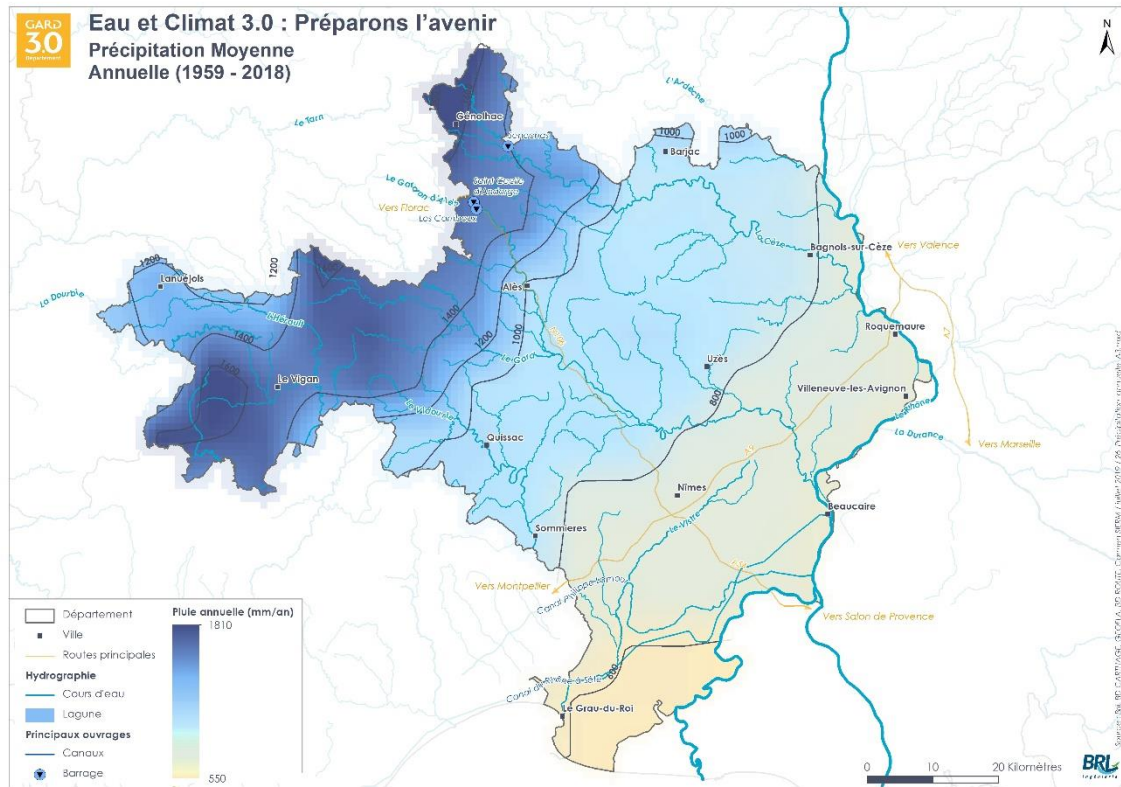
Figure 9 : Température moyenne annuelle du Gard (1959-2018)



Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

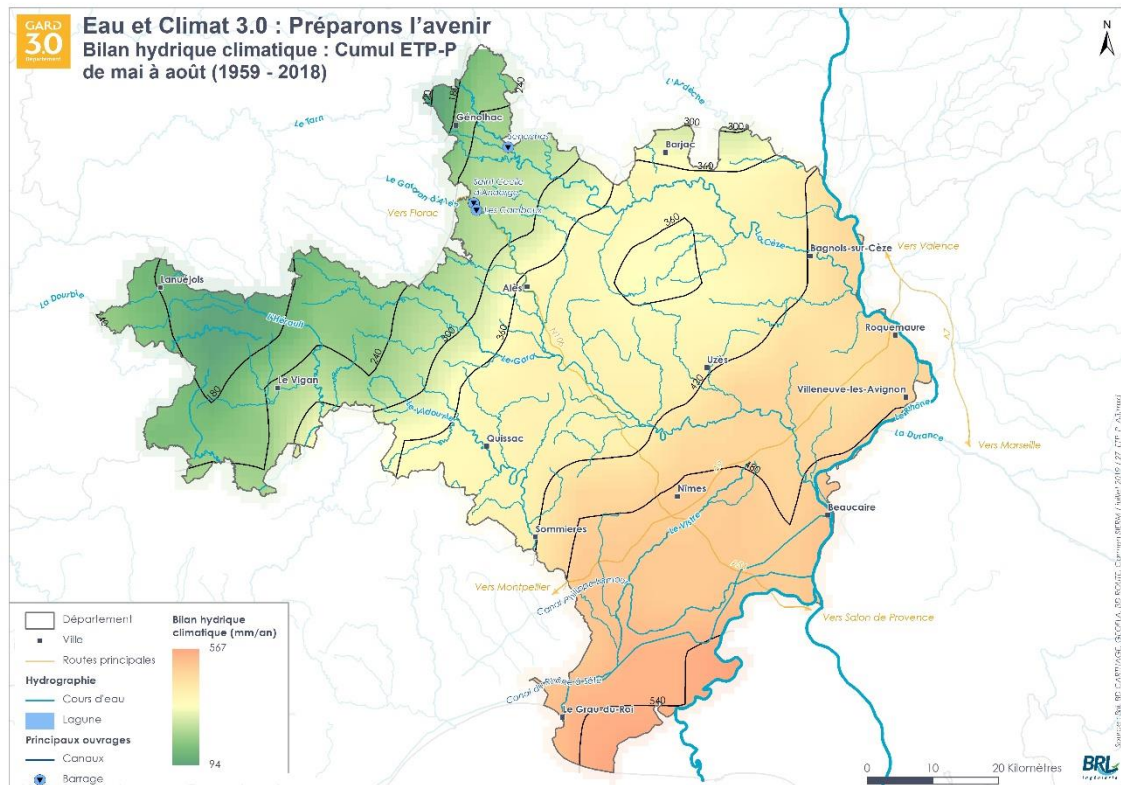


Figure 10 : Précipitation moyenne annuelle du Gard (1959-2018)



Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

Figure 11 : Cumul ETP-P de mai à août du Gard (1959-2018)



Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)



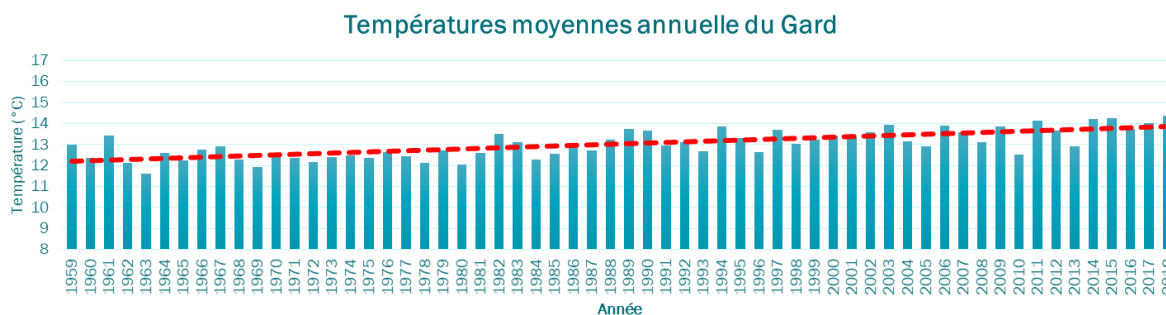
2.2.1 Un climat qui se réchauffe, de manière plus ou moins forte selon les territoires

UNE AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES DE +1,7°C DANS LE GARD DEPUIS 1958

La quantification de l'évolution des paramètres climatiques s'est faite par l'exploitation de la courbe de régression linéaire. Les années 1958 et 2019 étant incomplètes, nous ne les avons pas pris en compte dans nos calculs.

Le graphique ci-dessous présente la chronique des températures moyennes annuelles du Gard. La courbe rouge correspond à la droite de régression linéaire.

Figure 12 : Températures moyennes annuelles dans le Gard (1959-2018)

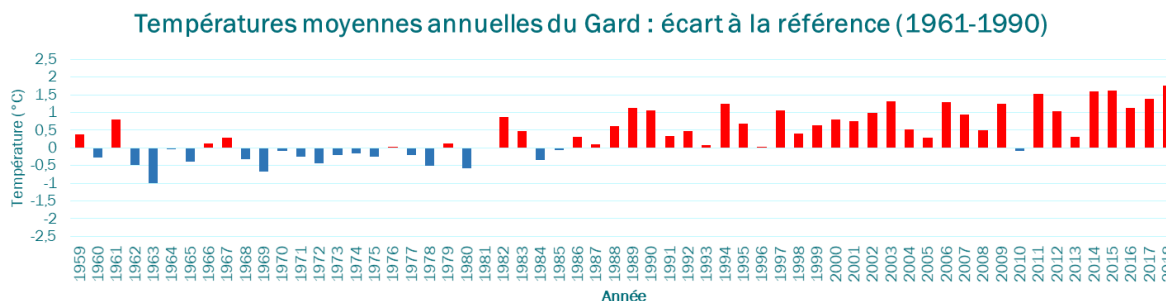


Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

Entre les années 1959 et 2018, la hausse des températures moyennes annuelles à l'échelle du département du Gard a été de +1,7 °C.

Une autre manière de représenter graphiquement les données est de comparer chaque année la température moyenne observée avec une température de référence. Nous obtenons alors une chronique d'anomalies de températures. Pour ce genre de travail, l'Organisation Météorologique Mondiale indique que « *lorsque l'objectif est d'étudier l'évolution du climat sur le long terme afin de comparer le climat actuel avec le climat passé, il est recommandé d'utiliser la période 1961-1990 comme période de référence* ». Le graphique ci-dessous présente l'anomalie des températures par rapport à la température moyenne mesurée sur la période de référence 1961-1990.

Figure 13 : Anomalies des températures moyennes annuelles dans le Gard (1959-2018)



Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

Après une période relativement stable, le réchauffement s'est réellement manifesté à partir des années 1980. A l'exception de l'année 2010, toutes les années à partir de 1986 ont été plus chaudes que la référence.



UN RÉCHAUFFEMENT DIFFÉRENT SELON LES TERRITOIRES

La richesse des données utilisées a permis de spatialiser à l'échelle de nos différents secteurs d'étude l'évolution de la température observée depuis 1959. De la même manière que précédemment, les graphiques ci-dessous présentent les chroniques d'anomalies de température pour chaque secteur.

Figure 14 : Anomalies des températures par secteur (1959-2018)

GRAPHIQUE	TENDANCE D'ÉVOLUTION
<p style="text-align: center;">Secteur Cévennes</p>	<p style="text-align: center;">+ 2,1°C pour le secteur Cévennes</p>
<p style="text-align: center;">Secteur Garrigues et plaines</p>	<p style="text-align: center;">+ 1,4°C pour le secteur Garrigues et plaines</p>
<p style="text-align: center;">Secteur Ceinture rhodanienne</p>	<p style="text-align: center;">+ 1,4°C pour le secteur Ceinture rhodanienne</p>
<p style="text-align: center;">Secteur Camargue</p>	<p style="text-align: center;">+ 1,7°C pour le secteur Camargue</p>



Nous avons ainsi pu mettre en évidence des tendances plus ou moins marquées d'augmentation des températures entre secteurs.

Le secteur Cévennes est significativement plus impacté par la hausse des températures. Cela semble être dû (entre autres ?) au caractère montagneux de la zone. En effet, dans ces territoires l'augmentation des températures induit une réduction des surfaces couvertes de neige en hiver, surfaces qui réfléchissent les rayons du soleil, et sont alors remplacées par des surfaces découvertes qui au contraire accumulent la chaleur. De telles observations sont par exemple visibles dans le massif alpin pour lequel l'augmentation des températures est deux fois supérieure à celle observée à l'échelle globale (AGATE, 2019).

UN RÉCHAUFFEMENT DIFFÉRENT SELON LES SAISONS

De la même manière l'évolution des températures n'a pas été la même en fonction des saisons. Notre analyse a été menée en définissant quatre saisons :

- DJF correspondant aux mois décembre – janvier – février (hiver),
- MAM correspondant aux mois mars – avril – mai (printemps),
- JJA correspondant aux mois juin – juillet – août (été),
- SON correspondant aux mois septembre – octobre – novembre (automne).

Les résultats de l'évolution des températures par saison et par secteur sont repris dans le tableau récapitulatif ci-dessous.

Tableau 3 : Evolution des températures moyennes par saison et par secteur (tendance linéaire entre 1959 et 2018)

Températures (°C)	GARD	CEVENNES	GARRIGUES ET PLAINES	CEINTURE RHODANIENNE	CAMARGUE
Hiver	+ 1,0	+ 1,7	+ 0,6	+ 0,7	+ 1,1
Printemps	+ 1,8	+ 2,3	+ 1,6	+ 1,5	+ 1,6
Eté	+ 2,5	+ 2,8	+ 2,4	+ 2,4	+ 2,2
Automne	+ 1,2	+ 1,6	+ 0,9	+ 1,1	+ 1,6
Année	+ 1,7	+ 2,1	+ 1,4	+ 1,4	+ 1,7

Source : Exploitation des données Météo France SAFRAN (BRLi)

Comme attendu, l'augmentation observée à l'échelle annuelle masque des amplitudes beaucoup plus fortes à l'échelle saisonnière.

Le réchauffement est le plus fort sur les mois d'été, atteignant jusqu'à +2,5°C à l'échelle du Gard, mais aussi au printemps (+1,8°C dans le Gard). Au contraire les mois d'automne et d'hiver semblent connaître un réchauffement moins important.

Le secteur Cévennes connaît d'une manière unique par rapport aux autres secteurs un fort réchauffement sur les mois d'hiver.



2.2.2 Des cumuls de précipitations qui restent inchangés mais une répartition temporelle qui évolue

PAS DE TENDANCE D'ÉVOLUTION DU CUMUL DE PRÉCIPITATIONS DANS LE GARD. UN FAIBLE SIGNAL DANS LES CÉVENNES ?

Les graphiques ci-dessous représentent les précipitations annuelles observées à l'échelle du Gard. Le premier sous la forme d'une chronique représentant les cumuls bruts de précipitations, le second sous la forme d'une chronique d'anomalies de précipitation.

Figure 15 : Précipitations annuelles et anomalies des précipitations dans le Gard (1959-2018)

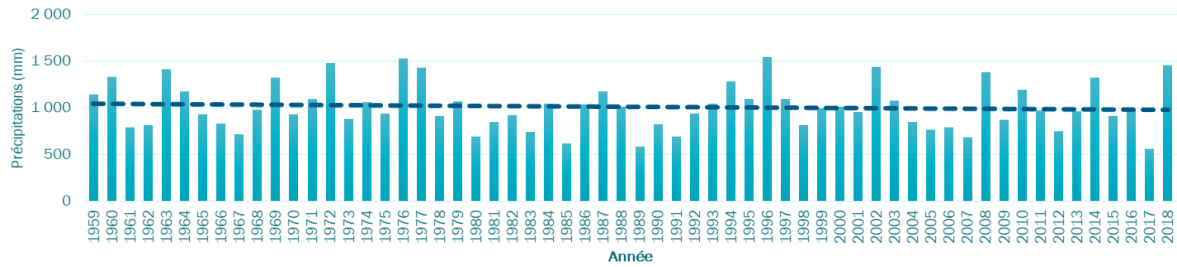
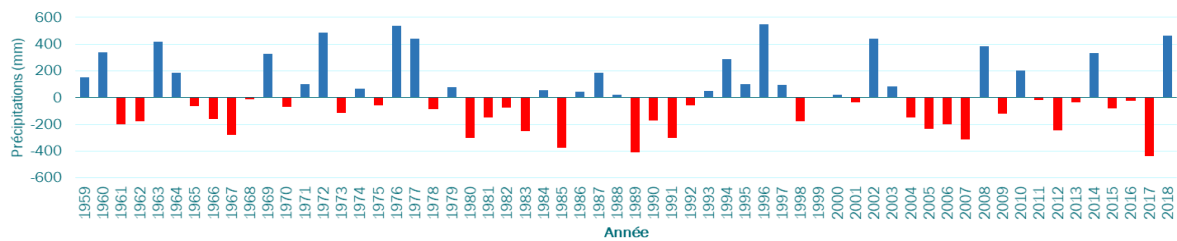


Figure 16 : Précipitations annuelles pour le département du Gard : écart à la référence (1961-1990)

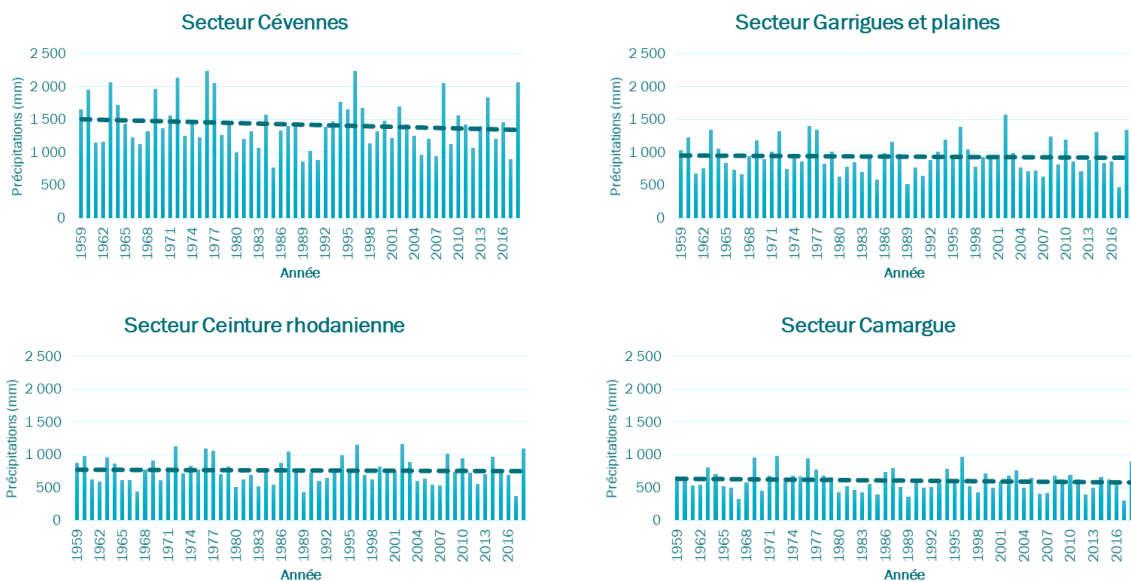


Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

Aucune tendance marquée ne semble apparaître de manière évidente. A l'échelle du département du Gard, il n'est pas possible de conclure sur une évolution des quantités de précipitations tombées chaque année.

En réalisant cette même analyse à l'échelle des différents secteurs d'étude, nous obtenons les chroniques de précipitations ci-dessous.

Figure 17 : Précipitations annuelles par secteur (1959-2018)



Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)



Aucune tendance n'est observé sur les secteurs Garrigues et plaines, Ceinture rhodanienne et Camargue. **Une légère tendance de diminution du cumul de précipitation peut être observée pour le secteur Cévennes.**

UNE DIMINUTION DES PLUIES L'HIVER ET L'ÉTÉ, UNE AUGMENTATION À L'AUTOMNE

De la même manière que pour les températures, nous avons étudié l'évolution des précipitations en fonction des saisons. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Évolution des précipitations (en mm et en % par rapport à la moyenne 1961-1990) par saison et par secteur (tendance linéaire entre 1959 et 2018)

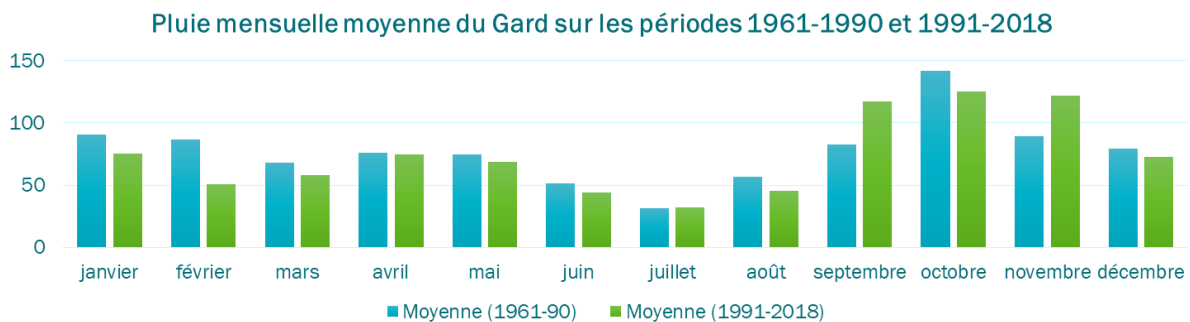
Précipitations (mm)	GARD	CEVENNES	GARRIGUES ET PLAINES	CEINTURE RHODANIENNE	CAMARGUE
DJF	- 95	- 160	- 80	- 55	- 45
MAM	- 10	- 15	- 5	- 5	- 5
JJA	- 35	- 70	- 30	- 15	- 10
SON	+ 65	+ 80	+ 70	+ 55	+ 5

Précipitations (%)	GARD	CEVENNES	GARRIGUES ET PLAINES	CEINTURE RHODANIENNE	CAMARGUE
DJF	- 35 %	- 40 %	- 30 %	- 30 %	- 25 %
MAM	- 5 %	- 5 %	- 2 %	- 3 %	- 5 %
JJA	- 25 %	- 35 %	- 20 %	- 15 %	- 15 %
SON	+ 20 %	+ 15 %	+ 25 %	+ 20 %	+ 2 %

Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

Le graphique ci-dessous compare les pluies mensuelles moyennes observées sur la période 1991-2018 avec les pluies observées sur la période 1961-1990. Il permet de visualiser les mois durant lesquelles le cumul de pluie a évolué.

Figure 18 : Comparaison des pluies mensuelles moyennes sur les périodes 1961-1990 et 1991-2018



Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

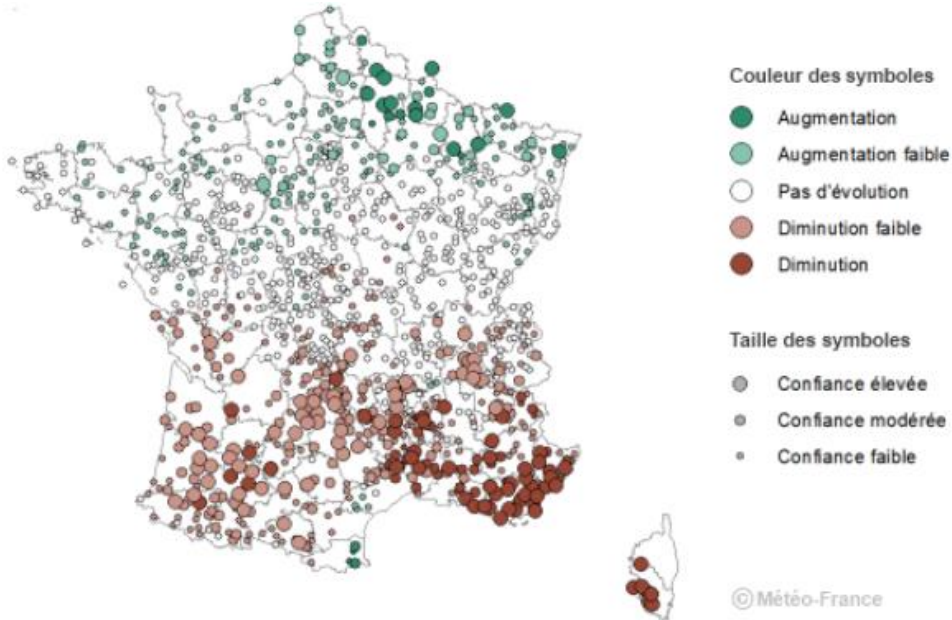
Bien que le cumul annuel des précipitations reste quasiment inchangé à l'échelle annuelle, nous pouvons néanmoins constater une modification de la répartition des précipitations dans l'année, précisée dans les paragraphes suivants.



■ Hiver :

Les précipitations hivernales (décembre, janvier, février voire même mars) semblent avoir significativement diminuées. A l'échelle du Gard, **les pluies hivernales ont baissé de près de 35% par rapport à la référence (1961-1990)**. Ce diagnostic est conforme avec les analyses de Météo France qui conclut à une diminution des précipitations hivernales dans le sud de la France (voir carte ci-dessous).

Figure 19 : Évolution observée du cumul hivernal de précipitations (1959-2009)



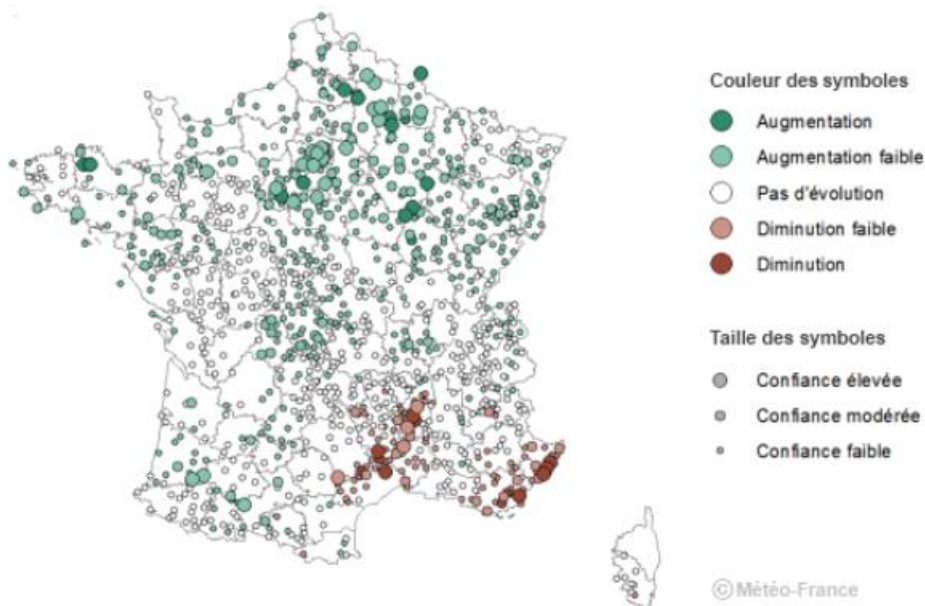
Source : Météo France

26

■ Printemps :

La légère tendance à la baisse observable sur les différents secteurs d'étude semble trop peu prononcée pour pouvoir conclure d'une manière certaine à une diminution des précipitations printanières. Les analyses de Météo France semblent dire la même chose pour le Gard avec une confiance faible concernant une légère diminution. A noter que le degré de confiance pour une diminution des précipitations printanières augmente en allant vers le massif cévenol.

Figure 20 : Évolution observée du cumul printanier de précipitations (1959-2009)



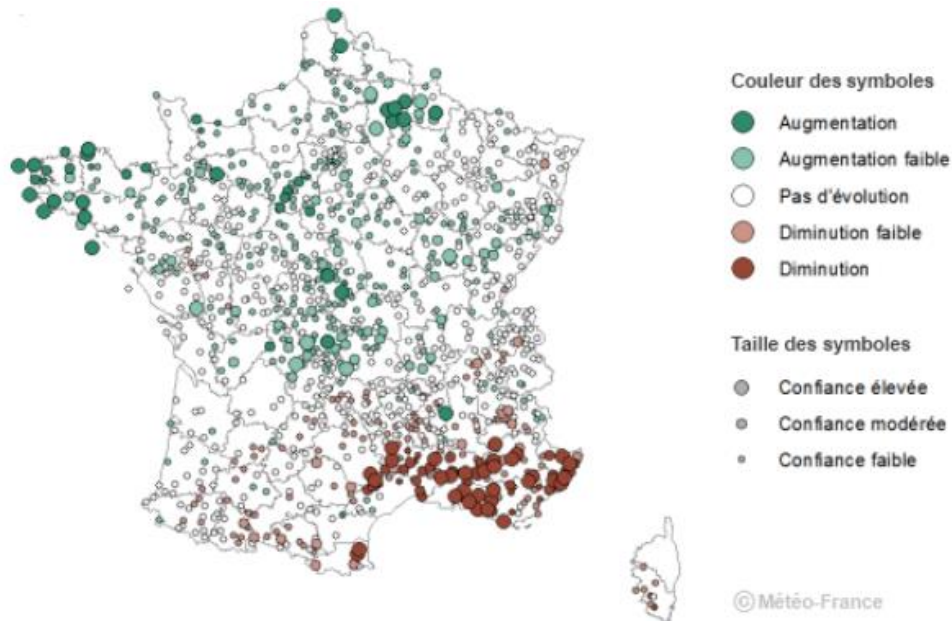
Source : Météo France



■ **Eté :**

De la même manière que les précipitations hivernales, les précipitations estivales semblent avoir significativement diminué entre 1959 et 2018. **A l'échelle du Gard, les pluies estivales ont baissé de 25% par rapport à la référence (1961-1990).** Ce sont de nouveaux résultats conformes avec les analyses de Météo France (voir ci-dessous).

Figure 21 : Évolution observée du cumul estival de précipitations (1959-2009)

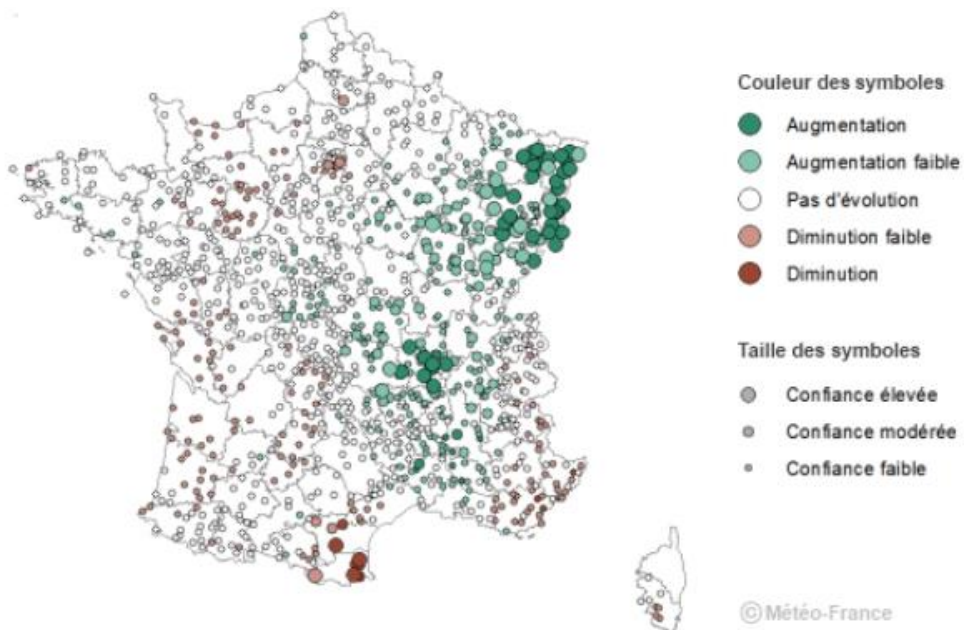


Source : Météo France

■ **Automne :**

A partir des données météorologiques couvrant le département du Gard, nous observons une nette augmentation du cumul de précipitations sur les mois d'automne entre 1959 et 2018. **Ces précipitations ont augmenté de près de 20% par rapport à la période de référence (1961-1990).** La variation est la plus forte sur les mois de septembre et de novembre. La tendance observée ici ne semble pas ressortir de manière aussi forte dans l'analyse de Météo France, qui indiquerait plutôt une légère augmentation avec un degré de confiance faible.

Figure 22 : Évolution observée du cumul automnal de précipitations (1959-2009)



Source : Météo France



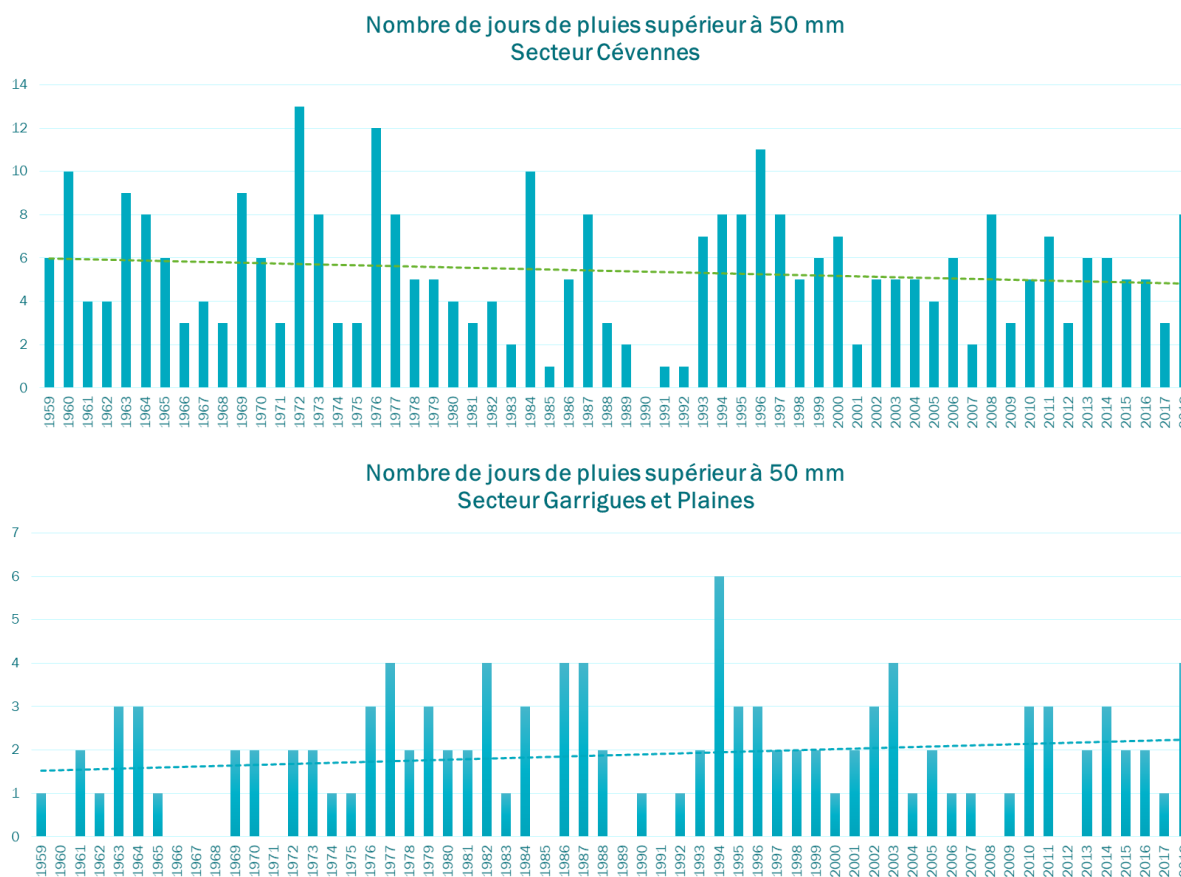
Remarque générale sur l'analyse des précipitations : Ces résultats sont à prendre avec une grande prudence. Contrairement à la température, la pluie est un phénomène qui connaît une très forte variabilité interannuelle. L'indicateur retenu (cumul de précipitations) reste ainsi très sensible aux événements extrêmes (années très humides ou très sèches, années présentant un événement ponctuel exceptionnel). **Les tendances observées lors de l'analyse ne représentent ainsi pas forcément la tendance d'évolution sur du long terme.**

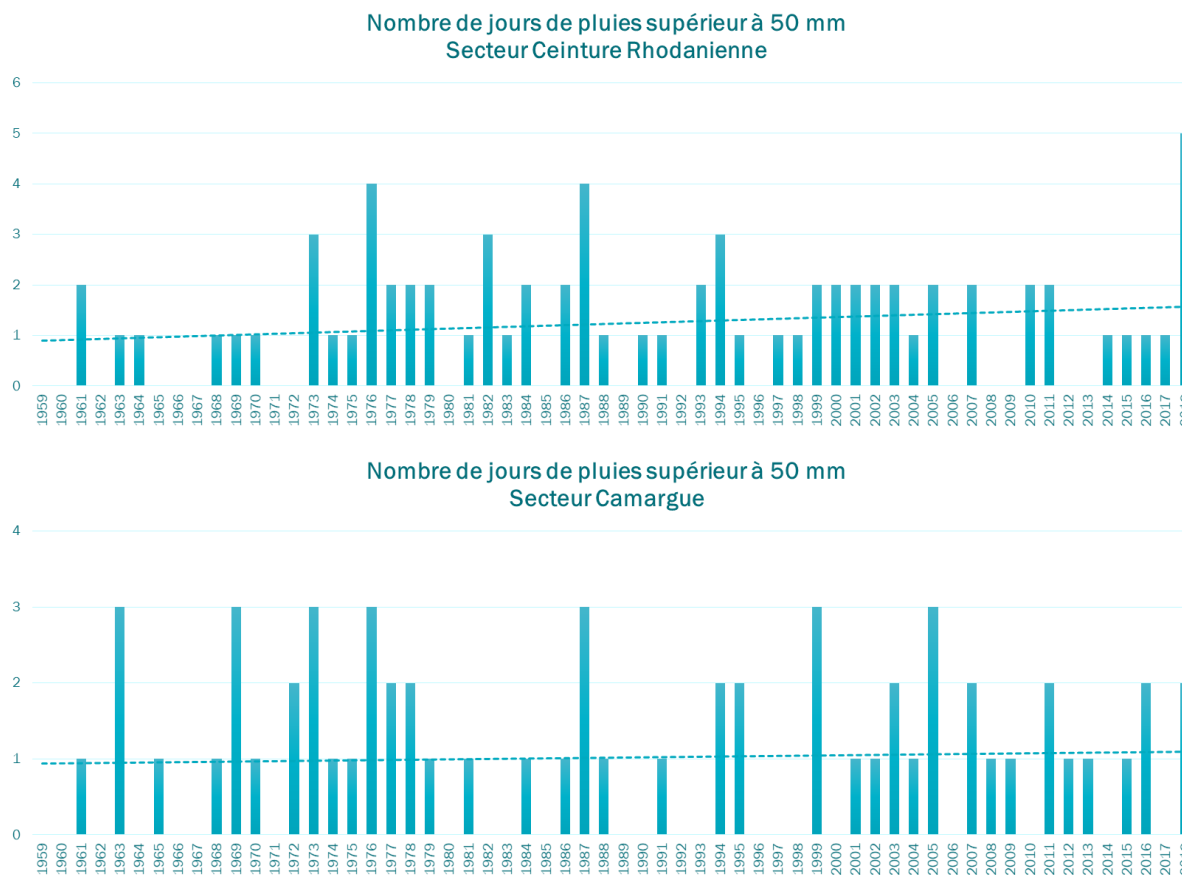
Enfin, bien que des tendances d'évolution aient été identifiées dans le cadre de notre analyse sur les précipitations passées, il est difficile d'extrapoler cette analyse pour prédire les évolutions futures du régime des précipitations sur notre territoire.

ABSENCE DE SIGNAL CONCERNANT LA FRÉQUENCE DES ÉVÈNEMENTS DE PLUIES EXTRÊMES

Les graphiques ci-dessous représentent le nombre de jours durant lesquels le cumul de pluie dépasse le seuil des 50 mm, pour les différents secteurs d'étude. Ce seuil a été décidé de manière à rendre compte de la fréquence des épisodes de pluies extrêmes. Nous n'avons pas pu fixer un seuil plus haut car les données utilisées pour cette analyse correspondent à des précipitations journalières moyennées sur chacun des secteurs d'étude. A une échelle spatiale plus fine il aurait pu être intéressant de tester des seuils allant de 100 à 200 mm qui correspondent à des cumuls de pluie pouvant être atteint localement lors d'épisodes extrêmes.

Figure 23 : Nombre de jours de pluies supérieur à 50 mm à l'échelle des différents secteurs (1959-2018)





Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

Aucune tendance significative ne semble observable à partir de ces résultats. **Il est difficile en l'état de conclure à une augmentation de la fréquence de ces évènements extrêmes.**

Certains travaux scientifiques, comme ceux de (Vautard, 2015) et (Blanchet, 2016) ont étudié l'évolution de l'intensité des épisodes de précipitations extrêmes sur le pourtour Méditerranéen. Il n'y a pas de tendance significative à l'échelle régionale, mais ceux-ci ont mis en évidence une augmentation des cumuls journaliers maximums de précipitations sur le secteur Cévenol en particulier sur les mois d'automne (septembre, octobre et novembre).

2.2.3 Une conséquence directe à la hausse des températures : augmentation de l'évapotranspiration potentielle

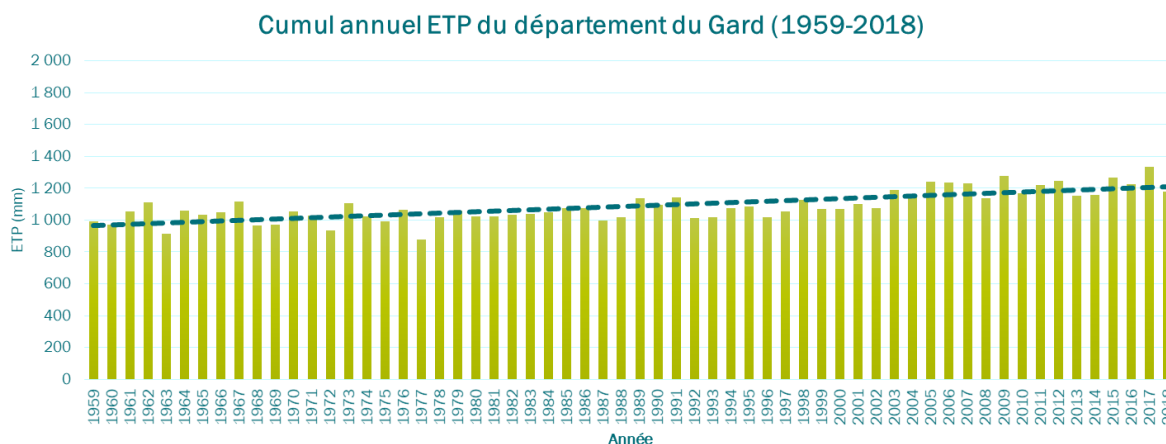
L'évapotranspiration est la somme de la transpiration du couvert végétal et de l'évaporation de l'eau du sol. En présence d'un couvert végétal de référence et avec une disponibilité en eau non limitante cette valeur d'évapotranspiration tend vers une évapotranspiration potentielle, appelé ETP.

Cet indicateur intègre uniquement des facteurs climatiques (quantité de rayonnement, vent, température ou encore humidité atmosphérique). L'indicateur est très important d'un point de vue agronomique, il va notamment conditionner les besoins hydriques des cultures. Ces variations nous renseignent sur l'évolution de la demande climatique en eau évapotranspirée. L'ETP correspond à un volume d'eau et est exprimée en millimètres.

Le graphique ci-dessous représente l'évolution du cumul annuel d'évapotranspiration potentielle entre les années 1959 et 2018. La courbe verte correspond à la droite de régression linéaire de la série de données.



Figure 24 : Evapotranspiration annuelle dans le Gard (1959-2018)



Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

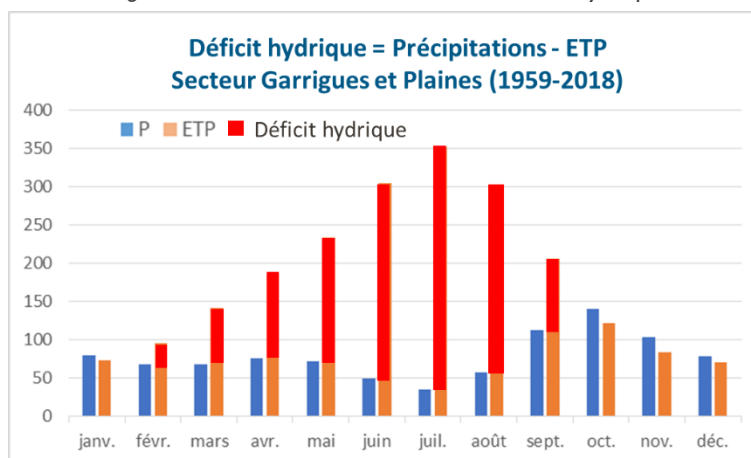
En conclusion, nous constatons qu'entre 1959 et 2018, l'évapotranspiration potentielle a augmenté de près de 240 mm (augmentation de plus de 20% par rapport à la moyenne sur la période 1961-1990). L'évolution des besoins des principales cultures (liée à l'évolution de l'ETP) est présentée au sous-chapitre 4.2.4.2 « A surface irriguée constante, hausse du besoin en eau des cultures ».

Remarque : la valeur d'ETP correspond à une valeur théorique qui ne tient pas compte de la nature des couverts en place, ni de leurs stades de développement. L'évolution de cet indicateur nous renseigne sur l'évolution du climat uniquement, mais ne représente pas la quantité réellement évapotranspirée au cours de l'année.

2.2.4 Au final un déficit hydrique qui augmente et des sols de plus en plus secs

Le déficit hydrique exprime la différence entre l'évapotranspiration potentielle et les précipitations pendant une période donnée (cf. illustration ci-dessous). Cela correspond à un bilan entre ce qui rentre dans le système (les précipitations) et ce qui en sort (l'eau évapotranspirée). Le système qui nous intéresse ici concerne le système de production agricole.

Figure 25 : Illustration de la notion de déficit hydrique



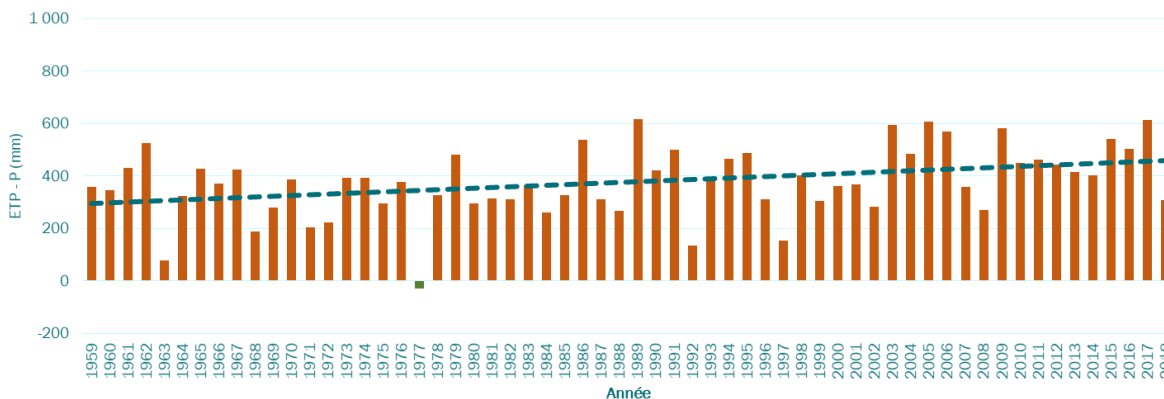
Source : BRLi (2019)

La période retenue pour notre analyse concerne les mois de mai à août.



Le graphique ci-dessous présente pour chaque année le cumul de différence entre l'évapotranspiration potentielle et les précipitations (cumul ETP-P) pour les mois de mai à août. Si cette valeur est négative cela signifie que les précipitations ont été suffisantes pour satisfaire la demande climatique en eau évapotranspirée, au contraire si le cumul est positif cela signifie que les précipitations ont été insuffisantes.

Figure 26 : Cumul ETP-P (mai à août) annuel dans le Gard (1959-2018)

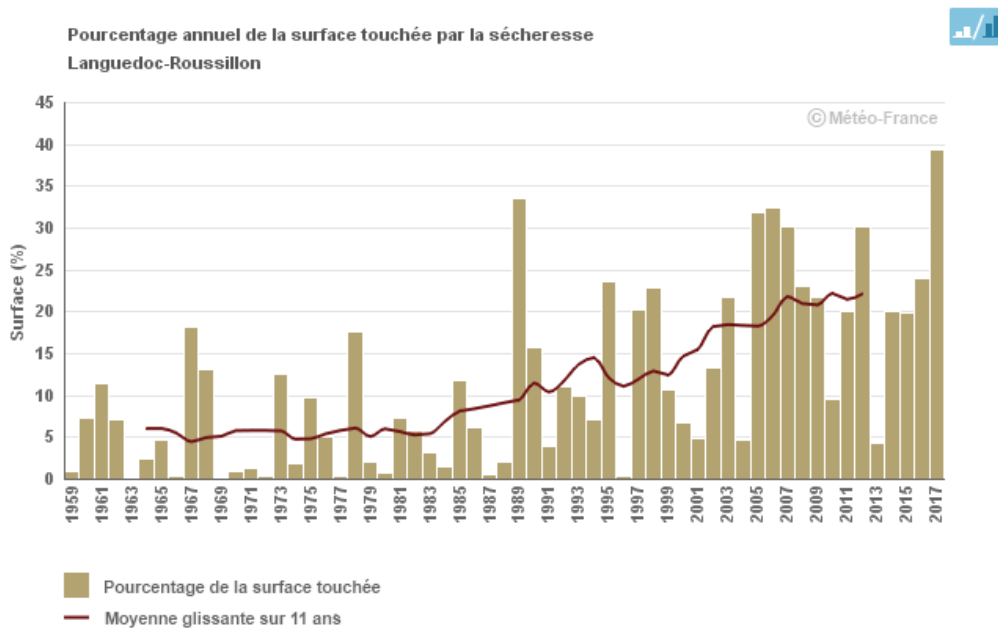


Source : Exploitation des données SAFRAN (BRLi)

Sur la période 1959-2018, nous observons **une nette augmentation du déficit hydrique (entre mai et août)**, en lien d'une part avec l'augmentation de l'ETP et d'autre part de la légère diminution des précipitations estivales. **Cette augmentation du déficit hydrique est de près de 165 mm (soit une augmentation de près de 50% par rapport au déficit hydrique constaté sur la période 1961-1990)**. Le phénomène observé est une **aridification du climat du Gard**.

Une conséquence identifiée par Météo France à l'augmentation de ce déficit hydrique a été **l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de sécheresse des sols**. On présente ci-dessous la chronique du pourcentage annuel de la surface touchée par cette sécheresse dans le Languedoc-Roussillon. La moyenne décennale des surfaces touchées est passée de 5% environ en 1960 à plus de 20% de nos jours.

Figure 27 : Pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse en Languedoc-Roussillon (1959-2017)



Source : Météo France



2.3 COMMENT LE CLIMAT DU GARD POURRAIT-IL ÉVOLUER D'ICI À 2100 ?

MÉTHODE DE PROJECTION DU CLIMAT

Nous avons rappelé, dans la partie 2.1, la méthodologie générale associée aux projections climatiques. Il est important d'insister sur les **fortes incertitudes associées à ces calculs**, il faut donc être très prudent sur l'utilisation et l'interprétation des résultats. Aucune valeur précise d'évolution des paramètres climatiques ne peut être prédite.

Devant l'incertitude associée aux données des projections climatiques, nous avons décidé d'utiliser les données issues de **9 modèles climatiques différents** et mises à disposition sur le site internet Drias³ (il s'agit de l'intégralité des données mises à dispositions à la date de rédaction de la présente étude).

L'exploitation des données météorologiques a été faite **à l'échelle de 10 bassins versants** couvrant une grande partie du département. Cette échelle de travail a été décidée car les données issues de cette analyse seront réutilisées et serviront en tant que paramètres d'entrée à la modélisation de l'évolution future des débits des cours d'eau.

Les horizons de travail utilisés sont :

- Un horizon de référence (1971-2005),
- Un **horizon proche** (2031-2050),
- Un **horizon lointain** (2071-2100).

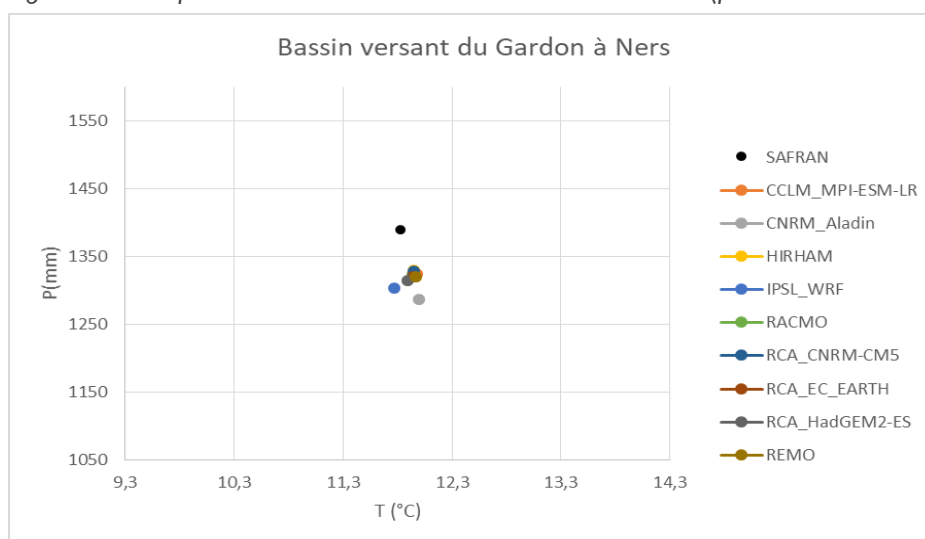
Enfin, nous avons choisi d'étudier **deux scénarios de changement climatique**, correspondant aux scénarios du GIEC : RCP 4.5 (scénario médian) et RCP 8.5 (scénario pessimiste).

32

Pour évaluer la qualité et la fiabilité des modèles climatiques proposés, nous avons analysé leur capacité à reproduire le climat passé. Pour cela, nous avons comparé sur une même période de référence (1971-2005) le climat observé (données SAFRAN) avec les climats modélisés par les 9 modèles.

Nous avons positionné les différents modèles sur le graphique ci-dessous selon les valeurs de températures moyennes et de précipitations annuelles recalculées. La situation illustrée ici correspond au bassin versant du Gardon à Ners.

Figure 28 : Comparaison du climat observé et des climats modélisés (période 1971-2005)



Source : Données climat DRIAS et SAFRAN

³ <http://www.drias-climat.fr/>



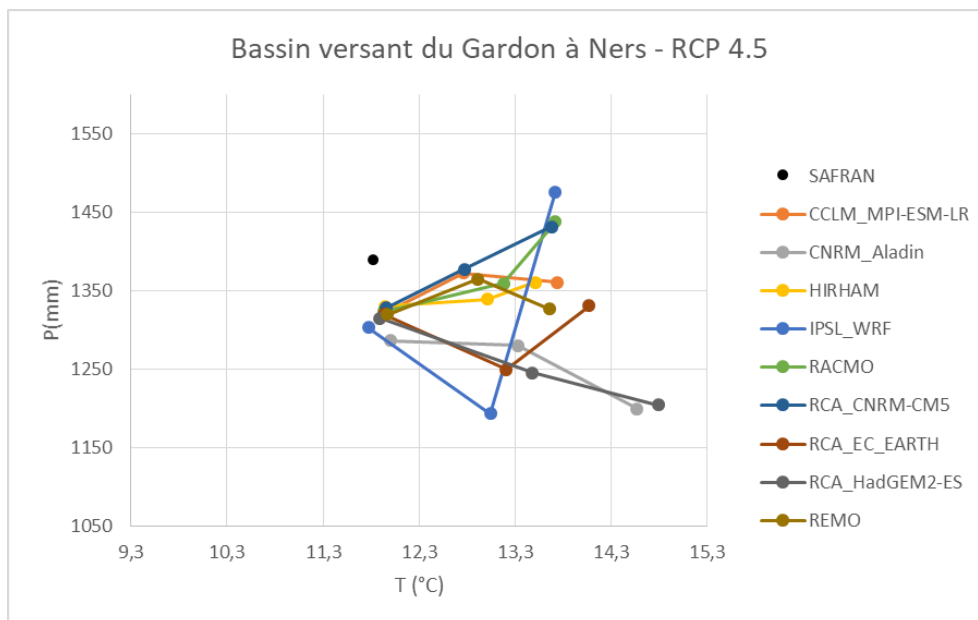
Les modèles sont assez bien calés par rapport aux données observées en ce qui concerne les températures, mais ils sous-estiment tous d'environ 100 mm les précipitations.

Pour chaque bassin versant étudié, des fiches de synthèse ont été éditées. Elles présentent l'évolution, selon les 9 modèles, des paramètres climatiques mensuels (températures, précipitations et ETP) en fonction du scénario et de l'horizon considérée. L'ensemble de ces fiches est disponible en annexe, celles-ci synthétisent également les résultats de la projection hydrologique présentée plus loin. Les représentations ci-dessous comparent l'évolution de la température mensuelle en fonction des modèles, de l'horizon et du scénario considérés (exemple pour un des bassins versants étudiés).

2.3.1 Quoi qu'on fasse, le réchauffement va se poursuivre

En complétant l'analyse précédente avec les données climatiques modélisées aux horizons milieu de siècle et fin de siècle selon les 9 modèles, nous obtenons les tendances d'évolution suivantes.

Figure 29 : Trajectoires d'évolution du climat selon les 9 modèles climatiques



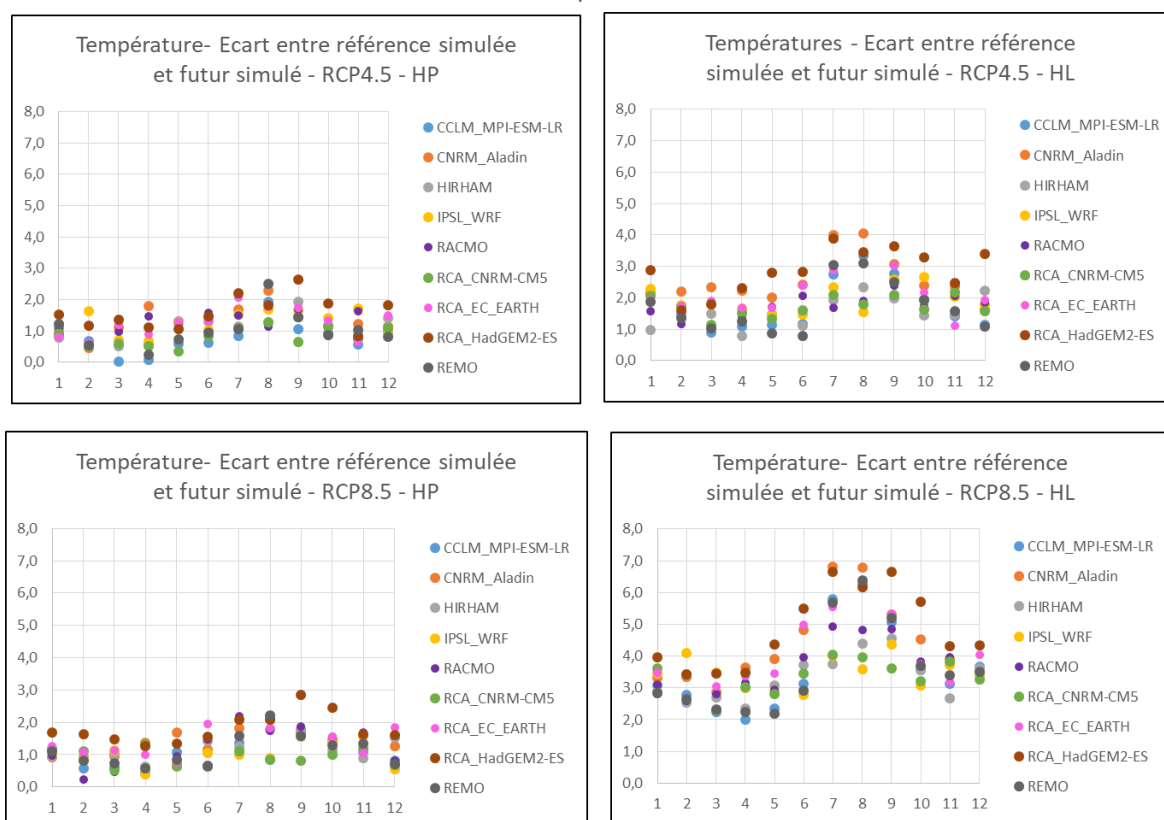
Source : Données climat DRIAS et SAFRAN

Pour chaque modèle, le point le plus à gauche correspond au climat pour la période de référence (1971-2005), le point intermédiaire correspond au climat à l'horizon 2030-2050 (horizon proche - HP), le point le plus à droite correspond au climat à l'horizon 2070-2100 (horizon lointain - HL).

Tous les modèles s'accordent sur une hausse des températures (trajectoires d'évolution allant vers la droite). Le constat établi ici pour le bassin versant du Gardon à Ners est généralisé sur l'ensemble des bassins versants étudiés.



Figure 30 : Évolution des températures mensuelles. Exemple du bassin versant du Gardon à Ners.
HP : Horizon Proche, HL : Horizon Lointain.



Source : Données des 9 modèles climatiques (DRIAS)

34

- À l'horizon milieu de siècle, le scénario d'évolution des émissions de gaz à effet de serre influe peu sur l'évolution des températures. Nous ne constatons pas de différences importantes entre les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Le réchauffement en température moyenne annuelle par rapport à la période de référence 1971-2005 devrait être compris entre 0,8 et 1,8°C à cet horizon milieu de siècle.

Le réchauffement des températures sera plus important en période estivale. C'est sur les mois de juillet, août et septembre que l'on retrouvera le réchauffement le plus important, compris entre 0,7 et 2,9°C par rapport à la période de référence.

- À l'horizon fin de siècle, la dispersion des résultats augmente, mais la tendance d'augmentation des températures est toujours présente et devrait encore s'amplifier. Les niveaux atteints sont différents en fonction du scénario considéré et donc seront fonction des niveaux d'émissions de gaz à effet de serre atteints au cours du siècle.
 - Pour le scénario intermédiaire (RCP 4.5) l'augmentation de la température moyenne annuelle par rapport à la période de référence pourrait se situer autour de + 1,8°C [min : + 1,6°C ; max : + 2,9°C]. L'été cette augmentation devrait être encore plus importante, de l'ordre de + 2,7 °C [min : + 1,7°C ; max : + 4°C].
 - Pour le scénario pessimiste (RCP 8.5), les niveaux de réchauffement atteints sont très importants. À l'échelle annuelle, il pourrait être compris entre + 3,3°C et + 4,9°C (médiane des résultats à + 3,6°C). Sur la période estivale, le réchauffement serait compris entre + 3,8°C et + 6,7°C (médiane à + 5,4°C).

En conclusion, **l'ensemble des projections climatiques nous indiquent une augmentation généralisée des températures par rapport à la période de référence.** La saison estivale connaîtra les plus fortes augmentations de températures. Cette augmentation sera d'autant plus forte si l'on se place à l'horizon fin de siècle et que les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle globale ne sont pas stabilisées (scénario RCP 8.5). Dans ce scénario pessimiste, l'augmentation de la température moyenne du Gard serait d'environ **+0,5 °C par décennie**. Ceci représente **+1.5 °C entre aujourd'hui et 2050 et + 4°C entre aujourd'hui et 2100.**



2.3.2 De fortes incertitudes sur le devenir des précipitations

Les projections climatiques sont beaucoup moins tranchées et ne s'accordent pas sur une tendance d'évolution des précipitations. En reprenant la Figure 29 ci-dessus, on remarque ainsi que certains modèles prévoient une augmentation des précipitations annuelles, d'autre une diminution. L'un d'entre eux prévoit pour sa part une nette diminution à l'horizon milieu de siècle puis une nette augmentation à l'horizon fin de siècle (modèle IPSL_WRF).

Les représentations ci-dessous comparent l'évolution des précipitations mensuelles en fonction des modèles, de l'horizon et du scénario considérés.

Figure 31 : Évolution des précipitations mensuelles. Exemple du bassin versant du Gardon à Ners.
HP : Horizon Proche, HL : Horizon Lointain.



Source : Données des 9 modèles climatiques (DRIAS)

- **À l'horizon milieu de siècle, les précipitations ne devraient globalement pas évoluer à l'échelle annuelle.** La médiane des résultats des modèles est de l'ordre de +1% [min : -8% ; max : +4%] pour le scénario RCP 4.5 et de l'ordre de -2% [min :-11% ; +7%] pour le scénario RCP 8.5.

Au vu de la dispersion des données, il est impossible d'établir des tendances d'évolution de la répartition des pluies sur l'année. Certains modèles prévoient d'importantes modifications du régime des pluies et ce même à un horizon proche, mais il n'y a pas de consensus entre modèles et il est difficile de juger qu'un modèle soit plus fiable que les autres.



- **A l'horizon fin de siècle, de la même manière le cumul de précipitation annuelle pourrait rester relativement stable.** La médiane des résultats des modèles est de l'ordre de +2% [min : -8% ; max : +13%] pour le scénario RCP 4.5 et de l'ordre de -4% [min :-16% ; +5%] pour le scénario RCP 8.5.

Des tendances d'évolution des précipitations saisonnières commencent à apparaître plus nettement. Les différents modèles semblent s'accorder sur une diminution des précipitations en période estivale de l'ordre de -12% [min : -37% ; max : +10%] pour le mois de juillet pour le scénario RCP 4.5 et de l'ordre de -37% [min : -57% ; max : -21%], toujours pour le mois de juillet pour le scénario RCP 8.5. Au contraire les précipitations hivernales pourraient connaître une augmentation significative. On notera que ces projections ne s'inscrivent pas dans la tendance à la baisse constatée sur les précipitations hivernales passées à partir des données SAFRAN)

En conclusion, les résultats peuvent être très variables selon les modèles climatiques considérés, des résultats peuvent même paraître contradictoires. Il convient d'être très prudent dans l'interprétation de ces résultats.

Il n'est pas possible d'établir de manière consensuelle des tendances d'évolution du régime des précipitations dans le Gard à l'horizon milieu de siècle.

À l'horizon fin de siècle, il est possible que les précipitations sur la période estivale diminuent et que celles sur la période hivernale augmentent. Aucune tendance d'évolution des cumuls annuels ne peut être établie.



3 QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES RESSOURCES EN EAU ET LE TERRITOIRE ?

3.1 DES RESSOURCES SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES FORTEMENT LIÉES

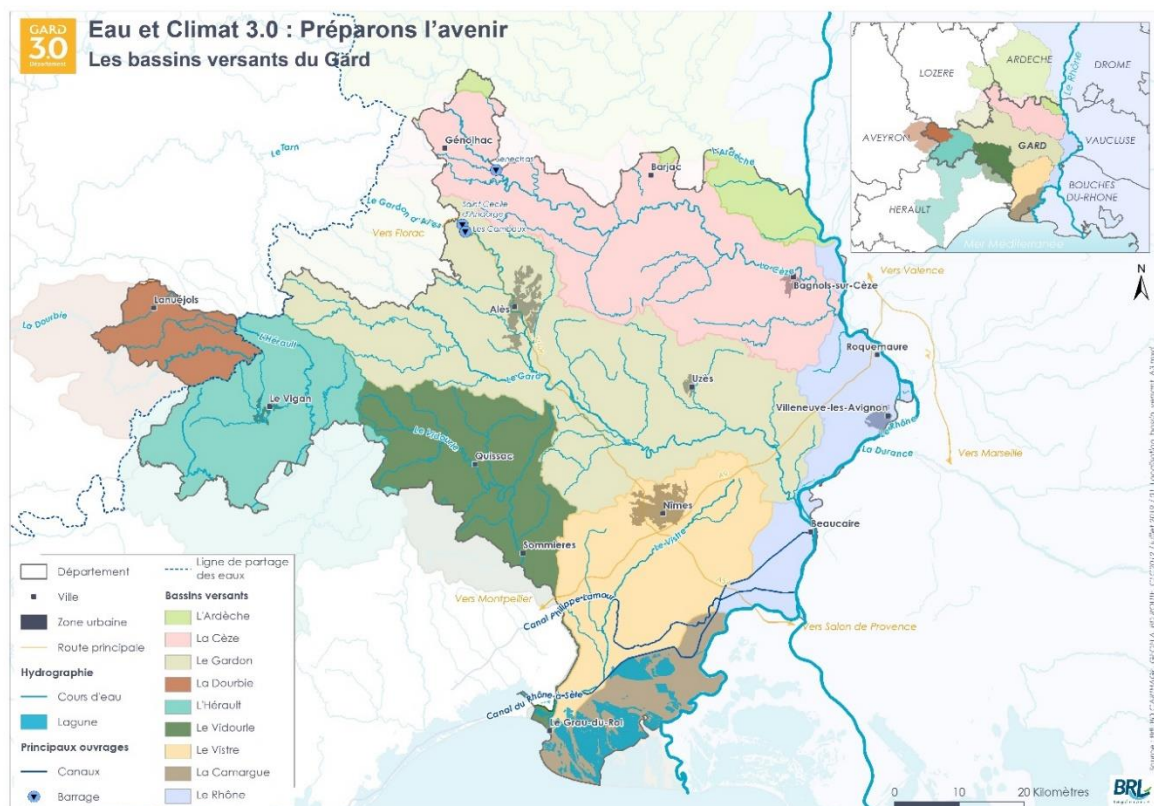
3.1.1 Ressources superficielles du département

Les principaux bassins versants concernés en tout ou partie par le territoire du Gard sont :

- Au nord-est du territoire, une petite partie du bassin de l'Ardèche ;
- Du nord au sud, les bassins versants Cèze⁴ et Gardons, affluents du Rhône ;
- Les bassins versants de l'Hérault (partie amont), du Vidourle et du Vistre, fleuves côtiers ;
- Une partie du bassin versant de la Dourbie est située au nord-ouest du territoire et se situe de l'autre côté de la ligne de partage des eaux Atlantique – mer Méditerranée.

Le département est par ailleurs longé sur toute sa bordure orientale par le fleuve Rhône, juste avant qu'il ne rejoigne la Méditerranée.

Figure 32 : Les bassins versants du Gard



⁴ Le bassin Cèze englobe maintenant deux affluents du Rhône : l'Arnave vers Pont Saint Esprit, et le Nizon, Galet, et Malaven au sud.



Le bilan besoins-ressources des quatre principaux bassins versants du territoire (Cèze, Gardons, Vidourle, Hérault), ainsi que du bassin de l'Ardèche, a fait l'objet d'approches détaillées à travers les études volumes prélevables (EVP) récentes.

Pour rappel, les objectifs des EVP sont les suivants :

- Éviter les situations de crise chroniques (prise d'arrêtés sécheresse tous les ans et non réservés à des situations exceptionnelles) ;
- Définir les quantités d'eau que l'on peut prélever sans problème 8 années sur 10 (on « s'autorise » des années exceptionnelles (2/10) durant lesquelles il sera nécessaire d'avoir recours à des arrêtés sécheresse) ;
- Gérer la ressource en eau de façon durable, en prenant en compte l'ensemble des usagers (amont / aval), en assurant le maintien en bon état du milieu naturel.

Ces études ont constitué une base de travail pour les réflexions sur les actions opérationnelles à mettre en œuvre pour économiser l'eau et rétablir un équilibre besoin-ressource, qui ont été traduites en Plans de gestion de la ressource en eau (PGRE) pour chacun des 4 bassins versants.

Pour chaque bassin, l'établissement de ces deux documents permet de mieux connaître les ressources et les prélèvements du point de vue de la rivière.

Le Vistre n'a pas fait l'objet d'une étude volume prélevable. Ce cours d'eau est alimenté toute l'année par la nappe (sauf en cas de fortes crues) et à 80 % pendant l'étiage par les stations d'épuration (notamment celle de Nîmes). Il ne fait pas l'objet de prélèvements notables (quelques petits prélèvements agricoles à l'aval).

Les Schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) et les contrats de rivière sont également des outils qui contribuent à l'amélioration des connaissances des ressources superficielles. Dans le Gard, 5 SAGE sont approuvés (Ardèche, Gardons, Hérault, Camargue gardoise et Tarn amont) et 1 est en cours d'élaboration (Vistre, nappes Vistrenque et Costières). 5 contrats de rivière sont mis en œuvre (Ardèche, Cèze, Gardons, Hérault et Vidourle) et 2 sont en révision (Tarn amont et Cèze).

En ce qui concerne le Rhône, BRL ingénierie a réalisé en 2014 une étude sur de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux. Cette étude visait à cerner la capacité du fleuve Rhône à répondre à l'ensemble des usages (eau potable, irrigation, refroidissement centrales nucléaires...) actuels et à venir, tout en assurant les fonctionnalités des milieux aquatiques. Elle incluait la détermination de débits objectifs d'étiage en différents points stratégiques sur le bassin versant du fleuve Rhône.

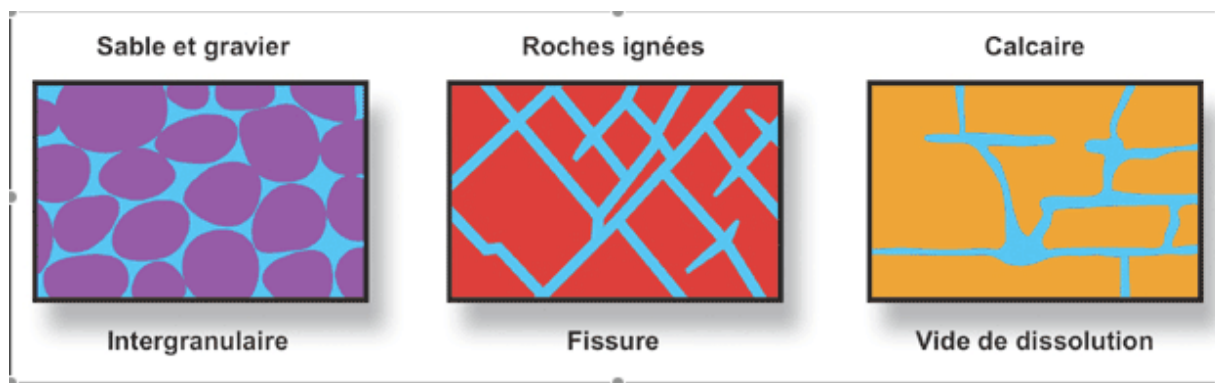


3.1.2 Ressources souterraines du département : quelles sont les roches qui abritent de l'eau souterraine ?

Il est d'usage de distinguer trois types de roches susceptibles de former des gîtes aquifères :

- **Les aquifères poreux.** Il peut s'agir de roches meubles comme les alluvions, les colluvions de pente ou les éboulis, ou de roches plus ou moins cimentées comme des conglomérats, grès, de la molasse.
- **Les aquifères fissurés.** Ils sont composés de roches indurées (cimentées), dont les seuls vides susceptibles d'accueillir de l'eau correspondent aux vides liés à la fissuration de la roche (fractures, diaclases, joints de stratification, failles,...).
- **Les milieux karstiques.** Ce sont des aquifères carbonatés qui ont d'abord fonctionné comme des milieux fissurés mais, sur des temps longs, l'altération des roches par dissolution a conduit à l'élargissement des vides fissurals et à la création de vides karstiques centimétriques à métriques (formation de réseaux de cavités).

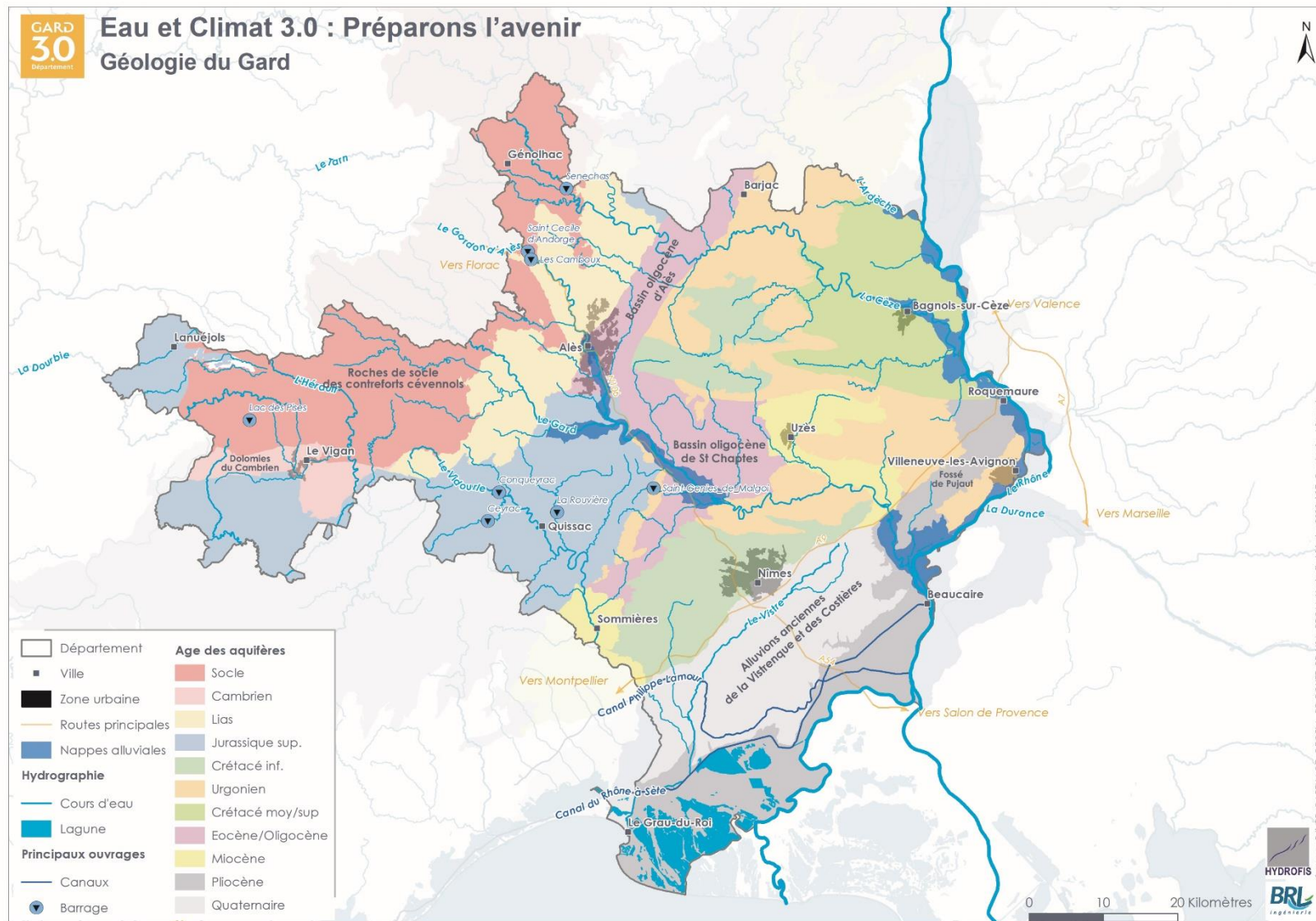
Figure 33 : Relations entre vides et type d'aquifères



En géologie, il est d'usage de cartographier les roches par leur âge. En général, à l'échelle d'un département, on observe une homogénéité de type de roches par âge. Par exemple, dans le département du Gard, les roches datées du Jurassique supérieur correspondent majoritairement à de fortes épaisseurs de calcaires et/ou de dolomies.



Figure 34 : Géologie du Gard





Ces trois types de roches se retrouvent dans le département du Gard. On peut y distinguer les grands domaines géologiques suivants ⁵ :

- A l'ouest et au nord-ouest, un **domaine de socle primaire** sur les pentes schisteuses, granitiques et gneissiques des Cévennes. Ce domaine est localisé au nord de la faille des Cévennes. Il forme des paysages au relief élevé et à forte dénivellation.
- Au centre et à l'est du département, s'étagant entre 100 et 300 m d'altitude, un **domaine de calcaires karstifiés secondaires** (calcaires jurassiques des Causses, calcaires créacés des Garrigues).
- Dans la moitié sud du département, un **domaine sédimentaire tertiaire** avec des bassins éocènes-oligocènes, comme le fossé d'Alès (fossé comblé par les dépôts oligocènes à la jointure des pentes cévenoles et des plateaux créacés des Garrigues) et le bassin de St Chaptès, mais aussi des bassins miocènes (Uzès et Sommières) et pliocènes.
- Au sud-est des Garrigues nîmoises, la faille de Nîmes affaisse l'ensemble des formations géologiques. On rentre dans le **domaine des plaines bordières**, couvertes de cailloutis "villafranchiens" (quaternaire ancien), localement recouverts de limons, où l'altitude dépasse rarement les 100 m.

La faille de Nîmes (comme la faille des Cévennes) limite un profond fossé d'effondrement (graben) correspondant à la "Vistrenque" et au "graben de Pujaut". Les fossés sont remplis par des sédiments qui renferment des niveaux d'argiles (argiles pliocènes), de marnes et calcaires (oligocènes), imprégnés d'hydrocarbures (comme dans le fossé d'Alès) mais aussi d'une importante série salifère exploitée en sondage à Vauvert.

- Les parties basses du département, en particulier la plaine rhodanienne, la petite Camargue, les plaines côtières mais aussi les plaines alluviales sont recouvertes de **formations quaternaires meubles et variées d'origine fluviatile, deltaïque ou littorale**. Formations généralement peu épaisses et très diverses, elles reflètent la diversité des phénomènes géologiques de cette période.

Chacune de ces formations géologiques possède un fonctionnement hydrogéologique spécifique, du point de vue de la recharge naturelle en eau, des modalités de son exploitation et de ses relations avec le réseau hydrographique de surface.

On détaille ci-après les éléments pour chacun des trois grands types d'aquifère.

LES AQUIFÈRES FISSURÉS

Les aquifères dits fissurés sont caractérisés par une perméabilité et une porosité liées à la présence de fissures et de fractures, plus ou moins élargies, dans le volume rocheux. Ils sont considérés comme des aquifères discontinus et hétérogènes. En surface, ils sont souvent recouverts d'un manteau d'altération ; en profondeur, on observe généralement une diminution du nombre de fractures et leur fermeture relative.

Dans le Département du Gard, on observe des roches fissurées sur les contreforts cévenols, en tête des bassins versants.

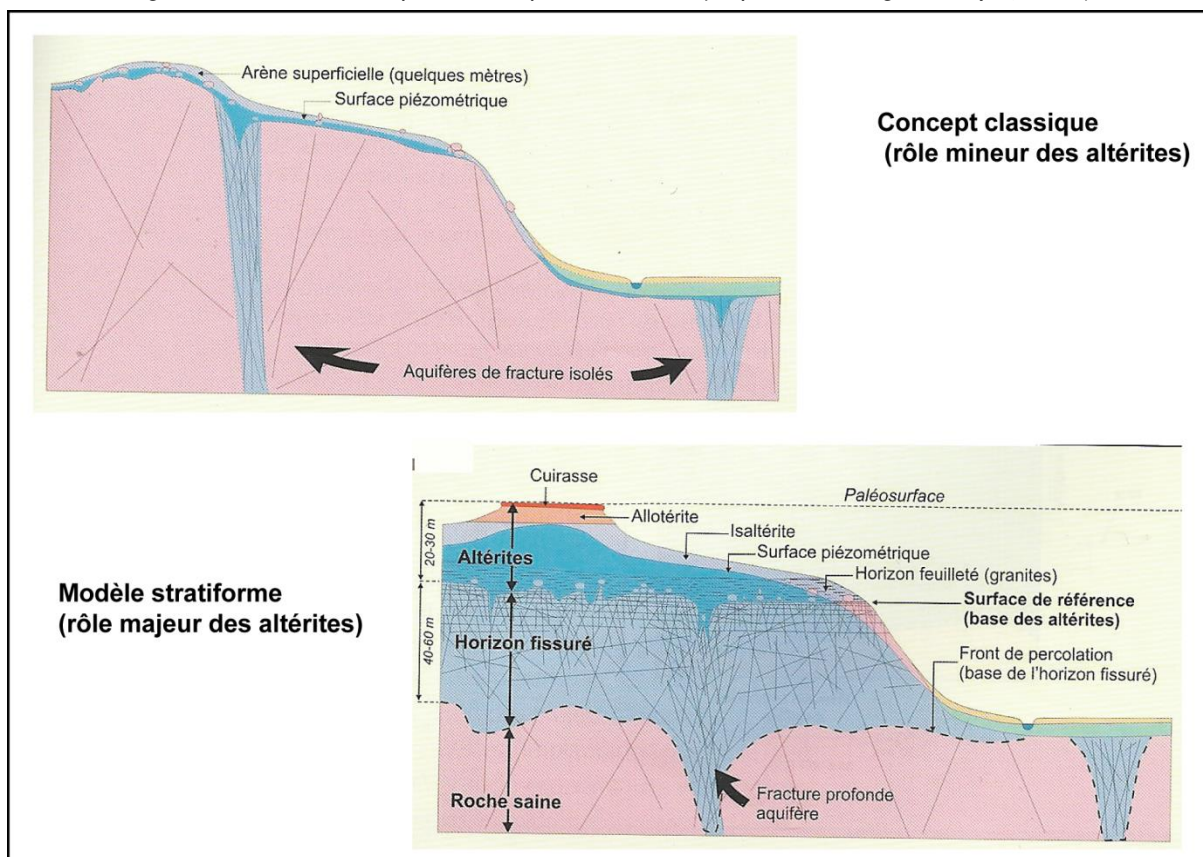
Selon Marchal et Blaise (2006), en ce qui concerne les formations cristallines et métamorphiques des Cévennes et de l'Aigoual dans les bassins versants de la Dourbie, du Vidourle, de l'Hérault, des Gardons, de la Cèze et de l'Ardèche, les formations du substratum sont essentiellement constituées de granites porphyroïdes, de granites à deux micas et de schistes et micaschistes des Cévennes. Dans les formations granitiques, par altération on obtient une arène, plus ou moins argileuse selon le degré de lessivage des particules argileuses résultant de la décomposition des minéraux de base du granite (feldspathoïdes et feldspaths). Le quartz s'altère en dernier et donne aux arènes une allure sablonneuse. Dans les faciès schisteux, l'altération est peu développée. Cependant, la fissuration peut être observée et faciliter l'infiltration et l'écoulement en profondeur.

⁵ J.P. Rolley (2007) propose une synthèse très détaillée concernant la géologie du Gard. Nous citons une partie de cette synthèse en annexe pour le lecteur qui voudra plus d'informations sur ces éléments.



Concernant leur comportement hydrogéologique, des recherches récentes dans la région du Massif central (Lachassagne et Wyns, 2005) mais aussi sur le craton africain (CEFRIGE, 1990) ont permis de faire émerger des modèles conceptuels sur ce type d'aquifère. Les figures ci-dessous illustrent ces modèles ; on peut y voir l'importance du développement ou non des altérites.

Figure 35 : Modèles conceptuels des aquifères de socle (d'après Lachassagne et Wyns, 2005)



En effet, une des clés du comportement hydrogéologique est le rapport entre perméabilité des altérites et perméabilité de l'horizon fissuré :

- Si les altérites présentent des perméabilités très supérieures à celles de l'horizon fissuré sous-jacent, il y aura développement de nappe dans les altérites avec des sources au contact socle/altérite. On peut alors avoir un stockage dans les altérites et donc un soutien au cours d'eau à l'étiage.
- Si l'horizon fissuré présente des perméabilités équivalentes ou supérieures à celles des altérites, alors on observera un drainage des altérites vers une nappe plus profonde avec des niveaux piézométriques guidés par les rivières qui entaillent les massifs. Les sources sont alors majoritairement situées dans le socle et en position basse dans les parois qui limitent les plateaux. Il se peut que, localement, dans des secteurs caractérisés par un horizon fissuré moins perméable, des nappes soient perchées ; elles présenteront alors de faible volume d'eau stockée.

Une autre caractéristique très importante de l'hydrogéologie des aquifères fissurés est le degré de compartimentation des eaux souterraines liés à la connectivité du réseau de discontinuités. Si le réseau est dense et étendu, on aura alors une nappe de grande extension ; dans le cas inverse, on observera une multitude de petites nappes, isolées les unes des autres.



A l'échelle départementale, les ressources en eau rattachées à ce type d'aquifère sont généralement déterminées par les caractéristiques suivantes :

- *Faible potentiel de recharge.* Dans ce type de roches, les phénomènes de ruissellement dominant sur les phénomènes d'infiltration. La recharge de ce type de nappe par infiltration des eaux de pluie est relativement faible (<20% de la lame d'eau précipitée).
- *Faible potentiel de sollicitation par forage.* Ces aquifères présentent des perméabilités de fissures qui sont généralement faibles ; excepté quelques rares cas de forages implantés dans de zones faillées très productives, les ouvrages localisés dans ce type d'aquifères produisent rarement des débits supérieurs à 20 m³/h. Les captages sollicitant la zone d'altération sont particulièrement vulnérables à la sécheresse en raison d'une faible extension de la zone d'alimentation et avec des réserves le plus souvent très réduites. Il s'agit de microréservoirs à faible extension en surface et en profondeur.
- *Un soutien d'étiage significatif aux cours d'eau.* La faible perméabilité en grand de ces aquifères leur assurent une relative inertie en termes de retour vers les milieux superficiels. Les bassins versant constitués de roches de socle fissurés présentent généralement une multitude de petites sources toujours actives en période estivale et dont le cumul peut représenter un soutien d'étiage au cours d'eau non négligeable.

À ce sujet, avec un module spécifique de l'ordre de 1 l/s/km², le soutien d'étiage en tête de bassins versants par les aquifères fissurés peut être jugé significatif en période estivale, entre :

- 5 et 20 l/s pour le Vidourle,
- 100 et 200 l/s pour la Cèze⁶,
- 200 et 300 l/s pour l'Hérault,
- 200 et 300 l/s pour les Gardons.

LES AQUIFÈRES KARSTIQUES

La notion de karst est une notion géomorphologique ; elle désigne un modelé caractérisé par un élargissement des fissures, des discontinuités qui affectent une roche. Par extension, on désigne aujourd'hui comme karst un type d'aquifère qui est caractérisé par un réseau de fissures élargies par « dissolution ». Cette notion de « dissolution » regroupe l'érosion chimique, mais aussi l'érosion mécanique des vides. En effet, une fois les conduits formés, les eaux souterraines vont transporter des particules fines, plus ou moins abrasives, qui vont contribuer à l'élargissement des vides.

Dans le département du Gard, on observe de nombreux systèmes karstiques qui jouent un rôle essentiel dans le grand cycle de l'eau. On peut schématiquement les réduire à deux types de système :

- **Les systèmes karstiques « localisés ».** En aval immédiat des contreforts cévenols, ces systèmes correspondent soit aux dolomies du Cambrien, soit aux systèmes carbonatés du Jurassique inférieur (Lias).

On les retrouve ainsi dans les parties amont des bassins versants de l'Hérault, du Vidourle, des Gardons et de la Cèze ; ces formations sont très compartimentées par une tectonique complexe et les différents systèmes sont peu étendus (souvent moins de 20 km²).

⁶ À titre d'information, les mesures de débits réalisées à l'heure actuelle par le SM AB Cèze indiquent un débit de 100l/s sur la partie cévenole de la Cèze (Luech + Homol + Cèze amont + Auzonnet).



Les ressources en eau sont essentiellement contenues dans les formations dolomitiques hettangiennes⁷. Notons aussi la présence dans la région nîmoise, d'un aquifère correspondant aux calcaires de l'Hauterivien⁸ supérieur, moins karstifiés que les calcaires urgoniens⁹ rencontrés dans les gorges du Gardon. Ces calcaires du Crétacé inférieur sont drainés par quelques sources pérennes ou temporaires, situées sur la partie méridionale de la zone d'affleurement de ces formations. Elles ont un débit élevé uniquement en période de crue. La plus importante est la Fontaine de Nîmes (la seule source pérenne en période d'étiage).

- **Les systèmes karstiques « majeurs »** qui correspondent à des systèmes très étendus, avec des circulations souterraines sur des kilomètres, voire des dizaines de kilomètres, et des impluviums de 100 à plus de 200 km².

Ces systèmes karstiques majeurs correspondent soit aux séries du Jurassique supérieur dans l'ouest du département, soit aux formations d'âge crétacé de faciès urgonien dans l'est du département. Selon Marchal et Blaise (2006), les calcaires du Jurassique moyen et supérieur sont très karstifiés et présentent d'importants réseaux souterrains et un développement de tout un système de pertes, qui sont en interaction par exemple avec les réseaux superficiels, pour donner lieu à des résurgences situées parfois à plusieurs kilomètres en aval des pertes.

Les karsts urgoniens drainés par le Gardon et par la Cèze représentent des réservoirs majeurs. Ces systèmes sont formés de calcaires cristallins, compacts et parfois intensément karstifiés de l'Urgonien. L'aquifère urgonien drainé par le Gardon est limité au toit par les calcaires et marnes oligocènes au niveau du bassin de Saint-Chaptes et par les molasses miocènes du bassin d'Uzès. Dans le bassin d'Uzès, les molasses miocènes se superposent aux formations oligocènes. Dans ces structures que sont les bassins d'Uzès et Saint-Chaptes, les calcaires urgoniens constituent alors un aquifère captif (l'extension a été reconnue avec les forages profonds de Moussac et St Chaptes).

Notons l'existence de systèmes urgoniens secondaires : le système karstique drainé par la Fontaine d'Eure, les calcaires urgoniens drainés vers Saint Paul les Fonts, les calcaires urgoniens du secteur compris entre Villeneuve les Avignon et Aramon avec une extension en surface très limitée, mais qui plongent sous des formations tertiaires et quaternaires plus récentes.

Précisions sur le comportement hydrogéologique des karsts (Généralités)

En termes de comportement hydrogéologique, il est d'usage de distinguer plusieurs éléments dans la structure d'un karst :

- *La zone non saturée.* C'est la tranche de l'aquifère qui est traversée par les eaux de recharge de la nappe ; les écoulements sont majoritairement verticaux.

Elle est composée d'éléments karstiques de sub-surface : dolines et poljés (dépressions fermées) qui vont concentrer l'infiltration sur des zones bien délimitées de l'impluvium, épikarst qui correspond à un horizon d'épaisseur variable, décomprimé et karstifié qui va stocker temporairement les eaux infiltrées. Les écoulements au sein de cette zone non saturée peuvent être rapides le long de conduits verticaux très karstifiés, comme lents (au sein de volumes de roche moins karstifiés, écoulements par les fissures faiblement ouvertes).

⁷ Hettangien : premier étage stratigraphique du Jurassique inférieur (Lias). Il s'étend de 201 à 199 millions d'années.

⁸ Hauteriviens : troisième étage stratigraphique du Crétacé inférieur. Il s'étend entre environ -133 et -129 Ma.

⁹ Urgonien : type de faciès calcaires du Crétacé inférieur. Il s'étend selon les régions du barrémien à l'aptien, soit environ de -129 à -112 millions d'années. Désigne aussi par approximation ces étages.



- *La zone saturée ou noyée.* C'est la « tranche » de l'aquifère qui est toujours occupée par les eaux souterraines ; les écoulements y sont principalement horizontaux. La structure drainante évacue les eaux vers les exutoires.

Les écoulements au sein de cette zone peuvent être rapides le long de réseaux très karstifiés, comme lents (au sein de volumes de roche moins karstifiés). Ces volumes rocheux, moins karstifiés mais généralement très importants en proportion, sont qualifiés de systèmes annexes au drainage. Selon le degré d'organisation des écoulements ces systèmes peuvent être constitués soit par des réseaux de fissures plus ou moins élargis, soit par de véritables cavités représentant des volumes importants.

L'originalité de l'aquifère karstique réside dans la hiérarchisation des vides de l'amont vers l'aval aboutissant à un drainage progressif des eaux vers une zone d'exutoire. Ainsi, dans un système karstique mono-phasé (c'est-à-dire relatif à un seul stade de formation, dans des conditions hydrauliques et structurales stables), les écoulements s'organisent d'une façon similaire à celle d'un réseau hydrographique de surface où les petits cours d'eau confluent pour former en aval un cours d'eau unique.

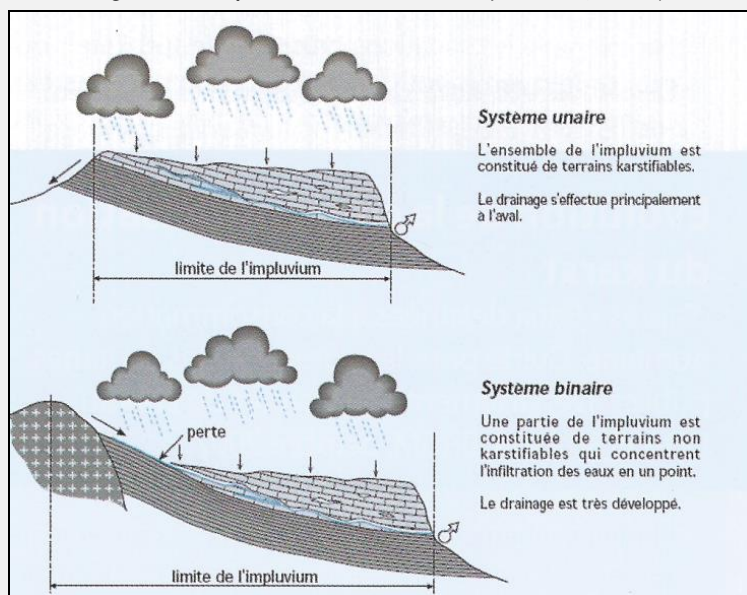
Mangin (1975) définit ainsi un système karstique comme l'impluvium au niveau duquel les écoulements de type karstique s'organisent pour former une unité de drainage. On peut juger cette notion d'impluvium floue car elle fait référence à une surface. Nous préférons reformuler et garder la définition suivante : **un système karstique se définit comme un volume rocheux au sein duquel les écoulements de type karstique s'organisent pour former une unité de drainage.**

Pour les karsts, les modalités de recharge naturelle peuvent être multiples :

- Recharge par infiltration des eaux de pluie sur les surfaces affleurantes du karst.
- *Recharge par pertes des cours d'eau* qui ont été alimentés en amont et qui vont traverser l'impluvium du karst dans des zones caractérisées par des niveaux de nappe inférieures aux niveaux du lit du cours d'eau.
- *Alimentation par drainance d'aquifères* en contact avec le réservoir karstique (niveaux piézométriques dans l'aquifère bordier plus élevés que dans l'aquifère karstique).

La présence ou non de recharge par pertes des cours d'eau est importante. Ce type de recharge assure la présence quasi continue d'un flux d'eau important qui va transiter au sein de l'aquifère karstique et qui va généralement conduire dans des temps courts à un système de drainage en zone noyée très développé. On parle alors de système binaire.

Figure 36 : Système unaire et binaire (Marsaud, 1996).

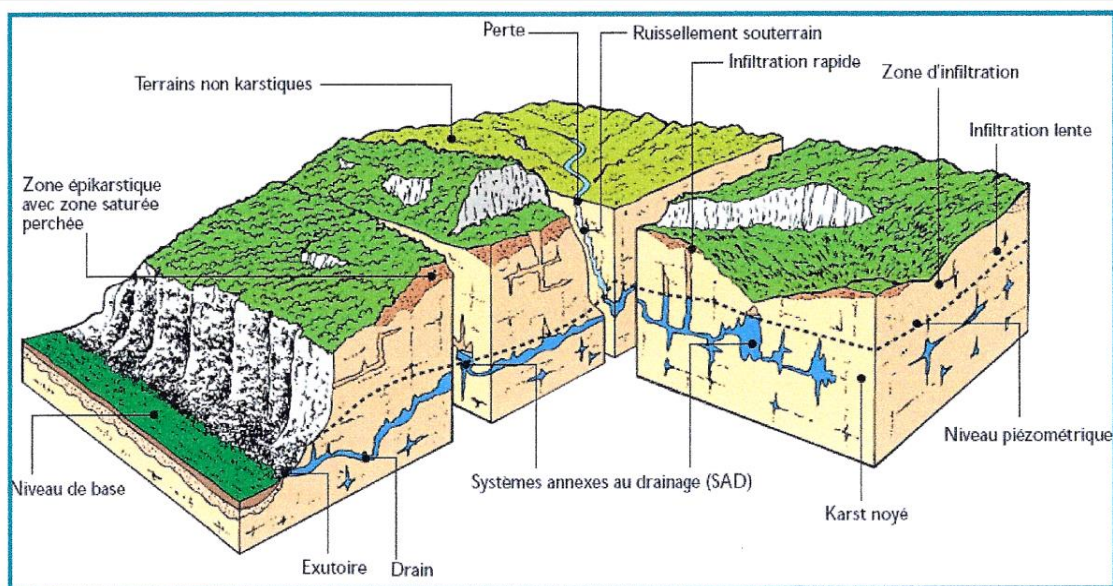
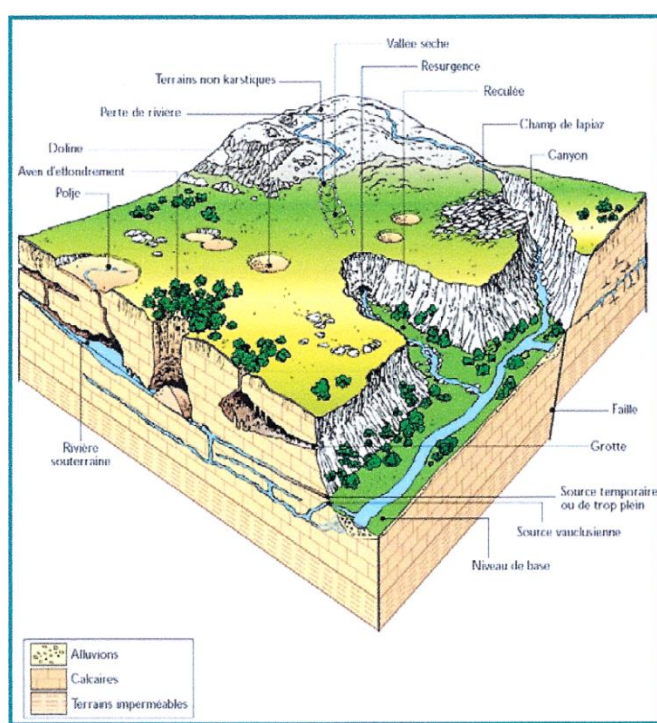




Les eaux souterraines vont ensuite migrer au sein de l'aquifère selon des chemins plus ou moins complexes, avant de rejoindre les exutoires du karst. Les exutoires naturels peuvent être de nature variable :

- Exutoires aériens de type source ou résurgences.
- Exutoires masqués avec des venues sous-alluviales, au sein d'éboulis et/ou d'alluvions.
- Alimentation d'autres nappes en position de drainer l'aquifère karstique (niveaux piézométriques dans l'aquifère bordier moins élevés que dans l'aquifère karstique).

Figure 37 : Organisation d'un karst (d'après Agence de l'Eau RMC « Bilan et analyse de la mise en œuvre des périmètres de protection des captages AEP en milieu karstique »).





A l'échelle départementale, les ressources en eau rattachées à ce type d'aquifère sont généralement déterminées par les caractéristiques suivantes :

- **Fort potentiel de recharge.** Dans ce type de roches, les phénomènes d'infiltration dominant sur les phénomènes de ruissellement. La recharge de ce type de nappe par infiltration des eaux de pluie est relativement forte (entre 70 et 90% de la lame d'eau précipitée, selon la saison et l'intensité de la pluie). De la même façon, les milieux karstiques se caractérisent par des phénomènes potentiellement spectaculaires de pertes (assecs totaux sur plusieurs kilomètres en période estivale), dans les sections de cours d'eau lorsque le fond des rivières est situé au-dessus du niveau des nappes.
- **Des difficultés de captage par forages.** Ces milieux se caractérisent par une très forte hétérogénéité des écoulements ; un forage recoupant un réseau de drains actifs pourra produire de très forts débits (plus de 100 m³/h) ; inversement, un forage implanté dans un volume rocheux non karstifié pourra se révéler très peu productif, voire improductif.
- **Un soutien d'étiage variable aux cours d'eau.** De par leur grande capacité de recharge, **les volumes qui transitent dans les aquifères karstiques peuvent se révéler colossaux.** Ceci étant, **une partie importante, souvent majoritaire, de ces volumes « traversent » ce type d'aquifère avec une grande rapidité** (généralement en moins de trois mois) ; elle correspond à la vidange des chenaux karstiques (les vitesses d'écoulement dans les drains actifs varient entre 10 et 100 m/h). Le soutien d'étiage est réalisé par la lente vidange des réserves du système karstique hors crue liée à un événement pluvieux ; on parle alors de volumes/débit de tarissement. La proportion entre volumes rattachés à la vidange rapide des chenaux karstiques et volumes expliqués par la vidange lente des réserves dépend du degré de fonctionnalité du karst ; chaque cas est un cas particulier.

LES MILIEUX POREUX

Les milieux poreux correspondent à des formations sédimentaires composées de matériel granulaire, plus ou moins fin et plus ou moins cimenté. Les milieux poreux les plus sollicités en termes de prélèvements par forage sont les nappes alluviales ; elles se composent d'alluvions récentes, déposées par le cours d'eau.

Au-delà des nappes alluviales, il existe de nombreuses formations rocheuses qui présentent des comportements hydrogéologiques de type poreux :

- Les alluvions, les colluvions,
- Les grès et les conglomérats (sables et graviers plus ou moins cimentés), qui correspondent généralement à d'anciens dépôts alluviaux ou lacustres sédimentés,
- Les éboulis et les brèches de pente en milieu continental,
- Les sables littoraux ou désertiques,
- Les loess (dépôts éoliens),
- Les craies.

Dans le département du Gard, on peut identifier plusieurs types d'aquifères poreux d'importance pour la gestion de la ressource en eau :

- **Les nappes alluviales quaternaires en relations avec les cours d'eau :** nappe alluviale du Gardon (avec des développements importants soit entre Alès/Anduze et Dions, soit entre Remoulins et la confluence avec le Rhône), nappe alluviale de la Cèze (système étendu à l'aval des gorges urgoniennes), nappe alluviale du Vidourle (système aquifère développé à l'aval de Sommières). Dans ces nappes alluviales, il y a continuité entre le cours d'eau et les eaux souterraines. Ces alluvions quaternaires ont généralement une extension latérale réduite, ainsi qu'une épaisseur qui ne dépasse généralement pas 20 à 25 m.



- **Les cailloutis villafranchiens de l'aquifère de la Vistrenque** ; il s'agit de formations alluviales épaisses, héritées et déposées par le Rhône, composées de cailloutis, sables et passées argileuses. Ces formations sont localement surmontées d'alluvions quaternaires représentées par des sédiments fins et d'une épaisseur qui peut localement être supérieure à 4 ou 5 m. Elles sont aujourd'hui en relation hydraulique avec le Vistre. Les études sur les relations nappe-Vistre montrent que ces relations sont limitées et que le Vistre est en position de drainage de l'aquifère la majeure partie du temps
- Les aquifères correspondants aux molasses du Miocène (bassins sédimentaires de Sommières et d'Uzès). Les séries sont hétérogènes et superposent plusieurs niveaux de roches plus ou moins aquifères.
- Les formations du Crétacé supérieur qui affleurent dans la partie nord orientale du département du Gard, entre l'Ardèche, la Cèze, le plateau de Lussan et la vallée de la Tave ; elles sont très hétérogènes avec des faciès calcaires peu ou pas karstifiés, des grès, des sables et des argiles. La productivité des ouvrages implantés dans ces terrains est très variable et dépend essentiellement de la lithologie des formations recoupées et de leur épaisseur. Elle ne dépasse généralement pas 10 à 20 m³/h. Les formations du Crétacé supérieur sont localement recouvertes par les sédiments miocènes et pliocènes et par les alluvions quaternaires de l'Ardèche, de la Cèze, de la Tave et du Rhône.

Selon Marchal et Blaise (2006), dans le département du Gard, les aquifères alluviaux constituent une ressource en eau souterraine de qualité globalement satisfaisante et abondante, dans la mesure où le milieu est perméable. La recharge par les cours d'eau est nécessaire pour les nappes alluviales récentes. En Costières et surtout en Vistrenque, les formations ne sont pas en relation directe avec les eaux superficielles de cours d'eau. Cependant, la superficie du réservoir de plus de 400 km² et donc l'importance de la zone d'alimentation permet la mobilisation de ressources significatives. **Ces aquifères alluviaux sont intensément exploités. Ils fournissent près de 40 % des prélèvements dans les nappes pour l'alimentation en eau potable des collectivités du département.**

À l'échelle départementale, les ressources en eau rattachées à ce type d'aquifère sont généralement déterminées par les caractéristiques suivantes :

- *Potentiel de recharge variable.* Dans ce type de roches, l'arbitrage entre infiltration et ruissellement dépend de la nature des horizons les plus superficiels et des sols en recouvrement de l'aquifère qui peuvent être très développés (roches peu cohérentes donc facilement altérable par les agents météoriques).
- *Potentiel de captage variable.* La perméabilité de ces milieux est très variable : elle peut aller d'une perméabilité excellente dans des graviers à matrice sableuse à des perméabilités médiocres pour des limons ou des grès.
- *Un soutien d'étiage variable aux cours d'eau.* La perméabilité en grande de ce type d'aquifère ainsi que leur situation hydrogéologique peuvent conduire soit à des soutiens d'étiage faibles, soit à des soutiens d'étiage significatif.
- *Une certaine vulnérabilité aux pollutions de surface.* Ces formations présentent un recouvrement limono-argileux en général faible à nul (très souvent inférieur à 5 m), une épaisseur de zone non saturée (i.e. zone dans laquelle l'eau s'infiltré sous l'influence d'une composante verticale jusqu'au moment où elle atteint la nappe) généralement comprise entre 0 et 10 m, voire le plus souvent entre 0 et 5 m et un pouvoir filtrant variable selon la granulométrie du réservoir, des perméabilités parfois très différentes, avec l'alternance de zones perméables et de zones semi-perméables.

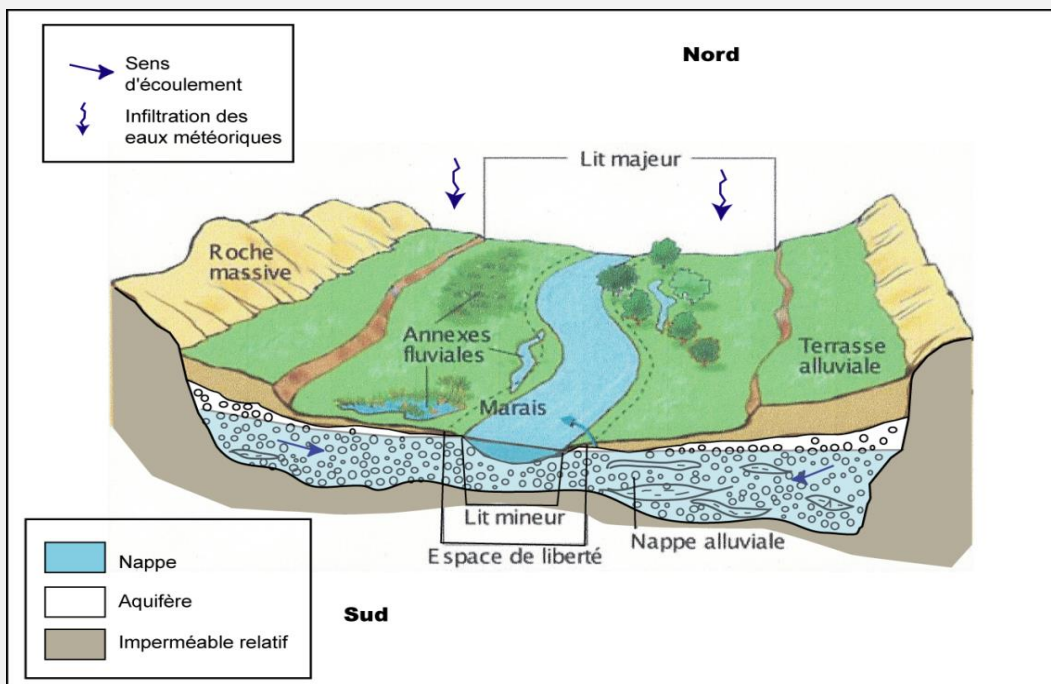
L'encadré suivant détaille les relations possibles entre aquifères poreux et cours d'eau.



Relations possibles entre aquifères poreux et cours d'eau (Généralités)

Un cours d'eau est généralement en relation avec sa nappe alluviale. Cette dernière se trouve dans les alluvions (terme générique qui peut intéresser des sédiments de granulométrie variable) qui forment un milieu granulaire peu cimentés avec une porosité d'interstices qui permet le stockage et la circulation de l'eau.

Figure 38 : Représentation schématique d'un corps alluvial



Pour les nappes alluviales, les écoulements à surface libre et souterrain sont liés par le flux traversant le lit du cours d'eau. Pour évaluer le débit entre le cours d'eau et l'aquifère, il faut connaître les élévations respectives de la surface libre et de la nappe phréatique.

Trois situations sont possibles (voir Figure 37) :

- a : Connexion entre les deux masses d'eau : la nappe alimente la rivière,
- b : Connexion entre les deux masses d'eau : la rivière alimente la nappe,
- c : Recharge de la nappe sans continuité hydraulique.

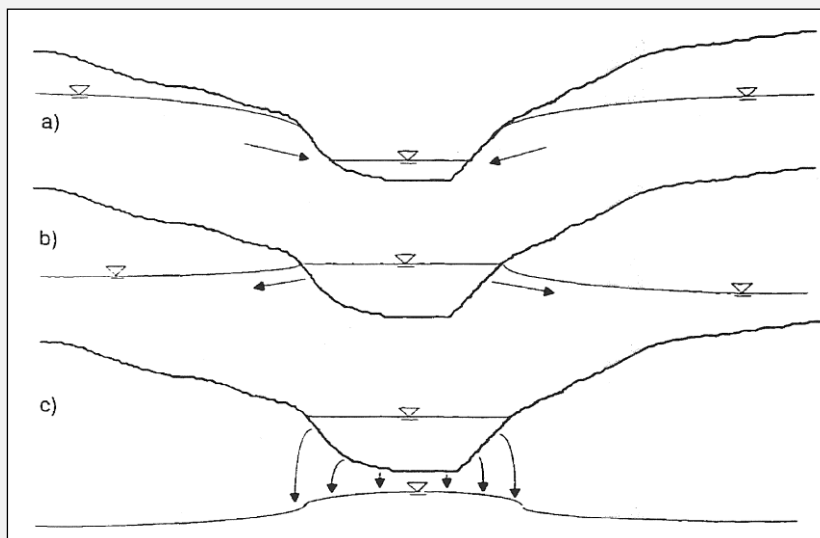
La figure ci-dessous illustre ces trois potentialités.

Le flux dépend :

- Dans le cas d'une connexion hydraulique, de la perméabilité du lit de la rivière et de la différence de charge hydraulique entre les deux systèmes. Plus cette dernière est forte, plus les échanges sont importants. Dans le cas d'un lit complètement imperméable, les échanges seraient ainsi nuls.
- Dans le cas de non-continuité hydraulique des deux masses d'eau, le débit traversant le lit du cours d'eau dépend uniquement de la perméabilité des matériaux les moins perméables (dépôts de fond sur le lit ou horizons sédimentaires dans la zone non saturée) et de la surface d'échange entre le cours d'eau et la roche aquifère.



Figure 39 : Relations possibles entre cours d'eau et nappe

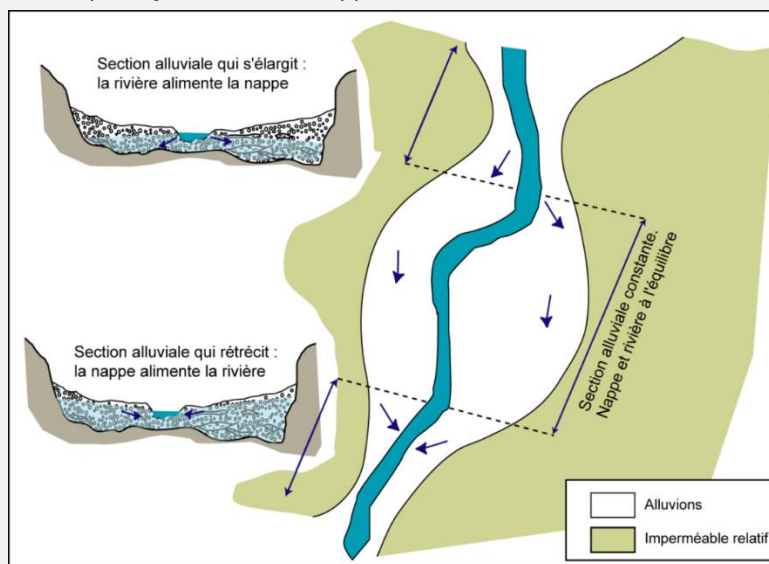


Dans la pratique, on observe souvent que certains biefs drainent l'aquifère et que d'autres le rechargent. Par ailleurs, un bief peut recharger l'aquifère lors de crue et le drainer lors des périodes d'étiage. La nature des échanges varie donc dans le temps et dans l'espace.

Un premier type de phénomènes susceptibles d'expliquer les échanges nappe-rivière est la géométrie du corps alluvial. Les sections en élargissement correspondent généralement à des secteurs de pertes pour le cours d'eau (augmentation du flux souterrain au détriment du flux aérien), alors que les sections de rétrécissement du corps alluvial s'accompagnent d'un retour des eaux souterraines vers la rivière (phénomène inverse).

50

Figure 40 : Schéma explicatif des relations nappe-rivière selon les variations de section d'écoulement





3.1.3 Ressources souterraines du département : quels sont les grands systèmes aquifères du département du Gard ?

CHOIX DU RÉFÉRENTIEL

Pour proposer un état des lieux sur la ressource en eau souterraine, nous avons pris comme référentiel la BD LISA définie et mise à jour par le BRGM, qui a pour ambition de fournir un référentiel actualisé de connaissances sur les eaux souterraines (cf. chapitre 0.) Elle a pour origine la synthèse hydrogéologique de la région Languedoc-Roussillon établie en 1985 et actualisée en 2004, qui définit à l'échelle 1/50 000 les limites des principaux systèmes et domaines aquifères. Des critères de lithologie et de structure des formations aquifères, d'ordre de grandeur de la perméabilité, de la nature et de l'épaisseur du recouvrement, permettent d'établir une typologie des aquifères.

La BD LISA liste 54 entités hydrogéologiques sur le département de le Gard, dont 4 sont majoritairement hors département. Rappelons que cette notion d'entité ne correspond pas *stricto sensu* à une unité aquifère. Elle correspond à une formation géologique, homogène ou hétérogène mais présentant une cohérence lithologique, qui peut abriter une ou plusieurs nappes.

Tableau 5 : Entités hydrogéologiques majoritairement hors du département du Gard.

Code entités	Libellés	Type
141A1 (Hérault)	Calcaires jurassiques de la Seranne et rive droite de la Vis	Hors Département
141A2 (Hérault)	Calcaires jurassiques du Larzac méridional de St-Michel à St-Pierre de la Fage	Hors Département
142C (Hérault)	Calcaires du Crétacé inférieur du Causse de l'Hortus	Hors Département
148A (Ardèche)	Calcaires urgoniens en rive gauche de l'Ardèche de Vallon-Pont-d'Arc à Saint Martin d'Ardèche	Hors Département

Dans le département du Gard, on peut identifier :

- Des aquifères karstiques (16 entités),
- Des aquifères de type fissuré correspondant à des roches de socle (7 entités),
- Des aquifères alluviaux (19 entités),
- Des aquifères sédimentaires non karstiques (10 entités).

Notons qu'il existe des domaines peu ou pas aquifères, et à ce titre, pratiquement pas exploités pour l'alimentation en eau potable de collectivités. Cependant, même pour ces entités avec de faibles ressources en eau, comme par exemple les marnes oligocènes du fossé d'Alès-Barjac, les marno-calcaires du Crétacé inférieur du dôme de Lédignan ou de la Vaunage, des ressources en eau peuvent être mises en évidence dans des conditions spécifiques, notamment pour le dôme de Lédignan.



PRINCIPAUX SYSTÈMES AQUIFÈRES

Le tableau en annexe 3 liste les 39 entités hydrogéologiques qui correspondent à des systèmes aquifères avec de la ressource en eau souterraine importante à l'échelle du département (le tableau n'est donc pas exhaustif).

On y retrouve nos systèmes aquifères classés selon leur comportement hydrogéologique :

- 20 entités avec des **comportements karstiques développés** : zones de pertes des cours d'eau, circulations hiérarchisées avec concentration des écoulements vers des sources karstiques, fortes infiltrations des eaux météoriques. Ces 20 entités correspondent pour 13 d'entre elles à des karts qualifiés de majeur, ce qui démontre le caractère important de l'hydrologie karstique dans le département du Gard.
- 13 entités qui correspondent à des **aquifères poreux** qui se caractérisent *a priori* par une facilité de captage. Notons cependant que les perméabilités sont variables d'une entité à l'autre et qu'elles sont aussi susceptibles de varier au sein de l'entité (forte hétérogénéité sédimentaire).
- 6 entités qui correspondent à des **aquifères fissurés** ; il s'agit des roches de socle regroupés par bassin versant. Localement, généralement à faible profondeur, des écoulements sont possibles le long des zones faillées. Ceci étant, les forages sont peu productifs et les débits d'étiage des résurgences sont faibles (au mieux quelques l/s).

Ainsi, selon Marchal et Blaise (2006), dans le département du Gard, **les alluvions et les formations karstiques représentent respectivement 50 % en affleurement de la surface totale**. Ces réservoirs en eau souterraine fournissent environ **70 millions de m³ pour l'alimentation en eau potable des collectivités** et représentent en moyenne **70 % de l'eau produite pour cet usage eau potable (50 % pour les alluvions et 20 % pour les karsts)**.

Le département du Gard dispose de ressources en eau souterraines que l'on peut qualifier d'importantes et qui sont d'ores et déjà fortement exploitées, ce qui implique des obligations de gestion importantes.

La carte ci-dessous permet de mieux appréhender la distribution spatiale des entités. Nous avons fait figurer sur cette carte les sources majeures qui donnent une première indication sur leurs principaux exutoires (Q moy > 50 l/s).

Une autre carte présente les masses d'eau affleurantes selon le classement utilisé par l'Agence de l'Eau.



Figure 41 : Localisation des grandes unités hydrogéologiques du Département du Gard.

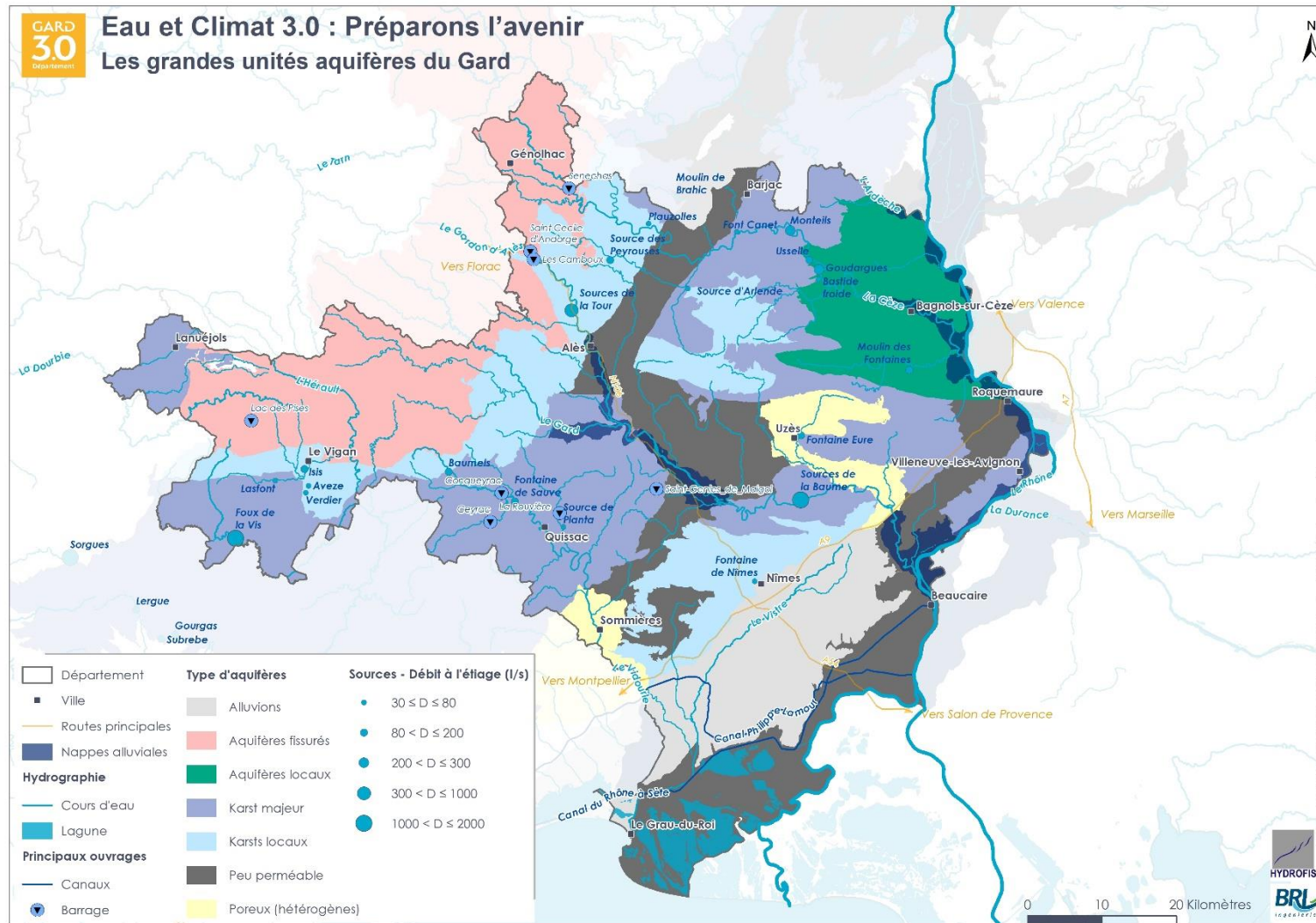
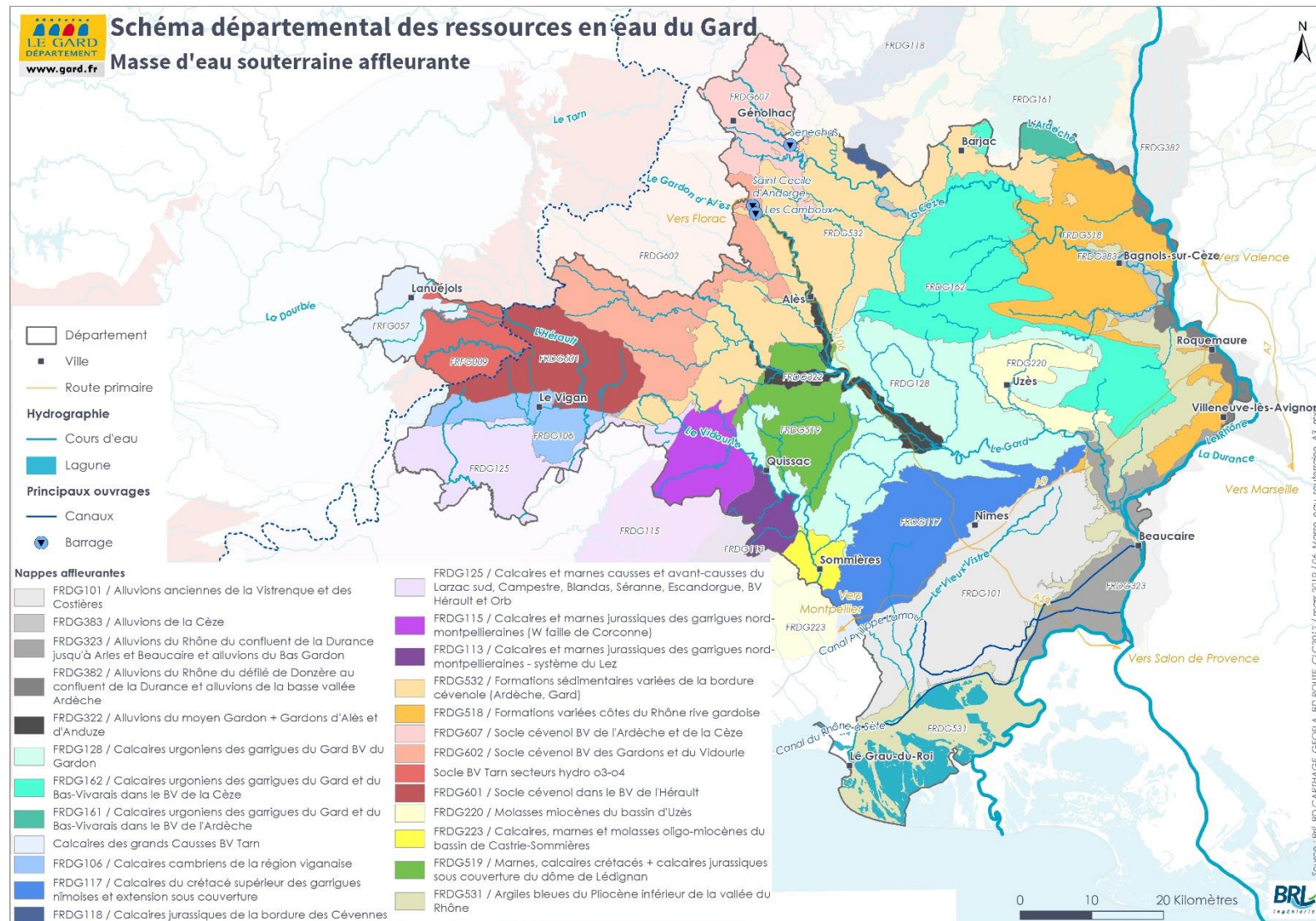




Figure 42 : Localisation des masses d'eau souterraines affleurantes du Gard





Au sujet des sources, précisons que de nombreuses sources de débit moyen inférieur à 50 l/s existent sur le périmètre départemental (probablement des centaines). Certaines sont d'ailleurs utilisées pour l'alimentation en eau potable. Notons toutefois qu'à cette échelle de description, leur importance en termes de soutien d'étiage aux cours d'eau est moindre. Dans cette gamme de débit, les débits d'étiage sont généralement très faibles (< 10 l/s), ce qui implique souvent des soutiens d'étiage très localisés ; de plus, si les eaux de la source ont un trajet aérien important avant de rejoindre un cours d'eau permanent, il est fréquent d'observer une « disparition » des eaux soit par pure évaporation, soit par évapotranspiration (reprise par la végétation).

AUTRES SYSTÈMES, PEU OU PAS AQUIFÈRES

Notons que certaines formations du département sont peu ou pas perméables :

- Les marnes du Valanginien qui séparent les séries carbonatées du Jurassique supérieur de celles du Crétacé inférieur.
- Les formations oligocènes du bassin d'Alès, sont pratiquement imperméables dans ce fossé d'effondrement comblé par une puissante série de marnes.
- Dans le bassin de Saint Chaptès, les séries sont réputées peu aquifères, excepté les calcaires oligocènes, qui peuvent localement se révéler aquifères, à Blauzac et Bourdic notamment. Les débits restent relativement modestes et ne dépassent pas 30 m³/h.
- Dans le secteur de Vauvert - Saint Gilles, les formations pliocènes sont représentées par des sables, sables argileux et argiles présentant une perméabilité le plus souvent réduite. Localement, les sables astiens peuvent s'avérer particulièrement productifs. En général, les formations aquifères sont recouvertes par des faciès beaucoup moins perméables, ce qui induit un caractère captif à la nappe contenue dans les sables tertiaires. L'ensemble repose sur les marnes plaisanciennes.
- Dans le bassin de Pujaut, les formations pliocènes sont réputées semi-perméables à imperméables. Ainsi, les formations sous couverture des alluvions du Bas Gardon, entre Remoulins et Montfrin se comportent comme un substratum imperméable (marnes plaisanciennes essentiellement). Dans le fossé de Pujaut, les formations tertiaires, représentées presque exclusivement par des marnes, ont une épaisseur de plus de 600 m.

Tableau 6 : Entités hydrogéologiques peu aquifères du Département du Gard

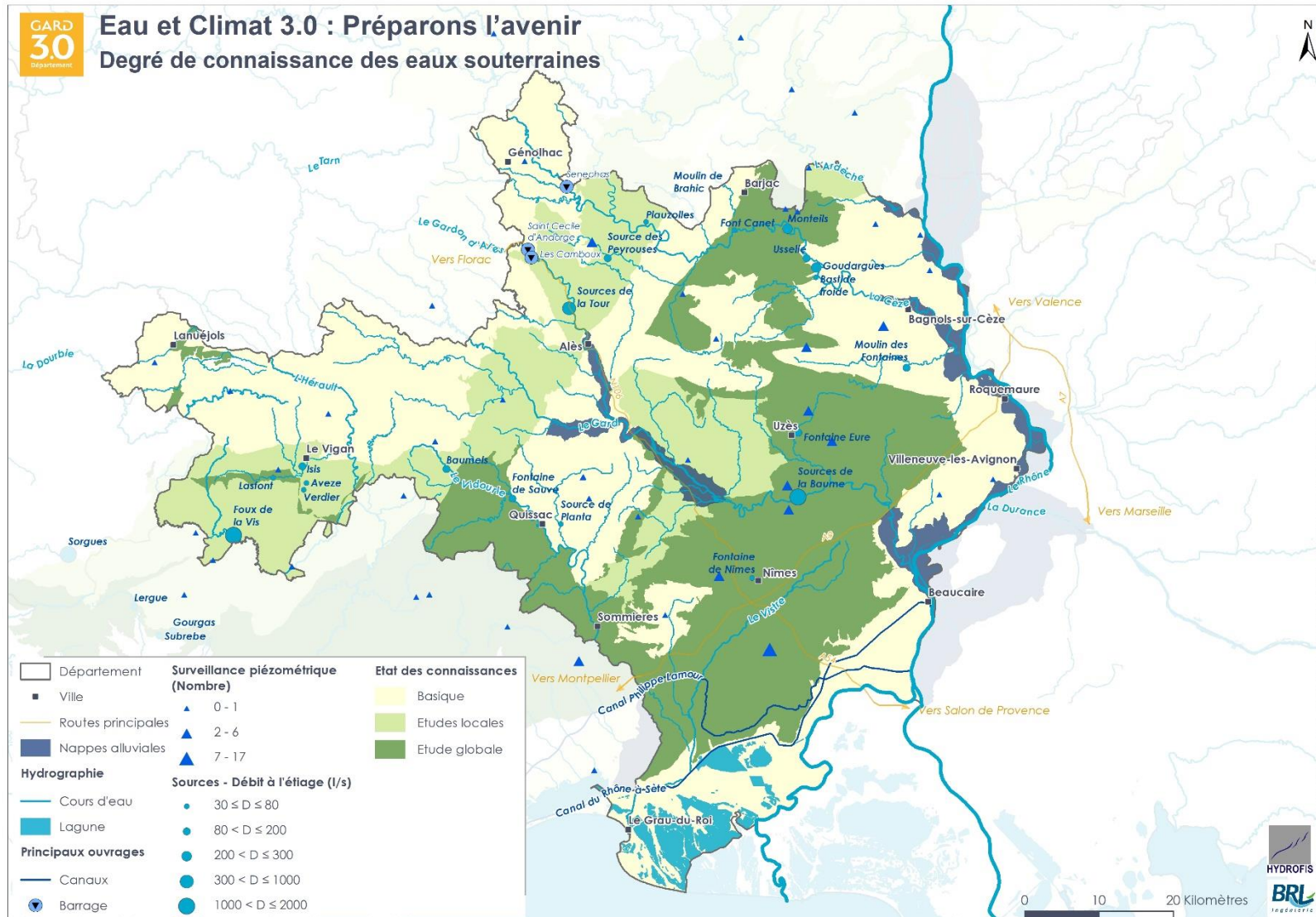
Code entités	Libellés	Type
142B	Calcaires et marnes du Jurassique moyen au Berriasien du compartiment oriental de la source du Lez	Peu perméable côté gardois
141E	Marnes du Lias supérieur de la région des Grands Causses	Peu perméable
141G	Calcaires, grès et marnes du Trias de la région des Grands Causses	Peu perméable
149C2	Calcaires et marno-calcaires de l'Hauterivien du dôme de Lédignan	Peu perméable
548C	Marnes et marno-calcaires crétacés et oligocènes de la bordure des Cévennes et du Bas-Vivarais	Peu perméable
549G	Formations urgoniennes ou tertiaires du bassin de Pujaut à Fournès (calcaires et marnes)	Peu perméable
556A2	Marnes et marno-calcaires du Valanginien du dôme de Lédignan	Peu perméable
556C1	Calcaires et marnes tertiaires du bassin de St Chaptès	Peu perméable
556C4A	Argiles, grès et calcaires éocènes à l'Ouest du Mont Bouquet	Peu perméable
556C4B	Calcaires et argiles éocènes et oligocènes du bassin d'Issirac	Peu perméable
556D2	Marno-calcaires du Crétacé inférieur de la Vaunage	Peu perméable

DEGRÉ DE CONNAISSANCE SUR LES EAUX SOUTERRAINES

Le degré de connaissance des systèmes aquifères est très variable.



Figure 43 : Surveillance de la qualité des eaux souterraines





Certains systèmes ont fait l'objet d'études globales approfondies avec des suivis sur plusieurs cycles hydrologiques, une analyse adaptée des données de terrain, etc. Ces études permettent une bonne compréhension des enjeux à l'échelle de l'entité. C'est le cas notamment des systèmes aquifères suivants :

- Systèmes karstiques urgoniens drainés par le Gardon et la Cèze,
- Systèmes karstiques du Jurassique supérieur entre le Gard et l'Hérault,
- Système karstique drainé par la Fontaine de Nîmes,
- Alluvions de la Vistrenque,
- Molasses de Sommières.

D'autres systèmes aquifères ont fait l'objet d'études locales, qui donnent quelques indications sur certains aspects seulement du comportement hydrogéologique. C'est en général le cas des nombreux systèmes aquifères sollicités par forages ou par prélèvements des eaux de source. C'est en particulier le cas des aquifères liasiques de la bordure cévenole.

Pour finir, à notre connaissance, certains systèmes aquifères ont été peu étudiés et on trouve difficilement de la littérature scientifique et technique pour comprendre leur fonctionnement hydrogéologique. C'est le cas en particulier des aquifères hétérogènes du Crétacé supérieur dans les basses vallées de la Tave et de la Cèze. Les seules descriptions de synthèse de ces systèmes sont celles proposées dans la BD LISA.

ÉQUIPEMENT DE SUIVI

Pour ce qui concerne la métrologie des systèmes aquifères, on peut faire les observations suivantes :

1. On dispose de **604 points d'eau référencés comme « qualitomètres »** dans la BD ADES qui permettent une bonne approche de la qualité des eaux souterraines. Ces qualitomètres présentent des analyses en général approfondies de la qualité des eaux souterraines ; ces analyses sont réalisées au titre de la surveillance sanitaire des eaux distribuées à 352 communes.
2. **La surveillance piézométrique est moins dense.** La base de données ADES recense **entre 50 et 60 piézomètres** mais tous ne sont plus suivis à ce jour et les **chroniques sont souvent incomplètes**. De plus, la surveillance piézométrique est inégalement répartie : les systèmes aquifères poreux sont relativement bien suivis avec près de 60% des suivis piézométriques (17 piézomètres pour les Alluvions quaternaires et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières, de 1 à 3 piézomètres pour les autres systèmes) ; excepté pour le système karstique drainé par le Gardon qui avait fait l'objet d'équipements ambitieux suite à la thèse de Josnin (1999), les systèmes karstiques sont en général suivis par un ou deux piézomètres au maximum, ce qui est insuffisant pour appréhender correctement leur comportement hydrogéologique. Certains systèmes ne sont même pas suivis, bien qu'ils présentent des prélèvements importants : c'est notamment le cas de la majorité des aquifères karstiques liasiques de la bordure cévenole.
3. Les **stations hydrométriques idéalement localisées** pour enregistrer soit des débits en amont des zones de perte, soit des dynamiques de restitutions, **sont rares**. Citons :
 - Pour la Vis avant sa confluence avec l'Hérault, il n'existe pas de station hydrométrique en amont des pertes dans le karst de la Foux de la Vis, pour aider à leur quantification. Il existe des stations à l'aval, utiles pour quantifier la contribution du karst aux débits d'étiage (Vis à Blandas, à St Laurent le Minier et à Rogues).
 - Pour le Vidourle, il n'y a plus de station hydrométrique à St Hyppolite du Fort depuis 2012, station pourtant utile pour quantifier le débit en amont des zones de pertes du karst du Vidourle ; la station de Quissac est trop à l'aval pour caractériser finement les restitutions du karst du Vidourle.



- Pour le Gardon, il n'existe pas de mesures hydrométriques adaptées pour caractériser les dynamiques d'échanges nappe-rivière pour les Gardons de Mialet et d'Alès. Pour le système karstique urgonien drainé par le Gardon, la dynamique de pertes peut être enregistrée par les stations de Ners et de Russan, mais elles sont très imprécises à l'étiage ; même chose pour la station de Remoulins qui pourrait aider à appréhender les dynamiques de restitution.
- Pour le système karstique urgonien drainé par la Cèze, les dynamiques de perte peuvent être approchées par la station hydrométrique de Tharoux. Les dynamiques de restitution sont mal appréhendées : la station de Montclus marque le début de la zone de restitution mais la station de La Roque-Sur-Cèze est placée un peu trop à l'aval.

Ces considérations conduisent à deux résultats majeurs :

- **La nécessité de renforcer le suivi piézométrique dans le département.** Le maillage actuel de piézomètres est insuffisant pour fournir les données nécessaires à la bonne définition d'une gestion quantitative de la ressource en eau. C'est particulièrement vrai pour les aquifères karstiques dont on verra ci-après qu'ils assurent un contrôle majeur sur le débit des cours d'eau à l'étiage.
- L'ensemble du dispositif de suivi des débits d'étiage des cours d'eau du département mériterait d'être repensé au regard du caractère fortement dépendant de ces débits aux restitutions d'eaux souterraines. Dans sa configuration actuelle, il ne permet pas de bien quantifier les échanges nappe-rivière.

3.1.4 Ressources souterraines du département : des ressources en eau abondantes

3.1.4.1 Modalités de recharge

FLUX D'ALIMENTATION PAR INFILTRATION DES EAUX MÉTÉORIQUES

La principale modalité de recharge des systèmes aquifères est l'infiltration des eaux de pluie.

La caractérisation de la recharge est un problème complexe dépendant de nombreux facteurs tels que la météorologie (mesures des lames d'eau précipitée et évaporée) le type et l'épaisseur des sols, la nature de la couverture végétale, les caractéristiques géomorphologiques des terrains (pente, rugosité...). Un rapport récent propose un bilan sur les méthodes d'estimation de la recharge par différentes méthodes scientifiques (Caballero et al., 2016) ; un lecteur curieux pourra y trouver toutes les informations utiles pour appréhender correctement cette problématique.

Pour estimer les flux de recharge des principaux systèmes aquifères du département du Gard, nous avons appliqué une approche de type bilan.

Les deux données de base pour une telle approche sont la pluie et l'évapotranspiration potentielle (ETP) journalières. Dans notre approche, nous avons travaillé sur les données SAFRAN fournies par Météo France dans le cadre de l'étude.

SAFRAN est un système d'analyse à méso échelle de variables atmosphériques près de la surface. Il utilise des observations de surface disponibles au droit des stations météorologiques, combinées à des données d'analyse de modèles météorologiques pour produire au pas de temps horaire les paramètres suivants : température, humidité, vent, précipitations solides et liquides, rayonnement solaire et infrarouge incident. Ces paramètres sont analysés par pas de 300 m d'altitude. Ils sont ensuite interpolés sur une grille de calcul régulière (8 x 8 km).

Ainsi, à chaque intersection de la grille, on dispose, dans le cadre de cette étude, des données journalières de précipitations, de température et d'ETP pour la période 1959-2007.



Pour chaque système aquifère étudié, nous avons associé une maille SAFRAN représentative de son impluvium. Pour chaque impluvium, on dispose donc de chroniques de précipitations et d'ETP sur la période 1957-2007.

Pour tenir compte de la présence des sols qui assurent le stockage temporaire d'une partie de la lame d'eau infiltrée, nous avons introduit la notion de réserve utile (RU) dont l'ordre de grandeur varie en fonction du type d'aquifère.

Le calcul pas à pas de la pluie efficace au pas journalier suit alors le chemin logique suivant :

- Si les précipitations sont supérieures à l'ETP, la différence comble d'abord le déficit en eau du sol (réserve utile). Puis en fonction de l'intensité de la pluie (notion de pluie de rupture), une part de cette pluie efficace est destinée soit au ruissellement, soit à l'infiltration (notion de coefficient d'infiltration).
- Si les précipitations sont inférieures à l'ETP, la différence est prélevée sur le stock d'eau dans le sol jusqu'à son épuisement.
- En l'absence de précipitations, l'ETP est satisfaite par prélèvements dans le sol jusqu'à épuisement de la réserve.

Tableau 7 : Paramètres du modèle de calcul de la recharge à partir des données SAFRAN

	RU	Pluie de rupture (mm)	Coefficient infiltration (P < Pr)	Coefficient infiltration (P > Pr)
Alluvions	100	100	60%	40%
Karsts jurassiques et urgoniens	30	120	90%	60%
Mollasses miocènes	80	100	70%	40%
Grès, calcaires et marnes du Crétacé	60	120	80%	50%

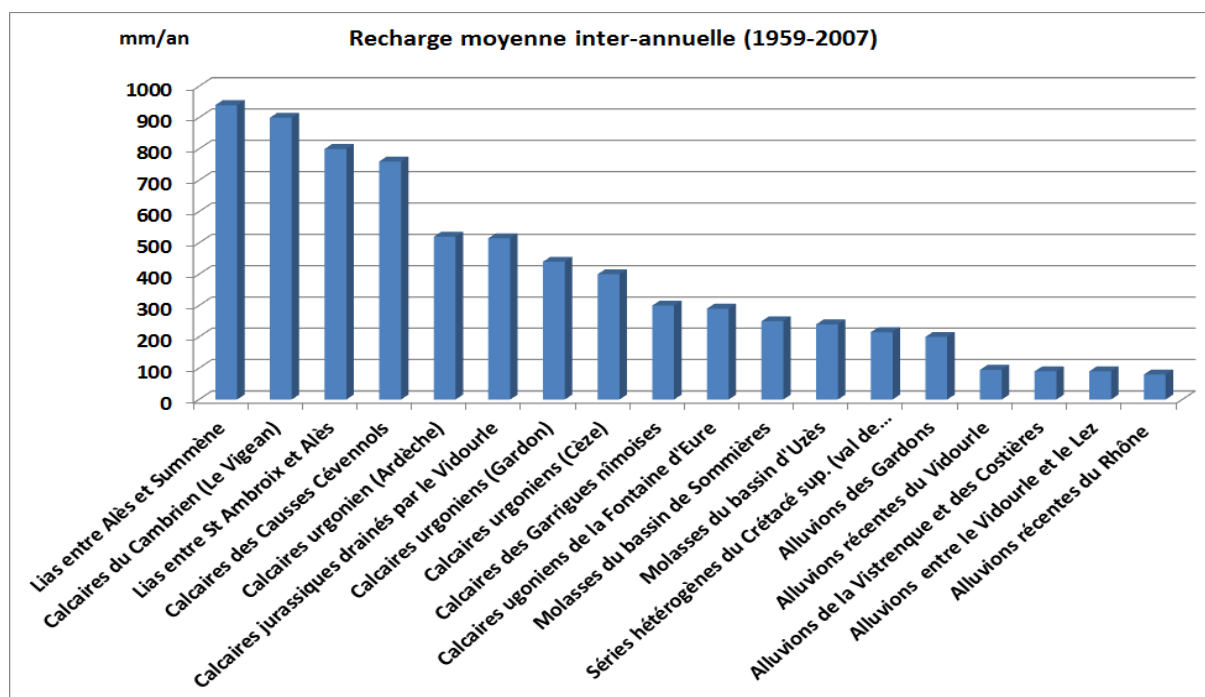
A partir de ce modèle simpliste d'infiltration des eaux, nous pouvons calculer au jour le jour, sur des chroniques historiques reconstituées, les valeurs de recharge exprimées en mm.

La figure ci-dessous présente les valeurs moyennes interannuelles de recharge annuelle pour tous les grands systèmes aquifères du Département. On peut observer de fortes disparités.

Les systèmes aquifères situés sur les contreforts cévenols bénéficient ainsi de forts cumuls de pluie (> 1000 mm/an) et de températures plus clémentes qui assurent une recharge moyenne annuelle relativement forte des aquifères (entre 500 et 900 mm/an). Le secteur des Garrigues présente une recharge annuelle moyenne plus modeste (entre 300 et 500 mm/an) et le secteur rhodanien, de par l'effet conjugué de fortes températures et de pluies modestes, est caractérisé pour une recharge faible (de 50 à 200 mm/an).



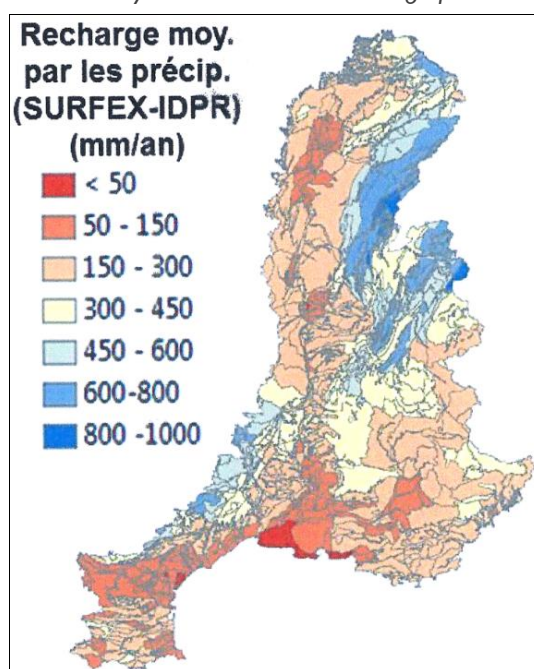
Figure 44 : Recharge moyenne interannuelle estimée à partir des données SAFRAN pour les grands systèmes aquifères du Gard



Ces ordres de grandeur sont cohérents avec les valeurs de recharge estimées par Caballero et al. (2016) dans leur programme de recherche (cf. figure-ci-dessous).

Dans le détail, l'approche que nous proposons conduit à des valeurs sensiblement plus importantes que celles proposées par Caballero et al. (2016). C'est particulièrement le cas pour les aquifères des contreforts cévenols (de 500 et 900 mm/an contre 450 à 800 mm/an) et le secteur des Garrigues (entre 300 et 500 mm/an contre 150 à 300 mm/an). Ces différences s'expliquent par la longueur des chroniques intégrées dans l'analyse : de 1957 à 2007 pour l'approche proposée ici, contre 1996-2011 pour Caballero et al. (2016). En effet, nous verrons plus avant dans ce rapport que depuis 1970, on enregistre une diminution significative des pluies efficaces (rappelons que ce paramètre intègre précipitation et évapotranspiration), en particulier sur les contreforts cévenols.

Figure 45 : Estimation des moyennes annuelles de recharge par Caballero et al. (2016)





Connaissant la surface des impluviums des systèmes aquifères, il est possible d'estimer le volume de recharge annuelle en Mm³/an. La figure ci-dessous présente les résultats.

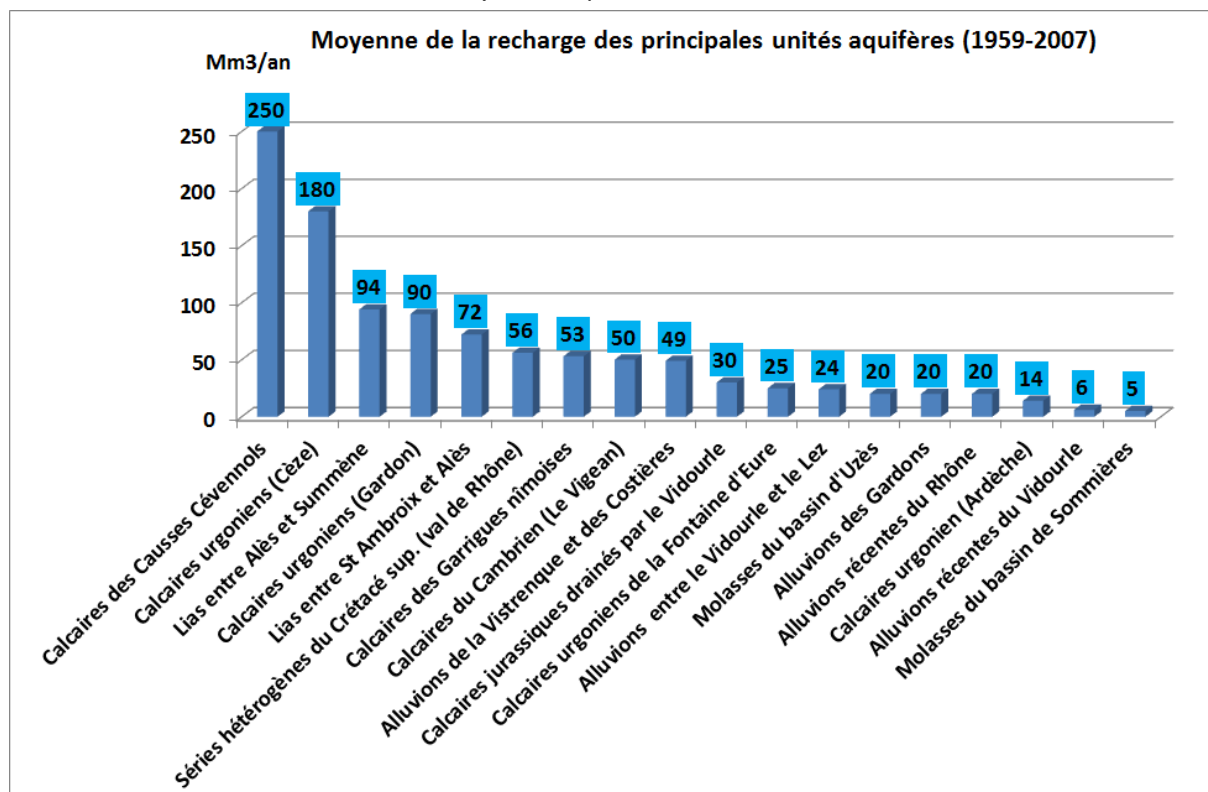
De nouveau, on peut observer de fortes disparités.

Les systèmes aquifères qui bénéficient de volume important de recharge moyenne annuelle (supérieur à 50 Mm³/an) sont les systèmes qui bénéficient soit de forte recharge, soit de grandes surfaces d'impluviums :

- Calcaires des Causses cévenols,
- Calcaires urgoniens drainés par la Cèze,
- Aquifères liasiques des contreforts cévenols,
- Calcaires urgoniens drainés par le Gardon,
- Séries hétérogènes du Crétacé supérieur du val de Rhône,
- Calcaires des Garrigues Nîmoises,
- Calcaires du Cambrien,
- Alluvions de la Vistrenque et des Costières.

Les autres systèmes aquifères présentent des volumes de recharge plus modestes, voire très faibles pour les systèmes aquifères caractérisés par de faibles impluviums (alluvions récentes du Vidourle et molasses du bassin de Sommières).

Figure 46 : Volumes de recharge moyenne interannuelle estimée à partir des données SAFRAN pour les grands systèmes aquifères du Gard



Cette approche permet ainsi d'identifier et de hiérarchiser à l'échelle départementale les systèmes aquifères qui bénéficient d'une forte recharge par infiltration des eaux météoriques. Elle confirme le **caractère abondant de la ressource en eau souterraine dans le département du Gard qui bénéficie à ce jour de cumuls pluviométriques forts sur les contreforts cévenols et d'aquifères avec des impluviums très étendus (entre 100 et 300 km² pour les systèmes karstiques majeurs).**

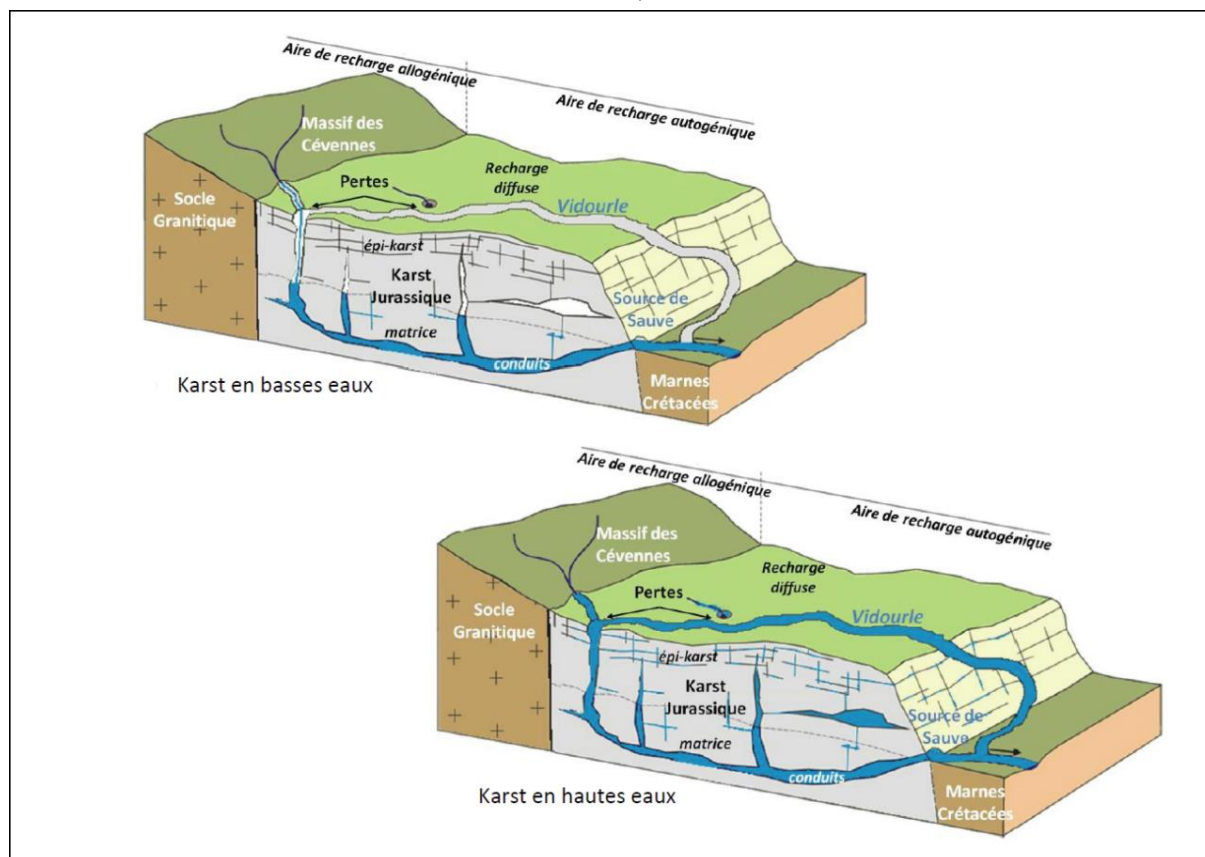


Ces résultats doivent néanmoins être considérés avec prudence, et ce pour plusieurs raisons :

- *La méthode de détermination est grossière.* Elle est basée sur un modèle d'estimation de la lame d'eau qui intègre deux paramètres mal contraints : l'ETP et le coefficient d'infiltration. Il est généralement admis que ce type d'approche donne au mieux un ordre de grandeur avec une imprécision relative de +/- 30 %.
- La recharge par infiltration des eaux de pluie est une des composantes, parmi d'autres, de la recharge totale d'un système aquifère. Pour les aquifères karstiques, il faut y ajouter les flux liés à l'infiltration dans les zones de pertes ; pour les aquifères alluviaux, il faut y intégrer les échanges nappe-rivière qui sont significatifs dans le bilan. Et pour certains aquifères, dont les systèmes mollassiques et les alluvions de la Vistrenque, il faut prendre en compte des alimentations souterraines, masquées, par d'autres systèmes aquifères.

De plus, il est à noter que **la recharge annuelle n'est pas la ressource mobilisable**. C'est particulièrement vrai pour les systèmes karstiques. Ce sont des réservoirs potentiellement très diffusifs : forte perméabilité et faible porosité impliquent de fortes vitesses de circulation (+ 100m/h) et des mises en charge spectaculaires, comme l'illustre la figure ci-dessous. Les pluies abondantes que l'on observe généralement d'octobre à mai se traduisent ainsi par des mises en charge du réservoir et une forte augmentation du débit aux exutoires, mais dont l'effet mémoire peut être relativement court (de quelques semaines à 1 ou 2 mois). L'étude récente pilotée par l'EPTB Gardons sur les systèmes karstiques drainés par le Gardon montre qu'**entre 70 et 80% du volume d'eau infiltré durant la période pluvieuse a quitté ces réservoirs karstiques lorsque débute l'étiage**. La capacité du karst à restituer un volume d'eau en période estivale, son inertie dépend de plusieurs facteurs : degré de karstification, taille du réservoir, dolomitisation, degré de fracturation.

Figure 47 : Fonctionnement hydrogéologique du système karstique drainé par la Fontaine de Sauve (d'après Legay, 2013)

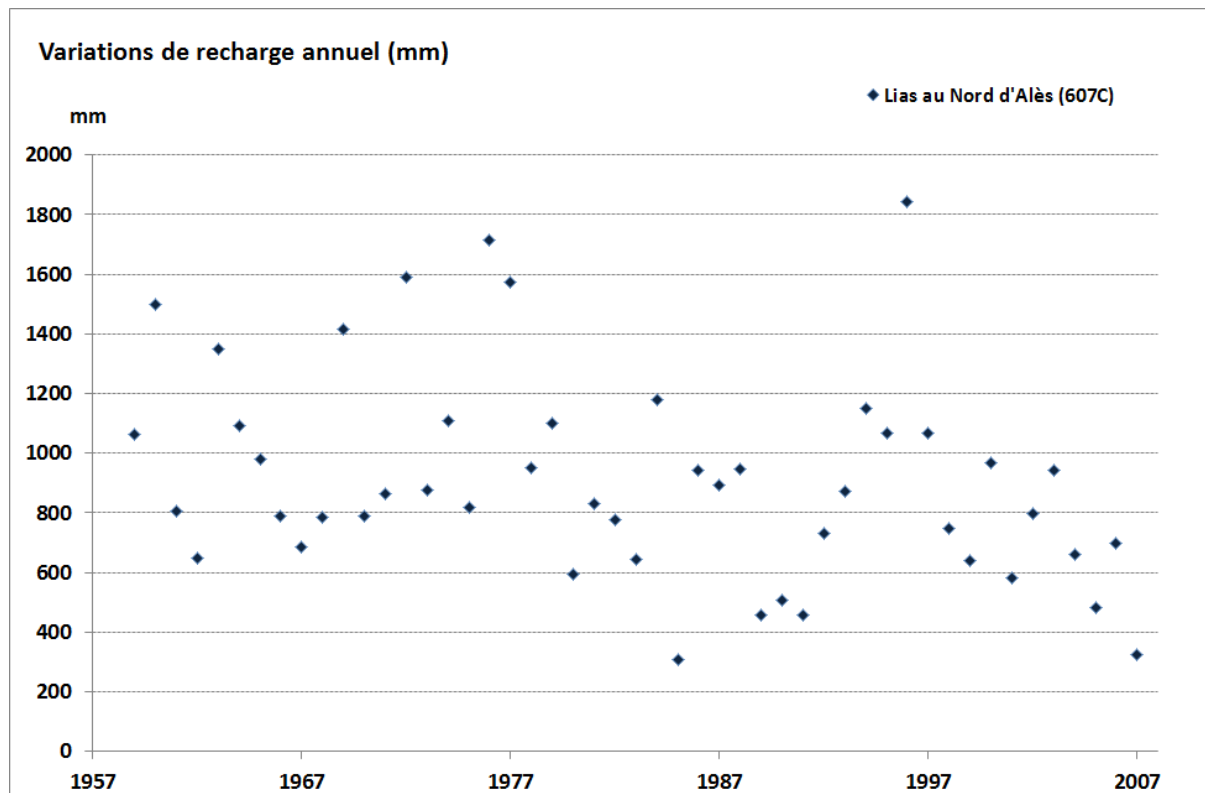




Pour finir, ces ordres de grandeur des moyennes interannuelles de volume de recharge doivent être considérés aussi avec prudence car ils cachent de **fortes variations interannuelles**. Le signal pluie peut être très variable d'une année sur l'autre et la plupart des systèmes aquifères montrent une **variabilité des volumes annuels de recharge sur au moins un ordre de grandeur** (de 1 à 10).

La figure ci-dessous illustre cette variabilité.

Figure 48 : Volume moyen annuel de recharge pour les calcaires liasiques au nord d'Alès.



FLUX D'ALIMENTATION PAR PERTES DES COURS D'EAU

La connaissance des flux d'alimentation liés aux zones de pertes dans les systèmes karstiques est détaillée plus bas dans le rapport. En résumé, les lacunes de métrologie et de connaissance sont trop nombreuses pour obtenir des estimations fiables, excepté pour les systèmes karstiques drainés par le Gardon.

Pour ces systèmes karstiques, une étude récente pilotée par l'EPTB Gardons a permis, par des mesures adaptées, d'estimer ces flux de façon robuste (HYDROFIS et BRLI, 2019) :

- Entre 80 et 100 Mm³/an pour le karst urgonien,
- De l'ordre de 20 Mm³/an pour le karst hettangien.

Au vu des différentes configurations hydrologiques, on peut proposer, pour les autres systèmes karstiques (systèmes liasiques des contreforts cévenols et pour le système urgonien drainé par la Cèze) qui n'ont pas encore fait l'objet d'approche aussi détaillée, que les flux d'alimentation par pertes sont significatifs (même ordre de grandeur que ceux liés à l'infiltration des eaux de pluie).



AUTRES MODALITÉS D'ALIMENTATION

Dans le département du Gard, pour les modalités d'alimentation significatives des systèmes aquifères autres que l'infiltration des eaux de pluie ou les pertes des cours d'eau, il faut mentionner les flux suivants :

Tableau 8 : Modalités d'alimentation significatives des systèmes aquifères autres que l'infiltration des eaux de pluie ou les pertes des cours d'eau

Systèmes aquifères	Flux d'alimentation
Calcaires urgoniens	Alimentations directes ou indirectes (par résurgence puis infiltration) des par les calcaires hauteriviens (dans les secteurs du bois de Lens et de Belvezet).
Alluvions et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières	Alimentation masquée par les calcaires des garrigues
Alluvions quaternaires et villafranchiennes entre le Vidourle et le Lez	Alimentation supposée par les molasses du bassin Castries-Sommières
Calcaires, marnes et molasses crétacés, éocènes, oligocènes et miocènes des bassins de Castries et de Sommières :	Alimentation supposée par des aquifères bordiers (Oligocène ?)
Molasses, marnes et calcaires du Crétacé supérieur au Miocène du bassin d'Uzès	Alimentation certaine par les calcaires urgoniens qui bordent le remplissage miocène
Alluvions des Gardons	Exutoire principal du karst hettangien puis du karst urgonien
Alluvions récentes du Vidourle	Exutoire du karst liasique puis jurassique et enfin des molasses miocènes
Alluvions récentes du Rhône entre Roquemaure et Avignon	Exutoire du karst urgonien (écaille de Villeneuve)
Alluvions récentes du Rhône de Viviers à Mornas	Exutoire supposé des séries aquifères du Crétacé supérieur
Alluvions récentes du Rhône d'Avignon à Tarascon	Exutoire des alluvions du Gardon.
Alluvions de la Tave et de la Cèze :	Exutoire du karst liasique, du karst urgonien puis des formations du Crétacé Sup

Sans modélisation ou métrologie très pointue, **il est très difficile d'estimer les ordres de grandeur de ces flux**. A notre connaissance, seules les alluvions de la Vistrenque ont bénéficié d'un tel processus qui a permis d'estimer à environ 10 Mm³/an le flux qui alimente ces alluvions en provenance des calcaires des Garrigues Nîmoises (Pinzelli, 2006).

3.1.4.2 Modalités d'exutoires

Les modalités naturelles d'exutoire des systèmes aquifères peuvent être diverses :

- Alimentation directe (sources) ou indirecte (venues sous-alluviales) d'un cours d'eau et son appareil alluvial,
- Alimentation de zones humides,
- Alimentation d'un autre système aquifère,
- Mer.

Les tableaux présentés en annexe 3 proposent une identification des principales modalités d'exutoire des grands systèmes aquifères du Département.



Dans ces tableaux, pour appréhender d'éventuelles contributions aux milieux superficiels, nous faisons référence aux zones NATURA 2000 qui sont susceptibles de présenter un lien a priori entre certains habitats et qualité du cours d'eau. En effet, nous verrons que **la plupart des cours d'eau gardois présentent un lien fort en période estivale entre eaux souterraines et eaux superficielles.**

La mention des zones NATURA 2000 comme exutoires potentiels des systèmes aquifères relève donc d'un postulat qui demanderait à être confirmé par des études adaptées.

3.1.5 Des liens forts entre eaux souterraines et eaux superficielles

En période estivale, dans les systèmes hydrologiques peu influencés, les débits d'étiage des cours d'eau s'expliquent à 90% par des contributions des eaux souterraines.

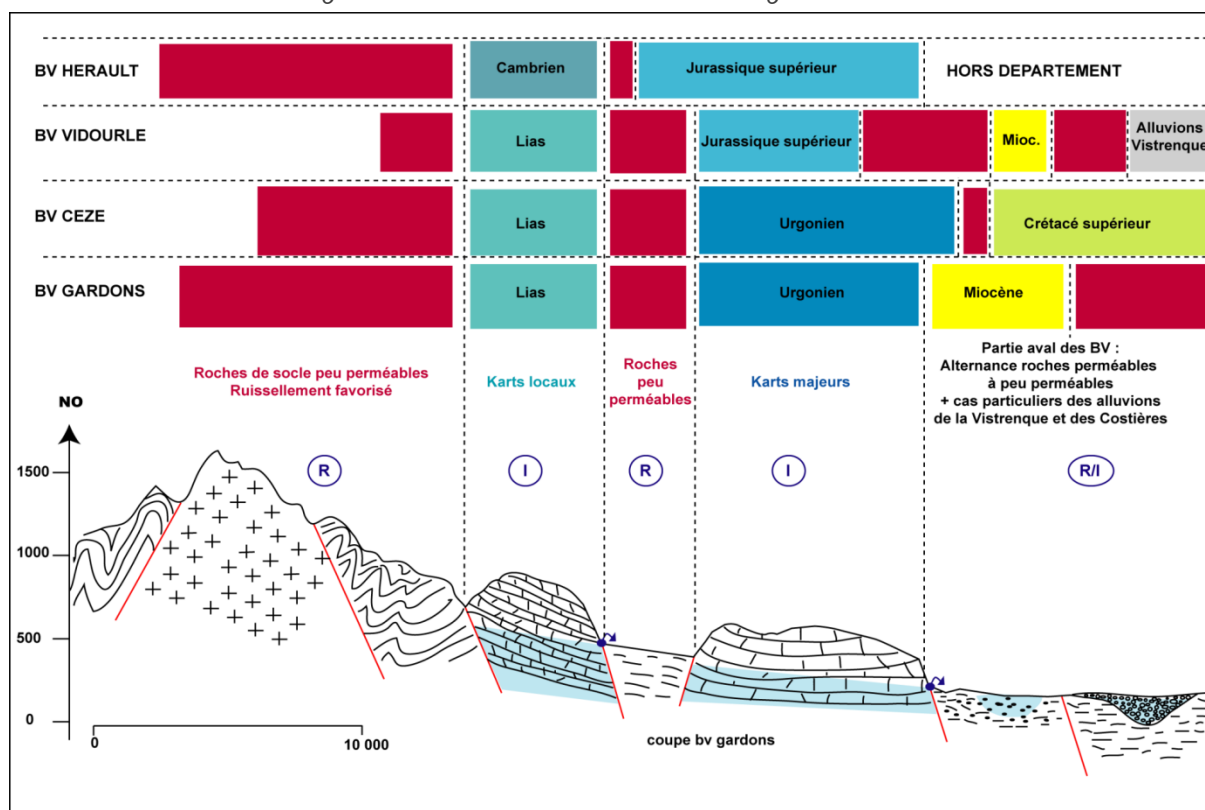
En effet, il est important de rappeler que pour un cours d'eau de 100 km de long, le temps de concentration des eaux superficielles est inférieur à une semaine (temps de parcours depuis le point le plus éloigné de la sortie d'un bassin versant). Cela veut dire que quand il n'a pas plu dans le bassin versant d'un tel cours d'eau depuis plus d'une semaine, l'eau que l'on observe dans ce cours d'eau en sortie du bassin versant est majoritairement une eau restituée par les systèmes aquifères.

DES COURS D'EAU MARQUÉS PAR L'HYDROLOGIE DES SYSTÈMES KARSTIQUES

Dans le Gard, cette relation entre eaux souterraines et eaux superficielles est très forte.

La totalité des cours d'eau du département (hors Vistre) sont alimentés par des résurgences karstiques et sont marqués par des zones de pertes qui peuvent conduire à des assèchs sur plusieurs kilomètres du lit de ces cours d'eau.

Figure 49 : Les eaux souterraines du Mont Aigoual à la mer.





Nous proposons ici une description synthétique de ces relations nappe rivière.

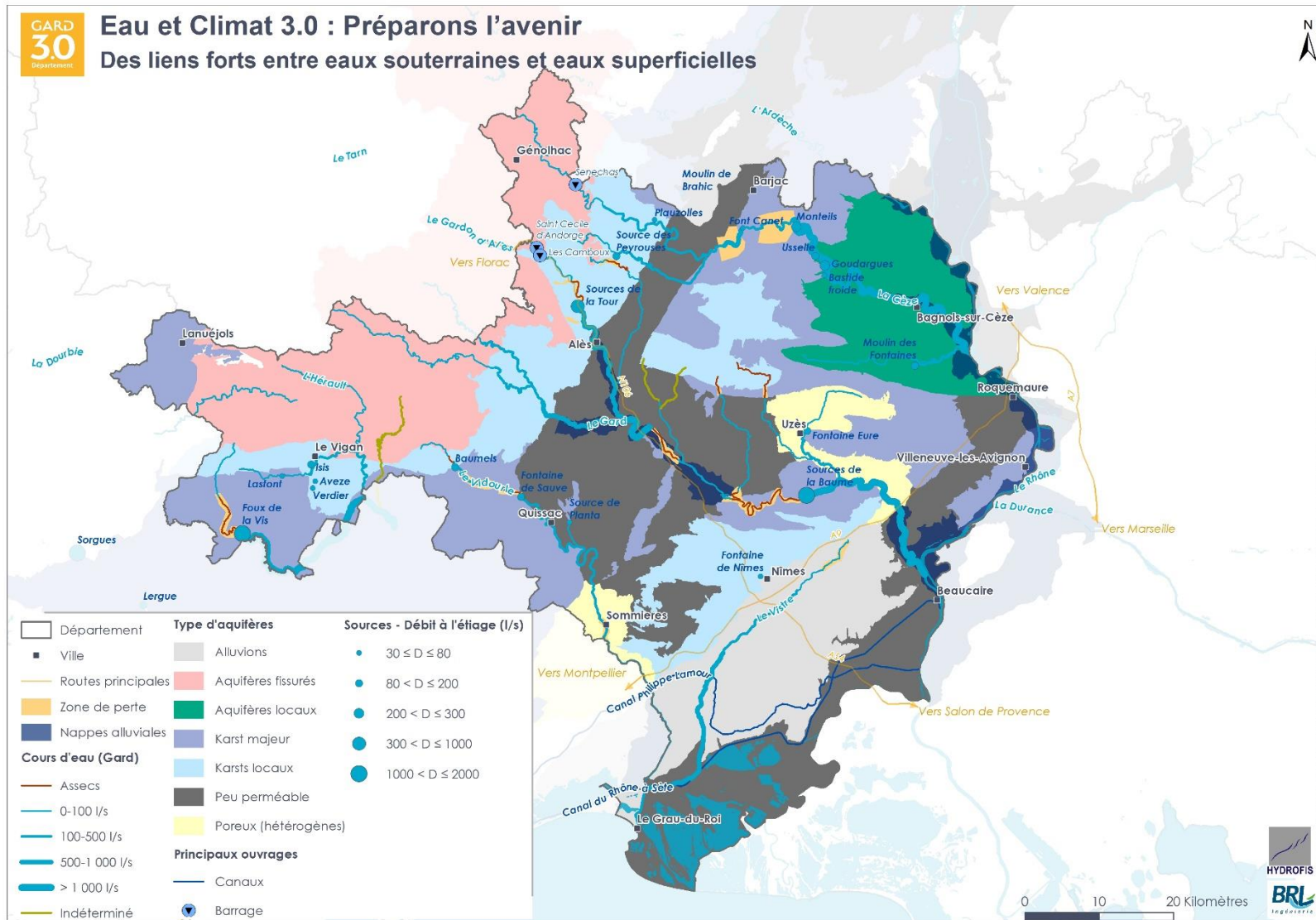
Le schéma ci-dessus présente les grandes caractéristiques des relations nappe-rivière des grands cours d'eau qui traversent le territoire. En période estivale, on observe un schéma récurrent avec les éléments suivants :

- Une **prédominance des écoulements superficiels sur les roches de socle des contreforts cévenols**. Rappelons qu'avec un module spécifique de l'ordre de 1 l/s/km², le soutien d'étiage en tête de bassins versants par les aquifères fissurés peut être jugé significatif en période estivale : entre 5 et 20 l/s pour le Vidourle, entre 100 et 200 l/s pour la Cèze, entre 200 et 300 l/s pour l'Hérault et entre 200 et 300 l/s pour les Gardons.
- Excepté pour la Vis, les cours d'eau issus du soutien d'étiage des roches de socle vont en majorité traverser des aquifères liasiques karstifiés, ce qui va conduire à des pertes localisées au profit de ces aquifères. Plus en aval, ces aquifères vont contribuer au soutien d'étiage des cours d'eau par des systèmes de restitution visible (sources des Baumels, sources de la Tour, source de Peyrouse ...) ou masquée (venues sous-alluviales).
- En position intermédiaire, les rivières courent sur des formations peu perméables (marno-calcaires du Jurassique moyen pour le Vidourle, fossé oligocène pour le Gardon et la Cèze), avant de toucher les grands systèmes karstiques majeurs (urgonien pour la Cèze et le Gardon, Jurassique supérieur pour la Vis et le Vidourle). Dès que le cours d'eau et son appareil alluvial sont au contact de ses grands aquifères, on observe des **zones de pertes majeures**, qui conduisent à des assecs importants sur tous les cours d'eau, excepté la Cèze qui présente une dynamique de pertes complexe. Comme pour les aquifères liasiques, plus à l'aval des zones de pertes, on observe une contribution au soutien d'étiage des cours d'eau par des systèmes de restitution visible (source de la Vis, Fontaine de Sauve pour la Vidourle, sources de la Baume pour le Gardon, sources de Monteils, Ussel, Goudargues, etc.... pour la Cèze) ou masquée (venues sous-alluviales).

La carte ci-dessous illustre ces relations. Elle montre une diminution des débits des cours d'eau lors de leur traversée de ces grands systèmes karstiques et une augmentation forte de ces débits quand ils les quittent.



Figure 50 : Des liens forts entre eaux souterraines et eaux superficielles





Concernant le Vistre, les informations disponibles dans la littérature scientifique et technique montrent une alimentation amont par une source issue des séries carbonatées du Crétacé en tête de bassin versant. Sur les premiers kilomètres de son trajet aérien, le cours d'eau serait perché par rapport à la nappe de la Vistrenque et relativement perdant. Dans ses parties plus aval, le cours d'eau drainerait la nappe et gagnerait en débit.

UNE CONNAISSANCE DES SYSTÈMES KARSTIQUES MAJEURS TRÈS VARIABLE

Dans ce diagnostic, pour les systèmes karstiques majeurs, il nous a semblé utile de faire un point précis sur les connaissances certaines sur ces systèmes aquifères, pour répondre à deux interrogations fondamentales pour la compréhension des échanges nappe-rivière :

- Connaît-on les flux d'alimentation dans les zones de pertes qui contribuent à la recharge de ces systèmes aquifères mais, en même temps, à la diminution des débits des cours d'eau ?
- Connaît-on les modalités et les ordres de grandeur des débits de soutien d'étiage de ces systèmes aux cours d'eau qu'ils alimentent dans leur zone de restitution principale ?

Pour le karst jurassique drainé par la Vis, nous constatons l'absence de données consolidées. Nous ne connaissons pas les flux qui alimentent par pertes le système à l'aval d'Alzon ; de plus, les restitutions du karst entre la Foux de la Vis et la confluence avec l'Hérault ne sont pas mesurées. Selon Forkasiewicz et Paloc (1965), la Foux de la Vis présente un débit d'étiage élevé, rarement inférieur à 1 m³/s. Ils proposent une étude des débits d'étiage entre 1950 et 1960. Sur ces deux cycles hydrologiques, ils font les observations suivantes :

- Les étiages débutent entre la deuxième quinzaine de mars au plus tôt et la deuxième quinzaine de juin au plus tard.
- La durée des étiages est très variable : de 120 à 234 jours.

Notons que les chroniques de débit exploitées correspondent à des mesures réalisées 4 km à l'aval de la source (station du Cirque de Navacelles). Leur approche est donc partielle ; les gorges de la Vis se prolongent sur plus de 18 km et il est certain que le karst alimente la Vis en aval de la station hydrométrique ; Paloc (1966) fait ainsi apparaître sept sources en aval de la Foux de la Vis. Les valeurs de Q₀ (« débit en début d'étiage ») varient entre 1 et 3 m³/s et les coefficients de tarissement entre 0.2 et 1 %. Au vu de ces fortes variabilités, les auteurs concluent à une complexité du réservoir karstique avec des impluviums variés pouvant fonctionner de façon différente. Quoi qu'il en soit, on peut qualifier ces débits d'étiage d'importants ; c'est une caractéristique partagée par les aquifères à forte composante dolomitique (Paloc, 1966).

Le karst jurassique drainé par le Vidourle est moins puissant ; il présente des **débits d'étiage faibles**, avec parfois des moyennes mensuelles inférieures à 100 l/s. Ceci s'explique par un bassin versant amont peu contributif (< 20 km²) et de réserves faibles du réservoir. De plus, selon Paloc (1966), la Fontaine de Sauve se caractérise par un fort coefficient de décrue (de l'ordre de 9%) ; cette valeur témoignerait d'un **aquifère peu inertiel** (cf. sous-chapitre introductif).

Concernant le karst urgonien drainé par le Gardon, une étude récente pilotée par l'EPTB Gardons (HYDROFIS et BRLi, 2018), étalée sur trois ans, a permis une nette amélioration des connaissances. Pour les étiages sévères, le **débit d'alimentation des pertes est de l'ordre de 1 m³/s**. Il s'agit alors du débit « perdu » par le Gardon entre Ners et Moussac dans la zone dite des pertes amont. Ce système karstique présente un Q₀ (« débit en début d'étiage ») compris entre 2,5 et 3 m³/s avec un coefficient de tarissement de l'ordre de 0,5%. Les réserves sont importantes et la contribution au débit d'étiage du Gardon est significative ; **pour sous-passer 1 700 l/s en régime influencé à Remoulins, il faut 4 mois d'étiage prolongé**.



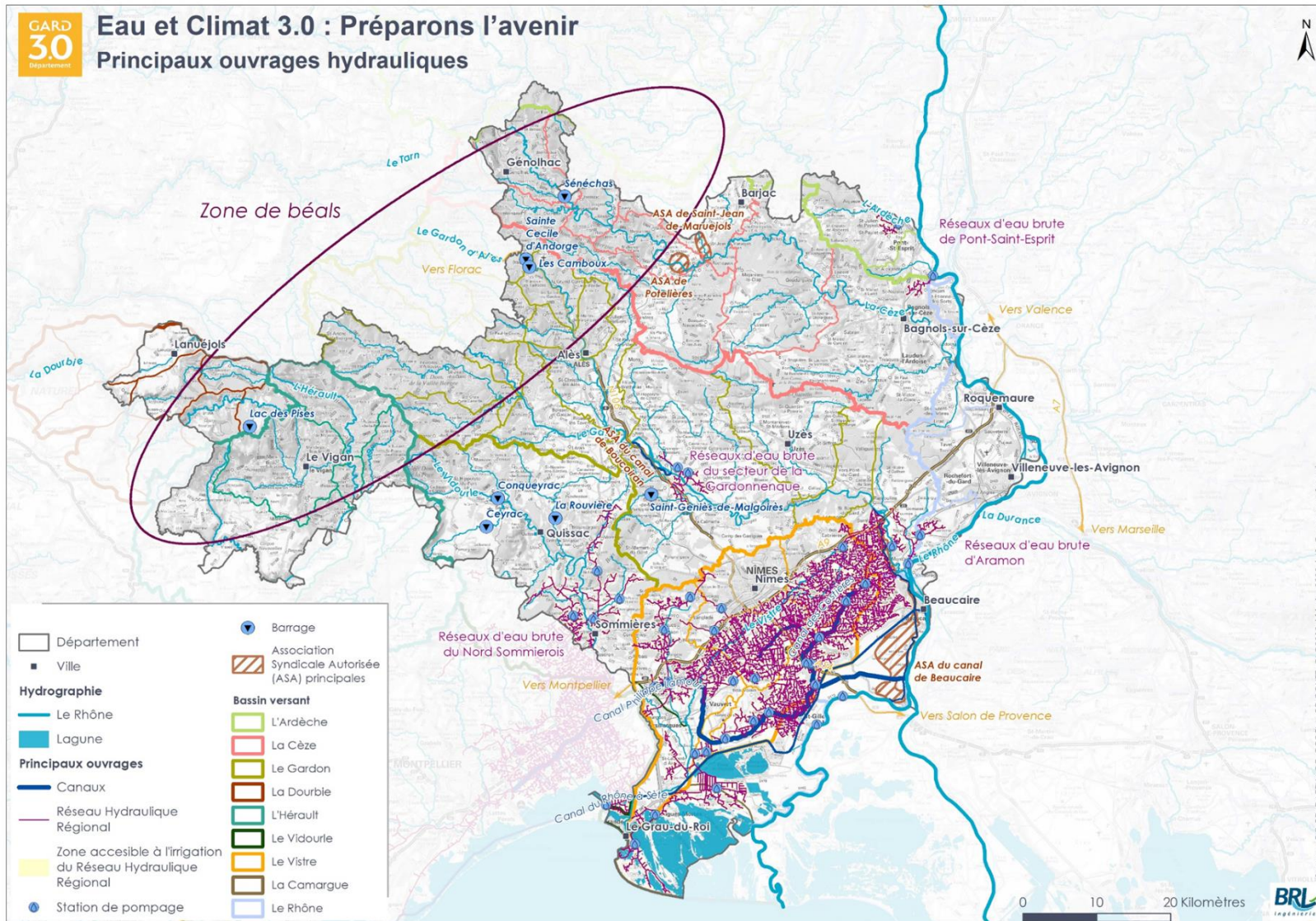
Pour le karst urgonien drainé par la Cèze, nous constatons l'**absence de données consolidées** ; en particulier, les venues sous-alluviales ne sont pas mesurées et le débit d'alimentation du karst par les zones de pertes n'a pas été estimé. A priori, des premiers travaux réalisés dans le cadre d'un programme de recherche financé par l'Agence de l'Eau montrent des réserves importantes et une contribution significative du karst au débit d'étiage (impluvium très important > 200 km²). Elle devrait être du même ordre de grandeur, voire supérieure, que celle du système karstique urgonien drainé par le Gardon.

3.2 UN TERRITOIRE HISTORIQUEMENT ÉQUIPÉ EN OUVRAGES HYDRAULIQUES

L'histoire agricole du Gard apparaît fortement liée à son histoire hydraulique. Des ouvrages d'ampleur très variable selon les territoires ont été mis en place progressivement par l'homme pour permettre la valorisation de la terre. Si leur niveau d'utilisation a pu beaucoup évoluer depuis, ils restent dans tous les cas des marqueurs forts du département.



Figure 51 : Principaux ouvrages hydrauliques du Département du Gard





3.2.1 Les ouvrages hydrauliques cévenols : vers une reconnaissance patrimoniale après l'abandon progressif de l'usage ?

« Maintenir les hommes à la montagne ». Tel est l'objectif des ouvrages hydrauliques mis en place du XVI^{ème} au XIX^{ème} siècle dans les Cévennes. Sur ce territoire de fortes pentes, aux réserves aquifères de socle très réduites et au climat sévère, provoquant successivement des étiages profonds et des crues dévastatrices, la gestion fine de l'eau est en effet un enjeu crucial.

Parmi les ouvrages développés pour gagner du sol et maîtriser l'eau dans les Cévennes figurent notamment :

- Les **terrasses** (ou faïsses, bancels...).

Edifiées autour des habitats pour les cultures, les terrasses sont délimitées par des murs de pierre sèche qui suivent les courbes de niveaux. Ces murs sont parfois légèrement inclinés pour suivre le pendage des couches sur calcaire. Le caractère de la pente détermine la hauteur et la largeur des planches. Plus la pente est forte et plus les terrasses sont étroites et les murs élevés.

- Les **tancats** : seuils maçonnés de pierres sèches construits en travers du ruisseau.

Ces barrages permettaient, en freinant le ruissellement des eaux sur les fortes pentes des thalwegs encaissés, de limiter les érosions, de favoriser les accumulations alluviales, d'alimenter les nappes phréatiques, de dévier l'eau pour irriguer les cultures.

Dans la vallée Obscure, sur le petit bassin versant du Valescure, on retrouve par exemple 1000 ouvrages (dont la moitié très endommagés) sur un territoire de 400 ha.

- Les **béals** : canaux traditionnels d'irrigation gravitaire.

Ces ouvrages sont composés d'une prise d'eau et du canal à proprement parler. A l'origine leur mise en eau était limitée aux périodes de besoins des prairies. Aujourd'hui, ces béals restent souvent en eau tout au long de l'année et rejoignent le cours d'eau plus en aval.

La Cèze amont compte par exemple 22 km de béals dont moins du quart - 6km - est estimé comme étanche (PGRE).

- Les **trencats** : tranchées destinées à canaliser les eaux de ruissellement.

Etablis en oblique par rapport au terrain, ils visent à ramener l'eau vers le ruisseau.

- Mais aussi les **aiguiers** (fossés destinés à collecter les eaux au-dessus des secteurs aménagés pour les évacuer vers les ruisseaux), les **tranchats** (rigoles plus ou moins profondes tracées au pied de chaque murette), les **paissières** (petits barrages permettant de modifier le profil en long du **valat** qui descend du haut du versant et d'alimenter le départ d'un béal), les **mines** (galeries creusées pour la collecte des eaux)... (CNRS, 2006).



Figure 52 : Aperçu de quelques ouvrages traditionnels en Cévennes



Source : Béals et Paissière (BRL ingénierie) ; Terrasses (site Internet du Parc National des Cévennes) ; Petits rascasses (J.M. CASTEX, photo extraite de (1)) ; système de tancats en continuité avec des terrasses (cliché : J.F. DIDON-LESCOT (photo extraite de (1)))

(1) : les systèmes de terrasse cévenols. Exemple de la vallée obscure et du vallon du Ranquet. Etudes de Géographie physique – Travaux du BVRE du Mont Lozère - Supplément au n° XXXIII – 2006 - UMR 6012 "ESPACE" du CNRS

72

Une gestion fine et collective était associée à ces ouvrages, qui faisaient déjà l'objet de conflits d'usages à l'époque :

- Des tours d'eau régissaient l'utilisation de l'eau des béals par les différents arrosants.
Extrait d'un acte notarial de 1733 (Notaires de Saint-Jean) : « [...] tous les jours de mercredi de chaque semaine savoir un jour depuis la pointe du jour jusqu'à midi et le mercredi suivant depuis midi jusqu'au lendemain matin ladite eau à partager avec ledit Teissier qui se prend à la rivière de Gardon à l'endroit appelé le premier Gas qui dérive dans un canal ».
- Plusieurs textes historiques témoignent des conflits d'usage et des « disettes d'eau ».
 - En août 1779, le maire et le consul sont intervenus à Saint André de Valborgne pour exiger un abandon d'une prise d'eau et d'un réservoir mis en place par un particulier qui compromet l'alimentation de la « fontaine du Griffon ».
 - Parmi les actes des tribunaux du Vigan figurent de nombreux procès pour non-respect des droits d'eau (cf commune de Mandagout).

La déprise agricole, qui commence dès le milieu du XIX^{ème} siècle et s'accroît à partir du milieu du XX^{ème} siècle, mais aussi plus tard les exigences de la loi sur l'eau de 2006 ont conduit à un abandon et à une dégradation progressive de ces ouvrages. Dans la Haute-Vallée de la Cèze, d'un peu moins de 40 béals fonctionnels en 2010 le nombre passe à une vingtaine en 2016 et probablement moins de 15 en 2017 (EPTB AB Cèze et Chambre d'agriculture du Gard, 2016).



Une prise de conscience se développe depuis quelques années pour la préservation de ces ouvrages, pour une utilisation agricole, un usage d'agrément ou en tant que patrimoine. Le plan d'actions 2015-2021 de l'Entente Causse Cévennes vise ainsi, à travers sa fiche action n°1.4.3, à «Réhabiliter les réseaux hydrauliques et petits ouvrages liés à la ressource en eau pour une utilisation agricole : béals, impluvium, stockages individuels de substitution » :

- Permettre la reconnaissance des moyens, des techniques, des modes de répartition existant grâce à une adaptation de la réglementation.
- Grâce à cela, adapter et redéployer, sur des bases réglementaires, administratives et financières tenables et durables, la petite hydraulique de montagne méditerranéenne afin de pouvoir la maintenir et par conséquent rester en mesure de valoriser le parcellaire qui lui correspond.
- Améliorer et développer une gestion de l'eau basée sur la valorisation des excédents d'eau des pluies hivernales collectées et stockées pour parties puis redistribuées en fonction des besoins :
 - Maintenir et améliorer les équipements hydrauliques existants pour une meilleure gestion et valorisation de l'eau pour l'irrigation,
 - Réaliser de petits ouvrages collinaires pour assurer une irrigation d'appoint et ainsi sécuriser les productions fourragères de base et/ou diversifier les productions,
 - Améliorer les ouvrages existants et/ou en créer tout en développant des moyens de redistribution de l'eau pour l'abreuvement des animaux sur parcours.
- Développer des structures de gestion telles que les SAGE et syndicats.

En 2018, une résolution a été prise par l'UNESCO pour les ouvrages hydrauliques patrimoniaux en Cévennes (UNESCO, 2018). Elle souligne que « ces ouvrages hydrauliques (béals, trencats, tancats, mines...) sont des exemples exceptionnels d'adaptation combinant innovation et intelligence face à une nature extrême tant dans ces excès que dans ses pénuries ». Ils constituent des « marqueurs paysagers des Cévennes », des « éléments clés de l'activité agricole et pastorale de ce territoire ». Des questions se posent aujourd'hui sur leur pérennité « dépendante de leur entretien, du maintien de leur fonctionnalité, des pratiques d'irrigation et de la maîtrise, le plus souvent collective, des droits d'usage au sein d'ASA préexistantes ».

Les actions ciblées par cette résolution portent notamment sur la mise en œuvre rapide d'une expérimentation visant à pérenniser les ouvrages et leurs usages agricoles et à capitaliser des connaissances. Ce projet doit se dérouler en lien avec les acteurs locaux et en synergie avec les politiques publiques en place sur les bassins versants pour lutter contre les déficits quantitatifs. Il s'agit également d'améliorer la conciliation de l'usage agricole traditionnel avec la réglementation sur l'eau actuelle.

De tels projets ont déjà eu lieu dans le passé. Citons par exemple le projet conduit en Vallée Obscure et dans le Vallon du Rouquet par le CNRS retracé dans la publication CNRS. (2006). *Récupération des paysages de terrasses et prévention des risques naturels - Etudes de géographie physique - Travaux du BVRE du Mont-Lozère - Supplément au n° XXXIII.*

De nouveaux projets pilotes pourraient ainsi émerger prochainement dans le cadre de l'action entreprise par l'Entente Causse Cévennes en lien avec les acteurs locaux.



3.2.2 Les principaux réseaux collectifs d'irrigation du territoire (hors RHR)

Les associations syndicales « autorisées » par l'État (ASA) constituent des **acteurs clés de l'irrigation collective**. Elles gèrent des ouvrages et des services indispensables à l'économie et à la vie des territoires desservis. En tant qu'établissements publics administratifs, elles disposent de moyens réglementaires forts leur permettant de constituer des périmètres d'irrigation, d'y installer et gérer les ouvrages nécessaires à l'irrigation, et de recouvrer les cotisations des adhérents.

Ces ASA d'irrigation sont au nombre de 55 dans le Gard. La Chambre d'agriculture du Gard a pour projet de réaliser en 2019-2020 un état des lieux des réseaux collectifs d'irrigation, à travers la réalisation d'enquêtes très complètes auprès des gestionnaires de réseaux d'irrigation collectifs (sous pression et gravitaires, structurés en ASA ou non). Ces données actualisées permettront d'affiner les tableaux ci-après qui proposent une vision à partir des données disponibles au premier semestre 2019 des principales ASA du territoire (hors ASA d'irrigation de Camargue ainsi que celles du couloir Rhodanien).

Le Gard présente également un syndicat intercommunal gérant un réseau collectif d'irrigation important : le canal de Boucoiran.

ASA DE SAINT-JEAN DE MARUEJOLS	
Dates clés	<ul style="list-style-type: none"> - Création : 23 octobre 1985 - Arrêté préfectoral de prélèvement : 23 octobre 1985
Ressource	Moyenne Cèze
Adhérents	95 dont 73 agriculteurs en 2011
Surfaces	Surface irriguée : 420 ha recensés (estimation de 15% supplémentaires soit 480 ha). Principales cultures : semences (159 ha), vignes (134 ha), grandes cultures (63 ha) et maraichage (53 ha). Surface irrigable : 600 ha souscrits, potentiel valorisable de l'ordre de 1 300 ha
Volumes et débits	<ul style="list-style-type: none"> - Débit maximum autorisé : 360 l/s (débit réservé : 340 l/s) - Volume mensuel autorisé : 960 000 m³ (par extrapolation du débit max autorisé) - Volume mensuel maximum prélevé (période 2009-2014) : 470 000 m³ en juillet 2009
Rendement	72 %
Projets d'optimisation	<ul style="list-style-type: none"> - Économies d'eau, amélioration de l'efficacité des prélèvements et des pratiques - Bassins de stockage pour un volume de 600 000 m³ (18 à 25 k€)

Source : PGRE Cèze (2018), SCP (2013)

ASA DE POTELIÈRES	
Dates clés	<ul style="list-style-type: none"> - Création : 2 octobre 1969 - AP prélèvement : 16 février 1970
Ressource	Cèze
Adhérents	101 dont 55 agriculteurs
Surfaces	Surface irriguée : 162 ha en 2015. Cultures majoritaires : vignes (42 ha), maïs (38 ha) et tournesol (27 ha), maraichage (21 ha) Surface irrigable : 410 ha (surface souscrite : 270 ha)
Volumes et débits	Débit maximum autorisé : 144 l/s (débit réservé : 100 l/s) Volume mensuel autorisé : 385 000 m ³ (par extrapolation du débit max autorisé) Volume mensuel maximum prélevé (période 2009-2014) : 131 500 m ³ en juillet 2013
Rendement	71 % en 2019 (efforts récents avec forte amélioration : 15-20% en 2012-2013)
Projets d'optimisation	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux d'urgence réalisés sur les ballons anti-bélier en 2016 - Renouvellement des compteurs abonnés - Travaux de sectorisation, recherche de fuites, renouvellement des compteurs, reprise d'une section du réseau prévus en 2020 (économies d'eau prévisionnelles : 30 000m³) - Solutions de substitution étudiées (stockage hivernal, retenue collinaire, forage) ne semblent pas réalisables en l'état des connaissances

Source : PGRE Cèze (2018), ENTECH (2017), CA30 (2019)



SYNDICAT INTERCOMMUNAL DU CANAL DE BOUCOIRAN	
Date clés	<ul style="list-style-type: none"> - Création : 1977 (canal datant du XVIII^e siècle) - Arrêté préfectoral N° 30-20180517-001 portant reconnaissance de l'existence du seuil de Ners et du prélèvement effectué par le canal de Boucoiran au titre de l'article L.214-3 du code de l'environnement
Ressource	Gardon entre Ners et la Baume (débit maximal dérivé : 1,6 m ³ /s)
Adhérents	18 (entre 7 et 11 usagers effectifs par an) sur 3 Le syndicat regroupe 3 communes : Moussac, Boucoiran-et-Nozières et Brignon
Surface irriguée	72 ha dont 43 ha de vignes, 26 ha de maraîchage et 3 ha en jardins
Autre usage	Production d'hydroélectricité
Volumes et débits	Débit réservé : <ul style="list-style-type: none"> - 1050 l/s entre le 1^{er} juillet et le 30 septembre, inclus (correspondant au 1/20^{ème} du module) - 2625 l/s entre le reste de l'année (correspondant au 1/10^{ème} du module) - Supérieur au 1/10^{ème} du module en moyenne sur l'année Volume annuel : <ul style="list-style-type: none"> - Volume annuel maximum net (hors pertes du canal) : 125 900 m³/an - Volume net prélevé autorisé pour l'irrigation agricole et des jardins en juillet (mois de pointe) : 40 500 m³/s - Prélèvement brut estimé en 2011 est de 29 Mm³ (inchangé par rapport à 2005) soit 930 l/s en dfc annuel, et 1300 l/s en dfc du mois de pointe (juin à cause des restrictions de prélèvement imposées par le règlement d'eau)
Rendement	<i>Non connu</i>
Projets d'optimisation	<i>Non connu</i>

Source : BRLi (2016), arrêté préfectoral du 17 mai 2018, (CA 30, Etude sur les besoins en eau d'irrigation agricole en Gardonnenque, 2014)

ASA DU CANAL DE BEAUCAIRE	
Date clés	<ul style="list-style-type: none"> - Canal datant du XIX^e siècle - Prélèvement dans le Gardon : décret impérial du 24 février 1864
Ressources	<ul style="list-style-type: none"> - Rhône via deux stations de pompage : la Bagnade sur le canal du Rhône à Sète (1,9 m³/s) et la Tourette sur le Petit Rhône à Fourques (0,8 m³/s) - Suppression récente (2015 ou 2016) du prélèvement à vocation agricole sur le Gardon (prélèvement brut de 9,4 Mm³)
Adhérents	576 adhérents dont une soixantaine d'agriculteurs à titre principal en 2011
Surface irriguée (et principales cultures)	Surface irriguée : <ul style="list-style-type: none"> - Partie Beaucaire : 1 318 ha (vigne initialement mais quasiment arrêtée en 2011, bascule vers riziculture, céréales et arbres fruitiers) - Partie Fourques : 419 hectares (essentiellement riz, céréales, et un peu de maraîchage) - Surface irrigable : 2 000 ha
Volumes et débits	Volume annuel prélevé : de 30 à 35 Mm ³ par an en 2013
Rendement	23 %
Projets d'optimisation	<i>Une proposition avait été formulée lors de la concertation liée à l'élaboration du PGRE Gardons : utiliser le canal de Beaucaire comme réserve de stockage. Elle n'a finalement pas été retenue dans le programme d'actions (projet a priori complexe dans la situation actuelle du canal)</i>

Source : BRLi (2013) et PGRE Gardons (2018)



Une mission départementale de gestion quantitative de la ressource en eau, portée par la Chambre d'agriculture du Gard avec un financement de l'Agence de l'Eau RMC, propose un accompagnement administratif, juridique et technique aux ASA et groupes d'irrigants du territoire à travers un accord-cadre signé en juillet 2012. Le retour des six premières années de fonctionnement, présenté lors du COPIL du 21 mars 2019, apparaît positif : près de 13 millions de m³ ont été économisés chaque année, dont 5 millions en été. Des économies supplémentaires de l'ordre de 0,26 millions de m³ sont en projet pour la suite.

3.2.3 Trois barrages contribuant au soutien d'étiage

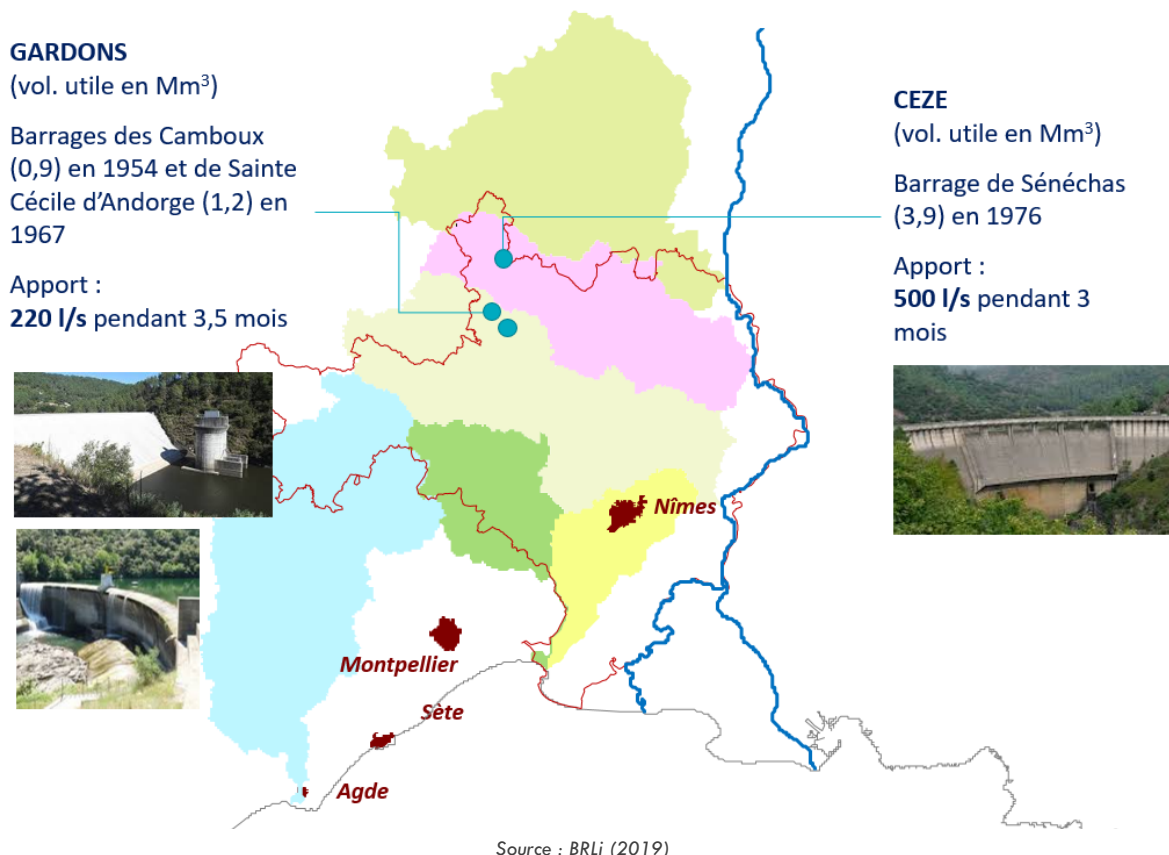
Les barrages sont des ouvrages artificiels (ou naturels), généralement aménagés en travers d'une vallée, transformant en réservoir d'eau un site naturel approprié. Ces ouvrages peuvent cumuler plusieurs vocations.

On peut distinguer plusieurs vocations principales qui peuvent se combiner : régulation des crues (écrêtement), soutien d'étiage, alimentation d'un usage estival à partir d'un stockage réalisé à une autre saison, exploitation hydroélectrique, loisir...

Sur les six barrages du Département¹⁰, trois contribuent au soutien d'étiage. Il s'agit :

- du barrage de Sénéchas, situé sur la Cèze sur les communes du Chambon (Gard) et de Malbosc (Ardèche).
- et de deux barrages situés en cascade sur le Gardon d'Alès, dans les communes de Sainte-Cécile-d'Andorge (barrage éponyme) et de Branoux-les-Taillades (Barrage des Camboux).

Figure 53 : Localisation des 3 barrages du Gard contribuant au soutien d'étiage



¹⁰ Les 4 autres barrages du département (Conqueyrac, Ceyrac et La Rouvière sur le bassin versant du Vidourle, et Saint-Geniès-de-Malgoirès sur le bassin versant du Gardon) ont une fonction écrêteurs de crues.



Le tableau suivant propose une synthèse des principales caractéristiques de chacun de ces barrages. **À eux trois, ils représentent 6 Mm³ à disposition pour le soutien d'étiage.**

Des évolutions (réhausse ou révision des règlements d'eau) pourraient offrir des potentialités de soutien d'étiage supplémentaire. Les possibilités seront étudiées avec le Département dans le cadre de la deuxième phase de l'étude.

Tableau 9 : Caractéristiques des 3 barrages du Gard contribuant au soutien d'étiage

	SÉNÉCHAS	SAINTE-CÉCILE D'ANDORGE	CAMBOUX
Mise en service	1976	1967	1954
Maitre d'ouvrage	Historique : Département Aujourd'hui : Département	Historique : Ministère de l'agriculture Aujourd'hui : Département	Historique : Houillères du Bassin du Centre et du Midi Aujourd'hui : Département
Usages	Initialement : Protection contre les crues Depuis 1984 : rôle secondaire de soutien d'étiage	Initialement : Protection contre les crues Fonctionnement mixte aujourd'hui : ajout du soutien d'étiage	Initialement : alimentation en eau et en hydroélectricité des mines de la Grand Combe Aujourd'hui : décanteur pour les eaux rejetées lors du soutien d'étiage de Sainte Cécile d'Andorge et prolongement du soutien d'étiage de Sainte-Cécile
Volume utile pour le soutien d'étiage (Mm³)	3,9	1,2	0,9 (en considérant engrèvement)
Débit Fictif Continu du soutien d'étiage	500 l/s pdt 90 j 770 l/s pdt 60 j	220 l pendant 60 j	220 l/s pendant 45 j
Règles de gestion	Remplissage du 1/5 au 30/6 déstockage du 1/7 au 30/9	Cote maintenue à 242 mNGF jusqu'au 15/6 puis déstockage du 15/6 au 15/9	Maintien 227 mNGF pour loisirs de juin au 15 sept. Prend le relais de Ste Cécile à partir du 15/9 ou avant si besoin (avec autorisation nécessaire)
Débit déstocké	<ul style="list-style-type: none"> - Au moins 500 l/s pendant le remplissage - 500 l/s et apports pendant la vidange 	<ul style="list-style-type: none"> - Au moins 200 l/s (ou débit naturel si inférieur) du 15/09 au 15/06 - 200 l/s à partir du 15/6 jusqu'à cote 235 mNGF puis relais Cambous 	<ul style="list-style-type: none"> - Débit sortant = débit entrant jusqu'au 15/9 - Environ 200 l/s pendant le soutien d'étiage
Réflexions récentes	Étude d'optimisation de la gestion du soutien d'étiage du barrage réalisée par BRLi en 2013	<ul style="list-style-type: none"> - Rehausse pour sécurité (projet de sécurisation en cours) - Projet à l'horizon 5-8 ans de rehausse de la cote du plan d'eau permanent à 252 mNGF entre mars et août (au lieu de 242 mNGF) pour passer de + 220 l/s à + 900 l/s (sur 2 mois) (gain de 700 l/s sur 2 mois = gain de 500 l/s sur 3,5 mois) 	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux sur le déversoir pour répondre à des crues de fréquences plus élevées - Réflexion sur les possibilités d'avancer la date de début du stockage (échanges Département-Etat)

Source : (BRLi, Etude d'optimisation de la gestion du soutien d'étiage du barrage de Sénéchas, 2013) ; (BRLi, Plan de gestion concertée des ressources en eau du bassin versant des Gardons, 2011).



3.2.4 Le Réseau hydraulique régional, des ressources importantes complémentaires pour le territoire gardois d'hier à aujourd'hui

L'idée d'irrigation du Languedoc-Roussillon à partir de l'eau du Rhône émerge au milieu du XIX^{ème} siècle. Aristide Dumont est le premier ingénieur à avoir le projet d'irriguer la rive droite du Rhône à partir d'une dérivation des eaux du fleuve. Entre 1847 et 1902, il présente 7 projets de canal en rive droite du Rhône pour l'irrigation du territoire et la navigation. Des oppositions politiques, conflits d'intérêts et autres priorités empêchent l'acceptation des plans de Dumont. Après la seconde guerre mondiale, Philippe Lamour est associé à la mise en place de la planification économique pour reconstruire la France. A son tour et cette fois avec succès, il reprend le projet d'irriguer le Languedoc-Roussillon à partir du Rhône. Son action aboutit à la création de la Compagnie nationale d'aménagement de la région du Bas-Rhône Languedoc (CNARBRL) en 1955 et à la création du canal Philippe Lamour entre 1957 et 1963. Ce canal et ses dérivations font partie depuis 2008 du Réseau hydraulique régional (RHR), propriété de la Région Occitanie et géré par BRL dans le cadre d'une concession.

Le RHR représente à l'échelle de la Région Occitanie 120 000 ha de surfaces irrigables, dont 45 000 ha (40 %) sont situés dans le Gard. Il contribue également à l'alimentation ou à la sécurisation de l'alimentation en eau potable de près de 300 000 gardois. La principale ressource mobilisée par le RHR est la ressource Rhône (75 % des volumes totaux du RHR). Les chiffres clés et ressources mobilisées par secteur sont synthétisés dans le tableau suivant.

Le canal Philippe Lamour et ses dérivations constituent l'infrastructure majeure du Réseau RHR. Elle est alimentée par une prise d'eau au Rhône en aval de Beaucaire, d'une capacité maximale autorisée de 75 m³/s. Après 12 km, au niveau de la station « Aristide Dumont » (Bellegarde), l'eau est dirigée dans :

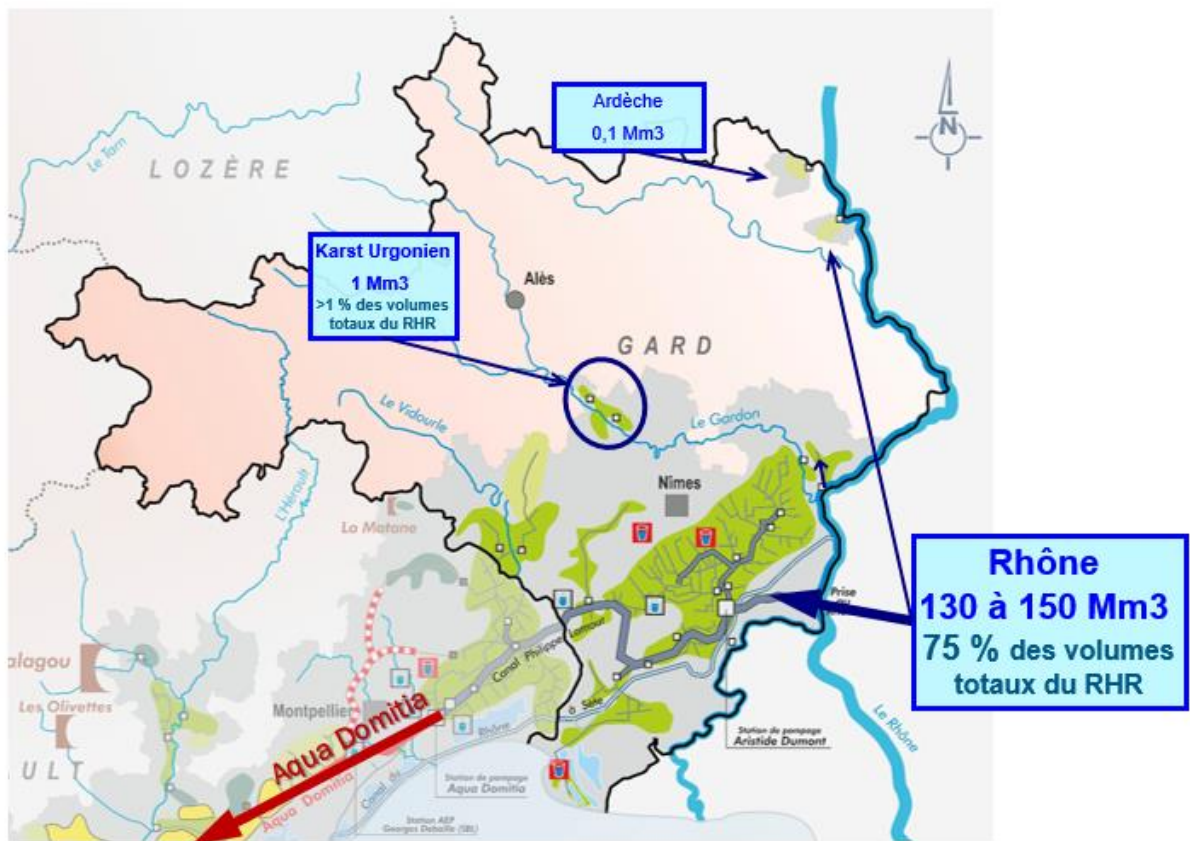
- Le canal Philippe Lamour (+ 20 m NGF) d'une capacité de 63 m³/s ;
- Le canal des Costières (+ 63 m NGF) d'une capacité de 12 m³/s.

La partie gardoise du RHR intègre également plusieurs autres réseaux d'extension plus limitée alimentés par 7 prises d'eau, dont l'usage est très majoritairement agricole :

- Trois anciennes concessions départementales (Gardonnenque, Aramon et Pont Saint-Esprit), intégrées au RHR en 2013 :
 - Les réseaux d'eau brute de Pont-Saint Esprit, alimenté par les prises d'eau de Grand Pré pour le secteur sud (ressource Rhône) et de Balazut pour le secteur nord (ressource Ardèche à la confluence Ardèche-Rhône).
 - Le secteur d'Aramon, alimenté par la prise d'eau de Vallabrègues.
 - Les deux forages de Moussac et Maissonette sollicitent le karst urgonien et alimentent le réseau d'eau brute du secteur de la Gardonnenque (forages à 400m de profondeur, 1 Mm³ de prélèvement cumulé, 50 % des volumes distribués à destination de l'irrigation d'environ 450 ha).
- Un réseau situé en rive gauche du Gardon, alimenté par la prise de Montfrin (65 000 m³ en 2018). Il prélève les eaux de la nappe alluviale du Gardon pour un usage majoritairement agricole.
- Un réseau alimenté par la prise d'eau d'Agathé dans le Petit Rhône, pour un usage intégralement agricole (client unique).



Figure 54 : Le RHR dans le Gard



Source : BRL (2018)

Tableau 10 : Synthèse des prélèvements 2018 et des volumes distribués dans le Gard via le RHR

RESSOURCE SOLlicitÉE	POINT DE PRÉLÈVEMENT	VOLUME PRÉLEVÉ (EN M ³)	GARD – VOLUME DISTRIBUÉ TOTAL	GARD – DONT IRRIGATION AGRICOLE	GARD – DONT AUTRES USAGES	GARD – DONT EAU POTABLE
Rhône	Mas de Maillan	130 436 824*	41 503 185	30 144 335	6 648 192	4 710 658
Rhône	Vallabrègues	356 592	198 738	182 826	15 912	0
Rhône	Grand Pré	217 054	191 457	183 132	8 325	0
Rhône	Agathé	84 100	78 250	78 250	0	0
Total Rhône		131 094 570*	41 971 630	30 588 543	6 672 429	4 710 658
Nappe alluviale du Gardon	Montfrin	65 321	54 499	50 805	3 694	0
Ardèche	Balazut	205 281	116 541	115 570	971	0
Karst urgonien	Moussac et Maisonette	1 046 418	905 282	463 111	273 216	168 955
Total autres ressources		1 317 020	1 076 322	629 486	277 881	168 955
Total GENERAL		132 411 590	70 442 326	31 218 029	6 950 310	4 879 613

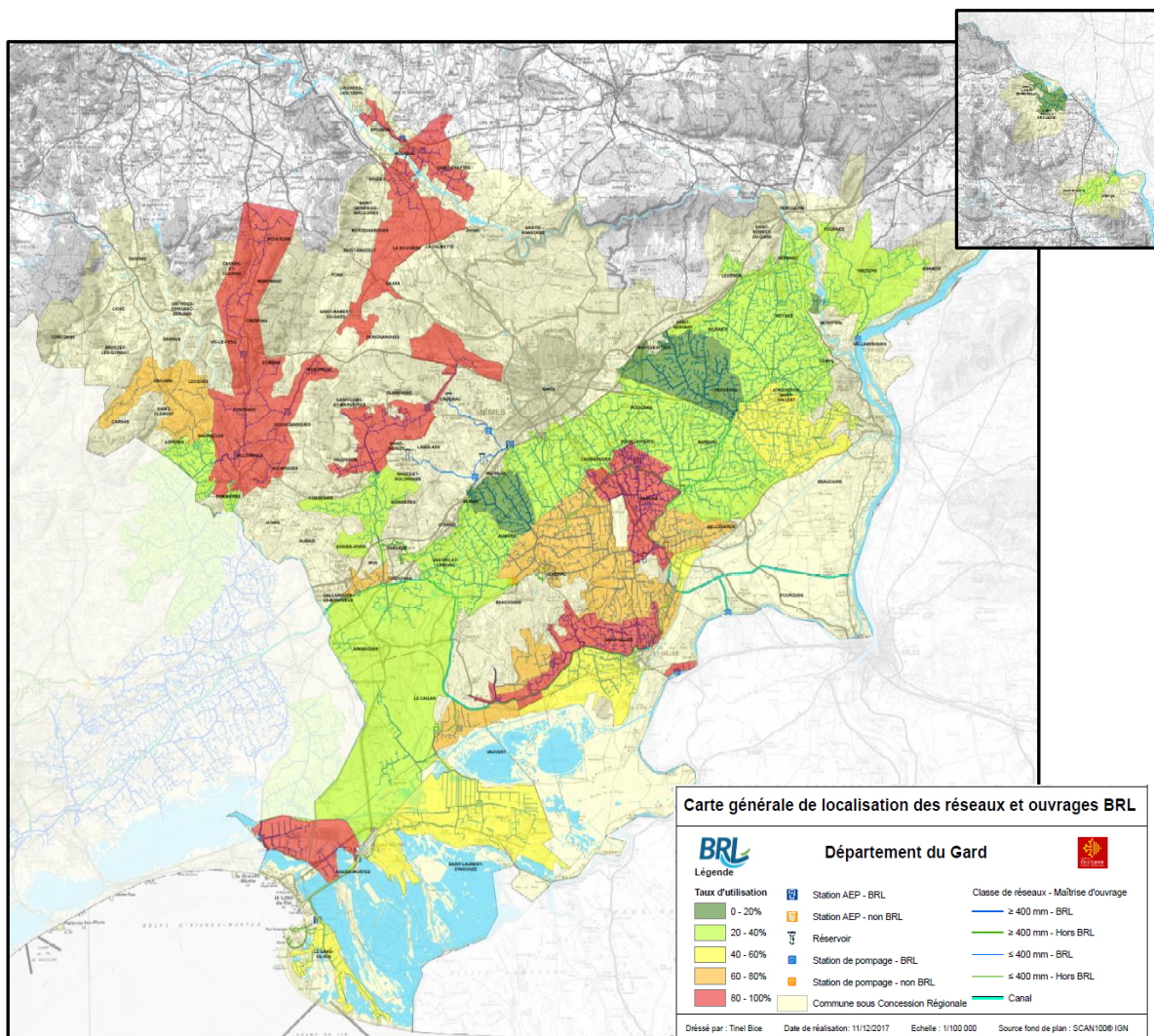
* Parmi ce volume prélevé, 27 394 374 m³ sont distribués dans l'Hérault

Source : BRLExploitation (2019)



Le taux d'utilisation des réseaux du RHR est variable selon les secteurs. Certains sont saturés (Nord-Sommiérois et Gardonnenque par exemple) tandis que des potentialités de développement existent encore sur un grand nombre (nord du secteur Costières, secteur Ardèche, etc.). Une baisse du niveau d'insaturation est cependant observée depuis 2017, bien que non quantifiée précisément par BRLe.

Figure 55 : Taux d'utilisation des réseaux du RHR dans le Gard



Source : BRL (2017)



Les grands chiffres sur le prélèvement au Rhône – Volumes et débits

L'écoulement moyen du Rhône à Beaucaire est de 55 000 Mm³ par an (55 milliards de m³).

Le prélèvement net total atteint 3 000 Mm³ par an sur le bassin du Rhône, tous usages confondus, soit 5 % de l'écoulement annuel.

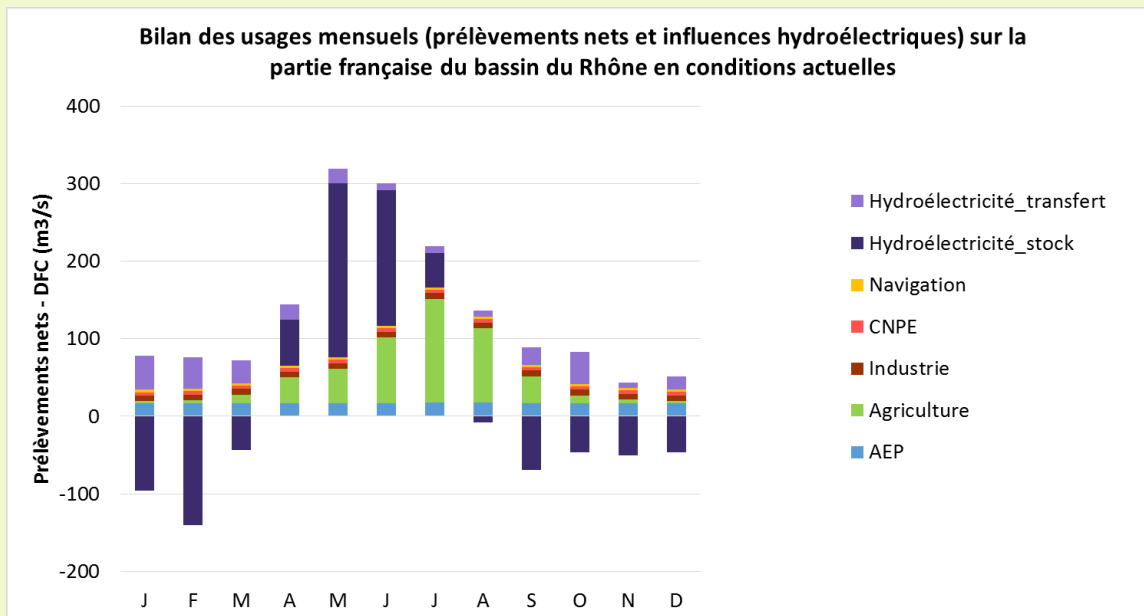
En volume, le prélèvement du RHR dans le Rhône représente 130 à 150 Mm³ soit :

- 5 % des prélèvements totaux sur le bassin du Rhône (partie française) ;
- 0,25 % de l'écoulement annuel.

En débit, le prélèvement du RHR dans le Rhône représente 15 m³/s en pointe en juillet soit :

- 7 % des débits nets prélevés dans tout le bassin du Rhône en juillet ;
- 1,2 % de l'écoulement moyen du mois de juillet à Beaucaire (1,6 % en quinquennal sec).

Figure 56 : Bilan des usages mensuels sur la partie française du bassin du Rhône en conditions actuelles



Source : Etude des étiages du Rhône, BRLi, 2014 pour l'AERMC



3.2.5 La Camargue gardoise, des terres gagnées sur la mer

La Camargue gardoise est un ancien territoire deltaïque d'origine rhodanienne, situé en contrebas des Costières. Elle a été formée avec la régression marine, qui a donné naissance à une série de milieux humides lagunaires entrecoupés d'anciens cordons dunaires.

De manière schématique, elle est délimitée au nord et à l'ouest par le canal du Rhône à Sète et le Vidourle, à l'est par le Petit-Rhône, au sud par la mer. Elle est située à l'aval des bassins versants du Rhône, du Vidourle et du Vistre :

- La partie sud, du littoral au Costières (du Grau du Roi à Saint-Gilles) est majoritairement occupée par des zones humides.
- La partie nord, qui forme un triangle entre les villes de Beaucaire, Fourques et Bellegarde est majoritairement agricole (elle est intégrée dans la présente étude au territoire « Ceinture rhodanienne »).

Les deux exutoires principaux sont le canal du Rhône à Sète, prolongé par le chenal maritime à l'ouest, et le Petit Rhône, à l'est, avec exceptionnellement le canal du Rhône à Sète à l'est via l'écluse de St Gilles.

Si le Rhône et le Petit-Rhône ont joué un rôle majeur dans la morphologie de la Camargue et continueront à contribuer aux évolutions du territoire, l'apparence actuelle du territoire doit beaucoup aux grands aménagements humains débutés au moyen-âge. A partir du XII^{me} siècle, les premiers grands travaux d'assainissement interviennent sous l'impulsion d'ordres religieux tels que l'abbaye de Franquevaux puis, plus tard, l'Ordre de Malte (XVII^e-XVIII^e siècles). Les marais sont assainis et drainés pour y favoriser l'installation des hommes et l'exploitation des terres.

Parmi les ouvrages hydrauliques les plus influents sur le territoire, on distingue :

- **Le canal du Rhône à Sète**, « colonne vertébrale » du territoire creusé dès le XVIII^e siècle. Conçu à la fois pour assainir les marais et permettre le transport des marchandises, il joue un rôle structurant pour la Camargue gardoise, non seulement comme axe de transport fluvial, mais aussi comme vecteur des eaux continentales ou marines. Il participe largement au fonctionnement hydraulique et hydrologique : alimentation des zones humides, marais et étangs (Charnier, Scamandre), exutoire des eaux de drainage de la zone comprise entre Saint-Gilles et Aigues-Mortes.
- **Le chenal maritime**, prolongement du canal du Rhône à Sète, date de Saint-Louis. Il fut à l'origine de la séparation entre l'étang du Repausset et celui du Repausset Levant. C'est le long de ce chenal que l'on observe la remontée du biseau salé particulièrement marquée lors des intrusions marines.
- Les canaux secondaires qui maillent le territoire : De très nombreux réseaux hydrauliques agricoles (canaux d'irrigation et de drainage) permettent le maintien, voire le développement, d'activités humaines en Camargue gardoise (agriculture, tourisme...).
- Le canal d'aménée de BRL (canal gravitaire) : Long de 12,6 km, ce canal amène l'eau du Rhône de la prise d'eau au Rhône située à Fourques à la station Aristide Dumont (ou Pichegu). Il joue également un rôle majeur pour le ressuyage dans la plaine de Beaucaire-Fourques-Bellegarde.

La topographie du territoire, la proximité des fleuves Rhône, Vistre et Vidourle, couplée aux contextes climatiques, géographiques et économiques du territoire, font de la Camargue gardoise un territoire soumis à d'importantes pressions et contraintes. En effet, ce territoire, géré en fonctionnement courant, devient un gigantesque champ d'expansion en période de fortes crues (96 % du territoire est situé en zone inondable) (BRLi, Révision du SAGE Camargue gardoise : actualisation de l'état des lieux et du diagnostic, 2012).



3.3 COMMENT LES RESSOURCES EN EAU ONT ÉVOLUÉ DEPUIS 1970 ?

3.3.1 Eaux superficielles

PRÉSENTATION DES DONNÉES

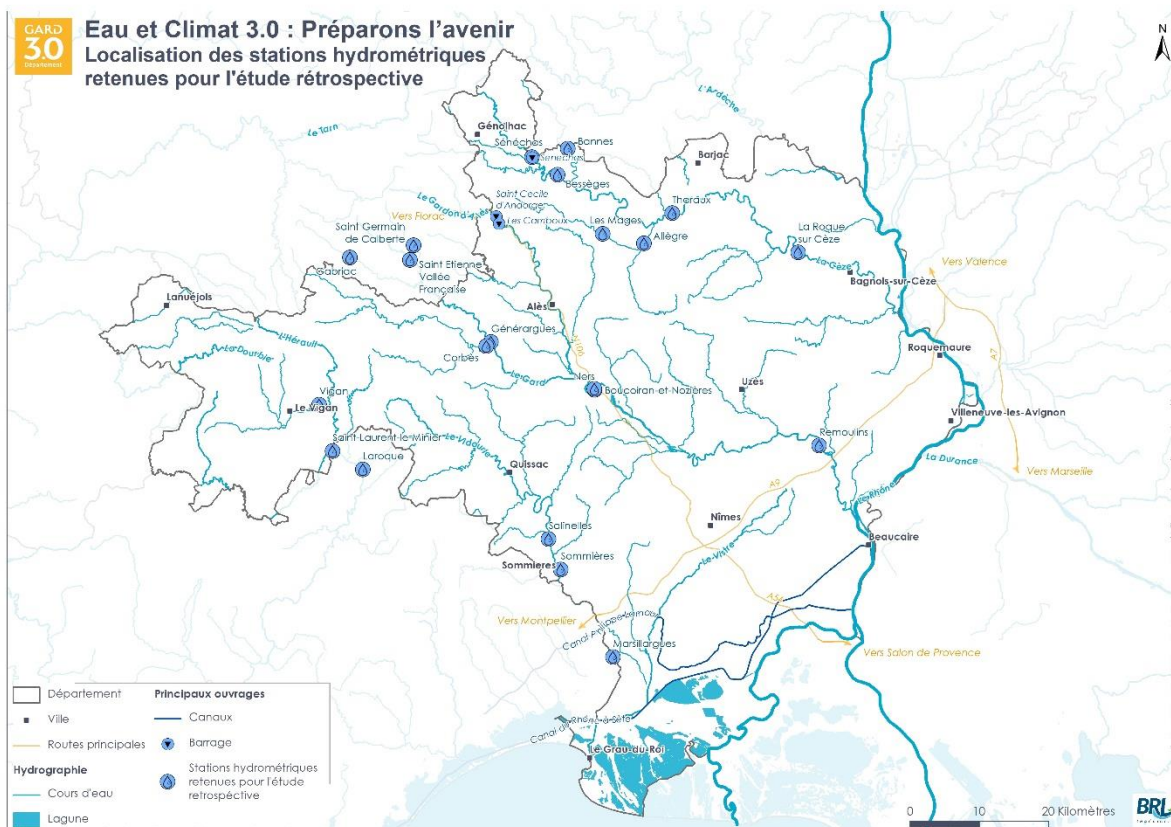
21 stations de mesures hydrologiques ont été retenues pour la réalisation de l'étude rétrospective sur les écoulements superficiels. Sept se situent sur le bassin de la Cèze, huit sur le bassin des Gardons, trois sur le bassin du Vidourle et trois sur l'amont du bassin de l'Hérault. Celles-ci ont été sélectionnées de manière à ce que :

- la **durée des chroniques** soit suffisamment longue pour réaliser une analyse diachronique ;
- la **fiabilité des mesures à l'étiage** soit estimée comme a priori correcte.

Le choix s'est fait sur la base des éléments disponibles dans la Banque Hydro, dans les Etudes Volumes Prélevables et en dialoguant avec les quatre EPTB concernés.

La carte ci-dessous présente la localisation des stations retenues pour l'étude rétrospective. La liste de ces stations avec leurs caractéristiques est reprise en annexe.

Figure 57 : Carte des stations retenues pour l'étude rétrospective des débits



L'analyse s'est faite sur les **données brutes de débits journaliers**, c'est-à-dire **influencées** par les prélèvements, les rejets et par la régulation éventuelle des barrages (Sainte Cécile et Cambous pour les Gardons et Sénéchas pour la Cèze).



INDICATEURS UTILISÉS

Les indicateurs retenus pour l'étude rétrospective sur les écoulements superficiels sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Synthèse des indicateurs retenus pour l'analyse rétrospective sur les écoulements superficiels

Analyse diachronique :	Indicateurs retenus
Des plus petits débits atteints au cours de l'année	<ul style="list-style-type: none"> - QMNA (Débit mensuel minimal d'une année hydrologique) : plus petit débit moyen mensuel de l'année - VCN3 (volume consécutif minimal pour 3 jours) : plus petit débit moyen sur 3 jours consécutifs de l'année - Q95 : Valeur de débit journalier atteint ou dépassé 95% du temps dans l'année
De la durée des étiages	Cette notion, difficile à appréhender, est nécessairement relative à une valeur seuil. Celle qui a été retenue correspond au VCN10 quinquennal sec, autrement dit le plus petit débit moyen sur 10 jours consécutifs atteint une année sur cinq. Ainsi pour chaque année de la chronique disponible, nous comptabilisons le nombre de jours de sous-passement de ce seuil.
De l'intensité des étiages	Pour être cohérent, nous avons calculé cette intensité, comme pour la durée, relativement au VCN10 quinquennal sec. Pour caractériser cette intensité, nous avons calculé pour chaque année le volume correspondant à la différence entre le débit observé (débit moyen sur 10 jours) et la valeur seuil (VCN10 quinquennal sec). La figure qui suit ce tableau illustre de manière graphique cette notion.
Des quantités d'eau écoulée pendant la période de basses eaux	Nous avons considéré, pour chaque année, le volume total écoulé sur la période juin-juillet-août. <i>N.B. : Septembre et octobre n'ont pas été considérés, afin de ne pas prendre en compte les épisodes de crues automnales.</i>
Des sous-passements des valeurs considérées dans l'arrêté cadre sécheresse départemental¹¹	<p>Le débit des cours d'eau est analysé après calcul du VCN3 par décade. Le VCN3 est le débit minimal du cours d'eau enregistré pendant 3 jours consécutifs sur la période considérée (décade). La comparaison de cette valeur avec les valeurs historiques de cette même période permet de caractériser une situation d'étiage.</p> <p>Dans chaque zone d'alerte définie dans l'arrêté, trois niveaux de préoccupation peuvent ainsi être déclenchés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vigilance (seuil basé sur le VCN3 de temps de retour 3,5 ans), - Alerte (seuil basé sur le VCN3 de temps de retour 5 ans), - Crise (seuil basé sur le VCN3 de temps de retour 8 ans). <p>Après avoir calculé la valeur de ces seuils au droit de chacune des stations de mesures retenues, nous avons recalculé les nombre de jours passés chaque année sous les seuils de vigilance, d'alerte ou de crise.</p> <p><i>N.B. : L'analyse conduite ici dépasse l'analyse des débits d'étiage et s'étend à l'hydrologie de toute l'année. Cet indicateur peut, par exemple, rendre compte d'un épisode de déficit hydrologique en dehors de la période estivale.</i></p>

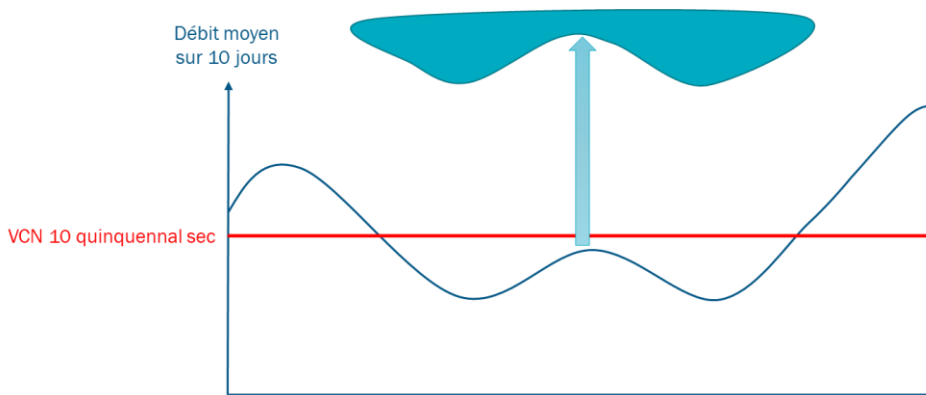
¹¹ Arrêté n°30-2018 définissant le cadre de mise en œuvre des mesures de limitations des usages de la ressource en eau en période de sécheresse dans le Gard.

http://www.gard.gouv.fr/content/download/29169/207045/file/AP_2018XXXX_cadre_secheresse_gard_corps_v1.pdf



La figure ci-dessous donne une représentation graphique de l'indicateur de l'intensité des épisodes d'étiage : l'aire sous la courbe rouge correspond à l'intensité de l'épisode.

Tableau 12 : Représentation graphique de l'indicateur « Intensité de l'épisode d'étiage »

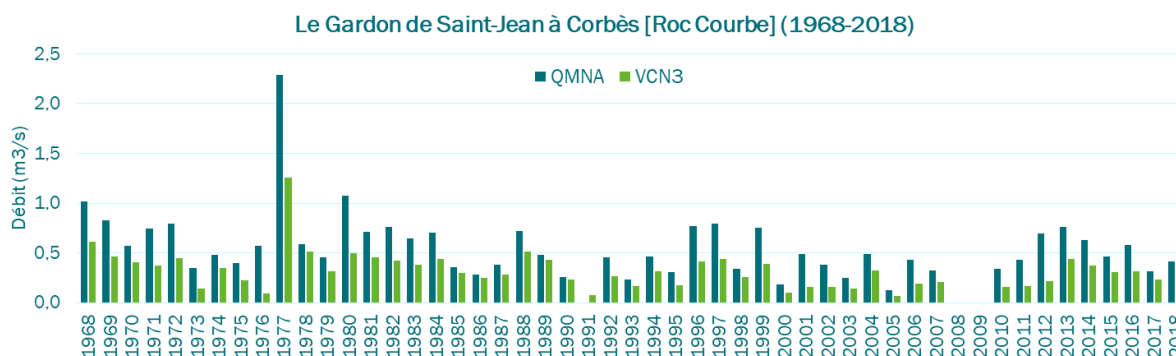


Source : BRLi (2019)

D'une manière systématique, les différents indicateurs présentés ci-dessus ont été calculés pour chacune des stations retenues. Pour chaque station, une fiche synthétique reprenant les principaux indicateurs a été éditée et figure en annexe. Les résultats se présentent sous forme de cinq graphes, dont un exemple est présenté ci-dessous :

- Un graphe présentant les chroniques de QMNA et de VCN3 :

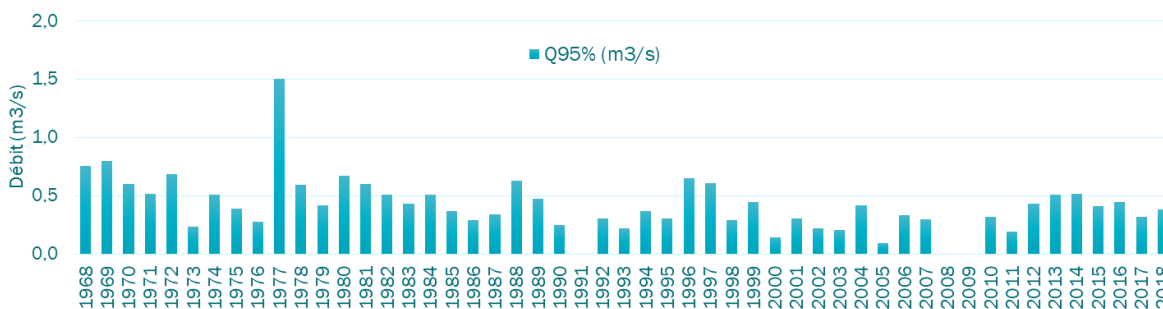
Figure 58 : Chroniques du QMNA et du VCN3 pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès



Source : Exploitation données Banque Hydro (BRLi)

- Un graphe présentant les chroniques de Q95 :

Figure 59 : Chronique du Q95 pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès

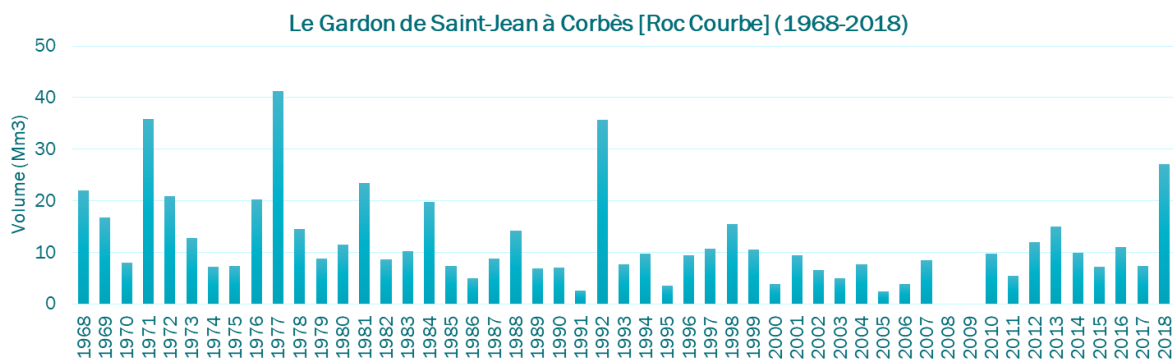


Source : Exploitation données Banque Hydro (BRLi)



- Un graphe présentant les volumes d'eau écoulée sur la période d'étiage :

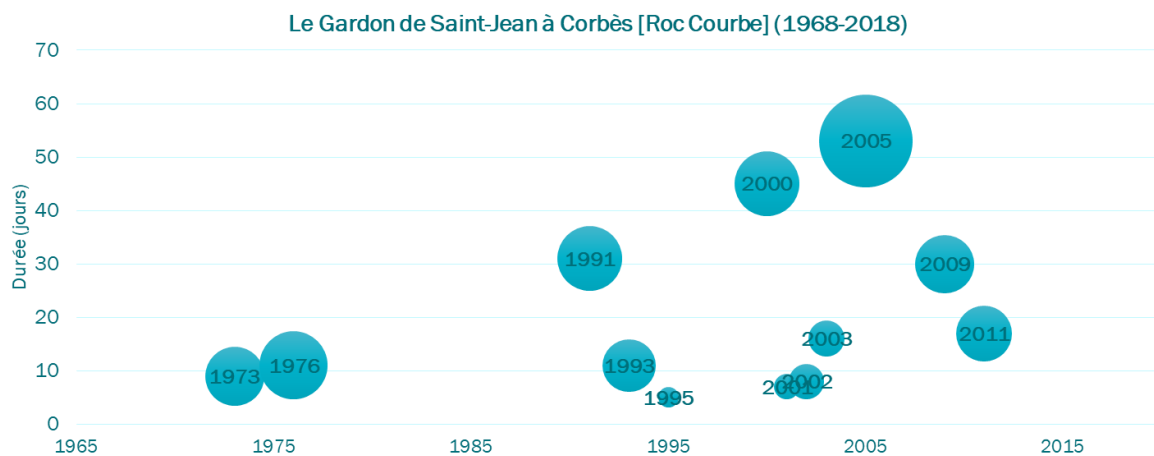
Figure 60 : Chronique du volume d'eau écoulé en période d'étiage pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès



Source : Exploitation données Banque Hydro (BRLi)

- Un graphe qui présente conjointement la durée et l'intensité des épisodes d'étiages observés : si un sous-passement du seuil défini a lieu dans l'année, alors celle-ci sera représenté par une bulle dont la position par rapport à l'axe des ordonnées correspond à la durée (en jours de sous-passement) et dont la taille (diamètre) correspond à l'intensité de l'étiage ;

Figure 61 : Chronique des épisodes d'étiages (intensité-durée) pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès

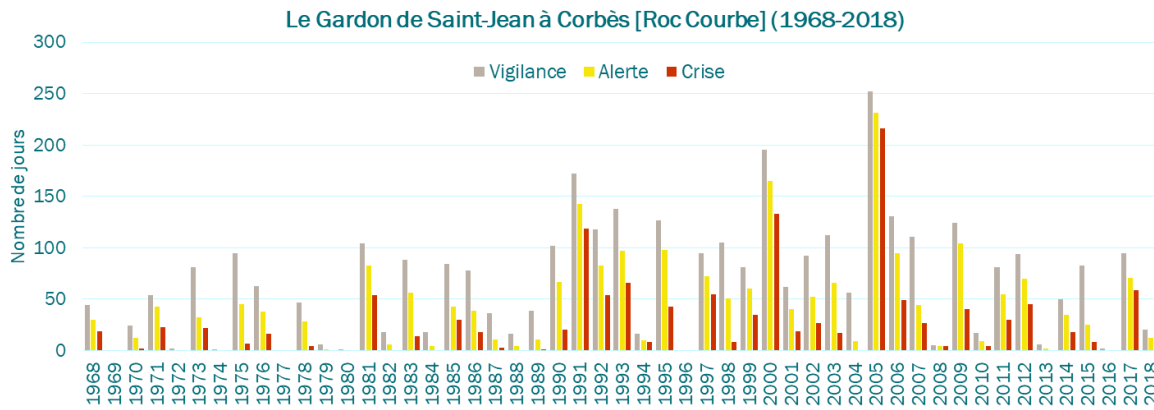


Source : Exploitation données Banque Hydro (BRLi)



- Un graphe présentant le nombre de jours de sous-passement des valeurs de l'arrêté cadre sécheresse (seuils de vigilance, d'alerte et de crise).

Figure 62 : Chronique du nombre de jours de sous-passement des valeurs de l'arrêté cadre sécheresse pour la station du Gardon de Saint-Jean à Corbès



Source : Exploitation données Banque Hydro (BRLi)

Comme indiqué plus haut, l'ensemble des résultats, par stations, de l'analyse rétrospective des débits est disponible en annexe.

IDENTIFICATION D'ÉPISODES PARTICULIERS

En comparant les chroniques calculées pour les différentes stations, nous avons pu mettre en évidence des épisodes marquants (étés humides ou étiages sévères).

Années humides. D'une manière concomitante sur la majorité des chroniques, les années 1963, 1971, 1977, 1992, 2008 ou encore 2018 ressortent comme des années humides. Pour celles-ci, nous pouvons relever des étiages peu marqués et des volumes d'eau écoulée en période d'étiage importants.

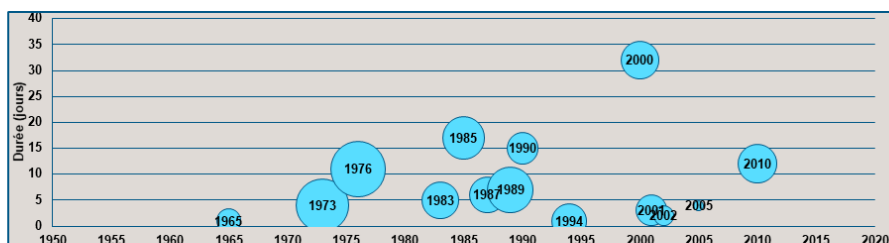
Années sèches. Au contraire, les années 1973, 1976, 1989, 1990, 1991, 1995, 2005 et 2011 apparaissent comme les années ayant connu les étiages les plus sévères. Il est intéressant de remarquer que certains épisodes n'apparaissent néanmoins pas de manière généralisée, bien qu'il n'ait pas été possible d'en connaître la raison. C'est le cas des sécheresses hydrologiques des années 1995 et 2005 qui n'ont pas été significativement observées sur les mesures faites dans le bassin versant de la Cèze.



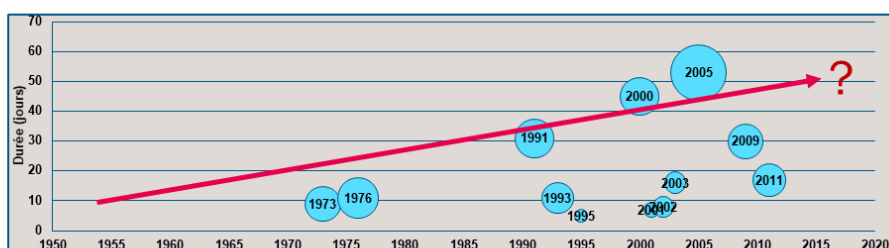
DES TENDANCES D'ÉVOLUTION DIFFICILES À ÉTABLIR

Quelques signaux pourraient être perçus concernant **une possible aggravation de la fréquence, de la durée et de l'intensité des épisodes d'étiages** (voir par exemple les graphes ci-dessous). Néanmoins, **ce constat n'est pas généralisé**. Malgré le calcul et l'analyse de nombreux indicateurs différents, **il semble très difficile d'établir, à partir des données disponibles, des tendances robustes d'évolution des débits**.

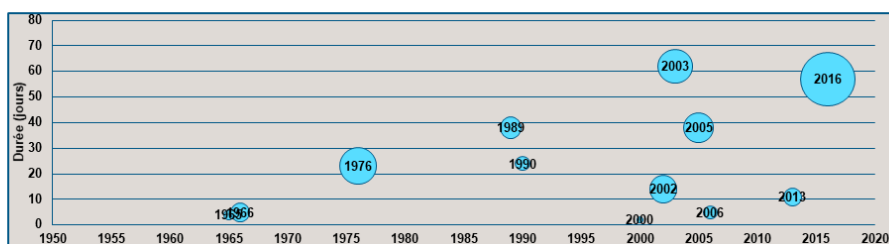
La Gagnière à Banne



Le Gardon de Saint Jean à Corbès



L'Arre au Vigan



Source : Exploitation données Banque Hydro (BRL)

Bien qu'aucune tendance n'ait pu être identifiée, cela ne signifie pas que les débits des cours d'eau n'aient pas évolué.

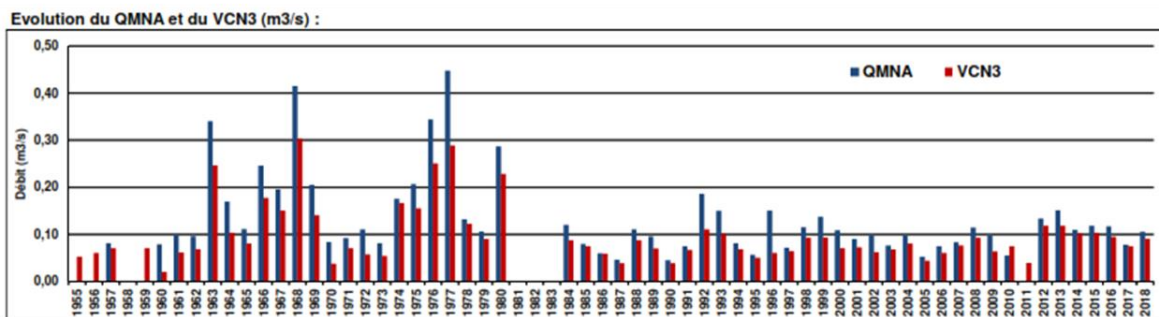
Le travail d'analyse diachronique réalisé présente en effet des limites importantes, en lien principalement avec les données utilisées.

Malgré l'attention particulière accordée à la fiabilité des mesures à l'étiage, des problèmes liés à la métrologie ont néanmoins pu être observés. La chronique présentée ci-dessous symbolise ce genre d'incohérence rendant les résultats difficilement exploitables (explication non connue).



Figure 63 : Chroniques du QMNA et du VCN3 pour la station du Gardon de Sainte-Croix à Gabriac

Gardon de Sainte Croix à Gabriac



Source : Exploitation données Banque Hydro (BRLi)

De plus, de nombreuses stations présentes sur le territoire ont vocation à mesurer des débits de crues et sont pour la plupart peu adaptées à la mesure des débits d'étiages. La mesure du débit nécessite le calage d'une courbe d'équivalence entre la hauteur et le débit. Cette étape peut être source d'imprécisions majeures, limitant la capacité à rendre compte d'une manière suffisamment fiable d'une possible tendance d'évolution des débits.

Enfin, comme expliqué précédemment, les débits analysés correspondent à des débits bruts influencés. Ceux-ci ne traduisent pas uniquement le fonctionnement naturel des cours d'eau mais sont intégrateurs des activités humaines et de leurs évolutions (prélèvements, rejets et régulation par les barrages).

Ce travail fait ressortir l'absolue nécessité de renforcer, en quantité et en qualité, le réseau de mesures des débits dans le Gard, en particulier en période d'étiage.

Ce renforcement doit porter sur la précision des stations mises en place, sur l'organisation institutionnelle et sur les moyens alloués pour procéder à l'entretien et au fonctionnement du réseau sur le long terme.

Les enjeux d'un tel réseau sont la gestion des étiages « en temps réel », mais également la gestion quantitative sur le long terme pour cerner les tendances. Soulignons que ce second point demande de disposer de chroniques fiables sur plusieurs dizaines d'années.

Ce point clé sera repris dans le plan d'action du Schéma.



3.3.2 Eaux souterraines

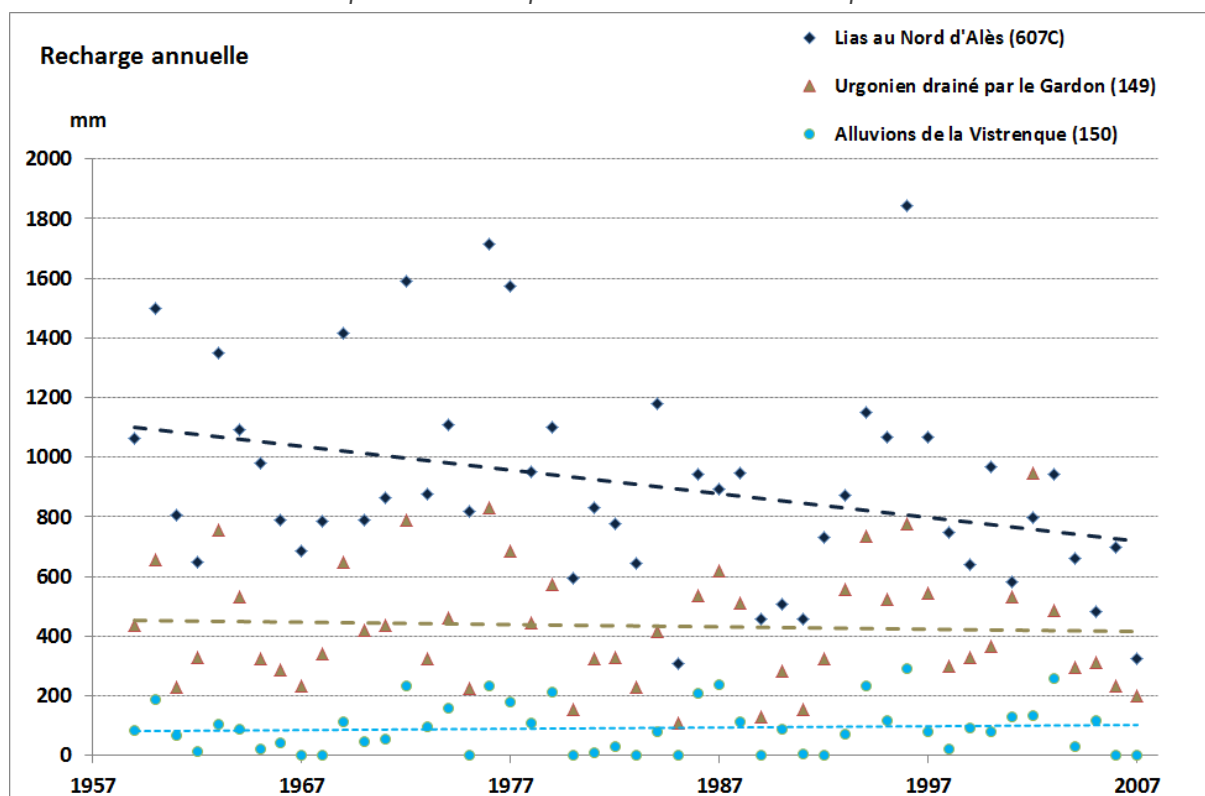
ÉVOLUTION DE LA RECHARGE PAR INFILTRATION DES EAUX DE PLUIE

L'exploitation des données SAFRAN a permis de reconstituer dans le cadre de l'étude des chroniques de recharge longues (de 1957 à 2007).

Ce sont des chroniques précieuses car elles permettent une approche indirecte de la recharge des systèmes aquifères sur des temps longs. Rappelons que **le suivi piézométrique peut être jugé comme lacunaire à l'échelle départementale** avec un nombre important d'aquifères non suivis et que les chroniques piézométriques sont généralement courtes (post 1980 pour une minorité d'entre elles, post 2000 pour une majorité).

Pour appréhender l'évolution de long terme des ressources en eau souterraine, nous avons reporté dans la figure ci-dessous les valeurs estimées des recharges annuelles par l'exploitation des données SAFRAN (précipitations et ETP) pour trois systèmes aquifères caractéristiques des trois grands domaines climatiques.

Figure 64 : Recharge annuelle de 1957 à 2007 pour les calcaires liasiques au Nord d'Alès, pour l'urgonien drainé par le Gardon et pour les alluvions de la Vistrenque



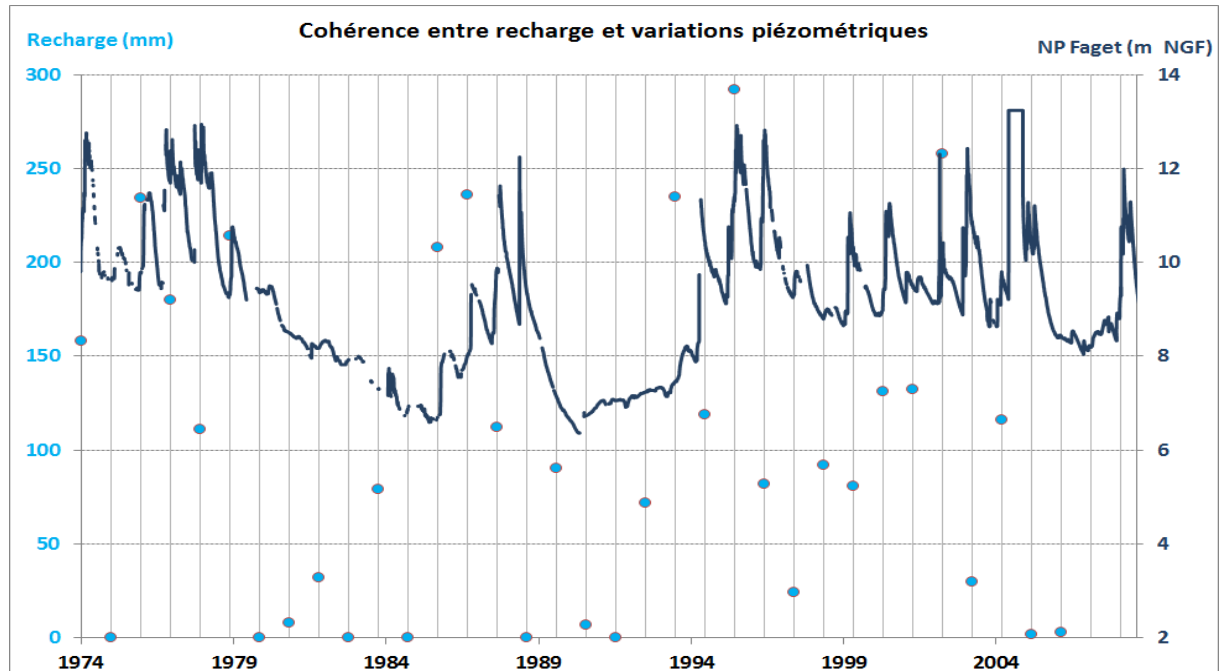
On peut constater que **les variations climatiques enregistrées sur cette échelle de temps** (augmentation de la température et donc de augmentation de l'ETP, variabilité de la distribution temporelle des événements pluvieux,...) **ont eu d'ores et déjà un effet sur la recharge des systèmes aquifères dans le département du Gard**. On observe une **diminution forte, incontestable, de la recharge moyenne sur les contreforts cévenols** (de 1100 mm à 700 mm en tendance). Pour le secteur des garrigues, la tendance est plus faible et rentre dans l'ordre de grandeur de l'imprécision de la méthode ; elle doit être considérée avec prudence.

C'est un résultat important : le changement climatique en cours a déjà affecté les modalités de recharge des aquifères de la bordure cévenole et commencerait à impacter les aquifères dans le secteur des Garrigues.



Pour le secteur rhodanien, il y a *a priori* stabilité de la recharge moyenne. Ceci étant, ce graphe fait apparaître de façon surprenante des années avec une recharge nulle par infiltration des eaux de pluie. Cette observation nous a conduits à comparer la recharge estimée avec les variations piézométriques enregistrées dans les alluvions de la Vistrenque qui bénéficient d'un réseau dense de piézomètres avec des chroniques piézométriques longues.

Figure 65 : Recharge annuelle et variations piézométriques dans les alluvions de la Vistrenque



Toutes choses étant égales par ailleurs, on peut observer une bonne corrélation entre période sans recharge par infiltration des eaux de pluie et période de baisse continue de la piézométrie. Inversement, les années caractérisées par des recharges exceptionnelles (supérieures à 200 mm/an) se traduisent par des remontées piézométriques spectaculaires (plusieurs mètres).

Ces observations sont un indice de la robustesse de la méthode proposée pour estimer la recharge par infiltration des eaux de pluie.

ÉVOLUTION DE LA RECHARGE PAR PERTES DES COURS D'EAU

Pour étudier les évolutions passées en termes de dynamiques de recharge par infiltration des cours d'eau au droit de zones de pertes, nous avons choisi d'étudier les chroniques de débits sur la seule station de Ners sur le Gardon. En effet, nous disposons d'une connaissance relativement détaillée des dynamiques de pertes pour le système karstique urgonien drainé par le Gardon, suite à l'étude de trois ans pilotée par l'EPTB Gardons (HYDROFIS et BRLi, 2018). Nous ne disposons par contre pas de ce type de connaissance pour les autres grandes unités karstiques.

Rappelons les éléments suivants concernant les dynamiques de perte dans le karst urgonien drainé par le Gardon :

- En dessous de 4 m³/s à Ners, les pertes aval (entre Dions et le Pont St Nicolas) ne sont plus alimentées au maximum de leur capacité d'infiltration (environ 1,5 m³/s au maximum).
- En dessous de 2,5 m³/s à Ners, le flux lié aux pertes aval est nul et la rivière est en assec entre Dions et le Pont St Nicolas. La capacité d'infiltration sur les pertes amont (entre Ners et Moussac) commence à diminuer (environ 2.5 m³/s au maximum).
- Selon le modèle de restitution mis au point dans l'étude karst, les étiages deviennent problématiques lorsqu'ils dépassent environ 4 mois (soit environ 120 jours) ; on risque alors d'avoir des restitutions du karst inférieures à 1,7 m³/s (DOE). Rappelons que les restitutions se font principalement au droit des sources de la Baume lors des étiages sévères.



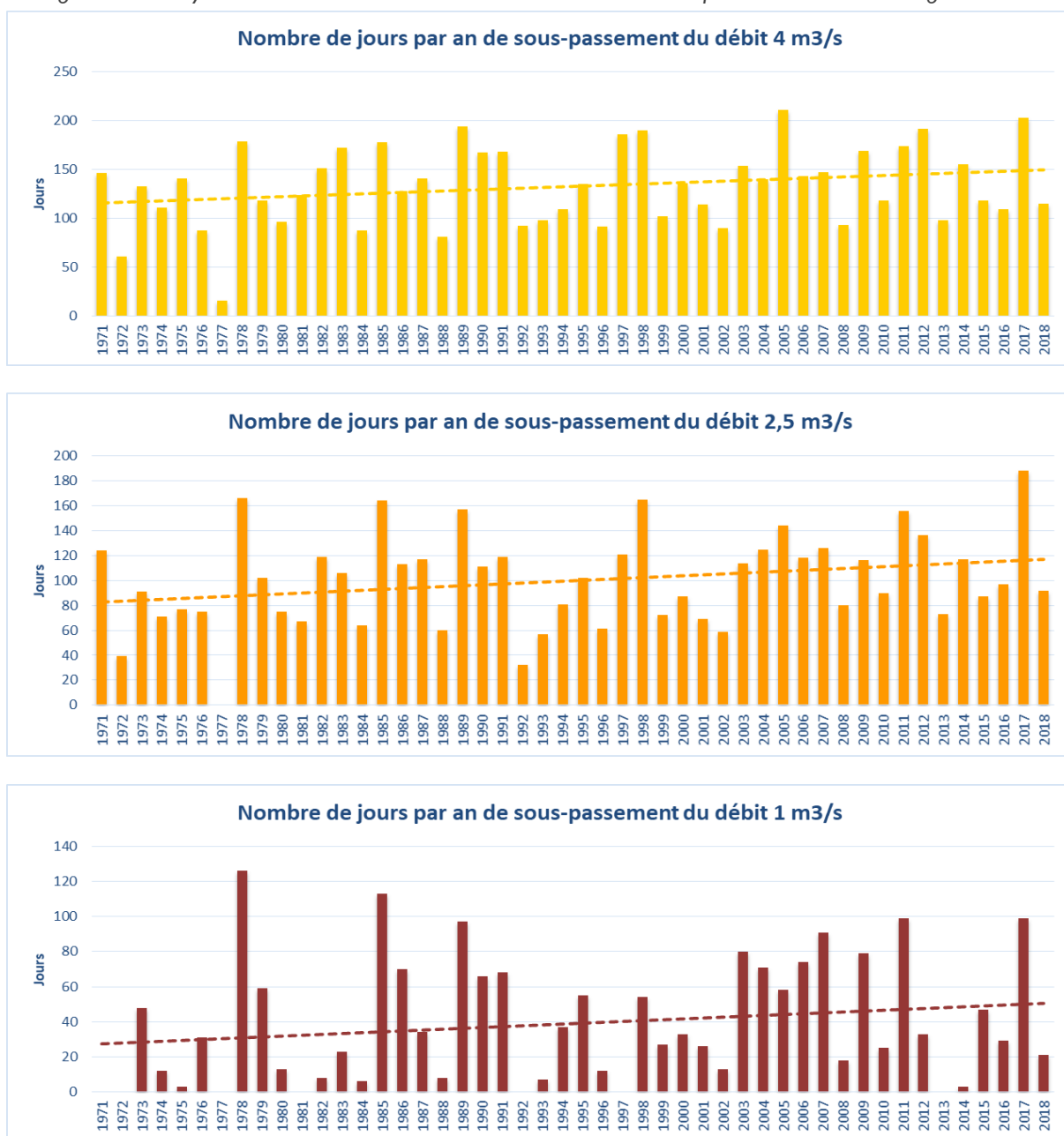
Dans un premier temps, nous avons exploité la chronique de débit reconstitué par modélisation (1971-2018) à partir des données SAFRAN, chronique établie pour servir de référentiel dans le cadre de l'analyse prospective des débits des cours d'eau (cf. chapitre dédié). Dans un second temps, nous avons comparé ces données issues de la modélisation avec les données brutes de débits mesurés à la station de Ners (disponibles pour la période 2008-2019).

Pour étudier la recharge du karst par perte du Gardon, nous avons défini les indicateurs suivants :

- Nombre de jours par an qui sous-passent le débit seuil de 4 m³/s,
- Nombre de jours par an qui sous-passent le débit seuil de 2,5 m³/s,
- Nombre de jours par an qui sous-passent le débit seuil de 1 m³/s. Sous ce seuil l'alimentation du karst est réduite au droit des zones de pertes amont comme des zones de perte aval.

Les graphes ci-dessous montrent l'évolution temporelle de ces indicateurs établie à partir du débit modélisé.

Figure 66 : Analyse des débits simulés du débit à Ners de 1970 à 2018 pour caractériser les étiages estivaux



Source : Débits reconstitués (BRLi)

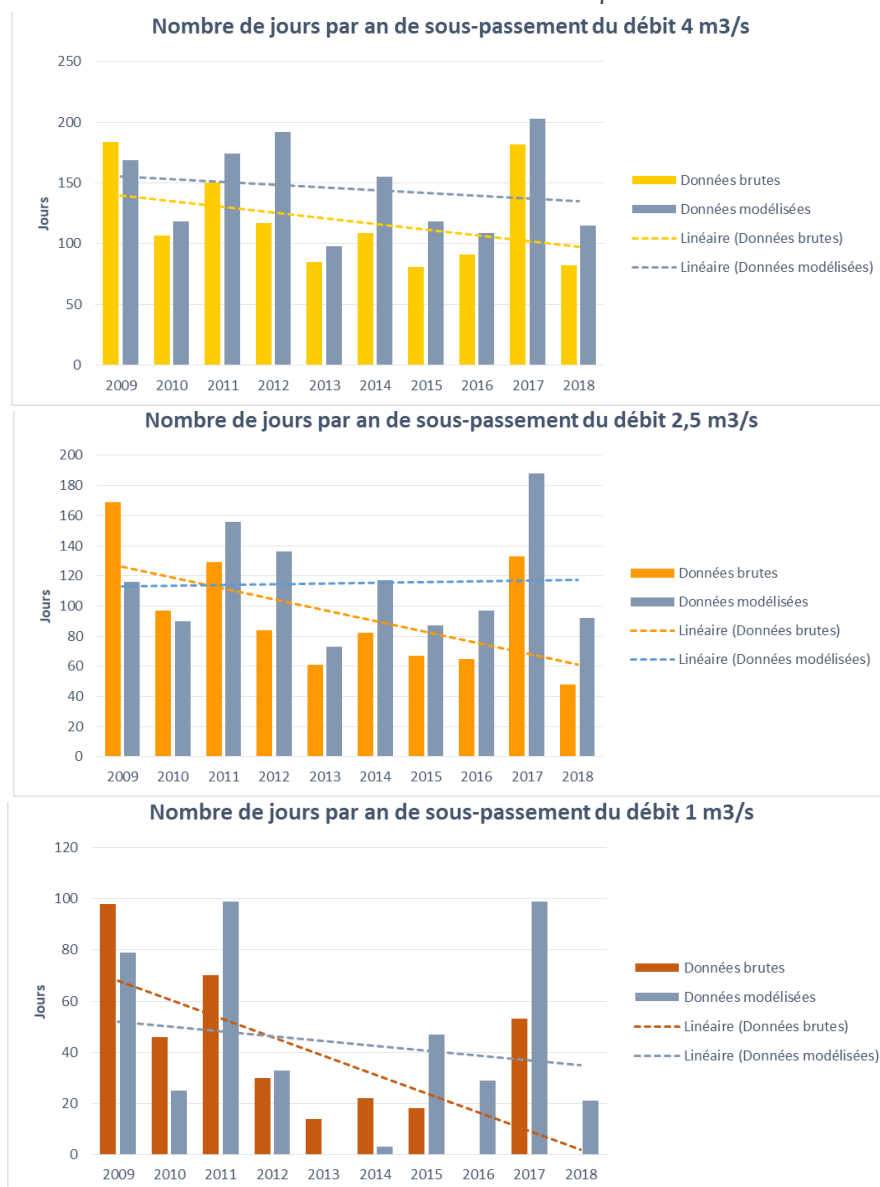


À partir des données modélisées (comme déjà indiqué : modélisation pluie-débit - par le modèle GR4J - avec des données climatiques historiques SAFRAN sur la période 1971-2018) du débit du Gardon à Ners, on peut observer des tendances significatives. Au-delà de l'importante variabilité interannuelle, on note une augmentation du nombre de jours par an de sous-passement, pour chacun des 3 seuils considérés :

- Seuil de 4 m³/s : le nombre moyen de jours de sous-passement par an est de 132 jours sur la période complète (1971-2018). Il est de 124 sur la période 1971-1994 (première moitié de la période étudiée) et de 141 sur la période 1995-2018 (seconde moitié).
- Pour le seuil de 2.5 m³/s, ces nombres de jours sont respectivement de 99 (période complète), 91 (première moitié) et 108 (seconde moitié).
- Pour le seuil de 1 m³/s, ils sont de 39 (période complète) 34 (première moitié) et 43 (seconde moitié).

Nous avons ensuite conduit cette même analyse à partir des données de débits mesurés (et donc influencés) à la station du Gardon à Ners et disponibles sur la période 2008-2019 (ensemble des valeurs disponibles). Les mêmes indicateurs ont été calculés. L'évolution temporelle de ceux-ci est présentée ci-dessous. Pour information, nous avons également indiqué en parallèle sur le graphe les débits modélisés.

Figure 67 : Analyse des débits observés à Ners de 2008 à 2019 pour caractériser les étiages estivaux. Comparaison avec les débits issus d'une modélisation pluie-débit



Source : Débits brutes (Banque Hydro) et Modélisation BRLi



Sur la seule période de 10 années concernée par cette seconde analyse, la tendance à l'augmentation des nombres de jours de sous-passement ne se retrouve pas à travers l'analyse des débits bruts observés à la station de Ners. Au contraire, la tendance mise en évidence sur cette seule période montrerait plutôt une diminution du nombre de jours de sous-passement.

Cependant :

- Il faut souligner l'incertitude importante qui demeure au sujet de la mesure des faibles débits à la station de Ners,
- une période de seulement 10 années est clairement trop courte pour établir des tendances robustes d'évolution. La chronique est principalement marquée par la variabilité interannuelle des indicateurs retenus qui peut masquer la tendance de fond.

Les deux types de données présentent des avantages et des inconvénients, il n'est pas possible de se baser strictement sur l'analyse d'une unique source de données et il est important de les confronter entre elles. La tendance établie en premier lieu n'a pas été confirmée par l'analyse menée sur les données de débits observés. Il convient dès lors d'être prudent dans l'interprétation de ces différents résultats.

3.4 COMMENT L'OCCUPATION DU SOL DES BASSINS VERSANTS A ÉVOLUÉ DEPUIS 1900 ET QUELLES SONT LES CONSÉQUENCES POUR LES RESSOURCES EN EAU ?

UNE ARTIFICIALISATION DES SOLS AUX DÉPENS DES ESPACES NATURELS ET CULTIVÉS DEPUIS LE MILIEU DU XX^{ÈME} SIÈCLE

94

Sources de données mobilisées

L'évolution de l'occupation du sol sur le département gardois a été étudiée en utilisant les données d'**inventaire de l'occupation des sols Corine Land Cover (CLC)**. Cet inventaire recouvre 39 pays et est produit dans le cadre du programme européen COPERNICUS, piloté par l'Agence Européenne pour l'Environnement. **Cinq campagnes ont été réalisées (1990, 2000, 2006, 2012 et 2018) :**

- La méthodologie de production des données reste inchangée entre les différentes campagnes permettant la **comparabilité et l'homogénéité des informations dans le temps et dans l'espace**. Cette base de données est issue de l'interprétation visuelle d'images satellitaires avec l'appui de données complémentaires (données IFN, globes virtuels...). L'échelle de production est le 1/100 000. La superficie minimale des éléments cartographiés est de 25 ha.
- Il existe des données Corine Land Cover révisées pour les campagnes 2000 et 2006, elles ont respectivement été publiées lors de l'édition des données des campagnes 2006 et 2012. Ce seront les données révisées, lorsqu'elles existent, que nous considérerons dans notre analyse.
- Les données Corine Land Cover sont hiérarchisées selon une nomenclature en trois niveaux et comprennent au total 44 postes différents d'occupation du sol (voir annexe).

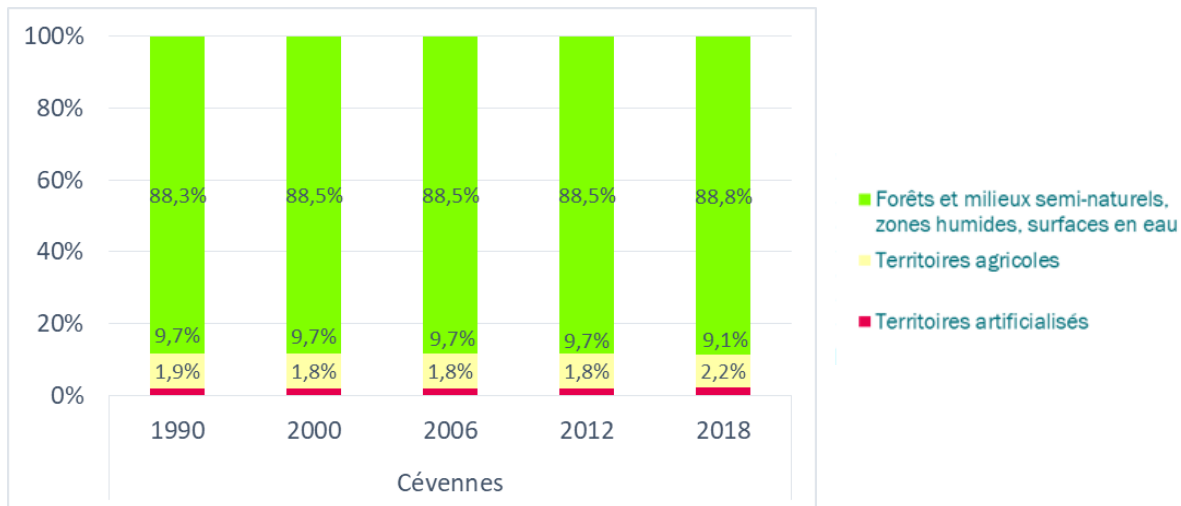
Les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) et de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DRAAF) de l'ancienne région Languedoc-Roussillon se sont également intéressées au phénomène d'artificialisation des sols. Elles ont publié en 2014 ***l'Atlas de la consommation foncière en Languedoc-Roussillon***. En travaillant à partir de la base de données de Mise à jour des informations cadastrales (MAJIC) des services fiscaux (utilisées pour le calcul de l'impôt foncier), ce travail a permis de caractériser les dynamiques d'évolution de l'occupation du sol à partir des années 1950. Il vient compléter l'analyse faite à partir des données Corine Land Cover, disponibles uniquement à partir de 1990.



À partir des données Corine Land Cover, il a été possible d'établir les tendances précises d'évolution de l'occupation des sols par secteurs entre les années 1990 et 2018 :

Évolution 1990-2018 - Secteur Cévennes :

Figure 68 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Cévennes entre 1990 et 2018

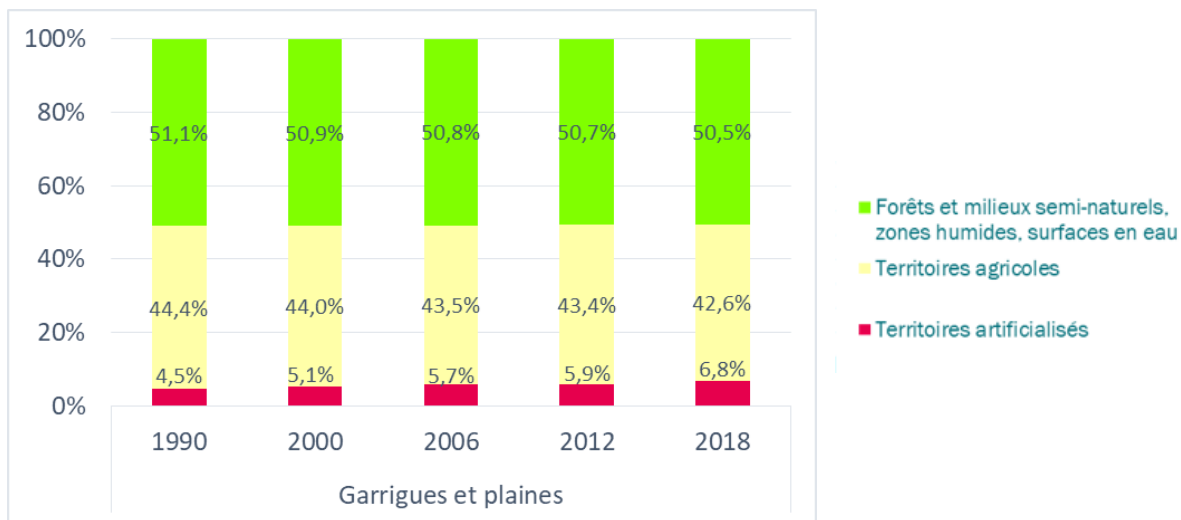


Source : Données Corine Land Cover

L'occupation des sols reste relativement stable pour le secteur Cévennes, nous n'identifions pas d'évolutions franches et comparables aux tendances identifiées sur les autres secteurs.

Évolution 1990-2018 - Secteur Garrigues et plaines :

Figure 69 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Garrigues et plaines entre 1990 et 2018



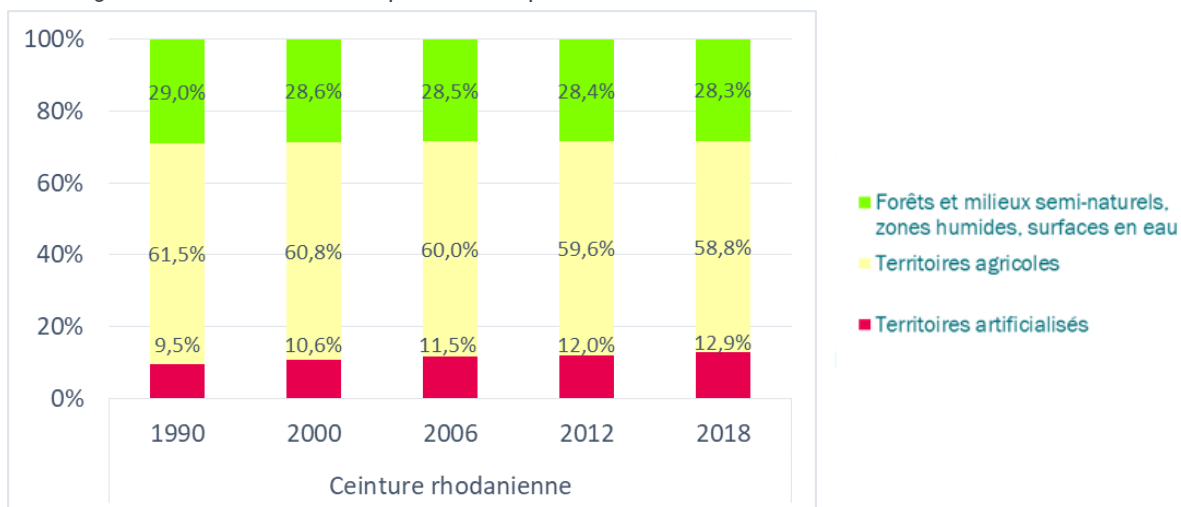
Source : Données Corine Land Cover

C'est dans le secteur Garrigues et plaines que l'augmentation des surfaces artificialisées (en proportion de la surface totale) a été la plus importante. **Les surfaces artificialisées dans ce secteur ont augmenté de plus de 50 % entre les années 1990 et 2018.** Cette augmentation s'est principalement faite aux dépens des surfaces agricoles, mais également des espaces naturels.



Évolution 1990-2018 - Secteur Ceinture rhodanienne :

Figure 70 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Ceinture rhodanienne entre 1990 et 2018

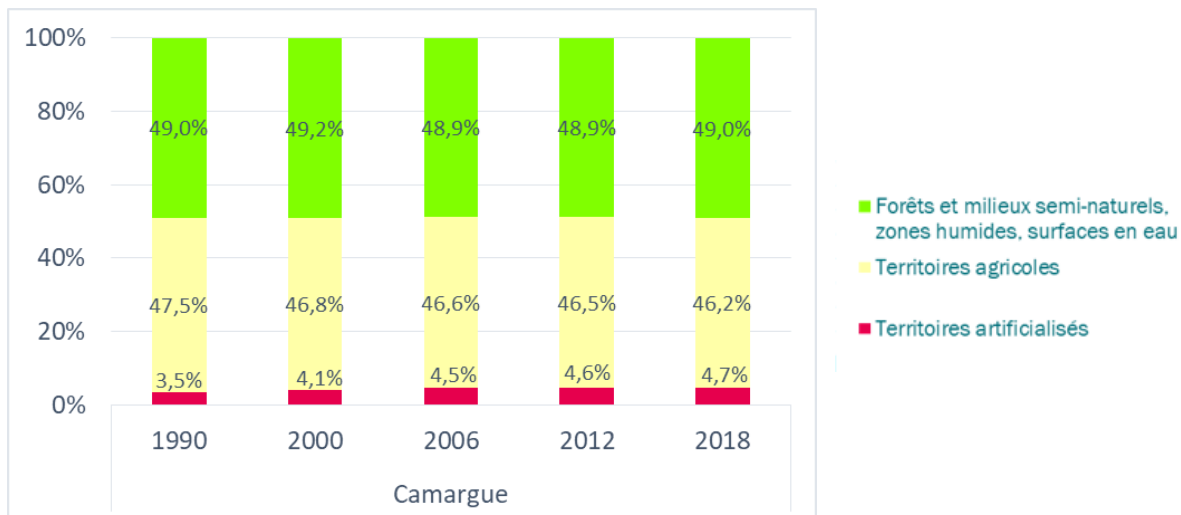


Source : Données Corine Land Cover

De la même manière, nous pouvons là encore observer une augmentation des surfaces artificialisées aux dépens des surfaces agricoles et des espaces naturels. **Les surfaces artificialisées dans ce secteur ont augmenté de près de 35 % entre les années 1990 et 2018.**

Évolution 1990-2018 - Secteur Camargue :

Figure 71 : Evolution de l'occupation du sol pour le secteur Camargue entre 1990 et 2018



Source : Données Corine Land Cover

On remarque pour ce secteur une **évolution nulle des surfaces correspondant aux espaces naturels** (principalement zones humides et surfaces en eau). Comme pour les secteurs précédents la **proportion des surfaces artificialisées augmentent (+ 35 % entre 1990 et 2018) aux dépens des surfaces agricoles.**



Évolution 1950-2010 - Ex-Région Languedoc-Roussillon : conséquences pour l'agriculture et les ressources en eau

L'atlas de la consommation foncière en Languedoc-Roussillon, présentant le taux moyen annuel de croissance de la tâche urbaine, indique que **la plus forte artificialisation des terres a eu lieu entre les années 1970 et 1980**. La consommation foncière, bien que toujours présente, se fait aujourd'hui à un rythme très inférieur. Les communes dans lesquels ce taux de croissance est aujourd'hui le plus fort se situent au nord de Nîmes.

Ce travail a également permis de mettre en évidence la **vulnérabilité du patrimoine agronomique face à l'urbanisation**. La DRAAF du Languedoc-Roussillon en collaboration avec l'IRSTEA et l'INRA a développé un outil de caractérisation de la qualité agronomique des sols. Sur la période 1950-2010, il a été calculé que la consommation de terres s'est principalement faite sur des terrains au potentiel agronomique élevé (40 % des surfaces totales consommées).

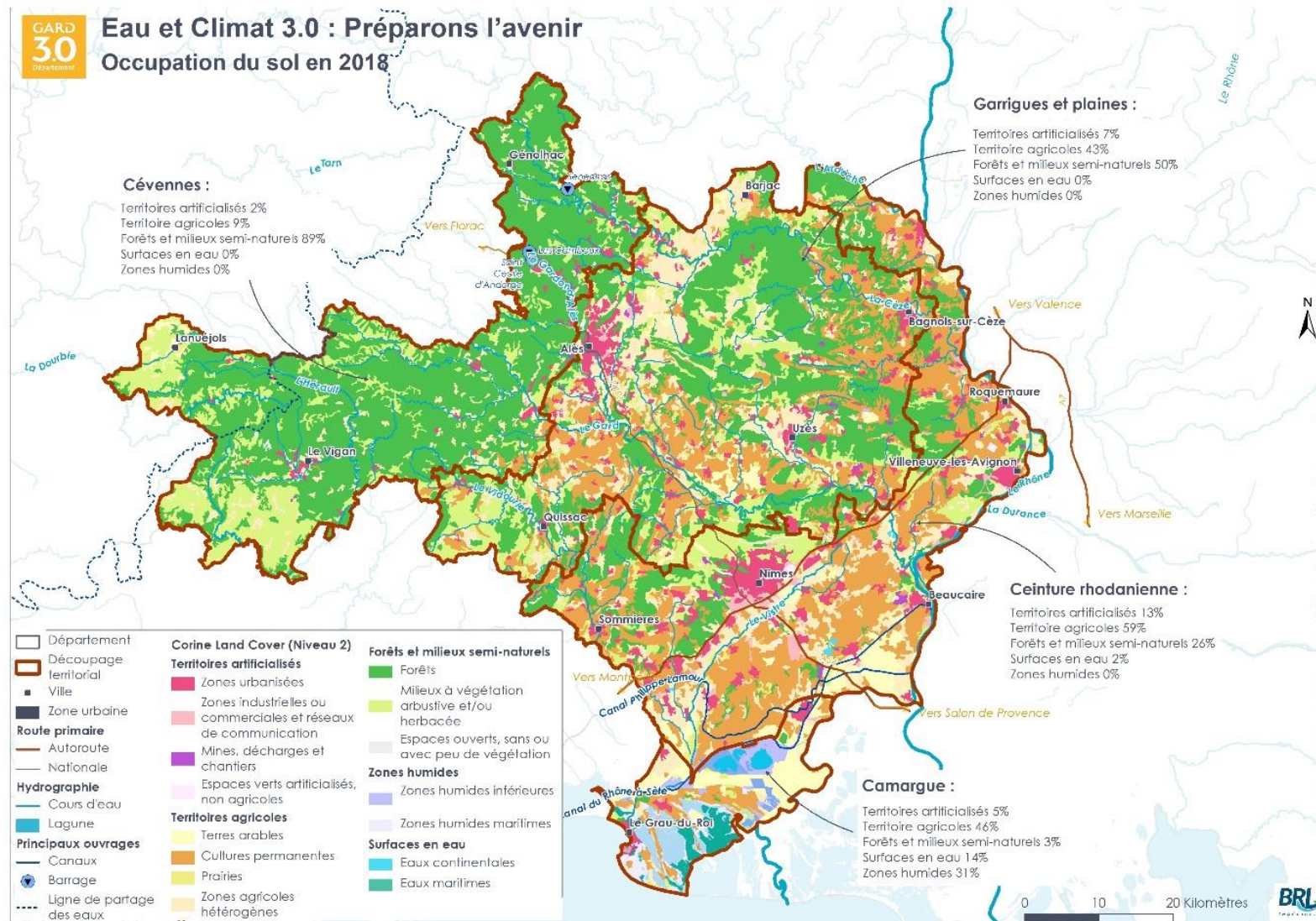
Il est important de relever que l'imperméabilisation des sols associée à leur artificialisation a des conséquences importantes sur la manière dont l'eau va s'infiltrer dans le sol ou au contraire ruisseler à sa surface. **Une trop forte imperméabilisation pourrait limiter la capacité de l'eau à s'infiltrer en profondeur et à réalimenter les nappes souterraines**. Au contraire, le ruissellement de surface serait favorisé, avec un potentiel impact d'aggravation des épisodes d'inondation.

UNE OCCUPATION DU SOL CONTRASTÉE À L'ÉCHELLE DU GARD AUJOURD'HUI

L'état des lieux actuel repose sur l'analyse des données Corine Land Cover de l'année 2018. **Le département du Gard est marqué par une importante hétérogénéité d'occupation des sols**. La carte ci-dessous en présente le détail.



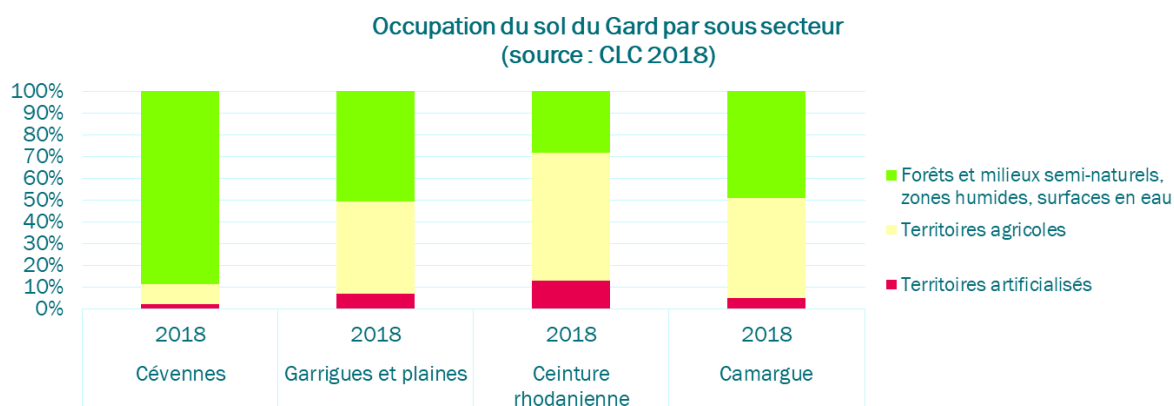
Figure 72 : Carte de l'occupation des sols du département du Gard (2018)





L'occupation du sol 2018, en proportion de la surface totale de chacun des secteurs d'étude, est présentée ci-après.

Figure 73 : Occupation des sols par secteur (2018)



Source : Données Corine Land Cover 2018

Tableau 13 : Occupation des sols par secteur (2018)

%	TERRITOIRES ARTIFICIALISÉS	TERRITOIRES AGRICOLES	FORÊTS ET MILIEUX SEMI-NATURELS, ZONES HUMIDES, SURFACES EN EAU
Cévennes	2	9	89
Garrigues et plaines	7	43	51
Ceinture rhodanienne	13	59	28
Camargue	5	46	49

Source : Données Corine Land Cover (2018)

Les Cévennes sont en grande majorité recouvertes par de la forêt et des milieux semi-naturels. Les deux classes d'occupation du sol dominantes sont « Forêt » et « Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée ». Les territoires artificialisés sont très peu présents en proportion de la surface totale (< 3%). Les surfaces agricoles sont également présentes de manière limitée (< 10%) principalement sous forme de « Prairies » et de « Zones agricoles hétérogènes ».

En se dirigeant vers les territoires moins en altitude, on observe un gradient d'évolution de l'occupation des sols. La proportion de territoires artificialisés augmente (7% pour le secteur Garrigue et plaines puis 13 % dans le secteur Ceinture rhodanienne) ainsi que celle des territoires agricoles (respectivement 43 % et 59 %) aux dépens des milieux semi-naturels (respectivement 51 % et 28 %).

Le secteur Camargue est évidemment très marqué par la présence de zones humides et de surfaces en eau. Celles-ci couvrent 46 % du territoire.



3.5 COMMENT LA RÉSERVE DU SOL ET LES RESSOURCES EN EAU POURRAIENT ÉVOLUER D'ICI À 2100 ?

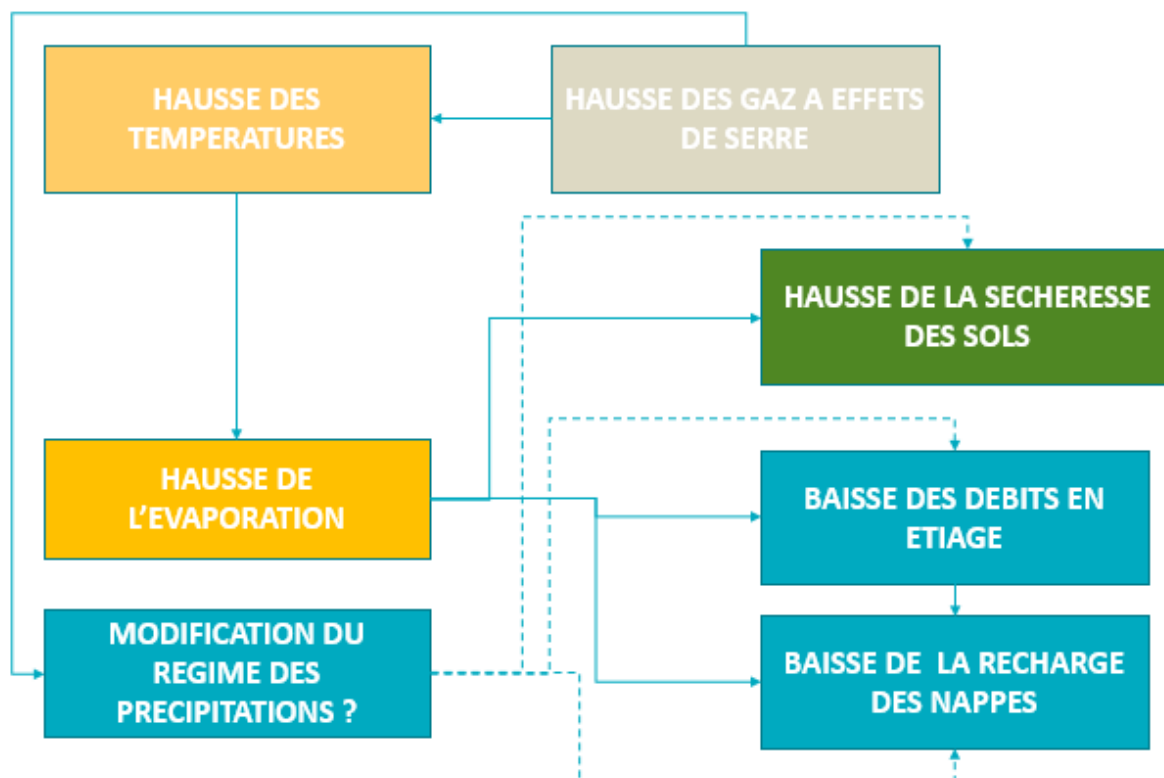
3.5.1 Processus globaux à l'œuvre

Le schéma suivant illustre les conséquences possibles de la hausse des gaz à effets de serre sur le cycle de l'eau en indiquant les principaux phénomènes impliqués. Les conséquences possibles sur la réserve du sol, les eaux superficielles et les eaux souterraines sont explicitées dans les paragraphes suivants.

Globalement, la hausse des gaz à effet de serre induit une hausse des températures, qui conduit elle-même à une hausse de l'évaporation. Celle-ci à trois conséquences, que la modification possible du régime des précipitations liée au changement climatique pourra venir amplifier :

- Une hausse de la sécheresse des sols, dont on parle peu mais qui peut avoir des impacts majeurs pour l'agriculture ;
- Une baisse des débits d'étiage ;
- Une baisse de la recharge des nappes.

Figure 74 : Eau et changement climatique – processus globaux à l'œuvre



Source : BRLi (2019)



3.5.2 Des sécheresses agricoles qui vont s'intensifier

Une sécheresse est un phénomène aléatoire naturel limité dans le temps et dans l'espace et relatif à situation moyenne sur une période de référence. Elle survient toujours à la suite d'un déficit des précipitations.

Il est couramment distingué trois types de sécheresse :

- **Sécheresse météorologique**, elle représente un déficit des précipitations ;
- **Sécheresse agricole** (ou édaphique), elle représente un déficit d'humidité des sols (dans la zone racinaire) impactant le développement des cultures ;
- **Sécheresse hydrologique**, elle fait référence à un déficit des débits des rivières et une côte basse des niveaux piézométriques.

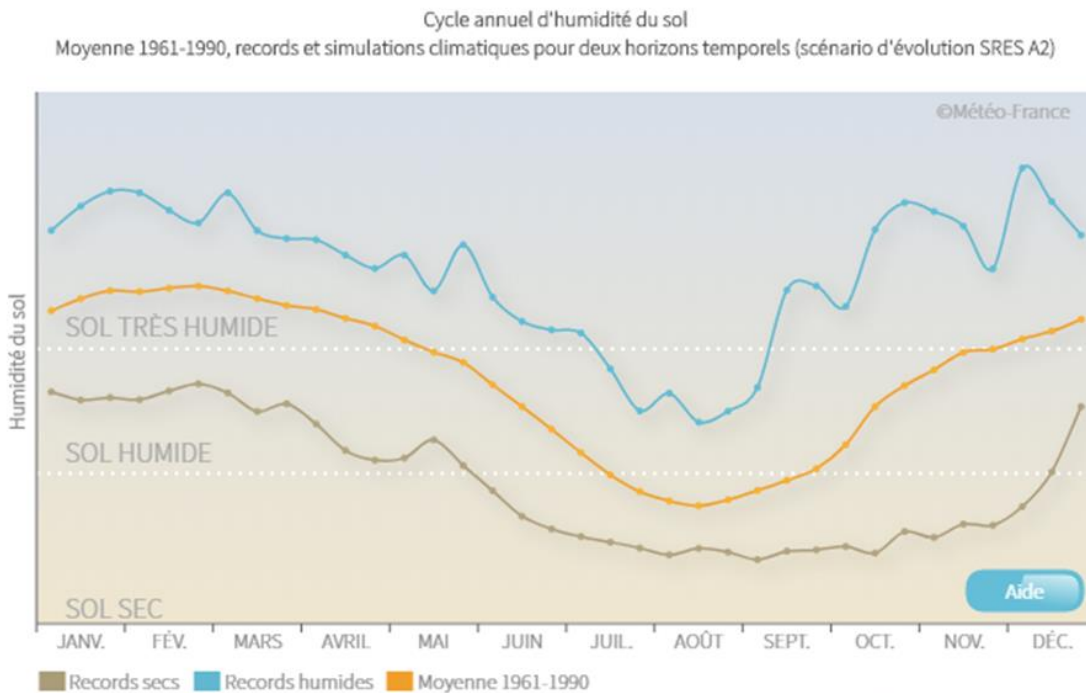
(Van Loon, 2015) y ajoute un quatrième type, la « sécheresse socio-économique » qui représente un déficit de la ressource pour satisfaire les usages.

Nous nous intéressons dans cette partie à l'évolution attendue des épisodes de sécheresse agricole. A partir des observations climatiques (précipitations, températures...), et à l'aide d'un outil de simulation numérique du bilan hydrique, Météo France calcule un indicateur d'humidité des sols (Soil Wetness Index – SWI).

En utilisant cet indicateur, il est possible de reconstituer le cycle annuel d'humidité des sols moyen sur une période donnée. C'est ce qui a été fait par Météo-France qui compare le cycle d'humidité des sols entre la période de référence (1961-1990) et les futurs proche (2021-2050) et lointain (2071-2100).

La figure ci-dessous présente la situation moyenne, et les records minimal et maximal d'humidité des sols sur la période de référence (1961-1990).

Figure 75 : Cycle annuel d'humidité du sol (1961-1990)



Source : Météo France



Sur la période de référence, les mois sur lesquels le sol connaît une situation de sécheresse sont :

- Pour une année moyenne : mi-juillet – fin septembre, soit une durée de 2 mois et demi,
- Pour une année exceptionnellement sèche : fin mai – mi-décembre, soit une durée de 6 mois et demi.

Lorsque l'on représente maintenant la situation du cycle moyen d'humidité des sols telle qu'elle pourrait être à l'horizon milieu de siècle et fin de siècle (voir les figures ci-dessous), on remarque un allongement de la période au cours de laquelle le sol connaîtra une situation de sécheresse. Le scénario de changement climatique utilisé pour cette projection est un ancien scénario du GIEC : le SRES A2. Il est comparable au nouveau scénario RCP 8.5.

Figure 76 : Cycle annuel d'humidité du sol (2021-2050)

Moyenne 1961-1990, records et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution SRES A2)

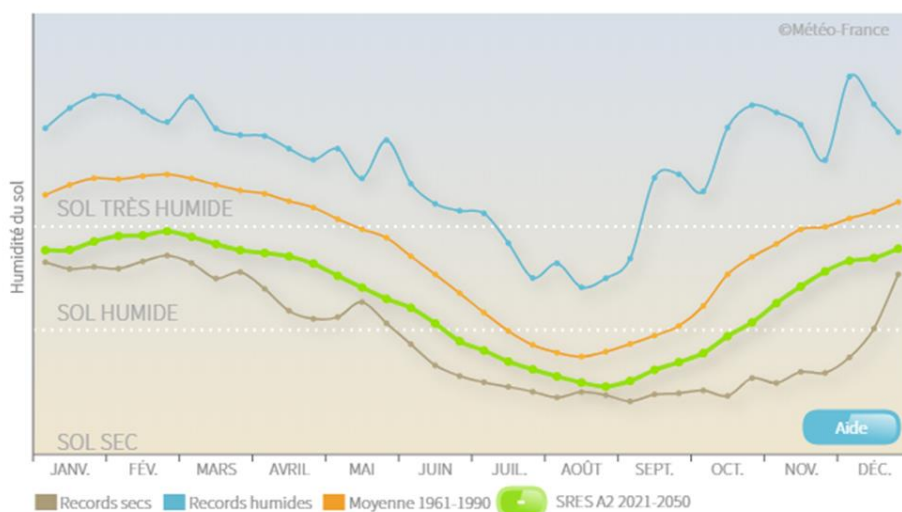
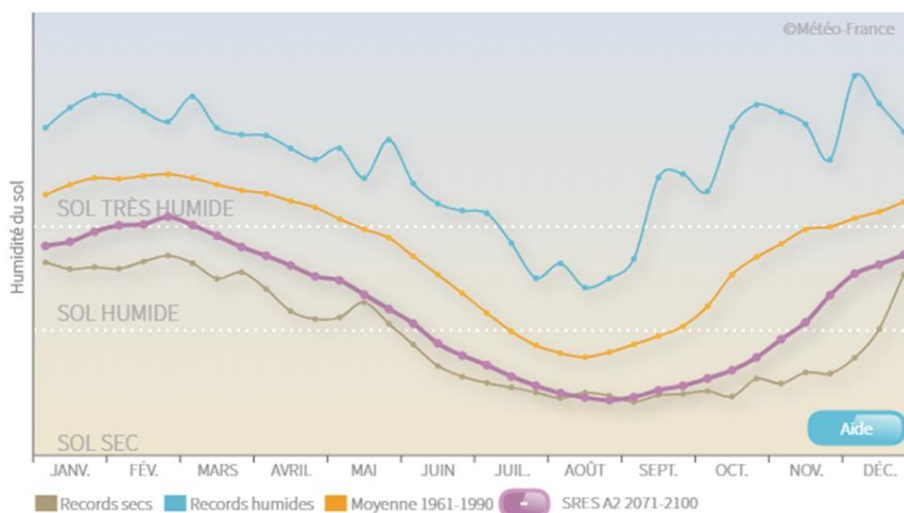


Figure 77 : Cycle annuel d'humidité du sol (2071-2100)

Moyenne 1961-1990, records et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution SRES A2)



Source : Météo France

Les mois sur lesquels le sol connaîtra une situation de sécheresse seront :

- À l'horizon milieu de siècle, pour une année moyenne : mi-juin – mi-octobre, soit une durée de 4 mois,
- À l'horizon fin de siècle, pour une année moyenne : début juin – mi-novembre, soit une durée de 5 mois et demi.



En moyenne, les sols connaîtront un état de sol sec sur une période plus longue, par rapport à la période de référence, d'environ 1 mois et demi à l'horizon milieu de siècle et de 3 mois à l'horizon fin de siècle. Une année exceptionnellement sèche sur la période 1961-1990 pourrait ainsi correspondre à une année moyenne à la fin du siècle.

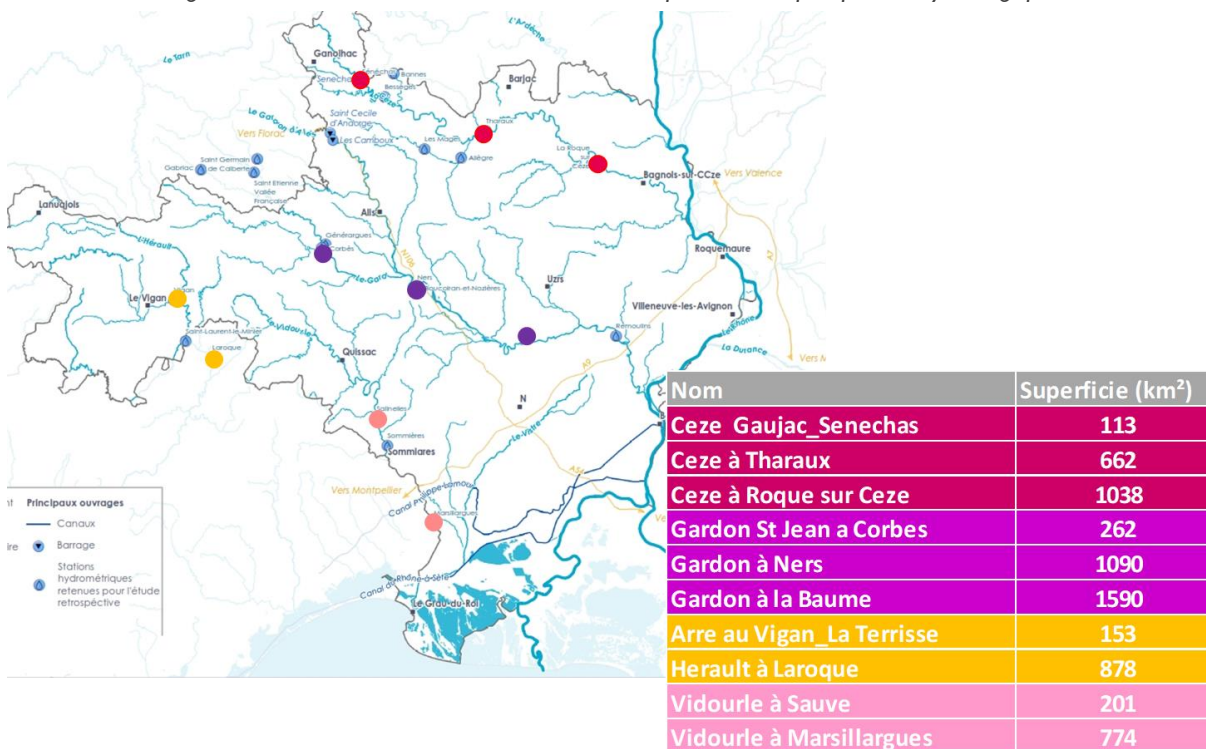
3.5.3 Eaux superficielles : des débits d'étiage qui pourraient fortement diminuer

HYPOTHÈSES RETENUES

Un travail de modélisation a été mis en œuvre afin de connaître la manière dont pourraient évoluer les débits des cours d'eau du département face à la modification attendue du climat.

La modélisation a été faite pour **10 bassins versants** du Gard. Ceux-ci étant à chaque fois associés à une station de mesure hydrologique. La carte et le tableau ci-dessous présentent les stations retenues pour ce travail, en concertation avec les 4 EPTB concernés.

Figure 78 : Carte localisant les stations retenues pour l'étude prospective hydrologique



Source : BRLi

Les horizons de travail utilisés sont :

- Un horizon de référence (1971-2005),
- Un **horizon proche** (2031-2050),
- Un **horizon lointain** (2071-2100).



Devant l'incertitude associée aux données des projections climatiques, nous avons décidé d'utiliser en parallèle les données issues de **9 modèles climatiques différents** et mises à disposition sur le site internet Drias¹².

Enfin, **deux scénarios de changement climatique** ont été testés, les scénarios du GIEC RCP 4.5 (scénario médian) et RCP 8.5 (scénario pessimiste).

MÉTHODE DE MODÉLISATION DES DÉBITS FUTURS

Le modèle de fonctionnement hydrologique des bassins versants utilisé dans ce cadre-là a été le **modèle GR4J** (modèle du Génie Rural à 4 paramètres Journalier), développé par l'IRSTEA.

La modélisation GR4J est découpée en trois grandes étapes de calcul :

- **Le calage du modèle** de fonctionnement du bassin versant à partir des données météorologiques (utilisation des données SAFRAN déjà présentées) et hydrologiques (débits mesurés et désinfluencés pour certaines stations, lorsque le travail avait été établi dans le cadre des études Volumes Prélevables). Ce calage a été réalisé sur des chroniques de débits différentes d'une station à l'autre en fonction des données hydrologiques disponibles.
- Des indicateurs permettent de mesurer la fiabilité du calage du modèle, appelés critères de Nash-Sutcliffe. La valeur de ces indicateurs pour chacun des bassins versants est reprise en annexe. Une majorité de ces indicateurs a une valeur supérieure à 80 %, montrant une bonne correspondance entre les données observées et les données modélisées.
- **Le calcul des débits sur la période 1971-2005 à partir de données climatiques simulées.** Plutôt que de comparer des débits futurs simulés avec des débits passés observés, elle permettra au final de comparer deux jeux de débits issus chacun de l'utilisation de données climatiques simulées : pour la période passée (climat passé simulé par le modèle climatique) et pour la période future étudiée (climat futur simulé par le modèle climatique). Cette approche permet d'éliminer une partie du biais lié à la modélisation climatique.

Pour cette étape, le climat passé pour chacun des 9 modèles climatiques a été utilisé comme variable d'entrée au modèle hydrologique afin d'obtenir, pour chaque modèle, une chronique de débits simulés sur la période 1971-2005.

- Le calcul des débits futurs (aux deux horizons et selon les deux hypothèses de changement climatique) à partir de données climatiques simulées. De la même manière, le climat futur de chacun des 9 modèles climatiques est utilisé en entrée du modèle hydrologique de manière à obtenir des chroniques de débits.

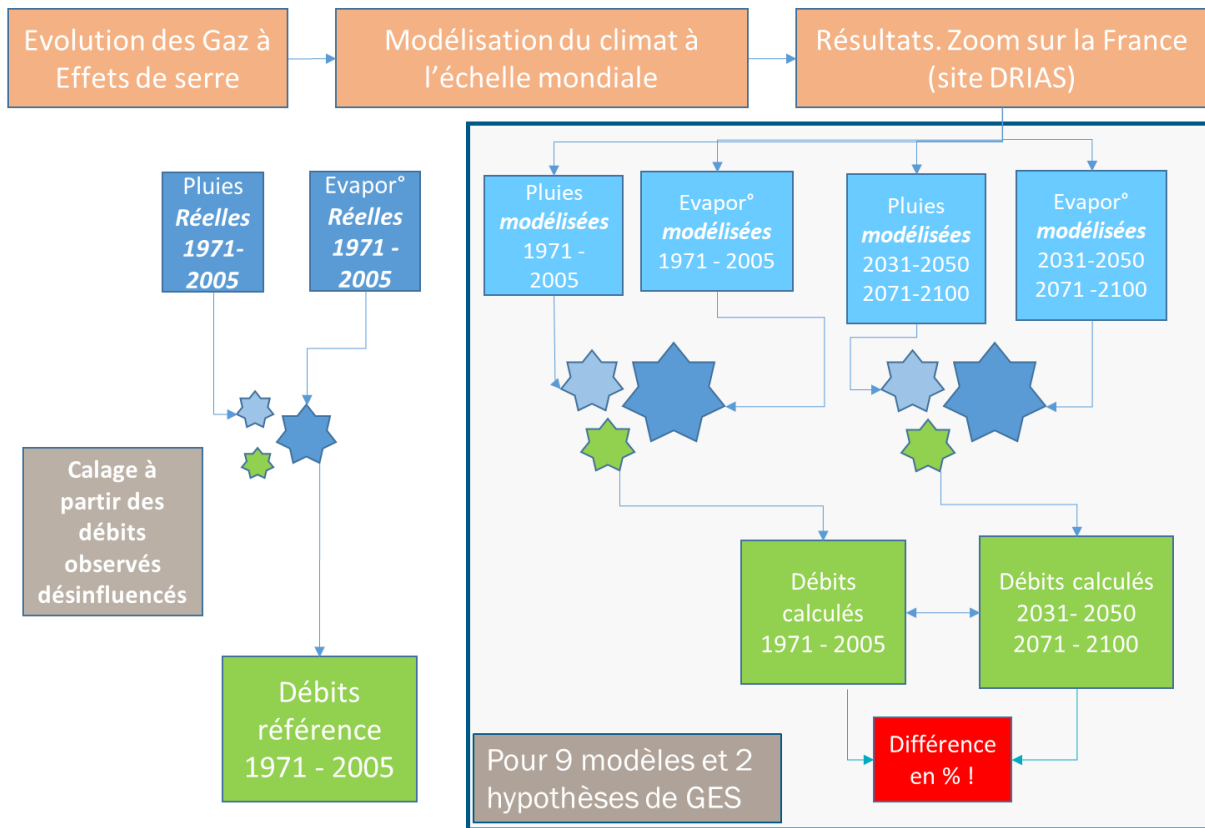
Pour chaque bassin versant, pour chaque modèle climatique utilisé, pour les deux horizons de temps considérés et pour les deux hypothèses de changement climatique retenues, nous obtenons ainsi une chronique de débit.

¹² <http://www.drias-climat.fr/>



Le schéma ci-dessous présente d'une manière synthétique la chaîne de calcul mise en œuvre.

Figure 79 : Schéma de fonctionnement de la modélisation hydrologique



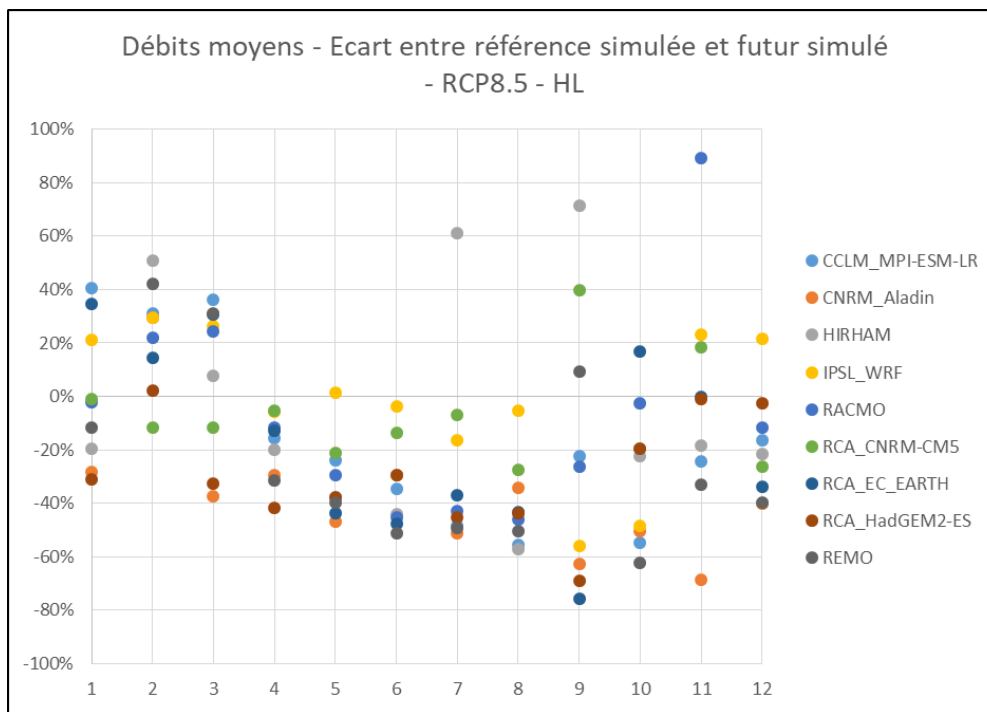
Source : BRLi

La chaîne de traitement mise en œuvre dans le cadre de ce travail, avec l'utilisation de 9 modèles climatiques, au pas de temps journaliers, est lourde, avec une quantité de données importante à traiter - plusieurs centaines de millions de données climatiques sont mobilisées - et la nécessité d'utiliser une forte puissance de calcul avec de long temps de traitement. Néanmoins cette méthode semble nécessaire pour cerner une part des incertitudes liées aux projections climatiques.



Le graphique ci-dessous présente les résultats de la simulation hydrologique pour la station de Ners sur le Gardon, à l'horizon lointain et selon le scénario RCP 8.5. Chaque couleur de point correspond à un modèle climatique différent. Ces résultats sont présentés ici pour symboliser le niveau d'incertitude associé à la modélisation.

Figure 80 : Résultat de la modélisation des débits moyens mensuels selon les 9 modèles climatiques



Source : BRLi

Pour un même mois, on observe une très forte dispersion des résultats en fonction du modèle climatique utilisé. Les résultats peuvent parfois même être contradictoires entre eux. Pour figurer la très grande incertitude associée à ces résultats, on peut par exemple constater que les projections d'évolution des débits moyens pour le mois de septembre sont comprises entre +80% et -80% par rapport à la période de référence.

La confrontation des résultats des neuf modèles permet de percevoir des **grandes tendances d'évolution des débits**. Mais, au vu de l'imprécision des modèles et de l'incertitude lié aux données climatiques il sera **impossible de quantifier finement les évolutions attendues des débits**.

ÉVOLUTION ATTENDUE DES DÉBITS DES COURS D'EAU

Les indicateurs retenus pour rendre compte des tendances d'évolution des débits sont :

- Les débits mensuels et annuels, moyens et quinquennaux secs,
- Les débits d'étiage, représentés par le VCN10 et le QMNA, moyens et quinquennaux secs.

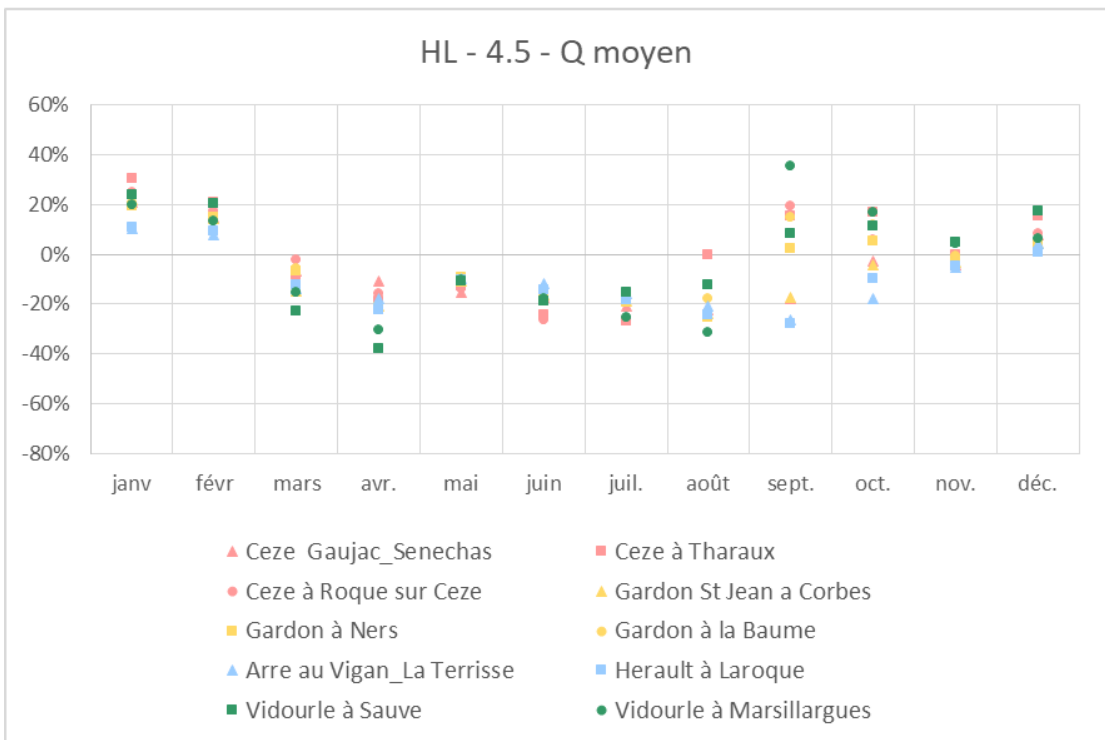
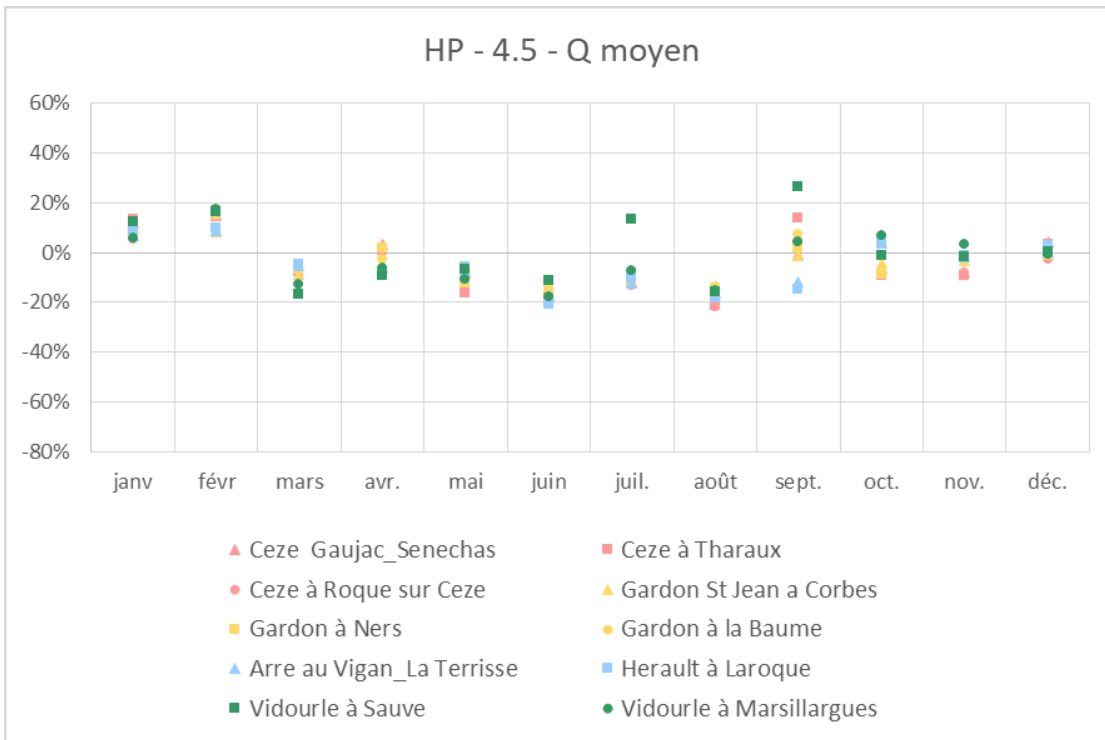
Pour chacune des stations étudiées, **une fiche de synthèse des résultats a été éditée. Les fiches sont disponibles en annexe de ce rapport.**

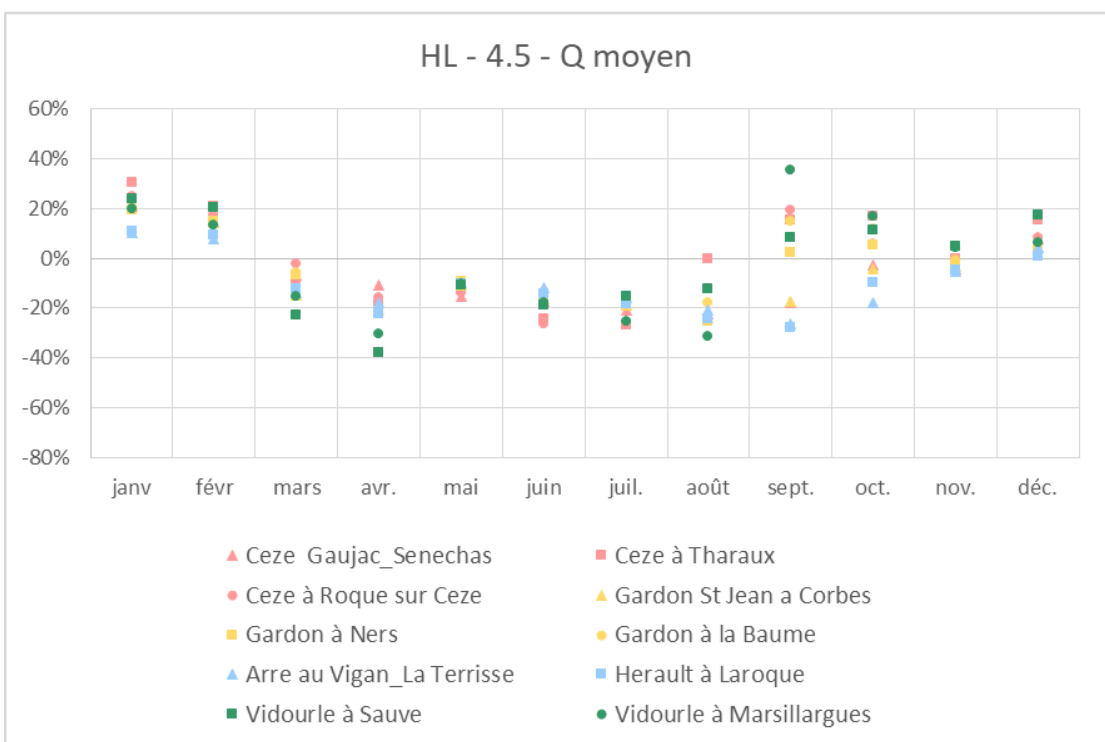
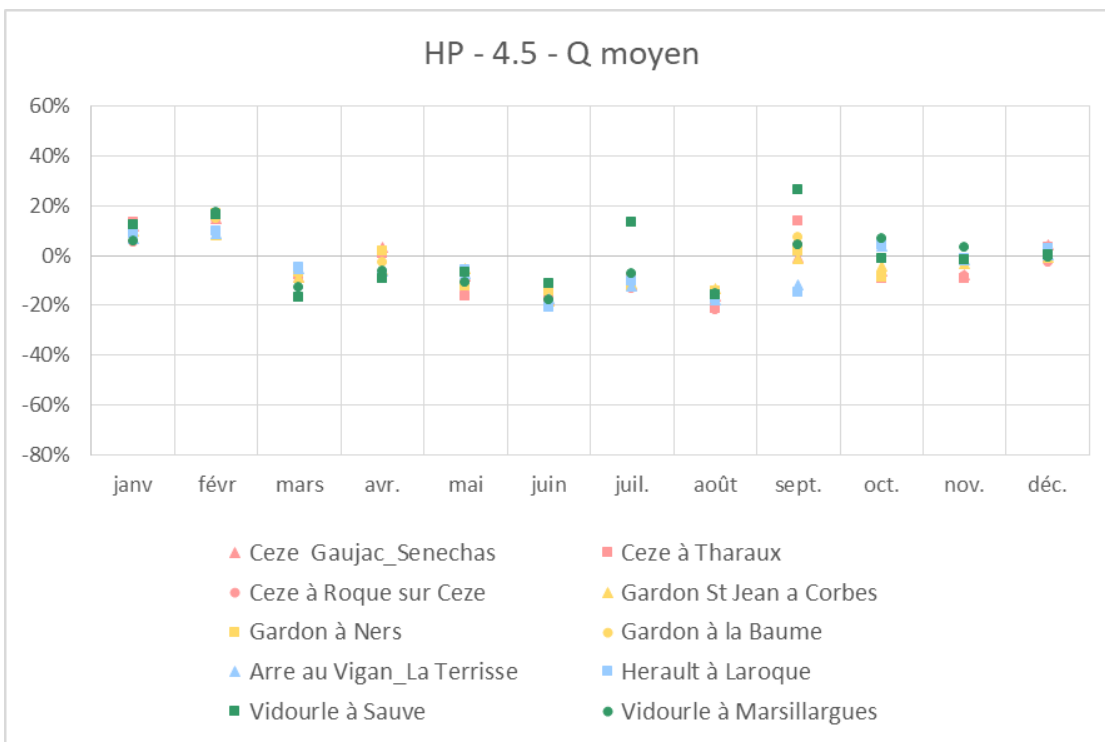
- Baisse généralisée des débits moyens en période d'étiage :

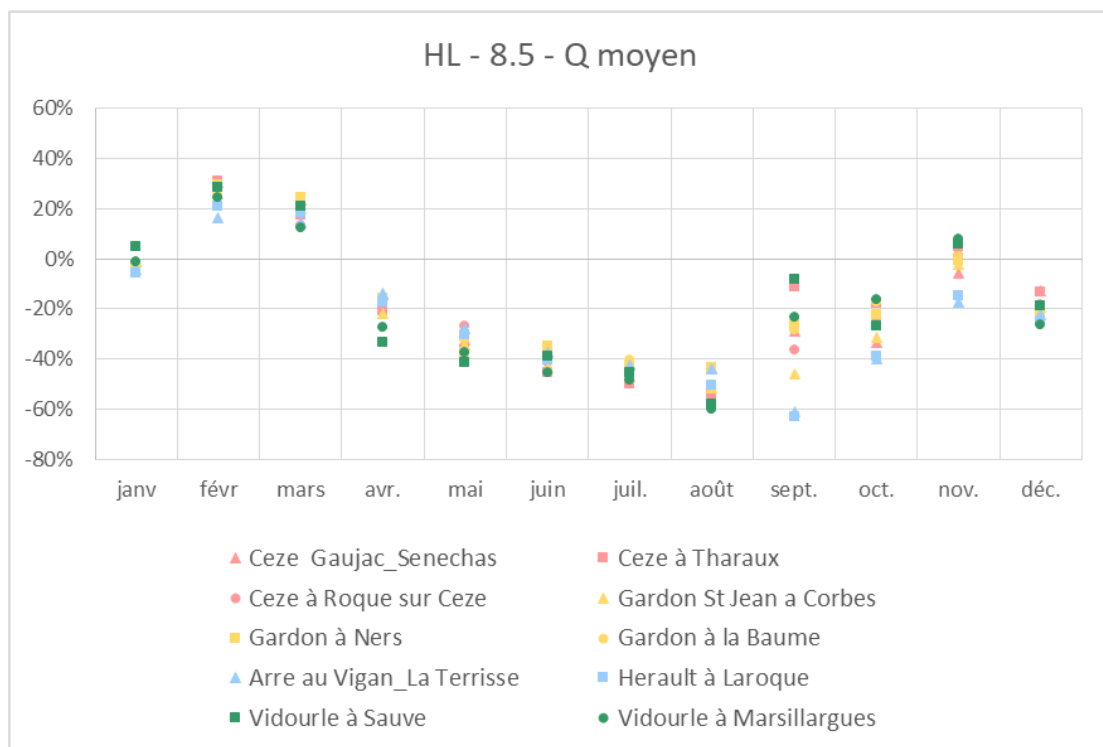
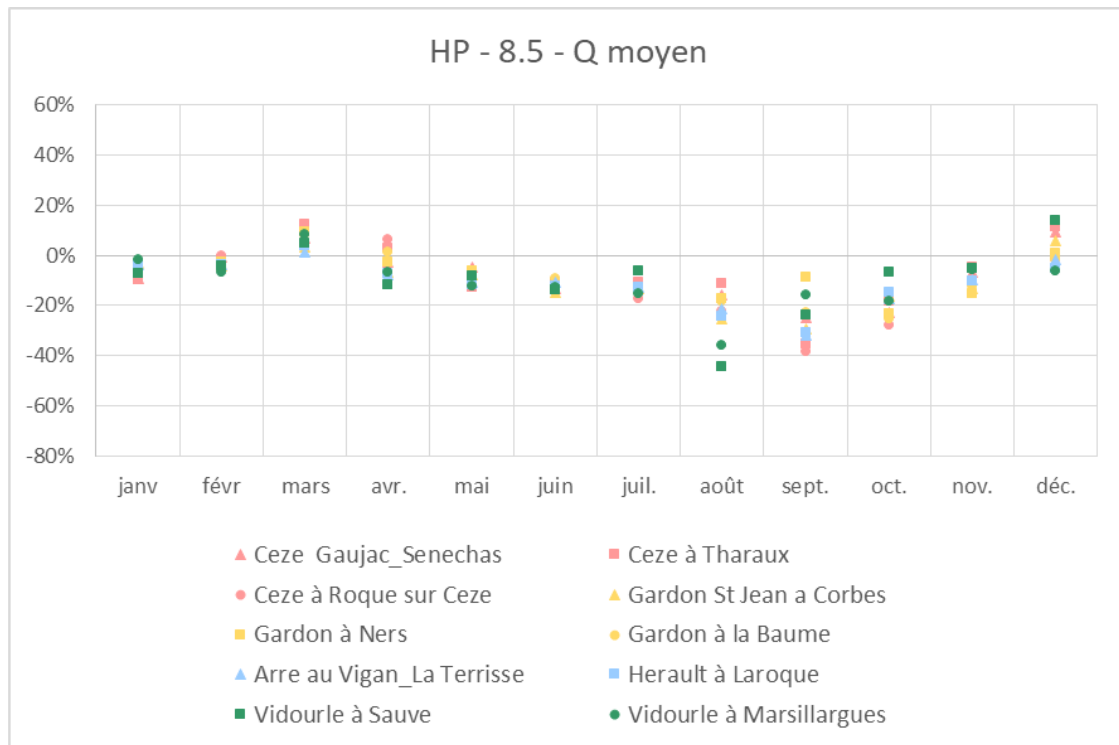
Les graphiques ci-dessous présentent pour les horizons proche (HP) et lointain (HL) et pour les deux hypothèses de réchauffement climatique (4.5 et 8.5), les résultats du travail de projection. Chaque point correspond à une station et est représenté par la **valeur médiane** obtenu à partir des 9 modèles climatiques utilisés.



Figure 81 : Projection des débits moyens mensuels par station







Source : BRLi

De manière assez attendue, plus les projections se font à un horizon lointain et selon un scénario pessimiste (8.5), plus les tendances d'évolution sont marquées.

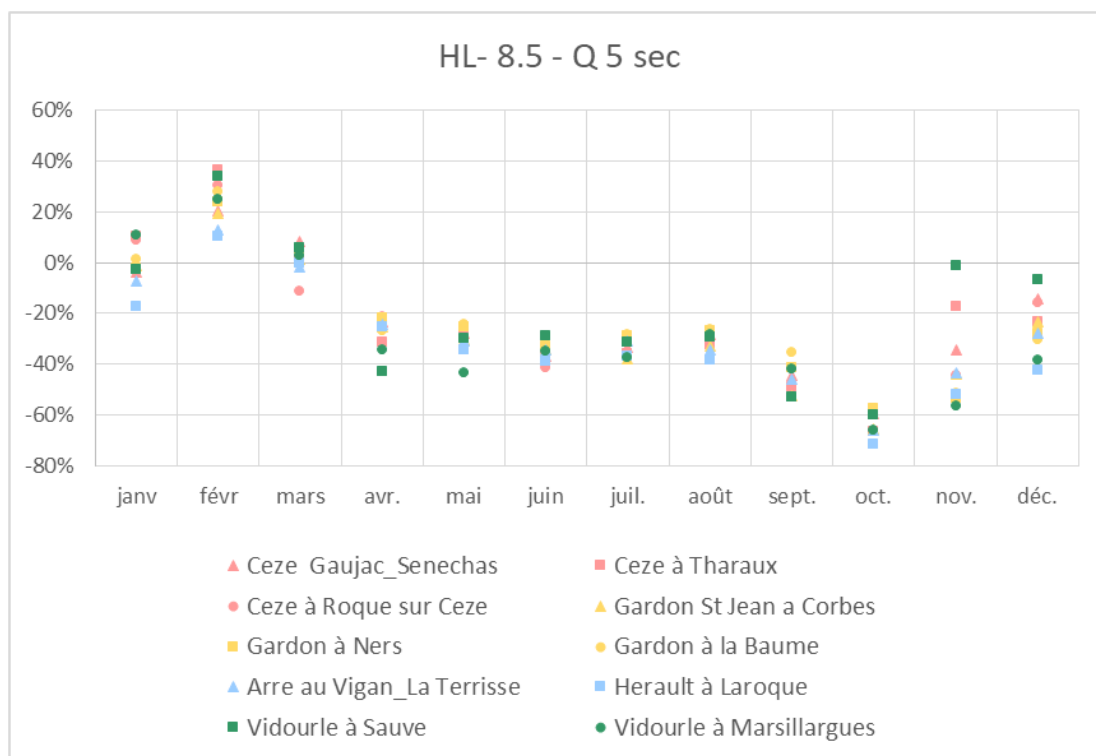
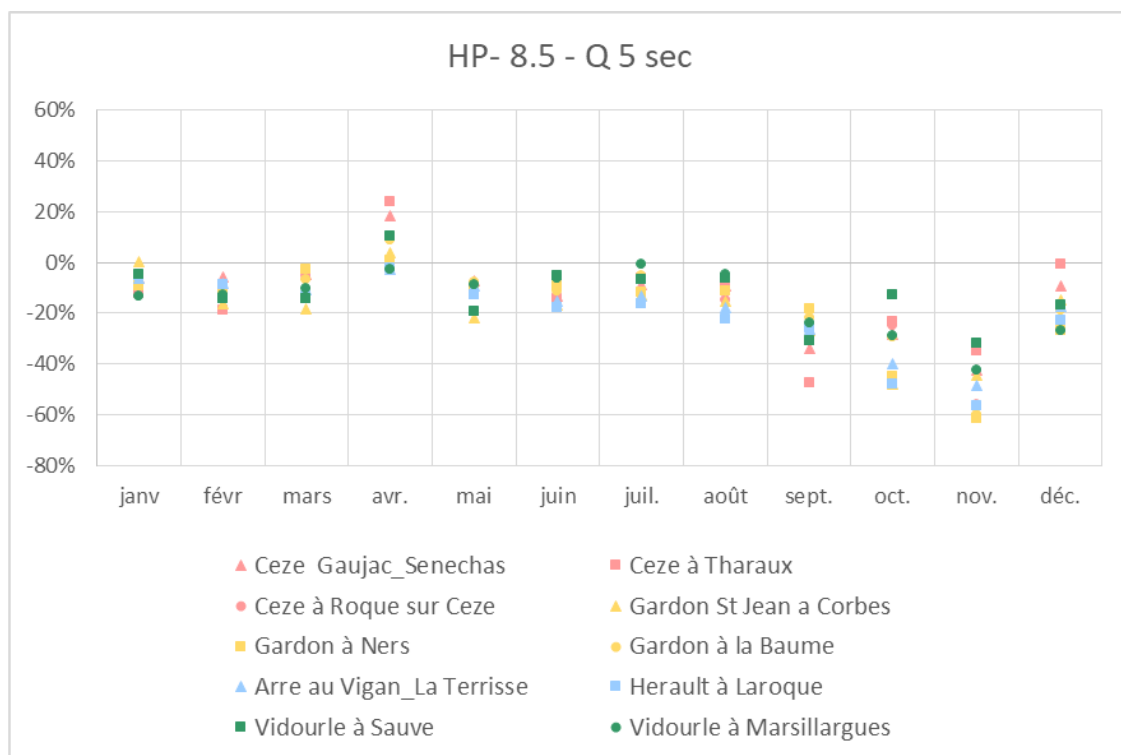
D'une manière généralisée sur l'ensemble des bassins versants étudiés, nous observons une **tendance de baisse des débits moyens en période d'étiage** (avril, mai, juin, juillet, août), et **qui devrait surtout s'aggraver en fin de siècle**.

■ Baisse généralisée des débits quinquennaux secs :

De la même manière sont présentés ci-dessous l'évolution des débits mensuels quinquennaux secs en fonction des horizons et des scénarios.



3. QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES RESSOURCES EN EAU ET LE TERRITOIRE ?



Source : BRLi

Les mêmes tendances d'évolution peuvent être observées. Néanmoins, la diminution des débits observés précédemment semblent ici se prolonger et s'aggraver au-delà de la période estivale. La plus forte diminution des débits quinquennaux secs serait à attendre sur les mois de septembre et d'octobre.



- Augmentation de la fréquence, de la durée et de l'intensité des épisodes d'étiage :
Un travail détaillé a été mené afin d'étudier l'évolution des épisodes d'étiage sévère (fréquence d'apparition, intensité et durée de l'épisode).

Pour cette analyse, les épisodes d'étiage sont définis de la même manière que pour l'étude rétrospective des débits, facilitant ainsi la comparaison entre la situation actuelle et les projections. On utilise le seuil correspondant au VCN 10 de temps de retour 5 ans (plus petit débit moyen sur 10 jours sous-passé en moyenne une année sur cinq).

NB : Il est à noter que pour l'analyse des chroniques futures, on conserve comme valeur seuil, la valeur du VCN 10 calculé sur la chronique passée. Ceci dans l'objectif de faire une analyse des évolutions par rapport au même référentiel.

A partir de ce seuil et des chroniques de débits projetées, nous avons calculé pour chacune des stations, et chacune des 9 simulations réalisées pour chaque scénario (Horizon x RCP) :

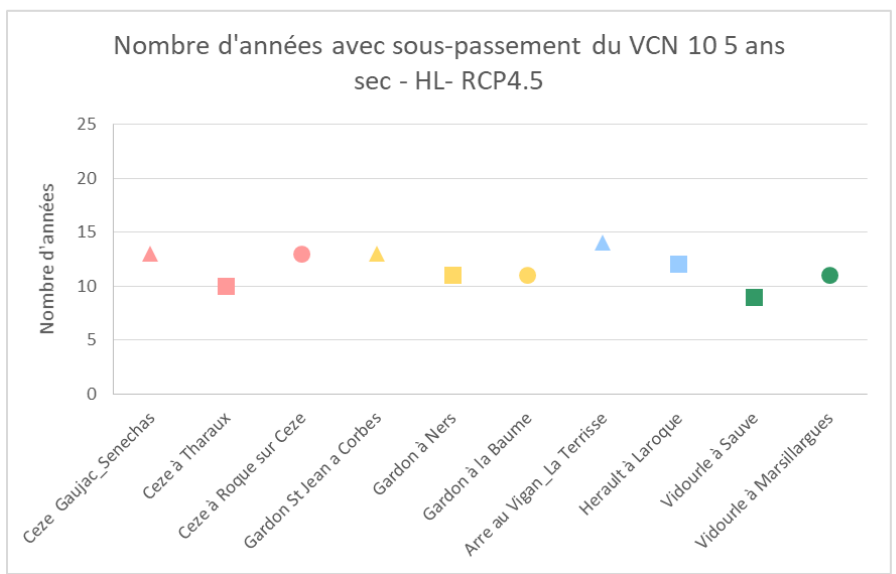
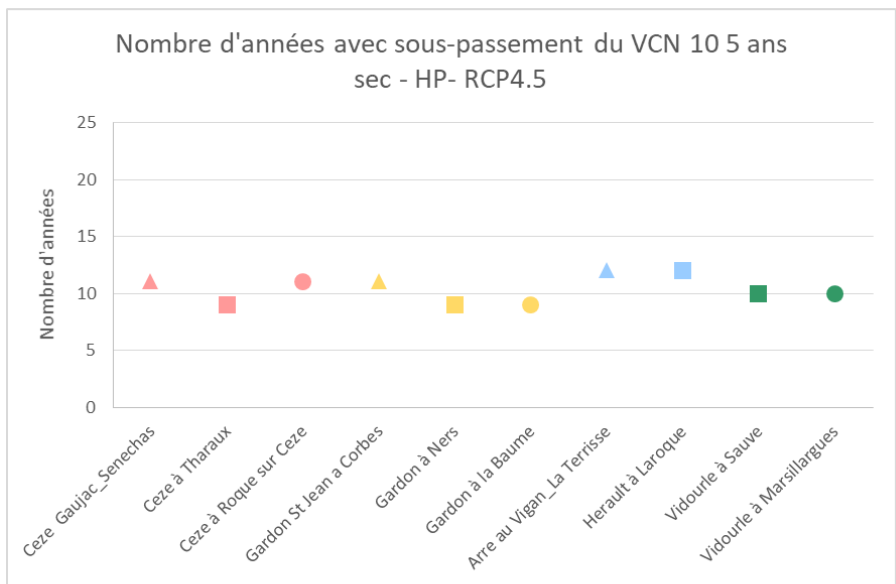
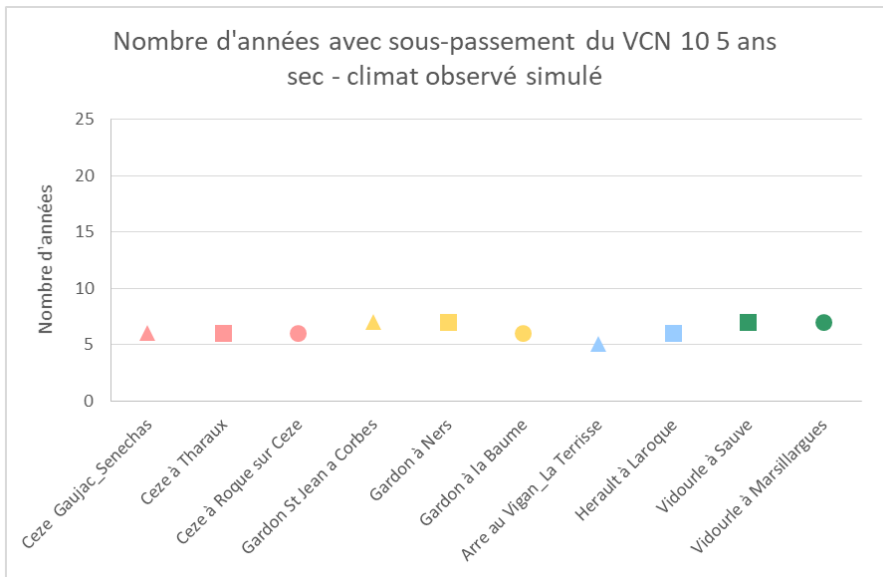
- Le nombre d'années (sur 30 ans) avec un sous-passement du seuil (VCN10 quinquennal sec) ;
- Le nombre de jours moyens par an de sous-passement du seuil ;
- L'intensité moyenne des étiages (en milliers de m³).

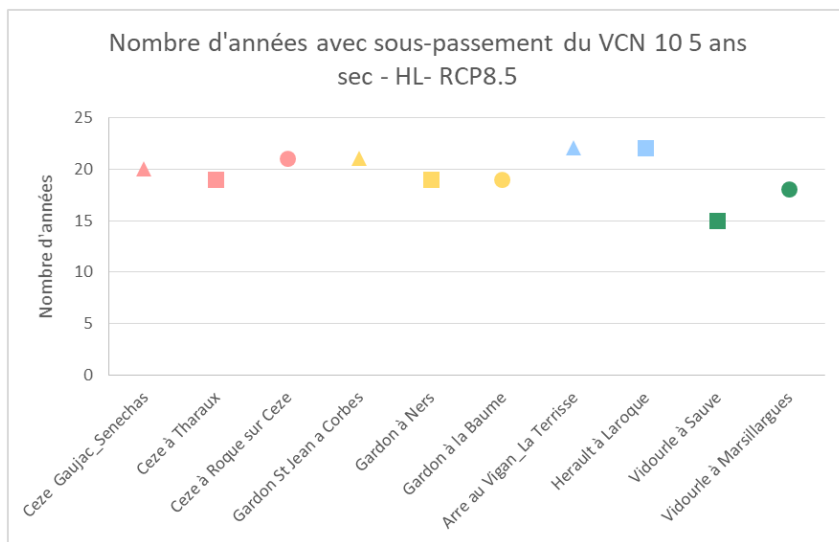
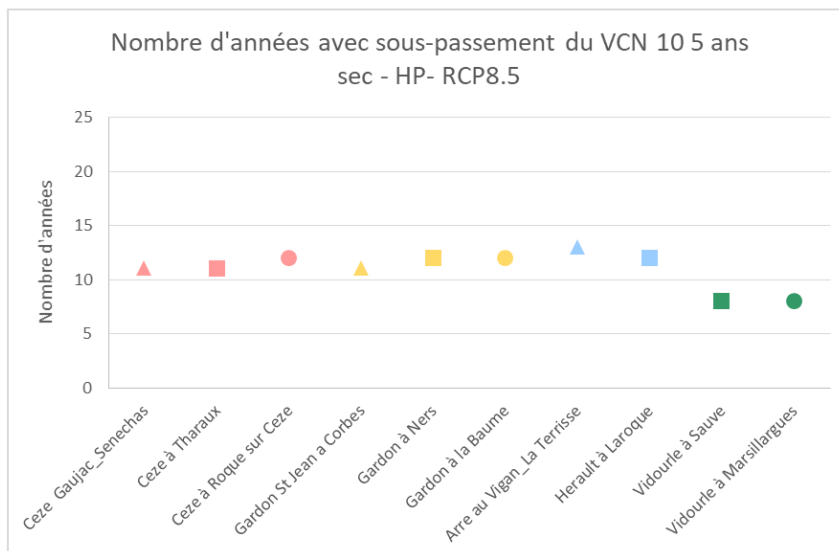
Nous présentons ci-dessous les valeurs médianes calculées sur l'ensemble des 9 résultats pour chacune des combinaisons (Horizon x RCP).

Les indicateurs sont comparables avec ceux calculés précédemment lors de l'étude rétrospective des débits.



Figure 83 : Projection du nombre d'années (sur 30 ans) avec sous-passement du VCN10 quinquennal sec par station





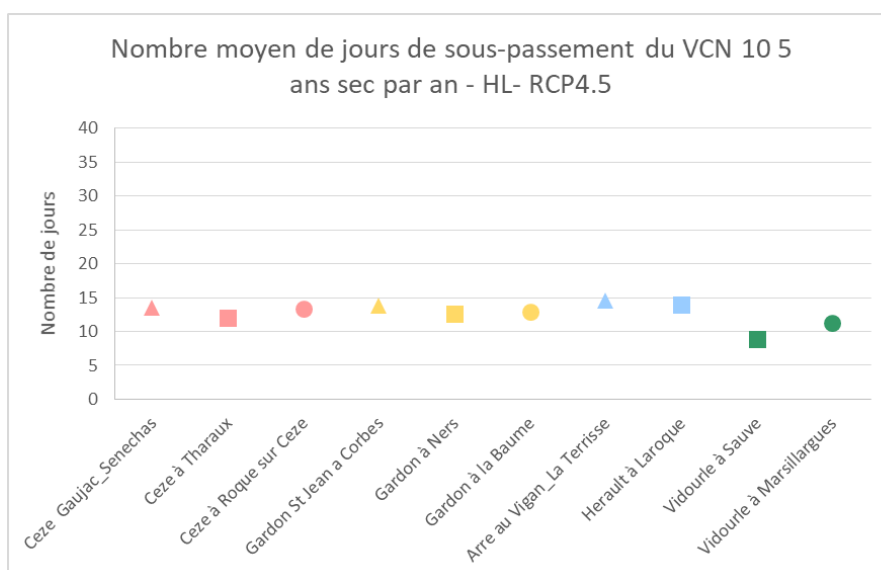
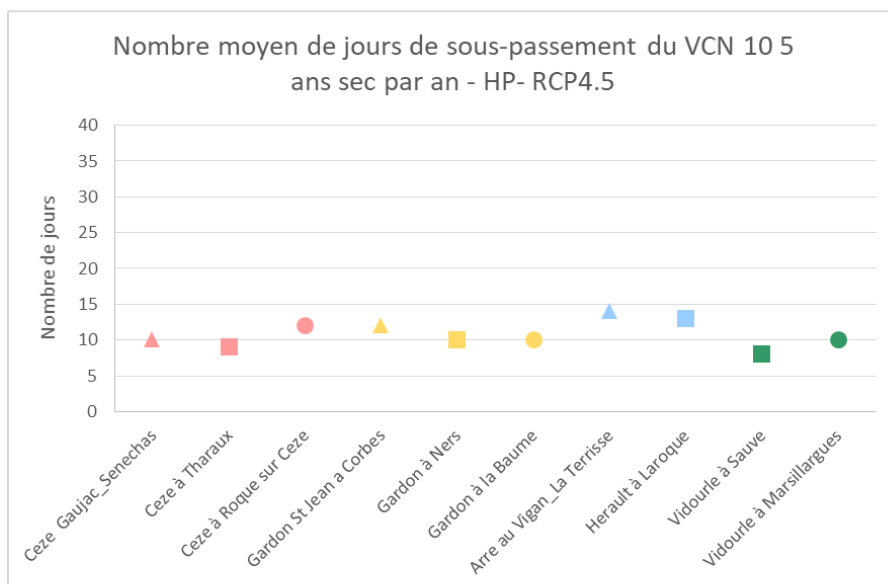
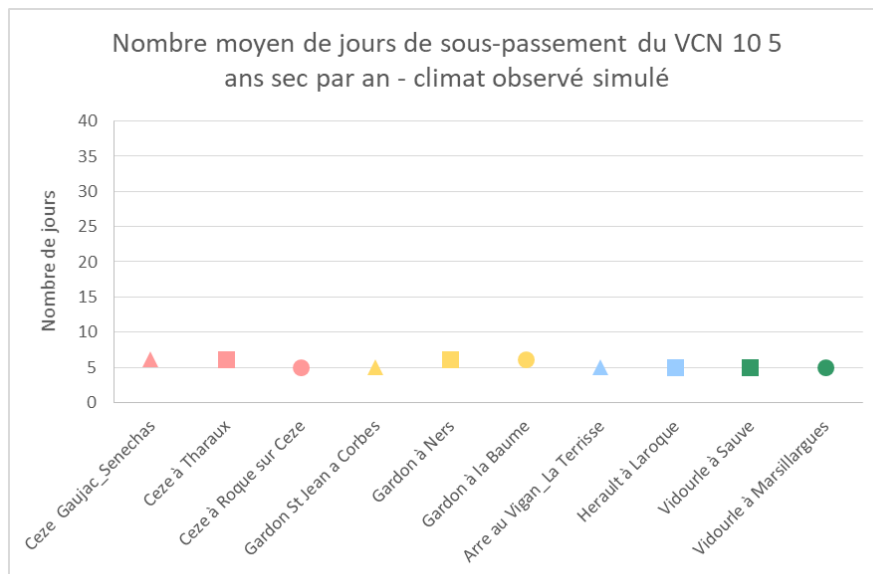
Source : BRLi

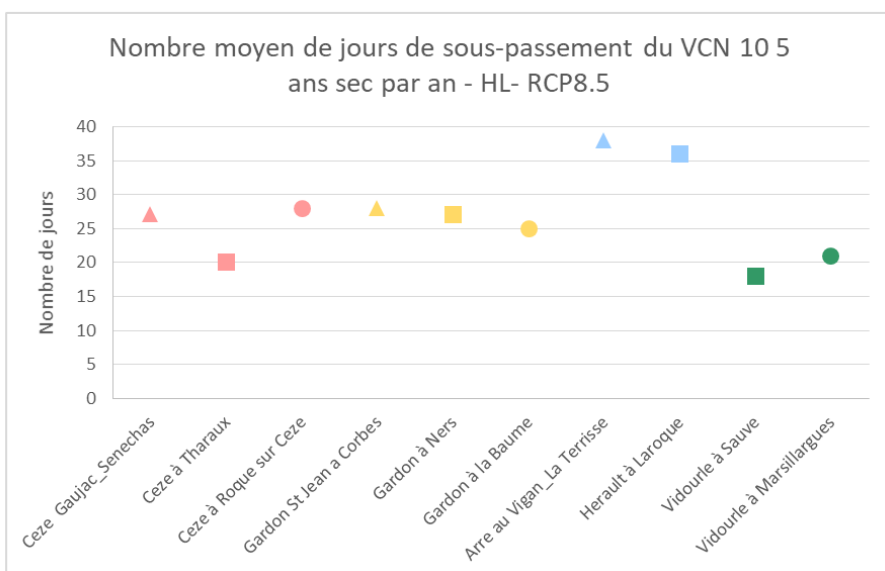
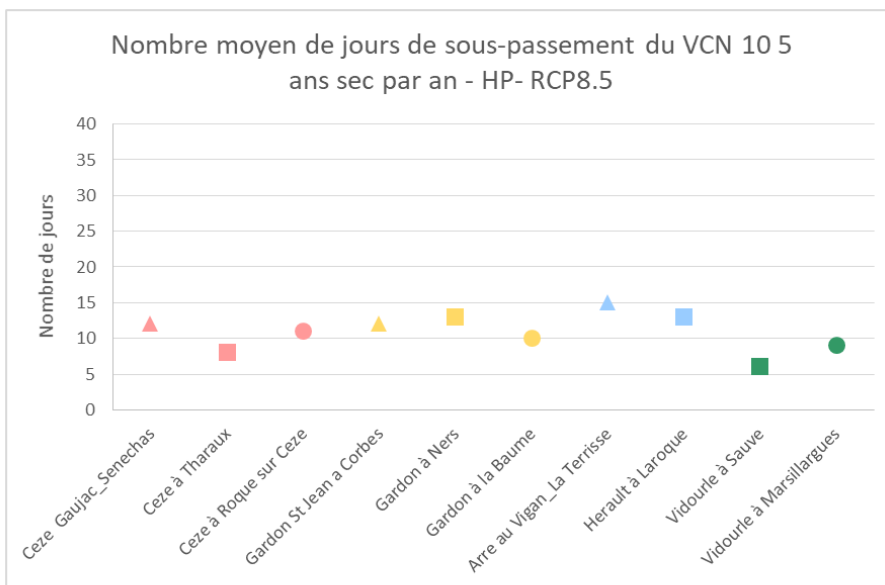
La fréquence des évènements d'étiage augmente, celle-ci pourrait doubler dans un horizon proche et quasiment quadrupler à l'horizon fin de siècle.



3. QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES RESSOURCES EN EAU ET LE TERRITOIRE ?

Figure 84 : Projection du nombre moyen de jours par an de sous-passement du VCN10 quinquennal sec par station



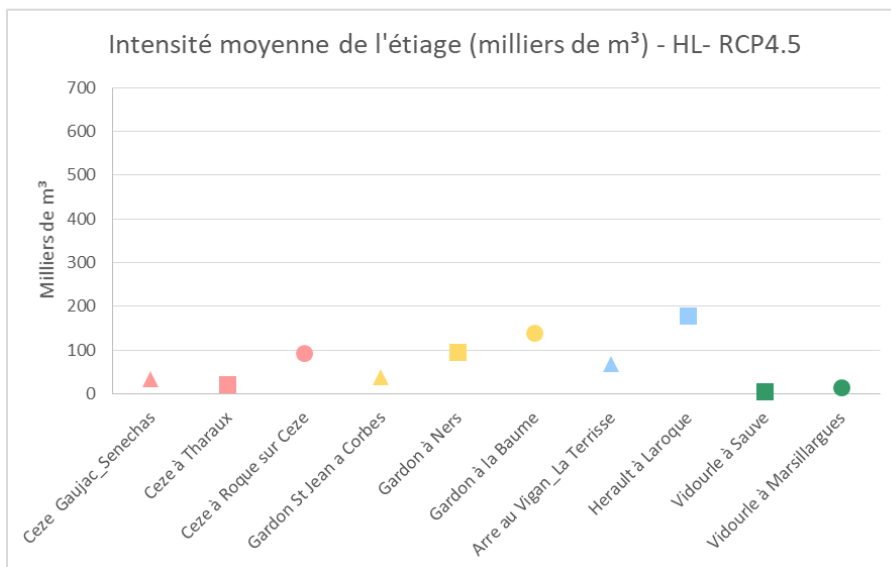
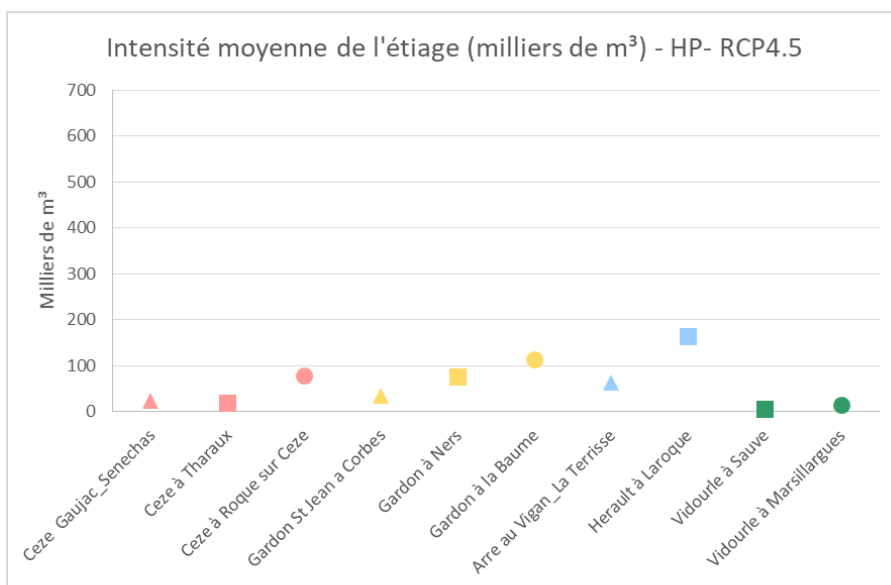
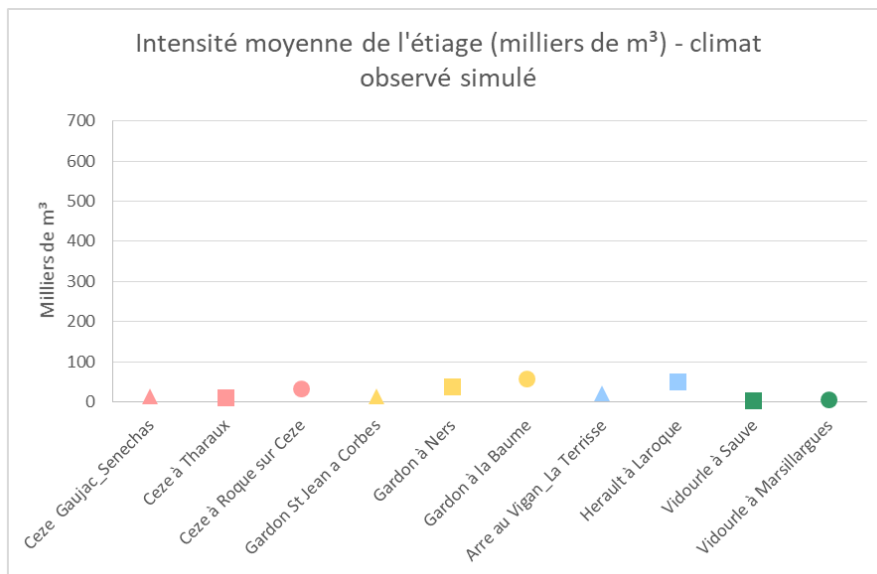


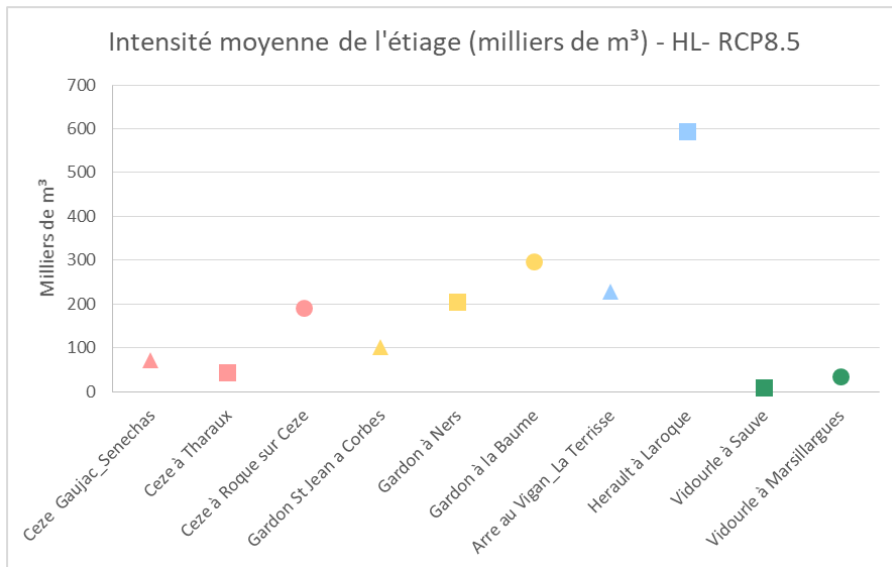
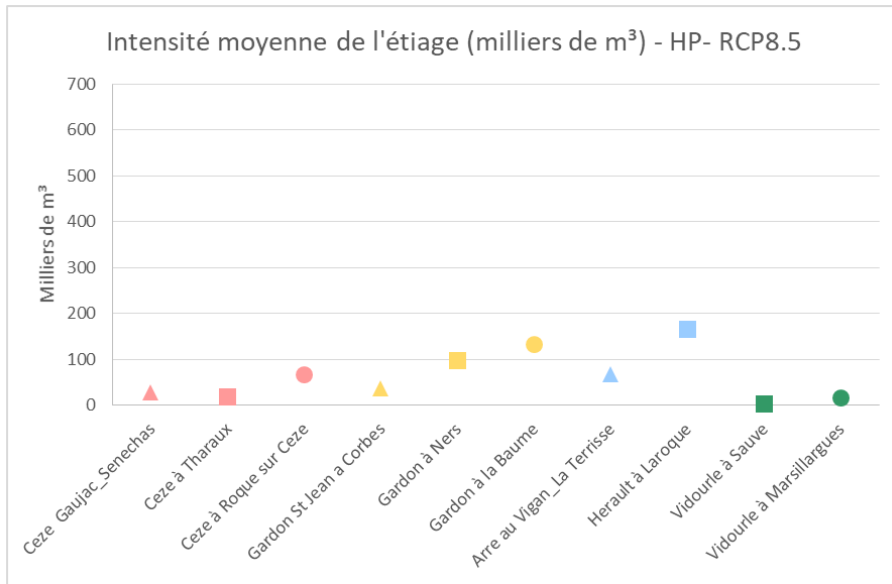
Source : BRLi

La durée moyenne des épisodes augmente elle aussi. Elle pourrait doubler dans un horizon proche et aller jusqu'à quadrupler ou quintupler à l'horizon fin de siècle selon le scénario le plus pessimiste.



Figure 85 : Projection de l'intensité des épisodes d'étiages par station





Source : BRLi

Enfin l'intensité moyenne des épisodes d'étiage devrait elle aussi connaître une importante augmentation.



3.5.4 Eaux souterraines : des recharges de nappes qui pourraient fortement diminuer

COMMENT LE CHANGEMENT CLIMATIQUE PEUT-IL IMPACTER LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE ?

Selon les principes généraux exposés plus hauts, le changement climatique peut potentiellement impacter les principales modalités de recharge des grands systèmes aquifères :

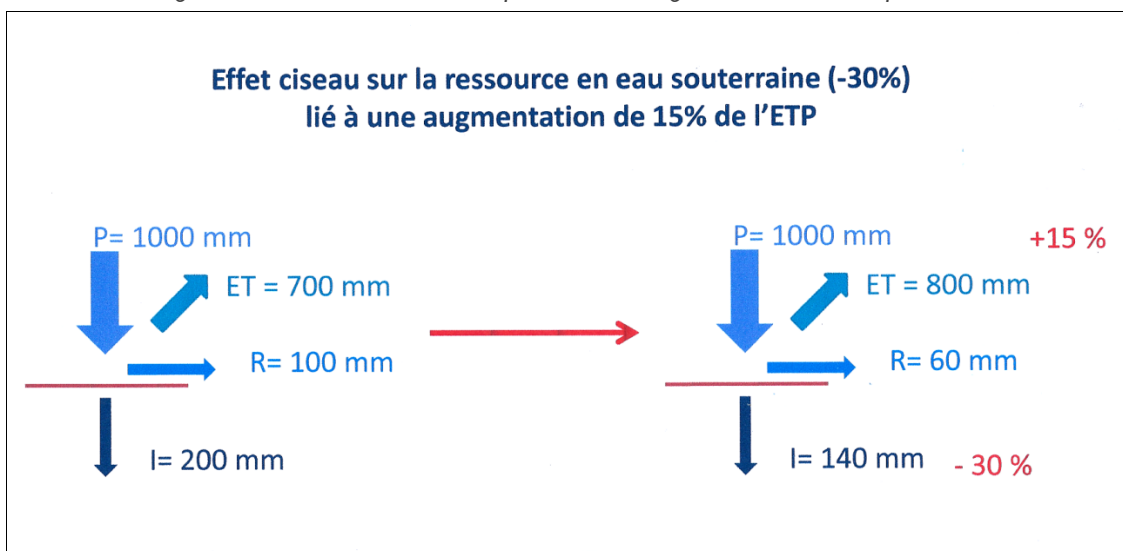
- Diminution potentielle des flux de recharge liés à l'infiltration des eaux de pluie, pour tous les systèmes aquifères.
- Diminution potentielle des flux de recharge liés aux pertes des rivières, pour les systèmes karstiques.

Météo France met à la disposition de tous des analyses statistiques de référence sur les évolutions passées et les projections futures (<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climatd>). Comme cela a été montré, concernant les pluies, il est difficile d'identifier une évolution récente en termes de cumul annuel et les modèles d'évolution climatique montrent une quasi stabilité de ces cumuls annuels. Au niveau national, la température moyenne annuelle a d'ores et déjà enregistré une augmentation significative depuis la fin des années 1980 (environ +1.5°C). Selon les scénarios d'évolution climatique, cette augmentation pourrait encore s'accroître de 1 à 4°C à un horizon 2100.

Il est important de rappeler que l'augmentation de la température s'accompagne nécessairement d'une augmentation de l'évapotranspiration des couverts végétaux. En fonction de la nature du couvert végétal, il est généralement considéré qu'une augmentation de 1°C implique une augmentation de l'ET comprise entre 10 et 15%.

Or, une telle augmentation induit une diminution dramatique des pluies efficaces ($P_{eff} = P - ET$), qui contribuent, soit à la recharge des nappes, soit au soutien du débit des cours d'eau. En effet, l'évapotranspiration est le terme le plus important du bilan : en France, en moyenne, sur la base des chroniques hydrométéorologiques du XX^{ème} siècle, pour une pluie de 100 mm, l'évaporation représenterait environ 70 % en moyenne annuelle ; ce qui signifie que la pluie efficace serait alors de l'ordre de 30 mm. Une augmentation de 10 à 15% de l'évapotranspiration implique une part relative désormais de 80% pour l'évapotranspiration et la pluie efficace serait ainsi réduite à 20 mm, **soit une baisse de 30%**.

Figure 86 : Effet ciseau sur la température de l'augmentation de la température.



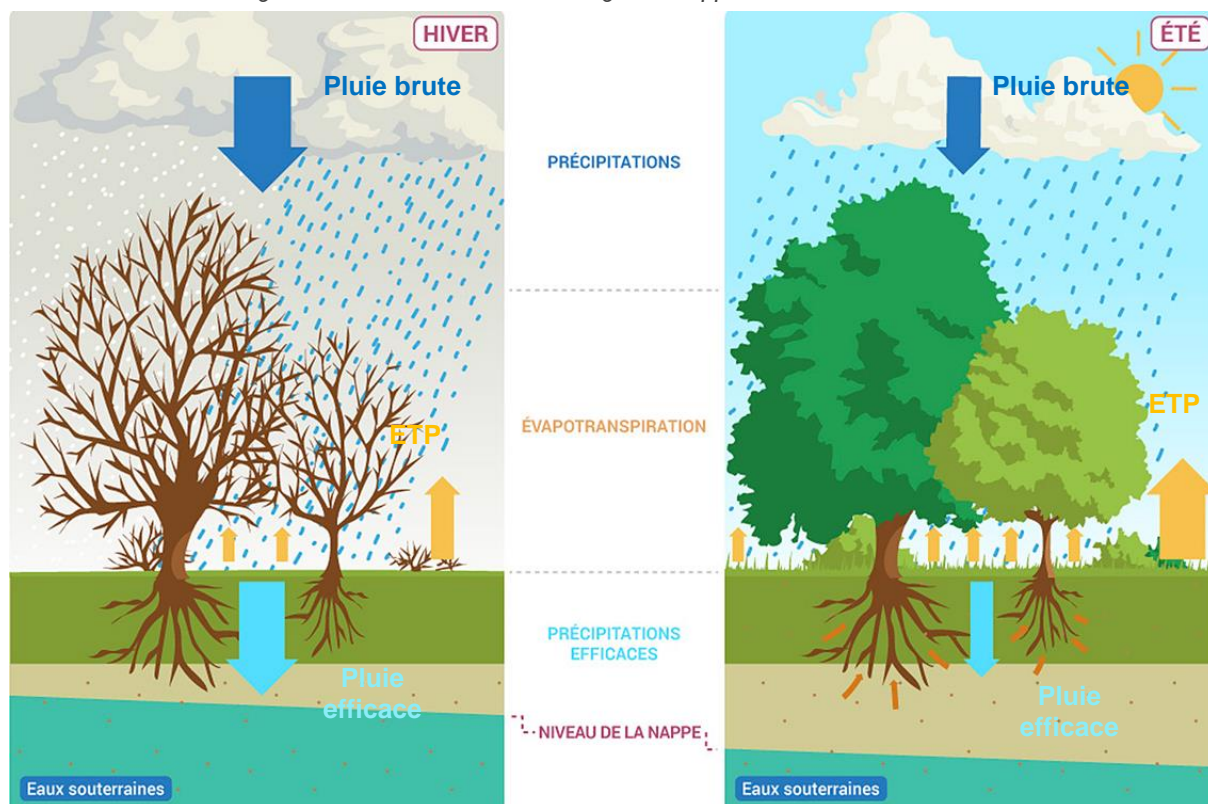


Notons de plus qu'il est nécessaire d'envisager plusieurs mécanismes supplémentaires susceptibles de venir aggraver la diminution de la recharge des nappes :

- Une augmentation des vitesses de vent, qui se traduirait par une augmentation de l'évaporation.
- Une augmentation de l'intensité des pluies, ce qui aurait pour conséquence, pour un même cumul de pluie, de favoriser le ruissellement au détriment de l'infiltration.
- Un déplacement des périodes pluvieuses d'automne et du printemps, qui historiquement correspondaient à des périodes favorables à l'infiltration (faible température, donc faible ET), vers des saisons moins favorables au phénomène d'infiltration (pluies concentrées sur le début de la période estivale).

Les figures ci-dessous illustrent cette dernière problématique.

Figure 87 : Variabilité de la recharge des nappes en fonction des saisons



Source : BRLi à partir de www.eaufrance.fr

Une étude récente du BRGM financée par l'Agence de l'Eau approche ces problématiques (Caballero et al., 2016), avec une estimation des évolutions potentielles de la recharge à moyen terme (2045-2065), en exploitant les résultats de simulations climatiques.

La construction de scénarios climatiques à des fins d'analyse à l'échelle régionale, comme par exemple l'étude d'impact du changement climatique sur la ressource en eau d'un bassin versant ou d'un aquifère, nécessite de faire appel à des résultats de modèles de simulation du climat. En France, des scénarios climatiques ont été produits par le CERFACS en 2008 (SCRATCH08) puis en 2010 (SCRATCH2010) sur une grille de 8x8 km (grille SAFRAN) couvrant l'ensemble du territoire national.



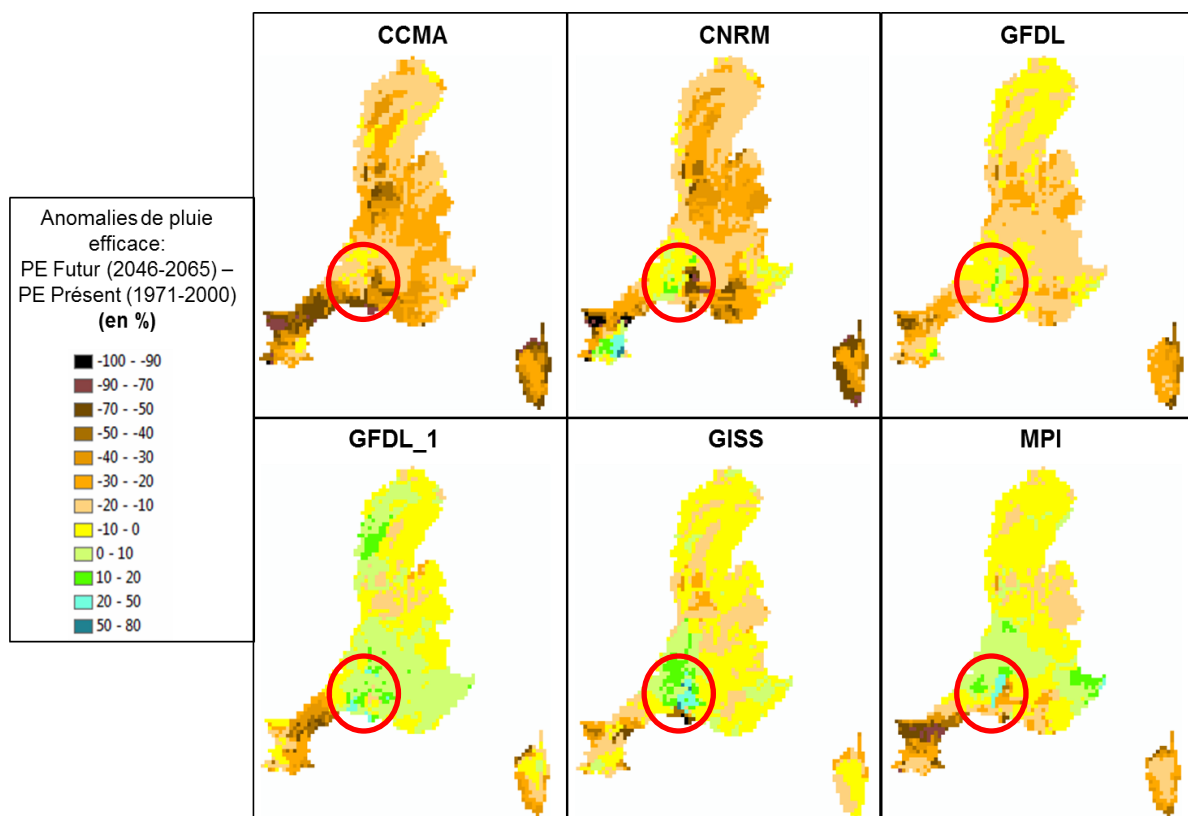
Caballero et al. ont choisi d'étudier des scénarios climatiques issus de 5 modèles :

- CCCMA CGCM3.1 T63 (CCCMA - Canada),
- CNRM-CM3 (CNRM – Météo France),
- GFDL-CM2.0 (NOAA GFDL – Etats Unis) – 2 simulations différentes,
- GISS-AOM (NASA GISS – Etats Unis),
- MPI-ECHAM5 (MPI – Allemagne).

Tous ces modèles ont été forcés avec le scénario d'émission de gaz à effet de serre A1B. Ce scénario constitue une hypothèse médiane parmi la fourchette des scénarios d'émission proposée par le GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat – www.ipcc.ch) dans le cadre de son rapport spécial SRES sur cette question.

Ils disposent ainsi de 6 scénarios climatiques pour lesquels est défini une chronique journalière longue du couple (Pluie ; Evaporation) pour chaque maille de 8 x 8 km. Avec ces chroniques, et en faisant l'hypothèse d'une continuité des usages au sol, Cabarello et al. transforment ces chroniques hydrométéorologiques en chroniques de pluie efficace (cf. figure ci-dessous).

Figure 88 : Variations de pluie efficace sur le bassin Rhône Méditerranée Corse selon 6 projections climatiques pour un horizon proche



La première observation est la grande incertitude des résultats.

On observe ainsi une grande variabilité en termes d'évolution de la pluie efficace selon les modèles. On peut distinguer des modèles « optimistes » (GFDL_1, MPI) et des modèles « pessimistes » (CCMA, CNRM).

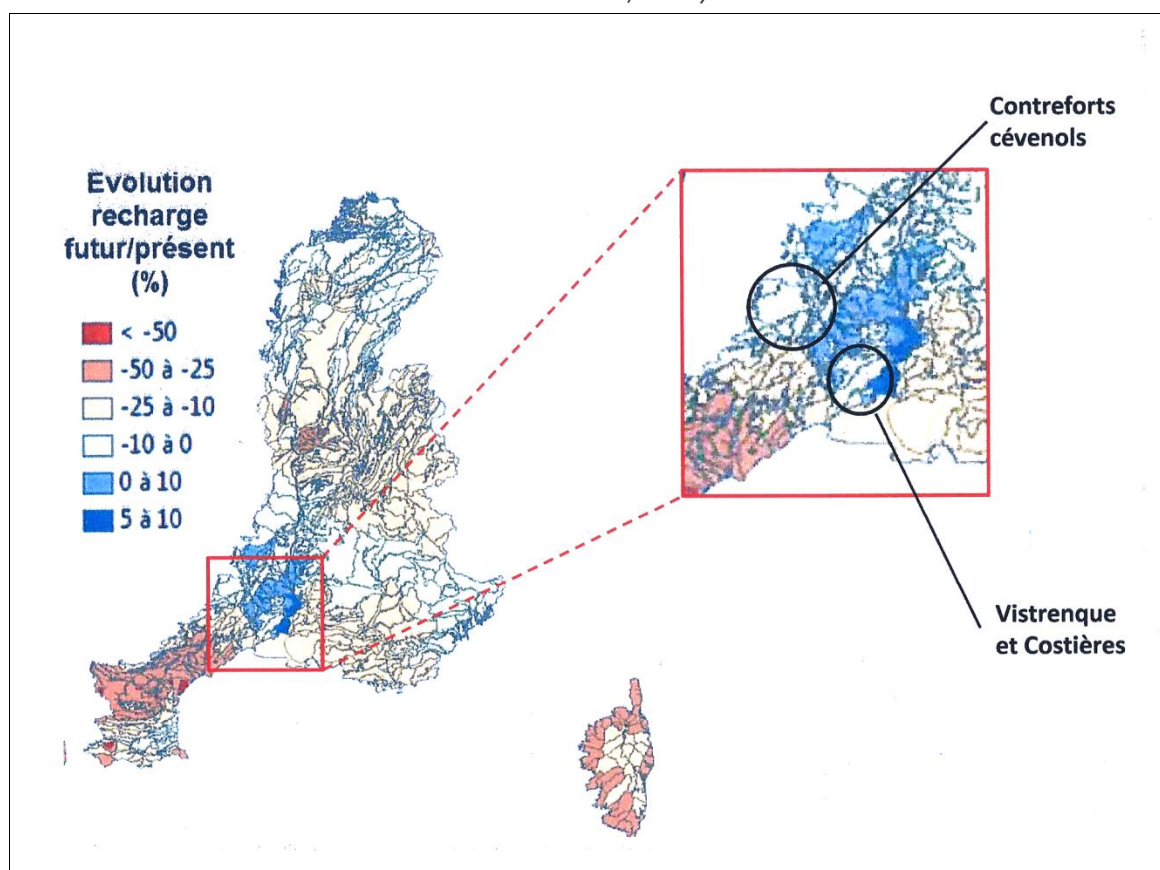


De plus, dans le bassin Rhône-Méditerranée, de nombreux secteurs présentent des divergences fortes en termes de résultats. C'est par exemple le cas du département du Var qui, selon les modèles, présente un gain ou une perte en termes de pluie efficace. Cette observation indique que, sur ces secteurs, les modèles ne peuvent pas être conclusifs.

Le cas du département du Gard est complexe : une majorité de simulations indiquent un quasi statu quo en termes de variations de pluie efficace à cet horizon temporel (variations comprises entre -10 et +10%), avec une nuance sur l'ouest et le sud du département qui peuvent enregistrer des secteurs en baisse significative de recharge. Une seule d'entre elles (CCMA) donne des résultats inquiétants avec des diminutions de la pluie efficace de -10 à 50% selon les zones du département.

Dans un second temps, Caballero et al. proposent une moyenne en termes de pluie efficace à partir des 6 résultats des simulations. Puis, ils calculent une carte de recharge future en appliquant la moyenne des deux ratios d'infiltration déterminés préalablement : SURFEX et IDPR ajustés. Ils obtiennent ainsi une carte de la recharge moyenne annuelle future sur le bassin Rhône Méditerranée Corse.

Figure 89 : Carte de l'évolution potentielle de la recharge à l'échelle du bassin Rhône Méditerranée Corse (d'après Caballero et al., 2016).



On observe, sur cette estimation, des territoires du département du Gard potentiellement affectés par une baisse de recharge entre 0 et -10% (Vistrenque et contreforts cévenols) et des territoires potentiellement concernés par une faible hausse de recharge de 0 à 10% (secteur des Garrigues).

Comme le font remarquer les auteurs, **ces résultats doivent être considérés avec beaucoup de prudence**. Ils ont été construits en cumulant des incertitudes importantes. De plus, le choix fait de moyenniser les simulations climatiques lissent des impacts contradictoires.



QUE DISENT LES CHRONIQUES HYDROMÉTÉOROLOGIQUES MODÉLISÉES POUR LES CLIMATS FUTURS SUR LA RECHARGE DES NAPPES PAR INFILTRATION DES EAUX DE PLUIE ?

Il nous a semblé utile de produire une analyse en complément aux travaux de Caballero et al. (2016). En effet, leur méthode de construction de la recharge diffère sensiblement de celle que nous proposons (intégration de l'effet d'une réserve utile qui amoindrit l'impact sur la recharge des pluies efficaces faibles et prise en compte d'une pluie de rupture qui induit la réduction de l'infiltration au profit du ruissellement) ; les horizons temporels sont aussi différents (2065 contre 2100).

Nous proposons donc une approche basée sur l'étude sur quatre unités aquifères essentielles pour le développement futur du territoire :

- Karsts liasiques de la bordure cévenole : ressource très sollicitée pour l'AEP.
- Karsts urgoniens drainés par le Gardon et la Cèze : croissance de la demande en irrigation pour le karst drainé par le Gardon et ressource importante et actuellement disponible pour le karst drainé par la Cèze.
- Alluvions de la Vistrenque et des Costières : nappe actuellement très sollicitée et à proximité de la zone de croissance des besoins en AEP.

Nous proposons un calcul de la recharge selon la même méthode de calcul que pour l'exploitation des données SAFRAN, avec l'exploitation des chroniques journalières P-ET (Pluie – EvapoTranspiration) des 9 modèles climatiques, selon deux trajectoires climatiques (4.5 et 8.5). Le tableau ci-dessous indique pour mémoire les mailles climatiques utilisées pour l'approche.

Unités aquifères	Mailles utilisées pour représenter le climat
Karsts liasique de la bordure cévenole : ressource très sollicitée pour l'AEP.	maille SAFRAN 8135 – maille modèle climatique 5376
Karsts urgoniens drainés par le Gardon et la Cèze	maille SAFRAN 8411 – maille modèle climatique 4949
Alluvions de la Vistrenque et des Costières	maille SAFRAN 8684 – maille modèle climatique 4521

Les résultats sont présentés par trajectoire climatique pour les trois systèmes aquifères, en prenant pour indicateur la **moyenne interannuelle de la recharge** exprimée en Mm^3/an . La droite bleue correspond à la recharge calculée à partir des données SAFRAN sur la période 1959-2007. Hormis pour les alluvions de la Vistrenque, il y a une bonne correspondance entre cette recharge calculée à partir des données SAFRAN et la recharge calculée à partir des résultats des différents modèles climatiques pour la période de référence passée (1971-2005).

Pour la trajectoire 4.5 comme pour la trajectoire 8.5, on ne peut proposer aucune conclusion. Pour les projections post-2020, la dispersion des valeurs interdit toute identification de tendance.

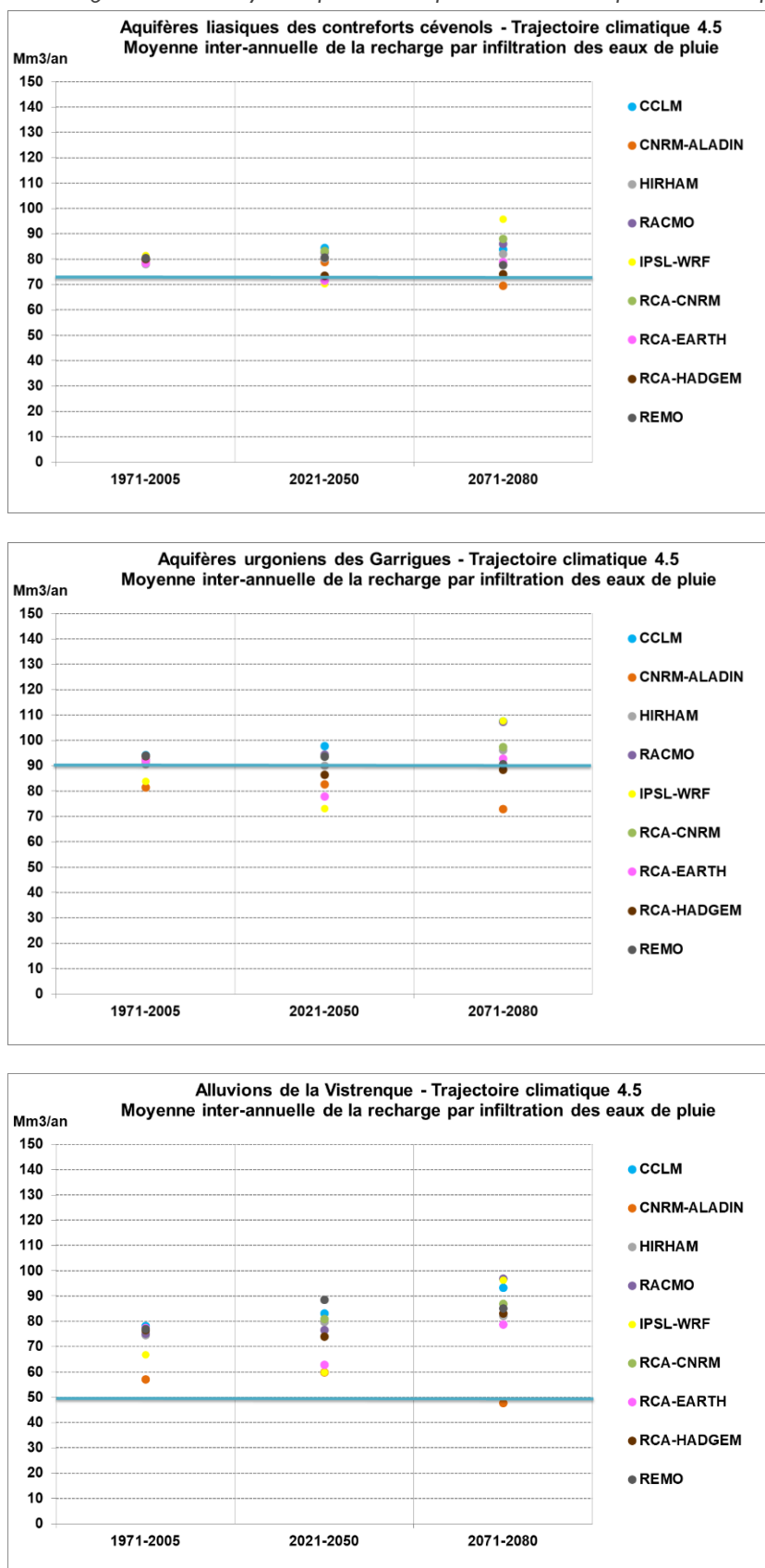
Le calcul établi intègre en effet de très fortes incertitudes, en particulier sur l'évolution des pluies. On peut ainsi observer que si on considère dans les modèles comme référence les valeurs de recharge observées sur la période 1971-2005, les évolutions sur les périodes 2021-2050 puis 2071-2080 ne montrent aucune tendance fiable ; ce que l'on observe, c'est une dispersion égale autour des valeurs de référence de 1971-2005.

Cette conclusion ne signifie toutefois pas que la recharge de ces aquifères ne va pas évoluer. Elle indique que les imprécisions des modèles actuels ne permettent pas d'identifier des éventuelles tendances.

NB : Notons que dans l'approche faite à partir des modèles climatiques, la recharge de la nappe de la Vistrenque est supérieure de 50% aux estimations produites à partir de l'exploitation des données SAFRAN. Cet écart s'explique pour partie par des méthodes d'estimation de l'ETP différentes, pour partie par une différence dans l'estimation de la distribution temporelle des pluies.



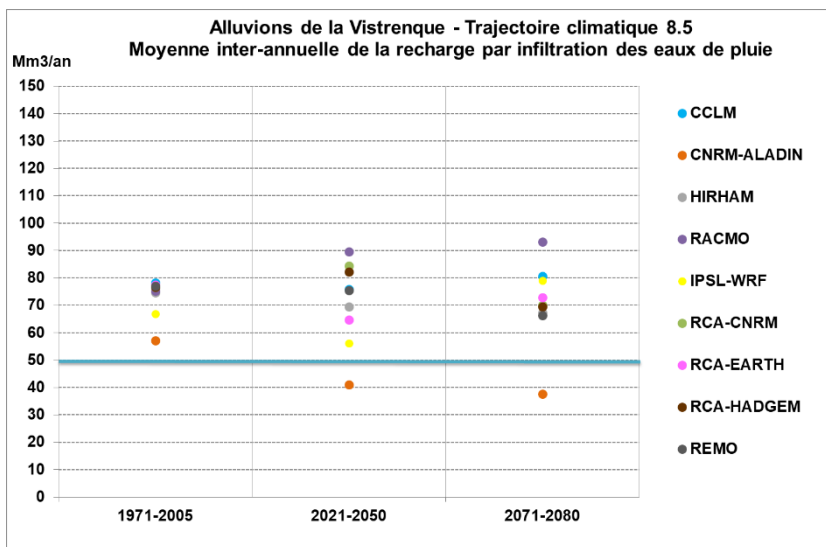
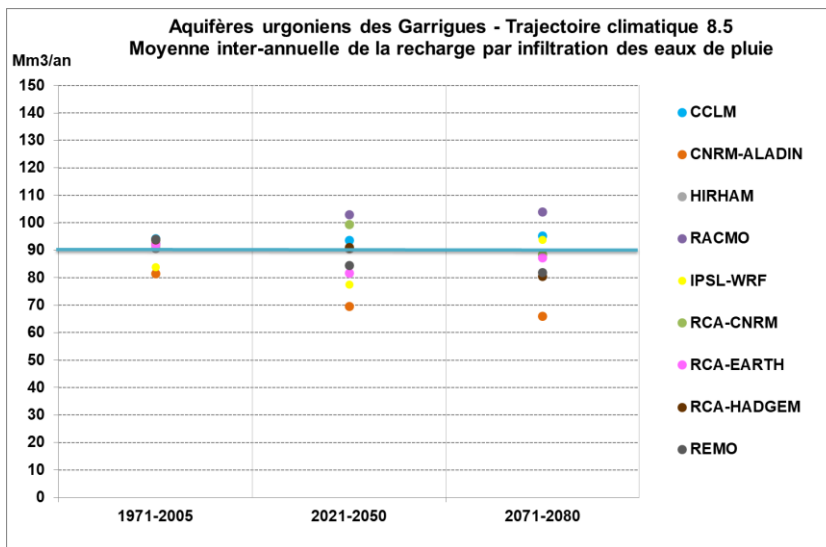
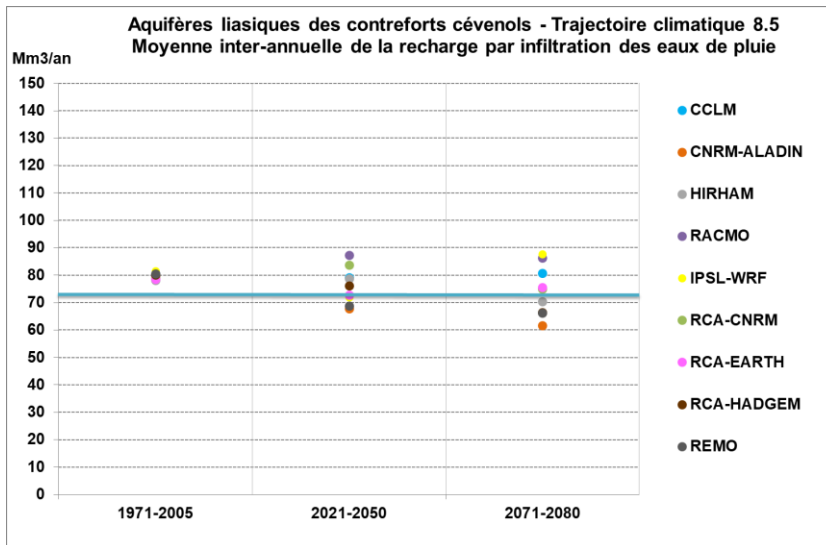
Figure 90 : Recharges annuelles moyennes pour trois aquifères selon la trajectoire climatique RCP 4.5



Source : Recharges modélisées (Hydrofis)



Figure 91 : Recharges annuelles moyennes pour trois aquifères selon la trajectoire climatique RCP 8.5



Source : Recharges modélisées (Hydrofisis)



QUE DISENT LES CHRONIQUES DE DÉBIT RECONSTITUÉS POUR DES CLIMATS FUTURS SUR LA RECHARGE DES NAPPES PAR PERTES DES RIVIÈRES ?

Pour étudier les impacts potentiels du changement climatique sur les dynamiques de recharge par infiltration des cours d'eau au droit de zones de pertes, nous utiliserons une démarche comparable à ce qui a été fait pour l'étude rétrospective de la recharge des aquifères par les pertes (sous-chapitre 3.3.2).

Nous centrerons notre analyse sur l'évolution des débits au niveau de la station de Ners sur le Gardon en définissant des débits seuils correspondant à des dynamiques de pertes et d'alimentation distinctes entre le Gardon et l'aquifère karstique. Les indicateurs analysés correspondent au nombre de jours par an passés sous les débits seuils fixés (pour rappel : 4 m³/s, 2,5 m³/s et 1 m³/s).

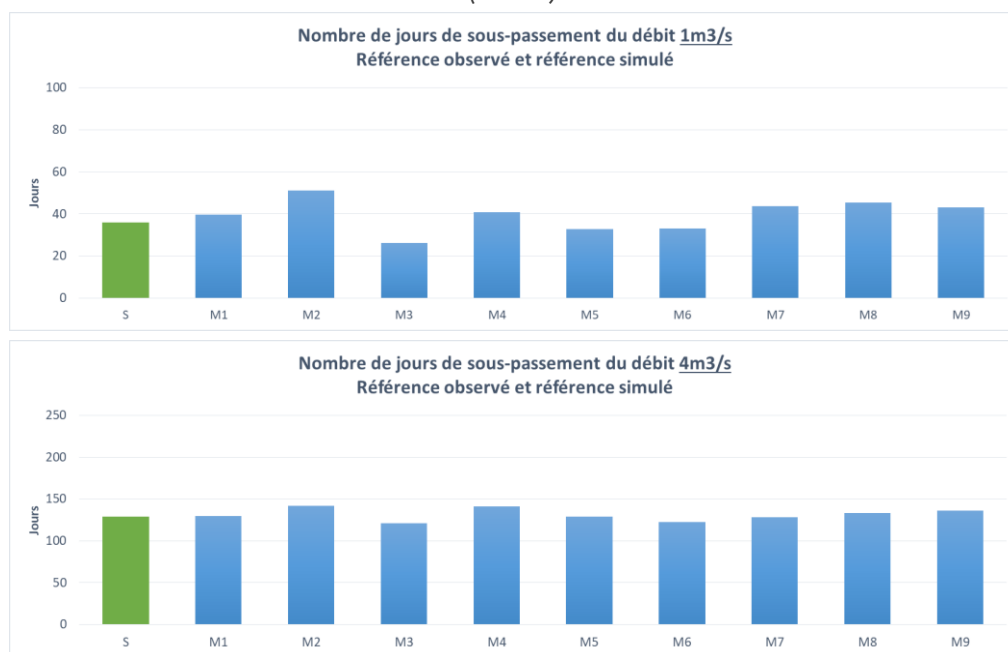
Les objectifs de notre approche sont les suivants :

- Identifier les tendances futures possibles sur les valeurs des débits d'étiage du Gardon en amont des zones de perte, valeurs qui renseignent sur ce type de recharge.
- Déterminer d'éventuelles variations possibles de la durée des étiages, qui est le facteur clé conditionnant les débits restitués aux exutoires du système karstique et donc la satisfaction d'un débit cible dans le Gardon à l'aval de Remoulins.

Les données utilisées pour mener cette étude correspondent aux chroniques journalières de débit issues des simulations pluies-ETP-débits à Ners pour 9 modèles climatiques à deux horizons temporels (Horizon Proche / Horizon Lointain, notés HP et HL), selon deux trajectoires climatiques (RCP 4.5 et 8.5). Cf. chapitre 3.5.3 pour le détail de l'approche ayant conduit à ces chroniques.

Un premier jeu de graphes, ci-dessous, permet de juger de la cohérence entre la situation passée modélisée à partir des données climatiques SAFRAN (en vert) et la situation passée modélisée à partir des résultats des neuf modèles climatiques (en bleu). La période sur laquelle ont été établies ces références observées et simulées correspond à la période 1971-2005.

Figure 92 : station du Gardon à Ners. Nombre moyen annuel de jours de sous-passement du débit de 1 m³/s sur la période 1971-2005. Comparaison entre les résultats issus d'une modélisation à partir de données climatiques SAFRAN (en vert) et ceux issus d'une modélisation à avec des données climatiques issues de neuf modèles climatiques (en bleu).



Source : débits modélisés (BRLi)

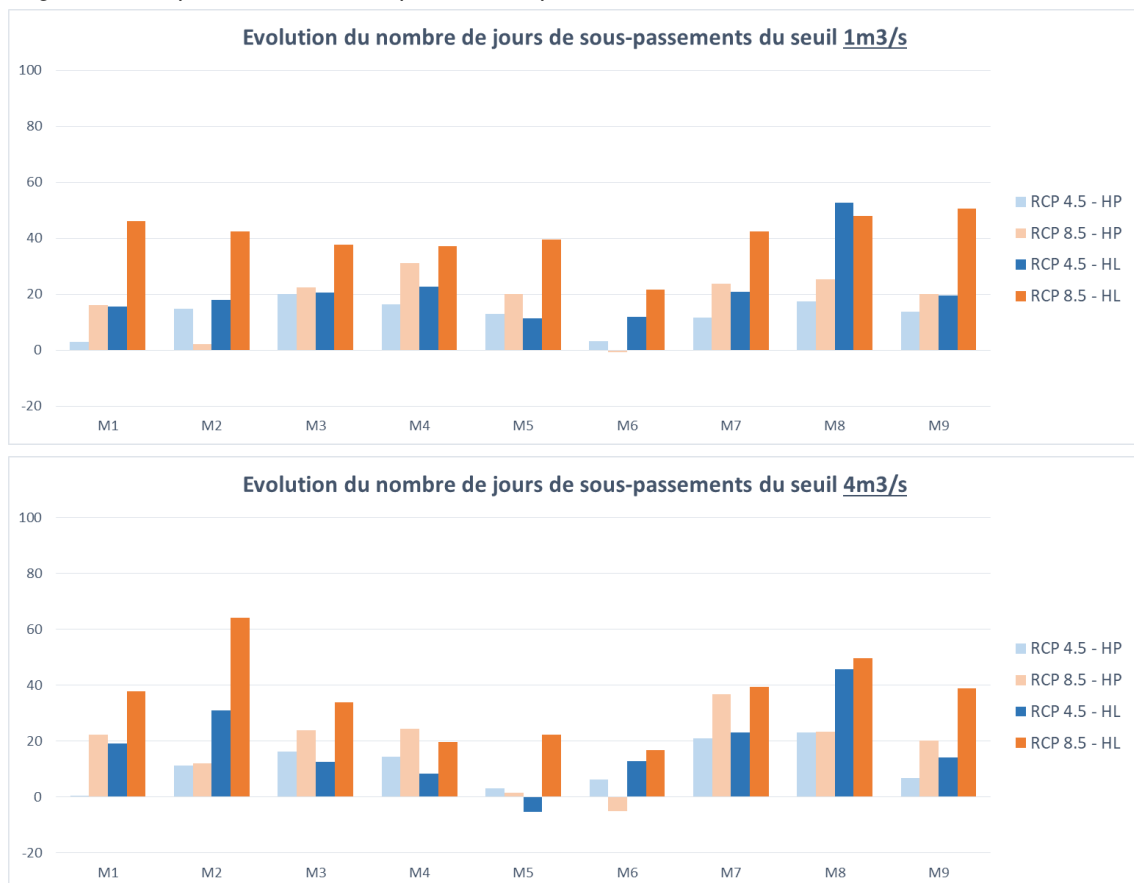


Pour les deux indicateurs représentés ici, on remarque une assez bonne cohérence entre les résultats. Les modèles climatiques fournissent des résultats, qui une fois injectés dans le modèle hydrologique, conduisent à des indicateurs assez proches de ceux à partir de la modélisation hydrologique utilisant les données SAFRAN.

En considérant les données issues de simulations avec les données SAFRAN, entre 1971 et 2005, on constate des sous-passements moyens de **36 jours par an passés pour le débit seuil de 1 m³/s** et de **129 jours par an passés pour le débit seuil de 4 m³/s** (pour mémoire on avait noté plus haut que ces valeurs étaient respectivement de 39 jours et de 132 jours quand on s'intéressait à la période 1971-2018).

Les résultats de la projection du nombre de jours de sous-passement sont présentés ci-dessous. Les valeurs représentées correspondent à l'évolution (valeur positive ou négative) du nombre de jours par an sous les débits seuils par rapport à la période de référence (1971-2005) simulé. Sur chaque graphique sont présentées quatre valeurs pour chaque modèle correspondant aux deux horizons testés (HP et HL) et aux deux scénarios de changement climatique (RCP 4.5 et 8.5).

Figure 93 : Projection du nombre de jours de sous-passement des débits seuils à la station du Gardon à Ners



Source : Débits modélisés (BRLi)

Comme dans l'approche de Caballero et al. (2016), on observe que certains modèles sont plus pessimistes que d'autres ; c'est particulièrement le cas des modèles CNRM-ALADIN (M2) et du RCA HADGEM (M8).



Quoi qu'il en soit, on peut observer que, en fonction de l'horizon considéré, les résultats peuvent être plus ou moins dispersés en fonction des modèles, ce qui renseigne indirectement sur le degré de cohérence des modélisations entre elles. **On peut noter que les tendances sur les indicateurs produits par l'ensemble des modèles sont globalement cohérentes.**

- A l'horizon proche 2021-2050 (HP), les projections sont peu dépendantes du scénario de changement climatique considéré. Le nombre de jours de sous-passement du débit seuil 4 m³/s, 129 jours sur la période (1971-2005), pourrait connaître une augmentation d'environ 15 jours par an (valeur médiane), avec un minimum autour de 0 et un maximum autour de 30 jours. Le nombre de jours de sous-passement du débit 1 m³/s, 36 jours sur la période (1971-2005), pourrait lui connaître une évolution comprise entre -5 et +37 jours par an avec également une valeur médiane située autour de 15 jours par an.
- À l'horizon 2071-2100 (HL), les différences entre scénarios sont plus marquées :
 - Pour le scénario RCP 4.5 : on peut attendre une augmentation, pour le seuil 4 m³/s, du nombre de jours par an de sous-passement également située autour de 15 jours mais avec une dispersion plus forte [min : -5 ; max : 46] et autour de 20 jours [min : 11 ; max : 53] pour le seuil 1 m³/s.
 - Pour le scénario RCP 8.5 : on peut attendre une augmentation du nombre de jours par an de sous-passement autour de 40 jours [min : 17 ; max : 64] pour le seuil 4 m³/s et également autour de 40 jours [min : 22 ; max : 51] pour le seuil 1 m³/s.

Au vu de la relative dispersion des résultats, il faut considérer ces résultats comme une approche grossière des tendances potentielles et non comme la prédiction précise de la situation hydrologique future. Ces résultats constituent cependant un point d'alerte important.

Bien que la tendance à l'augmentation de la durée et de l'intensité des épisodes d'étiage n'ait pas été clairement mise en évidence à partir des observations passées, **il faudra s'attendre, dans le futur, à ce que les sous-passements des débits seuils d'alimentation du karst urgonien par les pertes du Gardon soient de plus en plus longs et de plus en plus sévères.**

Cela se traduira nécessairement par une diminution significative de la recharge de ce système aquifère. **Chaque mois supplémentaire d'étiage sévère (Q < 1 m³/s), qui se substitue à un mois de « pleines eaux » de la rivière (Q des pertes de l'ordre de 4 m³/s) induit une perte annuelle de recharge de l'ordre de 8 Mm³ ;** cet ordre de grandeur peut paraître mineur au regard de l'abondance de la ressource en eau dans ce système aquifère, mais il faut rappeler que cette perte éventuelle produira ses impacts négatifs au plus mauvais moment de l'année.

Les dynamiques de vidange ont montré que, au bout d'environ 4 mois d'étiage le débit de restitution du karst, concentré alors aux sources de la Baume, sous-passe la valeur de référence de 1,7 m³/s. À ce sujet, rappelons que les valeurs historiques de débit mesurées au droit des sources de la Baume (de 1970 à 1983 puis de 2016 à 2018) montrent que lors des étiages longs les valeurs étaient majoritairement comprises entre 1,5 et 1,9 m³/s (étiage exceptionnel en 1970 à 1,1 m³/s avec toutefois un doute sur ces valeurs qui correspondent à la première année des mesures). Par le passé, les étiages du karst supérieurs à 4 mois étaient observés environ 1 année sur 5 ; dans un futur proche, de tels étiages risquent de devenir majoritaires.

De plus, il faut rappeler que la durée de transfert des eaux infiltrées entre les zones de pertes amont et les sources de la Baume a été estimée entre 2 et 3 mois en période estivale ; on peut donc considérer que la valeur de débit au droit des pertes amont est constitutive du débit finalement restitué aux sources de la Baume en fin d'étiage. **La diminution des débits au droit des zones de pertes amont devrait théoriquement se traduire par une diminution équivalente des débits restitués en fin d'étiage au droit des sources de la Baume ;** il est à craindre que l'on observe alors des débits significativement plus faibles au droit de ces sources que ce qui avait pu être observé par le passé. **On risque d'observer des débits de restitutions du karst majoritairement sous 1,5 m³/s, voire régulièrement sous 1 m³/s.**



3.6 QUEL EST L'ÉTAT DE SOLLICITATION DES RESSOURCES À CE JOUR ET QUELLES SONT LES ÉVENTUELLES MARGES DE MANŒUVRE ?

3.6.1 Vision globale des prélèvements dans le Gard

ÉTAT DES LIEUX 2017

L'état des lieux des prélèvements dans les eaux superficielles et souterraines dans le département du Gard se base sur le fichier de redevances de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse pour l'année 2017.

Le tableau suivant propose une vision synthétique des prélèvements bruts effectués dans le département.

Tableau 14 : Aperçu des prélèvements bruts 2017 dans le département du Gard

Prélèvement brut total 2017	Dont provenant des eaux superficielles	dont provenant des eaux souterraines
355 Mm ³	272 Mm³ (77 %)	83 Mm³ (23 %)
	Dont 157 Mm³ de prélèvement du RHR dans le Rhône : <ul style="list-style-type: none"> - Environ 88 millions de m³ pour des usages situés dans le département du Gard ; - Environ 69 millions de m³ pour des usages situés dans le département de l'Hérault. 	

Source : BRLi à partir du fichier redevance de l'Agence de l'Eau RMC pour l'année 2017

Plus de 75 % des volumes prélevés dans le département du Gard le sont dans des ressources superficielles (environ 60 % si on ne considère pas les prélèvements effectués dans le Rhône à destination du département de l'Hérault).

Il faut souligner que, parmi les prélèvements considérés, les prélèvements du RHR dans le fleuve Rhône sont particulièrement importants (157 millions de m³ prélevés en 2017 - année exceptionnellement sèche), mais que près de 45 % du volume prélevé (69 Mm³ pour l'année considérée) est à destination du département de l'Hérault.

Le tableau ci-dessous présente la répartition des prélèvements par usages (le volume de prélèvement pour des usages situés dans le département de l'Hérault n'est pas considéré dans cette analyse, d'où la différence de total avec le tableau précédent). L'usage majoritaire dans le Gard est l'irrigation qui représente 60 % des volumes prélevés en 2017. L'AEP mobilise 30% des prélèvements en 2017 et les autres usages économiques les 10 % restants. Les eaux superficielles (dont RHR) sont mobilisées majoritairement pour l'irrigation : elles assurent 97 % des prélèvements pour cet usage. L'AEP mobilise principalement des eaux souterraines (83 % des prélèvements pour cet usage), tandis que les autres usages économiques sont couverts par des prélèvements en eaux superficielles à 70 %.

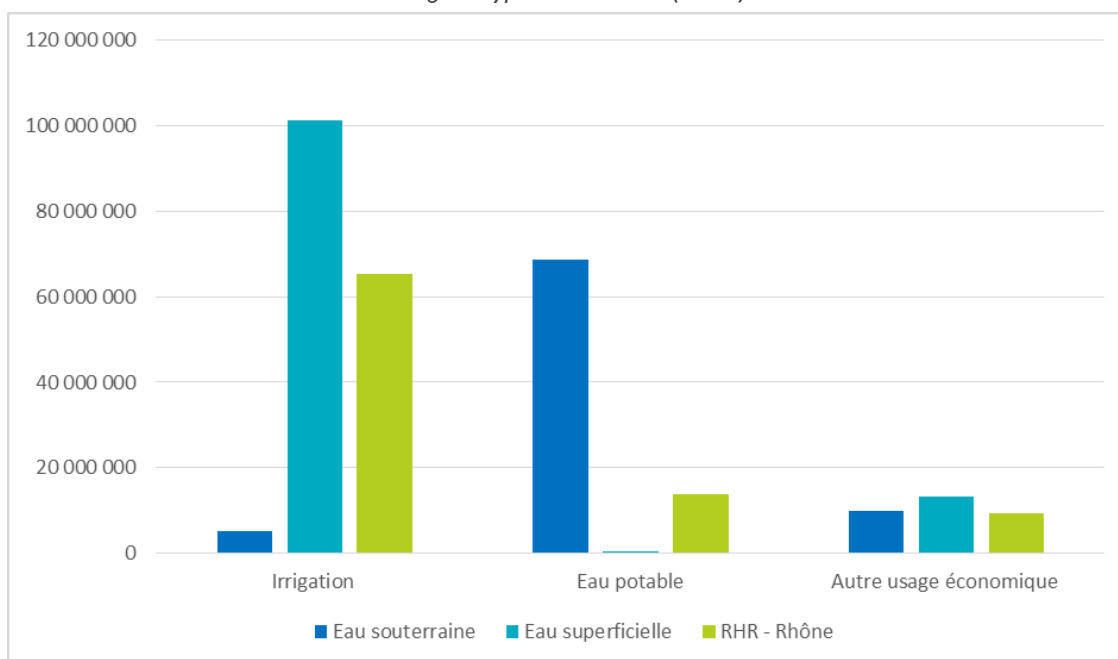
Tableau 15 : Bilan des prélèvements 2017 pour des usages situés dans le département du Gard

Usage	Prélèvement total 2017 (Mm ³)	Dont Eaux superficielles (hors RHR)		Dont RHR Rhône		Dont eaux souterraines	
		Mm ³	%	Mm ³	%	Mm ³	%
Irrigation	172	101	59%	65	38%	5	3%
AEP	82	0	<1%	14	17%	68	83%
Autres usages économiques	32	13	41%	9	29%	10	30%
TOTAL	286	115	40 %	88	31 %	83	29 %

Source : BRLi-Hydrofisis à partir du fichier redevance de l'Agence de l'Eau pour l'année 2017



Figure 94 : Répartition des prélèvements bruts (en m³) pour des usages situés dans le département du Gard, par usage et type de ressource (2017)



Source : BRLi à partir du fichier redevance de l'Agence de l'Eau 2017

En ce qui concerne les eaux superficielles, les prélèvements dans le Gard pour des usages situés dans le Gard sont majoritairement effectués dans le Rhône (173 Mm³, soit 85 % des 203 Mm³ prélevés dans les eaux superficielles pour des usages dans le Gard). Le niveau de mobilisation des ressources superficielles locales est précisé au sous-chapitre suivant à partir des données des EVP et PGRE.

Un aperçu de la mobilisation des ressources souterraines est également présenté dans le sous-chapitre dédié ci-après.

DES DONNÉES QUI NE PERMETTENT PAS FACILEMENT DE METTRE EN ÉVIDENCE DES TENDANCES D'ÉVOLUTION

L'identification de tendances d'évolution du niveau de sollicitation des eaux superficielles est délicate du fait de la variation interannuelle des besoins en eau. En fonction du climat et notamment du niveau de précipitation (année sèche ou année humide) les prélèvements peuvent évoluer fortement d'une année sur l'autre. Ainsi, en 2017, année exceptionnellement sèche, les prélèvements BRL à partir du Rhône ont été très largement supérieurs (155 millions de m³) aux prélèvements moyens des années précédentes (autour de 130 millions de m³).

De plus, dans les fichiers antérieurs des prélèvements de l'Agence de l'Eau RMC, certains prélèvements importants étaient présents alors que dans les fichiers actuels ils n'existent plus ou ne sont plus considérés. C'est le cas de l'usine hydroélectrique de Vallabrègue qui existe toujours mais qui n'est plus considérée dans les fichiers de l'agence (« prélèvement » de 44,6 milliards de m³ en 2010) ou encore de la centrale thermique d'Aramon qui a été arrêtée en 2016 (« prélèvement » de 158 millions de m³ en 2010). Notons toutefois que les prélèvements nets de ces prélèvements destinés à de la production d'énergie sont soit nuls (cas d'une action mécanique) soit réduits (cas du refroidissement).

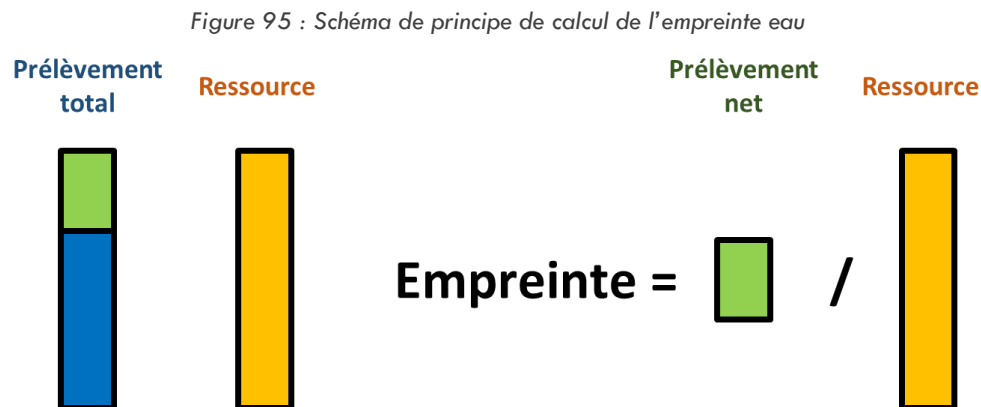


3.6.2 Eaux superficielles - Empreinte Eau en 7 points du territoire

PRINCIPE, MÉTHODE ET LIMITES

L'état des lieux de la sollicitation des ressources superficielles a été approché en 7 points clés du territoire à travers la **proportion de la ressource mensuelle en eau superficielle mobilisée par les prélèvements, en année moyenne et quinquennale sèche**. Cette proportion est désignée par le terme « empreinte eau » dans la suite.

Cette **empreinte eau** représente, en un point donné, le **ratio entre les prélèvements nets amont et la ressource naturelle**.



Source : BRLi (2019)

L'analyse a été réalisée au droit de 7 sous bassins versants, traduisant le fonctionnement hydrologique des 4 principaux bassins du territoire :

- Cèze : Cèze amont et Cèze aval ;
- Gardons : Gardon d'Alès, Gardon d'Anduze et Gardon aval ;
- Vidourle : Vidourle aval ;
- Hérault : Hérault amont.

L'objectif est de donner un ordre de grandeur de la mobilisation des ressources disponibles pendant les mois de mai à octobre, en mobilisant les données suivantes :

- Prélèvements : somme des prélèvements nets par usage issus des EVP ou, si actualisés, des PGRE ;
- Ressources : débits naturels moyens mensuels et débits quinquennaux secs issus des EVP ou, si disponibles, des PGRE, que l'on transforme en volume d'eau écoulé au cours des mois étudiés.

Le tableau suivant apporte des précisions sur les données mobilisées par bassin versant.

L'analyse a été menée en 3 temps :

- Collecte et vérification des données disponibles auprès des EPTB et syndicats de bassins ;
- Synthèse des prélèvements par usage à l'échelle des sous bassins versants tels que définis dans les EVP et PGRE et de la ressource moyenne et 5 ans sec aux stations de référence (compilation des données EVP-PGRE, calculs pour extrapoler des prélèvements nets à partir de prélèvements bruts, agrégation des prélèvements à l'échelle des sous bassin de notre analyse) ;
- Confrontation des ratios obtenus avec les analyses des EVP – PGRE pour vérifier les ordres de grandeur.



Tableau 16 : Source des données mobilisées pour le calcul des empreintes eau en 7 points du territoire

BASSIN VERSANT	REMARQUE SUR LES SOURCES
Cèze	<ul style="list-style-type: none"> - Prélèvements : fichier Excel du PGRE (données EVP pour l'irrigation, données actualisées avec SISPEA pour l'AEP et données Agence de l'Eau pour l'industrie) - Ressource : débits naturels moyens et quinquennaux secs issues des tableaux du rapport phase 2 de l'EVP pour les deux stations « la Cèze au Pont de Rivières » (C2) et « la Cèze à Chusclan » (C4).
Gardons	<ul style="list-style-type: none"> - Prélèvements : prélèvements nets par usage issus du fichier Excel de calcul du PGRE (actualisation EVP) - Ressource : débits naturels moyens mensuels et débits quinquennaux secs issus des fichiers de calcul PGRE
Vidourle	<ul style="list-style-type: none"> - Prélèvements : <ul style="list-style-type: none"> - AEP : prélèvements bruts issus d'un fichier Excel de l'ETPB (données 2016), avec hypothèse d'un taux de retour pris pour la présente étude de 40% (idem Gardons) - Irrigation : prélèvements issus de fichiers Excel prélèvements agricoles bruts hors béals répartis sur avril-septembre selon la clé de répartition EVP et intégration à part des prélèvements des béals (bassins Cre, V0, V2 et V5) - Industrie : Pas de prélèvements industriels identifiés dans l'EVP pour les 2 industries du secteur (approvisionnement en eau via réseaux AEP ou réseau BRL) - Ressource : débits naturels moyens et 5 ans sec aux différents points nodaux (EVP rapport phase 1 à 3 des EVP p.165)
Hérault	<ul style="list-style-type: none"> - Prélèvements : prélèvements mensuels net par sous bassin issus de l'EVP (annexe 4), avec actualisation pour les mois de juin à septembre avec les fichiers Excel du PGRE (erreurs mises en évidence par le SM sur les valeurs EVP) - Ressource : seules les données de débits naturels 5 ans secs étaient disponibles (EVP, rapport de phase 2 p.94)

L'analyse a été confrontée à plusieurs difficultés :

- Disponibilité et hétérogénéité des données entre les bassins versants du territoire (années de référence, prélèvements bruts/nets, mois traités...) qui ont nécessité de nombreux échanges avec les EPTB/syndicats de bassins ;
- Des incohérences relevées par l'EPTB Fleuve Hérault dans les données prélèvements de l'EVP et une actualisation dans le cadre du PGRE qui n'a concerné que les mois d'étiage (juin à septembre) ;

Malgré les difficultés, nous avons toutefois tenu à présenter cette analyse globale, à l'échelle du département, de l'empreinte eau pour les ressources locales superficielles. Il nous semble qu'il s'agit d'un indicateur fondamental à suivre en parallèle d'indicateurs également importants comme le respect des débits objectifs d'étiage.

Malgré les difficultés toujours, les ratios obtenus apparaissent cohérents avec les valeurs affichées dans le cadre des PGRE Cèze, Gardons et Hérault (pas de comparaison possible avec les données du PGRE Vidourle), et permettent de proposer des ordres de grandeur utiles à l'étude.



DES EMPREINTES EAU COMPRISES ENTRE 5 ET 85 % EN AOÛT EN ANNÉE QUINQUENNALE SÈCHE

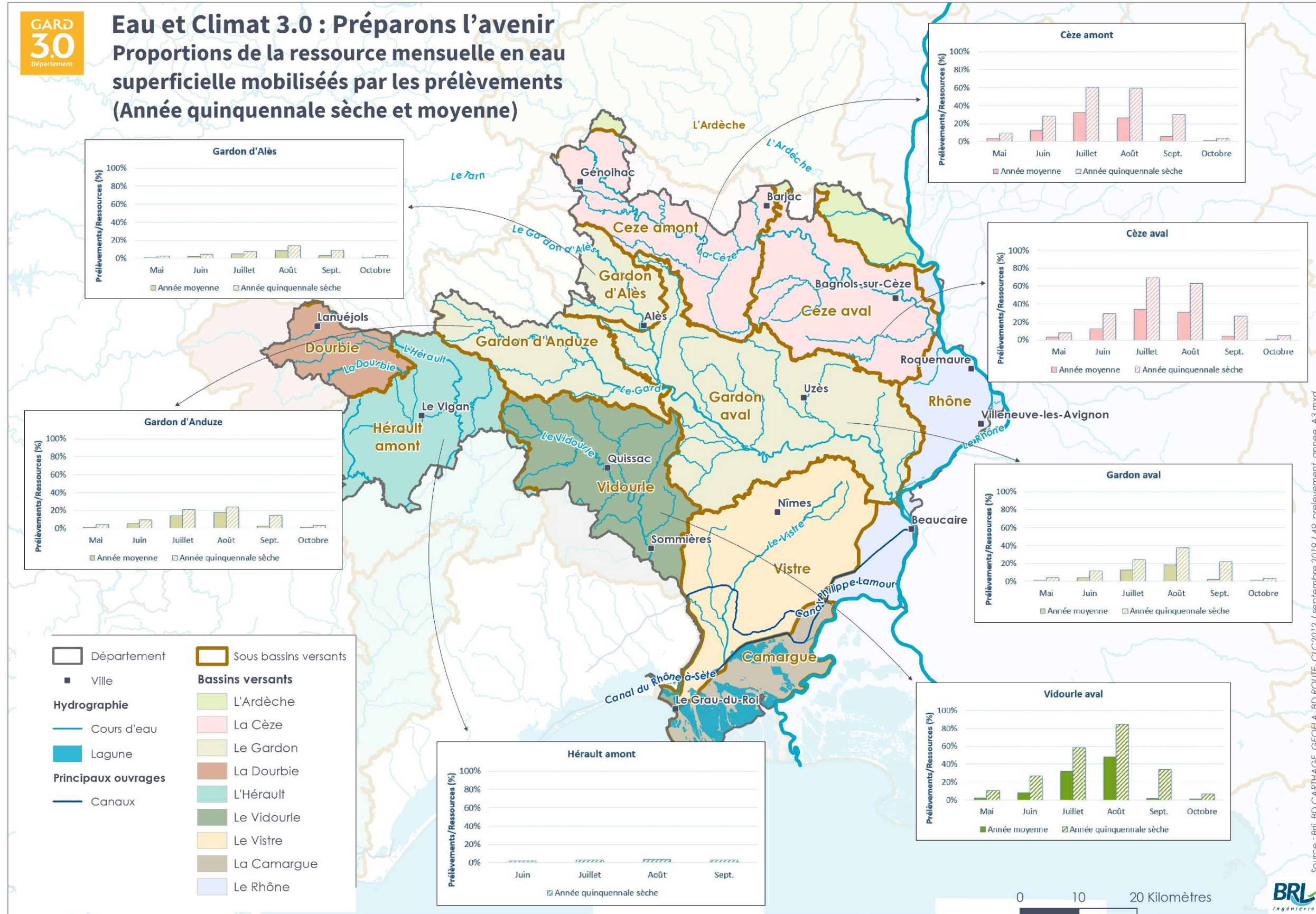
L'analyse des empreintes eau par bassins versants permet de mettre en évidence les ordres de grandeur présentés dans le tableau suivant. Les marges de manœuvre apparaissent ainsi particulièrement tendues sur les bassins versants du Vidourle et de la Cèze (respectivement 70 % en juillet et 85 % en août en année quinquennale sèche).

Tableau 17 : Empreintes eau – valeurs maximales par bassin versant

BASSIN VERSANT	RATIO MAX – ANNÉE MOYENNE (MOIS)	RATIO MAX – ANNÉE 5 SEC (MOIS)
Cèze (Cèze aval)	34 % (juillet)	69 % (juillet)
Gardons (Gardon aval)	19 % (août)	37 % (août)
Vidourle	48 % (août)	85 % (août)
Hérault amont	<i>Non disponible</i>	4 % (août)

Nous attirons l'attention sur les ratios inférieurs à 5 % pendant les mois d'étiage en année quinquennale sèche sur l'Hérault amont : L'EPTB Hérault souligne en effet que ce ratio favorable peut masquer des situations de tension localisées sur de petits cours d'eau. Cette spécificité est à prendre en compte dans l'analyse des besoins de la filière oignons doux par exemple (cf. sous-chapitre 4.2) : les parcelles concernées mobilisent de petites ressources locales pour lesquelles 5-10 l/s représentent un débit très conséquent en étiage.

Figure 96 : Empreinte prélèvements nets / ressources pour les principaux bassins versants du département





3.6.3 Eaux souterraines

Il nous a paru utile de faire un rappel des prélèvements actuels qui intéressent les eaux souterraines, et des contraintes réglementaires associées. Ce sont des éléments de contexte à rappeler avant d'envisager toute sollicitation par de nouveaux prélèvements dans les eaux souterraines.

Selon le fichier des prélèvements communiqué par l'Agence de l'Eau RMC pour l'année 2017, **les prélèvements dans les eaux souterraines du Gard représentent environ 83 Mm³/an, tous usages confondus.**

PRELEVEMENTS AEP

Selon ce même fichier, **les prélèvements AEP dans les eaux souterraines du Gard représentent environ 68 Mm³/an (2017).**

Les entités sollicitées par des prélèvements supérieurs à 1 Mm³/an sont les suivantes :

- Alluvions du Rhône (PAC01 B et C) avec environ 22 Mm³/an,
- Alluvions et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières (13 Mm³/an),
- Formations du Lias ou du Trias (607 C et 607 D), sur la bordure cévenole (environ 9 Mm³/an),
- Alluvions du Gardon avec 7 Mm³/an,
- Alluvions de la basse vallée de la Cèze et alluvions de la Tave (environ 3,6 Mm³/an),
- Sédiments tertiaires du bassin de Sommières (4 Mm³/an au total dont 1 pour les communes Gardoises),
- Calcaires urgoniens dans le bassin versant du Gardon (environ 3,3 Mm³/an),
- Sédiments tertiaires du bassin d'Uzès (1,5 Mm³/an),
- Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur sur la rive droite du Rhône (environ 1,5 Mm³/an),
- Calcaires et schistes cambriens de la région vignaise (environ 1 Mm³/an).

Il est important de souligner que 75% des eaux souterraines distribuées pour l'AEP sont prélevés sur seulement quatre systèmes hydrogéologiques, que l'on peut qualifier de stratégiques pour l'alimentation en eau potable à l'échelle du département.

PRÉLEVEMENTS INDUSTRIELS

Selon fichier Agence 2017, **les prélèvements dans les eaux souterraines du Gard représentent environ 10 Mm³/an**, dont 80% sont concentrés sur quatre systèmes hydrogéologiques :

- Alluvions et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières (4 Mm³/an),
- Alluvions du Rhône (2 Mm³/an),
- Formations du Lias ou du Trias (607 C et 607 D), sur la bordure cévenole (environ 1,3 Mm³/an),
- Calcaires du Crétacé inférieur des Garrigues nîmoises (0.8 Mm³/an).



PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES

Selon fichier Agence 2017, **les prélèvements dans les eaux souterraines du Gard représentent moins de 5 Mm³/an**, répartis principalement sur quatre systèmes aquifères :

- Calcaires urgoniens des Gorges du moyen Gardon (rive gauche, environ 1 Mm³/an),
- Alluvions et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières (0,8 Mm³/an),
- Alluvions du Rhône (0,9 Mm³/an),
- Calcaires et schistes de la région viganaise (environ 0,9 Mm³/an).

Ce volume moyen de 5 Mm³/an doit être considéré avec prudence car il peut varier fortement d'une année sur l'autre en fonction des conditions hydrométéorologiques.

3.6.3.1 Quelles sont les contraintes réglementaires sur les prélèvements ?

Il nous a paru utile de faire également un rappel des contraintes réglementaires concernant les prélèvements d'eaux souterraines par forage.

ZONES DE RÉPARTITION DES EAUX ET CONTRAINTES DE DÉBITS À RESPECTER À L'AVAL DES SYSTÈMES KARSTIQUES

Le Département du Gard est concerné par quatre Zones de Répartition des Eaux (ZRE) :

- Le bassin versant de la Cèze en amont du pont de Tharoux (Arrêté préfectoral du 28 juillet 2010),
- Le bassin versant du Vidourle en amont de la confluence avec la Bénovie (premier classement par Arrêté préfectoral du 28 juin 2004, révisé par l'Arrêté préfectoral du 18 septembre 2013),
- Le bassin versant des Gardons en amont du pont de Ners (Arrêté préfectoral du 30 octobre 2013),
- Le bassin versant de la Tave (Arrêté préfectoral du 21 décembre 2015).



Il faut également mentionner les règles de gestion quantitative adoptées dans le SAGE Hérault, qui contraignent les prélèvements susceptibles d'impacter le fleuve et ses affluents, même dans sa partie gardoise.

Notons que le classement ne s'applique qu'aux seules masses d'eau superficielles (cours d'eau et nappe d'accompagnement associées). Cela signifie que les prélèvements dans les nappes d'eau souterraine (forage profond) ne sont pas concernés par la ZRE.

Zoom sur les Zones de Répartition des Eaux - Généralités

Les ZRE sont définies en application de l'article R211-71 du code de l'environnement, comme des "zones présentant une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins". Le classement en zone de répartition des Eaux (ZRE) constitue un signal fort de reconnaissance du déséquilibre durablement installé entre la ressource et les prélèvements en eau existants. Une telle zone suppose, en préalable, la délivrance de nouvelles autorisations, l'engagement d'une démarche d'évaluation précise du déficit constaté, de la répartition spatiale des prélèvements et si nécessaire de la réduction de ce déficit en concertation avec les différents usagers, dans un souci d'équité et dans un objectif de restauration durable d'un équilibre quantitatif.

Le classement en ZRE implique principalement que les seuils de déclaration et autorisation sont abaissés pour les prélèvements. Ainsi, les prélèvements, tous usages confondus (AEP, industrie, irrigation, navigation), supérieurs à 8 m³/h sont soumis à autorisation, à déclaration sinon. Les prélèvements existants doivent faire l'objet d'une déclaration d'existence dans un premier temps. A l'issue de ce recensement, aucun nouveau prélèvement ne sera autorisé sur le périmètre de la ZRE, avant la détermination des volumes prélevables et/ou de règles de gestion adaptées ne modifiant pas les volumes prélevés.

De plus, le classement en ZRE a conduit à l'adoption de règles de gestion quantitative de la ressource en eau, soit dans le cadre de SAGE, soit dans le cadre de Plan de Gestion de la ressource en eau. Ces règles visent généralement à définir des volumes prélevables par sous-bassins hydrographiques, que ce soit pour les ressources en eau superficielle ou pour les ressources en eau souterraine. Les méthodes de détermination de ces volumes prélevables reposent sur l'objectif du respect de Débits d'Objectif d'Étiage (DOE) en certains points des cours d'eau, qui sont estimés pour permettre le bon état écologique du cours d'eau.

Le tableau ci-dessous présente les Débits Objectifs d'Étiage (DOE) estimés pour chacun des cours d'eau objet de ZRE et le QMNA5 (plus petit débit mensuel de temps de retour 5 ans sec) donné par la banque HYDRO (indice statistique relatif à une hydrologie influencée par les prélèvements actuels).

Les valeurs de QMNA5 sont influencées puisqu'elles ont été estimées sur les chroniques historiques de la Banque HYDRO. Ces valeurs « enregistrent » les prélèvements qui les influencent. De plus, en fonction des points de mesure, ces valeurs sont plus ou incertaines.

Concernant les DOE, les valeurs reportées dans le tableau sont issues des Études Volumes Prélevables. Elles doivent être considérées avec prudence : selon les études, elles s'appliquent à un ou plusieurs mois d'étiage qui ne sont pas nécessairement les mêmes (absence d'homogénéité des résultats des EVP). De plus, elles sont relatives à des points nodaux du bassin versant ; ce sont des indicateurs partiels de l'hydrologie des cours d'eau.

Au vu de ces considérations, il faut donc considérer les valeurs de DOE et de QMNA5 dans ce tableau comme représentatifs d'ORDRES DE GRANDEUR des débits représentatifs des dynamiques d'étiage actuelles et souhaitées pour ces cours d'eau.



Cette mise en comparaison permet d'identifier les sous-bassins versants en déséquilibre quantitatif constaté (QMNA5 influencé < DOE), ou à la limite du déséquilibre (QMNA5 influencé = DOE). Cela permet d'identifier les **grands systèmes aquifères disposant d'une ressource en eau souterraine abondante mais pour lesquels il sera difficile de mettre en place des politiques conséquentes de prélèvements par forages** :

- Le système karstique du Jurassique supérieur drainé par le Vidourle,
- Les systèmes karstiques liasiques contributifs au débit de la Cèze en amont du système urgonien.,
- Les systèmes karstiques contributifs au débit de l'Arre.

Pour ces systèmes, il faudra faire la preuve, difficile d'un point de vue scientifique, que tout nouveau prélèvement en nappe ne viendra pas impacter le débit des cours d'eau en période estivale.

Tableau 18 : Objectifs de gestion quantitative des cours d'eau et marges de manœuvre pour les prélèvements.

	Points nodaux	DOE issu de l'étude Volume Prélevable concernée	QMNA5 influencé (Banque HYDRO)
HERAULT	La Vis à la confluence avec l'Hérault	1 100 l/s	1 560 l/s
	L'Arre à la confluence avec l'Hérault	500 l/s	500 l/s
VIDOURLLE	Le Vidourle aval karst hettangien (St Hippolyte du Fort)	Pas de données	Pas de données
	Le Vidourle aval karst jurassique (Quissac)	139 l/s	100 l/s
CEZE	La Cèze aval karst hettangien (Pont de Rivières/Tharoux)	450 l/s	220 l/s
	La Cèze aval karst urgonien (La Roque sur Cèze)	500 à 900 l/s	1 400 l/s
GARDON	Le Gardon aval karst hettangien (Alès)	330 l/s	500 l/s
	Le Gardon aval karst urgonien (Remoulins)	1 700 l/s	Environ 2 000 l/s

Considérant les limites actuelles en termes de DOE : en termes de potentiel pour de nouveaux prélèvements, d'autres systèmes présentent *a priori* de petites marges de manœuvre (systèmes karstiques drainés par le Gardon) et seulement deux systèmes présentent de réelles marges de manœuvre (systèmes karstiques drainés par le Foux de la Vis et système karstique urgonien drainé par la Cèze).

Attention, rappelons que d'autres systèmes aquifères importants non contributifs aux cours d'eau objets de la ZRE échappent *de facto* à ce type de contraintes. C'est notamment le cas des bassins molassiques mais surtout des alluvions de la Vistrenque.



LES ZONES DE SAUVEGARDE POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) demande que les États membres désignent, dans chaque district hydrographique, les masses d'eau utilisées pour l'eau potable ou destinées, pour le futur, à un tel usage. Les zones identifiées doivent être intégrées au « registre des zones protégées » prévu à l'article 6 de la DCE. Le texte de la DCE indique que les eaux captées dans ces zones devront se trouver dans un état ne nécessitant qu'un traitement minimum avant leur mise en distribution, pour satisfaire les exigences de qualité fixées pour les eaux distribuées par la directive AEP 98/83/CE.

Vis-à-vis des objectifs applicables aux zones d'alimentation en eau potable, l'article 7.3 de la DCE demande aux États membres « d'assurer la protection nécessaire afin de prévenir la détérioration de la qualité de manière à réduire le degré de traitement de purification nécessaire à la production d'eau potable ».

Cette démarche a été reprise pour la révision du SDAGE Rhône-Méditerranée dont les orientations fondamentales prévoient des dispositions particulières pour obtenir une eau brute de qualité compatible avec un usage eau potable. Il est ainsi programmé d'identifier les zones utilisées actuellement pour l'alimentation en eau potable (AEP) pour lesquelles des objectifs plus stricts seront fixés afin de réduire les traitements nécessaires à la production d'eau potable et ainsi proposer les zones à préserver en vue de leur utilisation future pour des captages destinés à la consommation humaine.

Pour ces ressources, la satisfaction des besoins en eau potable doit être reconnue comme prioritaire par rapport aux autres usages (activités agricoles, industrielles, récréatives, ...). A ce titre, il est d'usage dans le cadre de ces études de recommander une priorisation des prélèvements AEP sur les autres usages, voire de proposer une interdiction de tout nouveau forage agricole.

En effet, la préservation de la quantité de cette ressource peut motiver une sélection stricte des opérations de captage autorisées à l'avenir, en recourant à la procédure d'opposition à déclaration pour les forages et prélèvements atteignant la ressource en vertu de l'Article L.214-3 du code de l'environnement qui précise que « *dans un délai fixé par décret en conseil d'Etat, l'autorité administrative peut s'opposer à l'opération projetée s'il apparaît qu'elle est incompatible avec les dispositions du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux ou du schéma d'aménagement des eaux, ou porte aux intérêts mentionnés à l'article L.211-1 une atteinte d'une gravité telle qu'aucune prescription ne pourrait y remédier* ». En application des articles R 214-35 à R214-39, le préfet peut s'opposer à une opération soumise à déclaration dans un délai de deux mois, et le pétitionnaire peut faire appel de la décision par un recours gracieux qui est soumis pour avis au CODERST.

Le SDAGE 2016-2012 liste 11 masses d'eau classées comme stratégiques dans le Département du Gard :

- Alluvions anciennes de la Vistrenque et des Costières (FRDG101),
- Alluvions anciennes entre le Vidourle et le Lez (FRDG102),
- Calcaires et marnes jurassiques – Système du Lez (FRDG113),
- Calcaires et marnes jurassiques des garrigues nord montpelliéraines (W faille de Corconne) (FRDG115),
- Calcaires et marnes causses et avant-causses du Larzac Sud, ... bassin versant de l'Hérault et de l'Orb (FRDG125),
- Calcaires urgoniens du bassin versant du Gardon (FRDG128),
- Calcaires urgoniens des garrigues du Gard dans le bassin versant de la Cèze (FRDG162),
- Molasses miocènes du bassin d'Uzès (FRDG220),



- Calcaires, marnes et molasses oligo-miocènes du bassin de Castries Sommières (FRDG 223),
- Alluvions du Moyen Gardon, des Gardons d'Alès et d'Anduze (FRDG322),
- Alluvions du Rhône du confluent de la Durance jusqu'à Arles et Beaucaire et alluvions du Bas Gardon (FRDG 323).

On retrouve bien dans cette liste trois des quatre principaux systèmes aquifères contributifs pour l'alimentation en eau potable. Il serait logique d'y ajouter les formations du Lias (Jurassique inférieur) ou du Trias (607 C et 607 D), sur la bordure cévenole qui cumulent des prélèvements AEP pour environ 9 Mm³/an. Bien que bénéficiant aujourd'hui d'un environnement caractérisé par un nombre réduit de menaces pour la qualité des eaux souterraines, on peut juger comme essentielle la mise en place d'une stratégie de protection durable et efficace de ces ressources en eau.

Quatre masses d'eau ont d'ores et déjà fait l'objet d'études et de propositions de périmètres de zones de sauvegarde :

- Alluvions anciennes de la Vistrenque et des Costières (FRDG101),
- Calcaires et marnes jurassiques – Système du Lez (FRDG113),
- Calcaires, marnes et molasses oligo-miocènes du bassin de Castries Sommières (FRDG 223)
- Alluvions du Rhône du confluent de la Durance jusqu'à Arles et Beaucaire et alluvions du Bas Gardon (FRDG 323).

3.6.3.2 Des eaux souterraines sont-elles menacées par un biseau salé ?

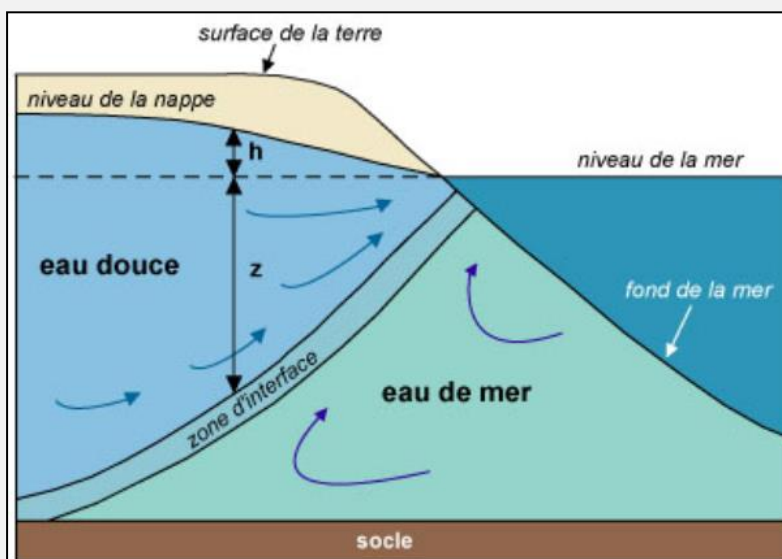
Qu'est-ce qu'un biseau salé ?

Un biseau salé est une partie d'un aquifère côtier envahi par de l'eau salée (marine), comprise entre la base de l'aquifère et une interface eau douce / eau salée. Le biseau salé étant sous l'eau douce. La présence d'un biseau salé est un phénomène naturel, mais son extension horizontale à l'intérieur des terres est faible. Par contre, c'est généralement la surexploitation de l'aquifère qui va conduire à la pénétration du biseau salé sur de grandes distances. Plusieurs facteurs peuvent aggraver la pénétration d'un biseau salé dans un aquifère côtier :

- Un pompage excessif : les littoraux font partie des régions les plus peuplées du monde où les activités touristiques, agricoles et industrielles sont telles que la demande en eau douce est très importante, souvent beaucoup plus importante que ce que peut offrir les réservoirs présents ; les nappes d'eau douce sont alors fortement surexploitées.
- La diminution de la recharge : la pénétration du biseau dans la nappe peut aussi être liée à une diminution de la recharge due au climat ; une consommation d'eau stable mais avec une recharge en eau inférieure aura le même effet que des pompages excessifs.
- Salinisation accidentelle : il peut également y avoir des salinisations accidentelles de la ressource par la surface lors d'événements catastrophiques comme un tsunami par exemple : l'eau de mer colonise une partie des terres et peut s'infiltrer jusque dans les nappes par la surface.



Figure 98 : Schématisation d'un biseau salé dans un aquifère homogène



Dans le département du Gard, plusieurs entités sont potentiellement en contact avec des eaux salées à saumâtres sur la façade maritime du département :

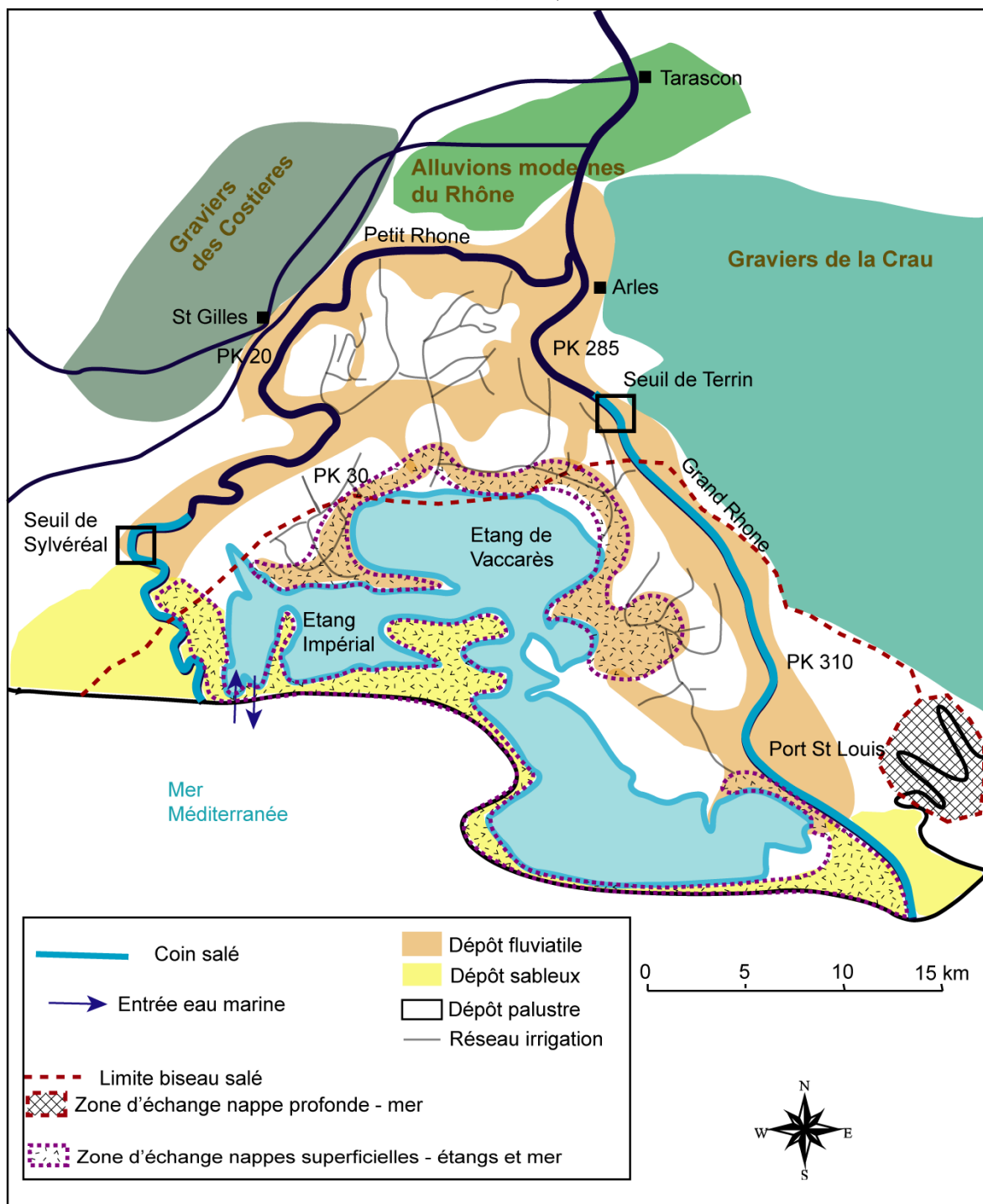
- Les alluvions quaternaires et villafranchiennes entre le Vidourle et le Lez,
- Les alluvions récentes du Vidourle,
- Les alluvions de la Vistrenque dans leur partie la plus aval,
- Les formations hétérogènes du Pliocène et du Quaternaire dans la zone camarguaise.

Il est connu que les formations superficielles hétérogènes du Pliocène et du Quaternaire (dépôts sableux et dépôts fluviatiles) dans la zone camarguaise subissent des processus de salinisation de différentes natures et que les ressources en eau souterraine de ces aquifères sont généralement saumâtres (Fénart, 2013).

Sous ces formations superficielles, séparés par des formations peu perméables, on retrouve une formation aquifère de cailloutis perméables d'épaisseur variable, dans la continuité des cailloutis de la Crau. Cette formation est affectée par un biseau salé sur une superficie très importante.



Figure 99 : Schéma de synthèse des phénomènes de salinisation des hydro systèmes souterrains en Camargue (d'après Fénart, 2013)

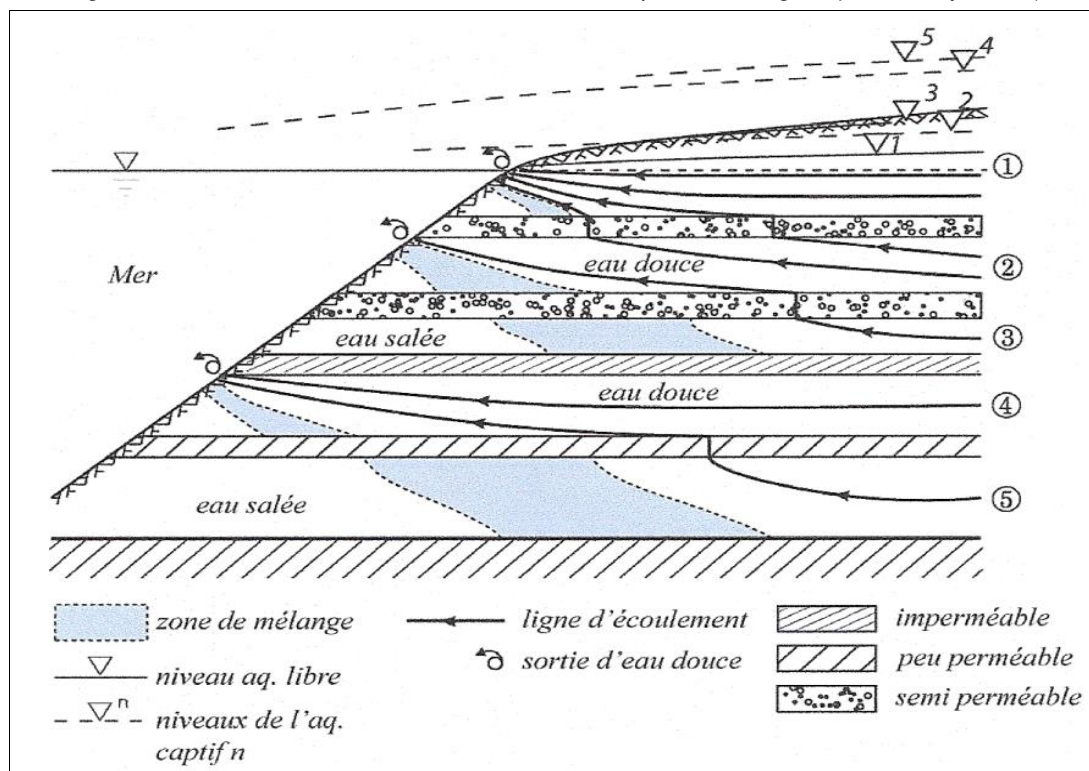




Pour les autres entités hydrogéologiques, la question de la problématique d'un biseau salé se pose, en particulier pour la zone de superposition des alluvions modernes du Vidourle sur les alluvions plus anciennes de la Vistrenque.

La figure-ci-dessous est plus proche de la réalité des zones deltaïques des grands fleuves côtiers comme le Vidourle :

Figure 100 : Schématisation d'un biseau salé dans un aquifère hétérogène (De Montety, 2008)



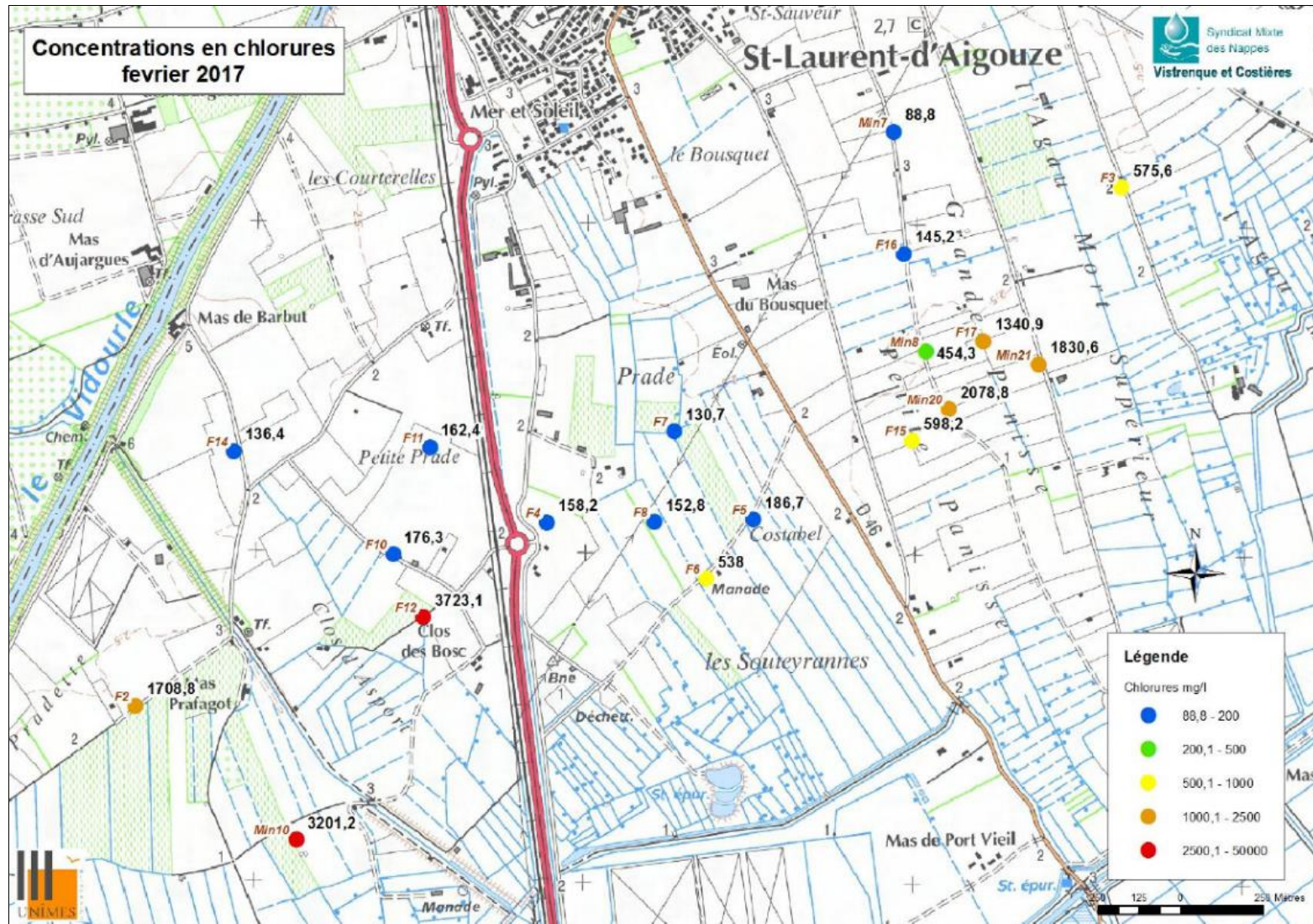
On peut observer que l'existence d'un biseau salé est conditionnée par un contact direct entre les aquifères et l'eau de mer. Or, en condition deltaïque ancienne comme pour le Vidourle, il est possible et probable que les cailloutis villafranchiens aient été recouverts par des dépôts deltaïques « récents » qui seraient alors en interface entre l'aquifère et la mer.

Nous ne disposons d'aucune étude détaillée et adaptée qui aborde correctement cette problématique. A ce jour, deux rapports de stage de maîtrise (Gauthier, 2016 ; Delainé, 2017) font état de fortes concentrations en chlorure et en sodium dans un certain nombre de forages dans la partie sud de la commune de Saint Laurent d'Aigouze. Ces données ne permettent pas de conclure formellement à la présence d'un biseau salé ; elles pourraient témoigner de la mobilisation d'eaux anciennes, *ante* recouvrement par les formations deltaïques quaternaires, qui auraient gardé une salinité résiduelle.

Nous ne pouvons donc que recommander de continuer les études et suivis entrepris récemment, en les complétant d'une étude géologique et structurale pour bien comprendre la disposition des différentes formations géologiques dans le delta du Vidourle.



Figure 101 : Etat de salinité des forages sur la partie Sud de la commune de St Laurent d'Aigouze (d'après Delainé, 2017)





3.6.3.3 Peut-on approcher l'équilibre actuel entre prélèvements et ressources en eau souterraine ?

ÉQUILIBRE PRÉLÈVEMENTS RESSOURCES

Nous proposons en synthèse un tableau qui présente pour les principaux systèmes aquifères sollicités par pompage, la ressource renouvelable moyenne annuelle et les prélèvements moyens annuels :

Tableau 19 : Ressource renouvelable moyenne annuelle et prélèvements moyens annuels pour les principaux systèmes aquifères sollicités par pompage

	Prélèvements 2017 Mm ³ /an	Infiltration des eaux de pluie Mm ³ /an	Pertes des rivières Mm ³ /an	Autres
Calcaires liasiques des contreforts cévenols	10	180	Inconnues Potentiellement significatives	<i>Attention, pour ces aquifères, la ressource mobilisable n'est pas la ressource renouvelable (transferts rapides au sein de ce type de réservoirs)</i>
Calcaires urgoniens drainés par le Gardon	4,6	90	80 à 100	
Calcaires et schistes cambriens de la région viganaise	1,2	50		
Grès et calcaires Crétacés dans le bassin versant de la Basse Cèze	1,7	45		
Calcaires et grès du Crétacé inférieur des garrigues Nîmoises	1,3	53		
Molasses du bassin d'Uzès	2	20		Alimentation par les calcaires bordiers
Molasses du bassin de Sommières	1	1 à 5 ?		Alimentation par les calcaires bordiers
Alluvions des Gardons	7,7	20		En relation avec la rivière
Alluvions récentes du Rhône	24,7	20		En relation avec le fleuve
Alluvions de la Cèze et de la Tave	3,6	?		En relation avec les cours d'eau
Alluvions et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières	18	30-50		Alimentation par les calcaires bordiers

Nous renouvelons ici nos mises en garde concernant l'apparente abondance des ressources qui alimentent le karst : entre 70 et 80% de cette ressource a quitté le réservoir quand commence l'étiage et une partie importante du débit aux exutoires est sanctuarisée pour le soutien d'étiage des cours d'eau. Il sera difficile de mobiliser ces ressources au regard de leurs comportements hydrogéologiques et des contraintes réglementaires actuelles (débits à respecter à l'aval sur les cours d'eau exutoires des résurgences).

Il sera ainsi nécessaire de faire la preuve de l'absence d'impact de tout nouveau prélèvement sur les débits aux exutoires en période estivale.

Pour les autres systèmes aquifères, il apparaît que seule la molasse d'Uzès possède un écart « théorique » positif important entre ressources et besoins actuels ; précisons toutefois que tout nouveau prélèvement dans cet aquifère pourrait se traduire théoriquement par une baisse du débit de l'Alzon et donc indirectement du débit du Gardon à l'aval de Collias.

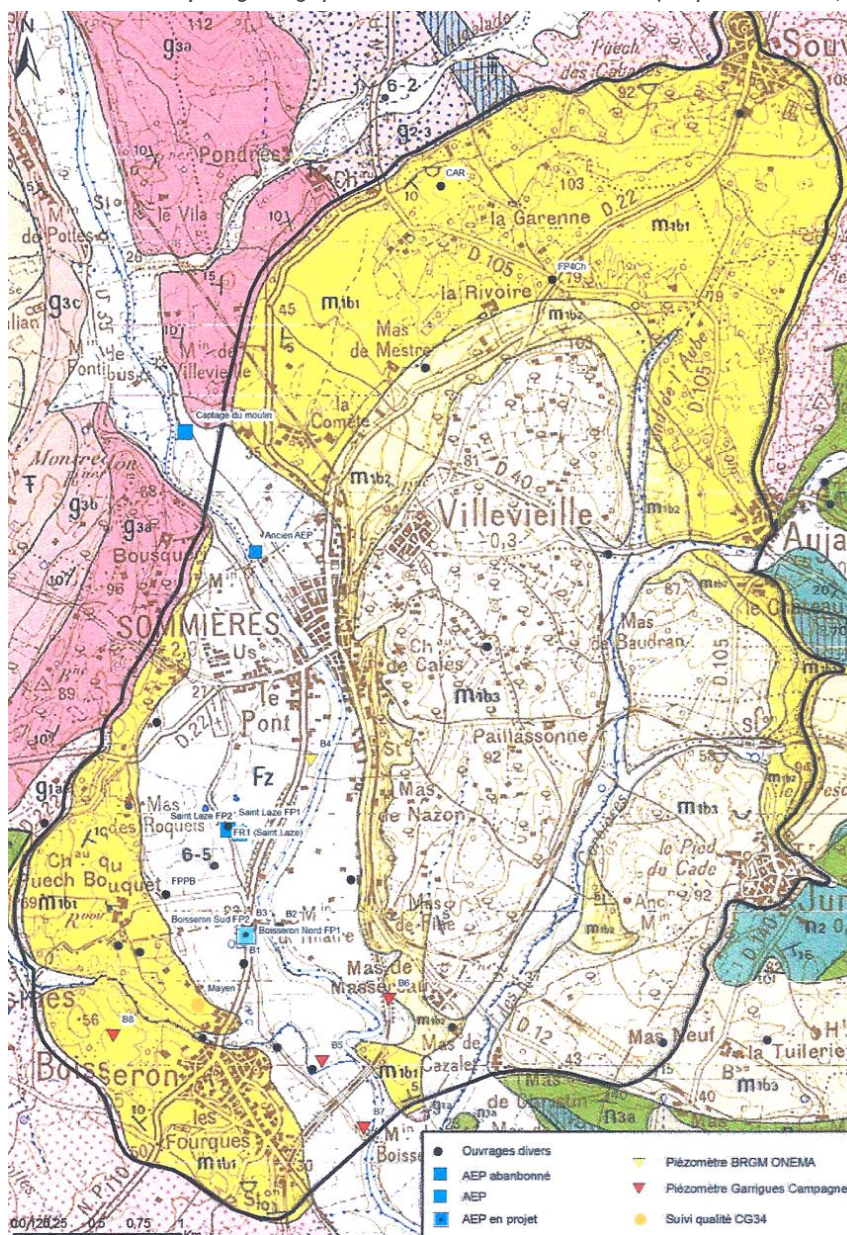


Les autres systèmes présentent des ressources renouvelables et des prélèvements dans des ordres de grandeur équivalents. Pour les alluvions du Rhône et du Gardon, cela implique de considérer qu'une partie importante de ces prélèvements provient du cours d'eau lui-même. Les cas de la molasse de Sommières et des alluvions de la Vistrenque sont complexes et ont nécessité des analyses spécifiques présentées ci-après.

CAS DE LA MOLASSE DE SOMMIÈRES

L'aquifère de la molasse de Sommières présente une certaine complexité d'un point de vue hydrogéologique. Le Miocène est représenté par la succession sédimentaires suivante : molasse calcaréo-gréseuse (Burdigalien inférieur m1b1), marnes bleues sableuses (Burdigalien moyen) m1b2, calcaires molassiques (Burdigalien supérieur m1b3).

Figure 102 : Situation hydrogéologique de la molasse de Sommières (d'après Lamotte , 2012).



Dans ce bassin sédimentaire, on est donc en présence de deux niveaux aquifères séparés par un niveau peu perméable. C'est le Burdigalien inférieur qui se révèle très productif et qui concentre la majorité des prélèvements. Le Burdigalien supérieur est moins perméable, moins épais et plus réduit en surface ; il est drainé par le ruisseau dit des Corbières qui conflue avec le Vidourle.



L'Agence de l'Eau a financé deux études sur la masse d'eau « Calcaires, marnes et molasses oligo-miocènes du bassin de Castries Sommières et extension calcaires crétacées sous couverture » (code FRDG223) : l'étude de détermination des volumes prélevables et l'étude de définition des zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable. En effet, dans le précédent SADGE, au titre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (2000), l'ensemble de la masse d'eau a été classé en risque fort de non atteinte du bon résultat en ce qui concerne les aspects quantitatifs essentiellement. La ressource était considérée comme vulnérable et en déséquilibre quantitatif ; une éventuelle augmentation des prélèvements laissait craindre une dégradation de la situation.

Ces études ont été réalisées par le BRGM (Lamotte, 2012 ; Ladouche et Lamotte, 2012 ; Ladouche et Lamotte, 2014).

Dans le cadre de l'étude sur les ressources stratégiques, un bilan des prélèvements était proposé (Lamotte, 2012) :

- 600 m³/an pour la carrière de Villevieille,
- 200 à 600 m³/an pour les forages domestiques,
- 400 000 m³/an pour l'AEP,

Avec une prospective sur d'éventuels besoins à l'horizon 2030 : AEP + 0,5 Mm³/an, potentiellement 0,4 Mm³/an supplémentaire pour l'irrigation.

Soit des prélèvements actuels compris entre 1 et 2 Mm³/an et qui pourraient augmenter à court terme d'environ 1 Mm³/an.

Dans le cadre des études de détermination des volumes prélevables (Lamotte, 2012 ; Ladouche et Lamotte, 2014), une réflexion sur les termes du bilan était proposée :

- Recharge par les précipitations : hypothèse optimiste d'environ 5 Mm³/an, en considérant 20 km² d'impluvium (le Miocène dans son intégralité) et une lame d'eau infiltrée de 240 mm/an, hypothèse pessimiste d'environ 1 Mm³/an si on réduit l'impluvium à 5 km² (surface d'affleurement réduit au seul Burdigalien inférieur)
- Apports par les aquifères bordiers : inconnus mais potentiellement importants (calcaires oligocènes),
- Hypothèse d'alimentation par le Vidourle : pas de quantification. On observe en effet que le niveau du Vidourle est supérieur aux niveaux piézométriques voisins ce qui laisse à penser à une alimentation de la nappe par le cours d'eau. L'analyse des courbes piézométriques par l'approche TEMPO (modélisation systémique s'intéressant au fonctionnement de l'hydrosystème dans son ensemble en s'affranchissant de la connaissance de ses caractéristiques hydrodynamique) s'est révélée non conclusive et n'a pas permis de valider ce sens d'alimentation, encore moins de la quantifier (Ladouche et Lamotte, 2014).
- A priori, les retours des eaux d'irrigation faible (< 1 Mm³/an distribués côté Gardois).

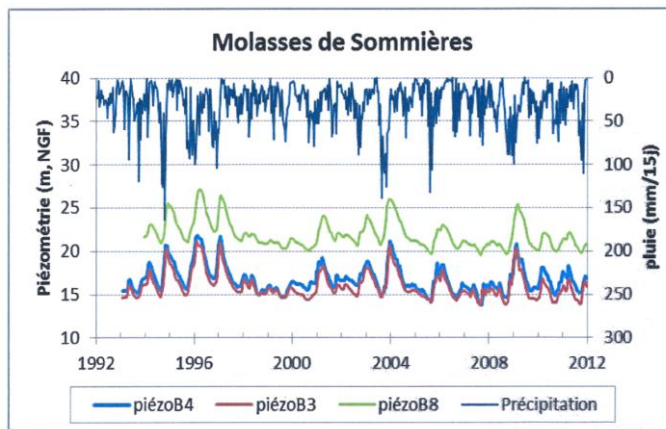
Concernant les modalités d'alimentation de l'aquifère du Burdigalien inférieur, le seul flux certain concerne l'infiltration des eaux météoriques et ce flux est relativement faible (entre 1 et 5 Mm³/an). Une approche par modélisation permet une estimation du volume annuel de recharge qui serait de l'ordre de 3 Mm³/an, ce qui confirme a priori cet ordre de grandeur.

Notons que la destination des eaux souterraines doit être considérée comme inconnue. Les exutoires sont non-caractérisés : Vidourle ou gouttière synclinale de Junas-Aubais ? C'est une incertitude majeure qui limite toutes les tentatives de bilan hydrologique.

L'analyse des chroniques piézométriques de 1992 à 2012 montre une légère tendance à la baisse dans cette nappe, qui interroge sur l'équilibre entre prélèvements et recharge (cf. figure ci-dessous).



Figure 103 : Suivis piézométriques de la molasse de Sommières (d'après Ladouche et Lamotte, 2014)

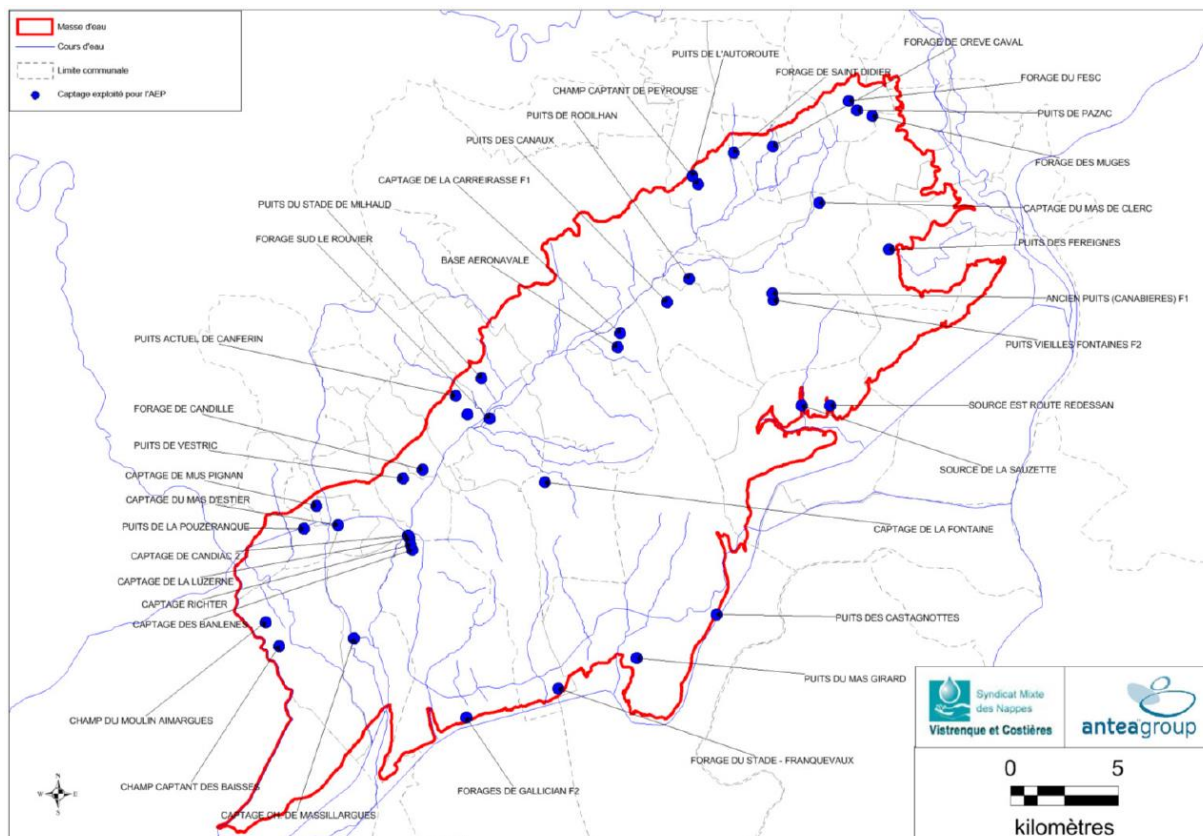


Ce constat conduit à s'interroger sur la capacité de cet aquifère à accepter de nouveaux prélèvements. Conformément aux conclusions de Ladouche et Lamotte (2014), on ne pourra pas envisager un diagnostic robuste sur l'équilibre quantitatif de cette nappe sans des études hydrogéologiques complémentaires, avec notamment l'identification des contributions par les aquifères bordiers et la détermination des exutoires de la nappe.

CAS DES ALLUVIONS DE LA VISTRENQUE

Les alluvions de la Vistrenque correspondent au système aquifère le plus sollicité par forages dans le département du Gard. Les prélèvements AEP actuels sont de l'ordre de 15 Mm³/an mais ce système est aussi sollicité par des forages agricoles (prélèvements estimés à environ 6 Mm³/an) et probablement par un nombre important de forages domestiques. Cette nappe est identifiée dans le SDAGE comme stratégiques pour l'alimentation en eau potable. A ce titre, elle a fait l'objet d'une étude détermination des zones stratégiques par ANTEA en 2016.

Figure 104 : Localisation des principaux champs captants AEP dans la nappe de la Vistrenque (d'après ANTEA, 2016)





Dans le cadre de cette étude, ANTEA (2016) propose une estimation des prélèvements actuels (autour de 25 Mm³/an) et des besoins futurs. Selon les documents de référence, les besoins, tous usages confondus, pourraient augmenter jusqu'à atteindre 30 à 40 Mm³/an. C'est une augmentation importante qui interroge sur la capacité de la nappe à satisfaire ces besoins.

Tableau 20 : Estimation de l'évolution potentielle des prélèvements dans la nappe de la Vistrenque

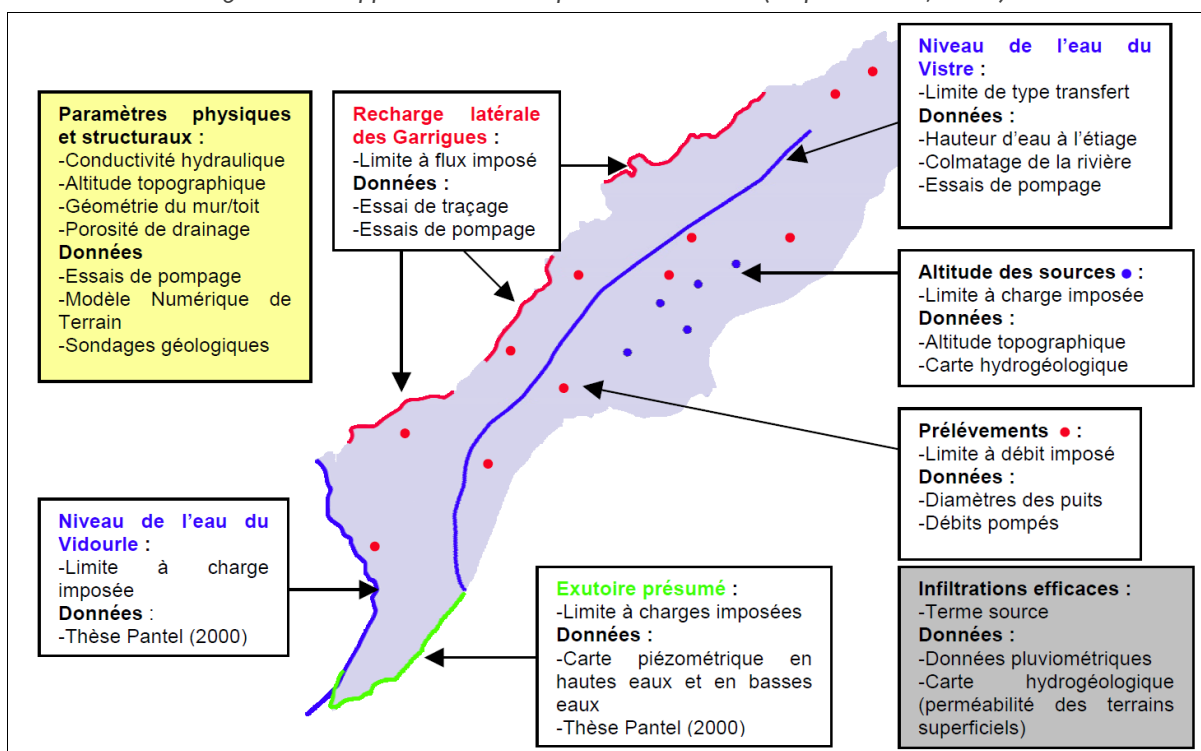
Date	2012	2021	2040	2050
	Prélèvements actuels (2012)	Diagnostic du SAGE	Présente étude	Schéma départemental du Gard
Alimentation en eau potable	15.1	+3,2 Mm ³ /an	+6,2 Mm ³ /an	+ 2,2 Mm ³ /an
Activités industrielles	0.5	Pas d'augmentation	+0,5 Mm ³ /an	+ 1,6 Mm ³ /an
Irrigation	6	Pas d'augmentation	+1,5 à 6 Mm ³ /an	+0,1 à +0,2 Mm ³ /an
Forages privés	3	+ 1 Mm ³ /an	+1,5 Mm ³ /an	Non estimé
TOTAL	24.6 Mm³/an	28,8 Mm³/an	Entre 34.8 et 38.8 Mm³/an	Entre 28,5 et 28,6 Mm³/an

Source : ANTEA, 2016

L'approche la plus complète du bilan de cette nappe est proposée par Pinzelli (2006). Il présente en effet une approche de modélisation hydrodynamique qui permet *a priori* d'intégrer toute la complexité du système aquifère.

Dans cette modélisation, il identifie le Vistre dans sa partie la plus aval comme l'exutoire principal de la nappe et il prend en compte une alimentation latérale par les calcaires des Garrigues, conformément aux données disponibles dans la littérature scientifique et technique.

Figure 105 : Approche d'un bilan par la modélisation (d'après Pinzelli, 2006).



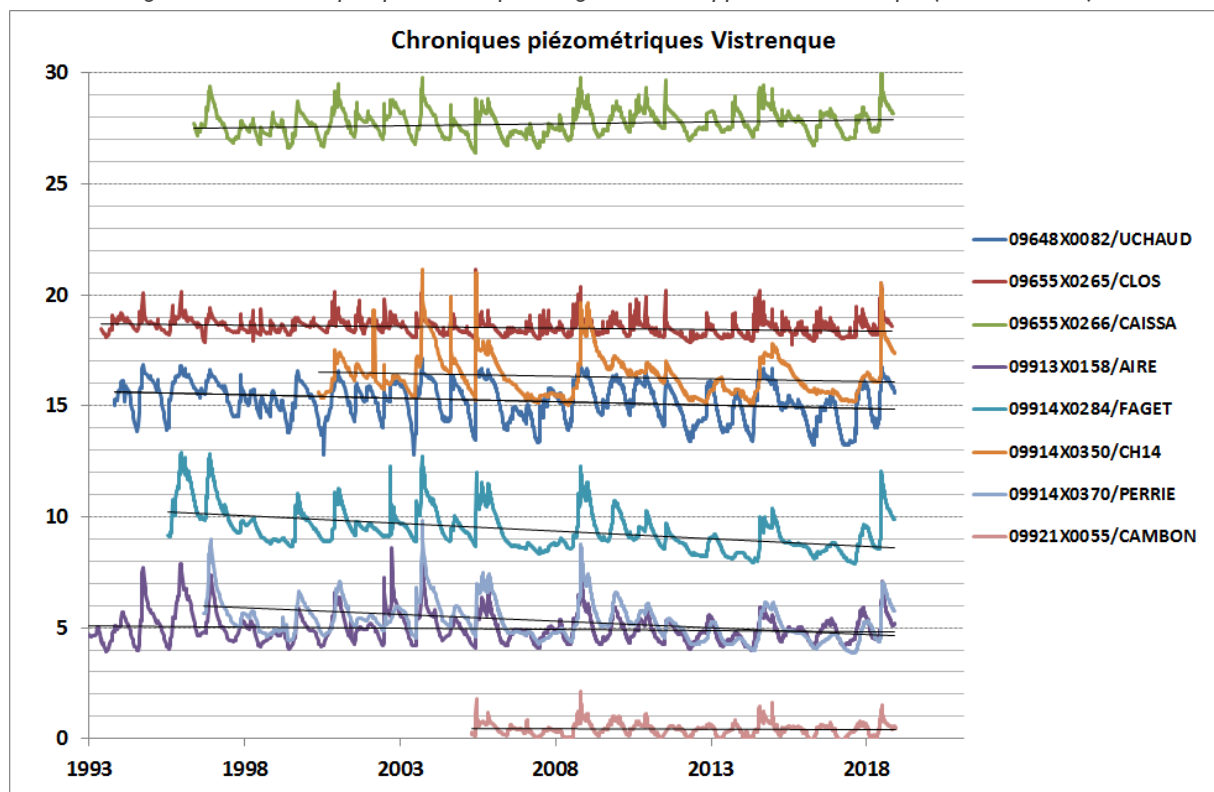


Pinzelli (2006) présente un bilan de cette modélisation avec une recharge liée à l'infiltration des eaux météoriques de l'ordre de 30 Mm³/an et un apport par les karsts bordiers au Nord de 5 à 10 Mm³/an. Il en conclut que 70 à 80% de la recharge provient de la seule infiltration des eaux météoriques. Notons que l'approche proposée dans notre étude pour estimer la recharge de cette nappe par exploitation des données SAFRAN donne une valeur proche de 50 Mm³/an pour la recharge par infiltration des eaux météoriques ; les détails de l'estimation de la pluie efficace dans le modèle présenté par Pinzelli (2006) indiquent une méthode de détermination moins rigoureuse (choix arbitraire d'un coefficient d'infiltration de 20% pour la pluie, représentation mal contrainte des écoulements dans les Costières).

Au vu de ces arguments, on peut donc supposer que cet aquifère serait majoritairement alimenté par infiltration des eaux de pluie (entre 30 et 50 Mm³/an) et secondairement par alimentation des calcaires des Garrigues (environ 10 Mm³/an). Attention, comme le fait remarquer Pinzelli (2006), cette dépendance à l'infiltration des eaux météoriques implique que la recharge saisonnière météorique renouvelable varie entre 0 et 50 Mm³/an.

L'analyse des chroniques piézométriques de 1992 à 2012 montre une légère tendance à la baisse dans cette nappe (excepté sur le piézomètre localisé à Caissargues), qui témoigne probablement de l'augmentation continue des volumes prélevés dans cette nappe (cf. figure ci-dessous). Toutes choses étant égales par ailleurs, une telle augmentation doit en effet théoriquement avoir pour conséquence de long terme de diminuer le débit aux exutoires et d'entraîner une baisse généralisée des niveaux de nappe.

Figure 106 : Chroniques piézométriques longues de la nappe de la Vistrenque (données ADES).



Au regard des données disponibles dans la littérature scientifique et technique qui permettent d'estimer une réserve renouvelable comprise entre 40 et 60 Mm³/an et des prélèvements actuels (environ 25 Mm³/an), on peut proposer une vigilance accrue sur cette nappe d'importance stratégique pour le département au regard de sa très forte vulnérabilité au changement climatique.



3.7 AUTRES CONSÉQUENCES POSSIBLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE TERRITOIRE

3.7.1 Hausse du niveau de la mer Méditerranée et conséquences possibles pour la Camargue

La vulnérabilité du milieu physique à l'érosion et à la submersion marine en ex-région Languedoc-Roussillon à l'horizon 2050-2070 a été étudiée par le BRGM dans le cadre du projet Explore 2070 (BRGM, 2012) selon 2 scénarios :

- Un scénario tendanciel, dans lequel le niveau marin est supposé ne pas être modifié ;
- Un scénario avec une élévation du niveau marin de 1m.

En ce qui concerne l'élévation du niveau marin, ce rapport :

- Rappelle que « les principaux facteurs qui contribuent à l'élévation de la mer en Languedoc-Roussillon sont l'élévation du niveau marin absolu et, en particulier dans la région du delta du Rhône, la subsidence à cause de la compaction et de la compression des sédiments (Provansal et Sabatier, 2000). Cependant, Belair (2007) considère que les taux de subsidence sont bien trop lents pour être comparés à l'élévation du niveau marin ».
- Indique que « au total, les observations et les estimations des modèles à l'échelle locale, suggèrent des élévations du niveau marin est de 0 à 3 mm/an pour la période actuelle. **Les estimations futures, issues d'analyses à l'échelle globale et avec des modèles climatiques ou semi-empiriques, produisent des estimations comprises entre 1 et 10 mm/an.**

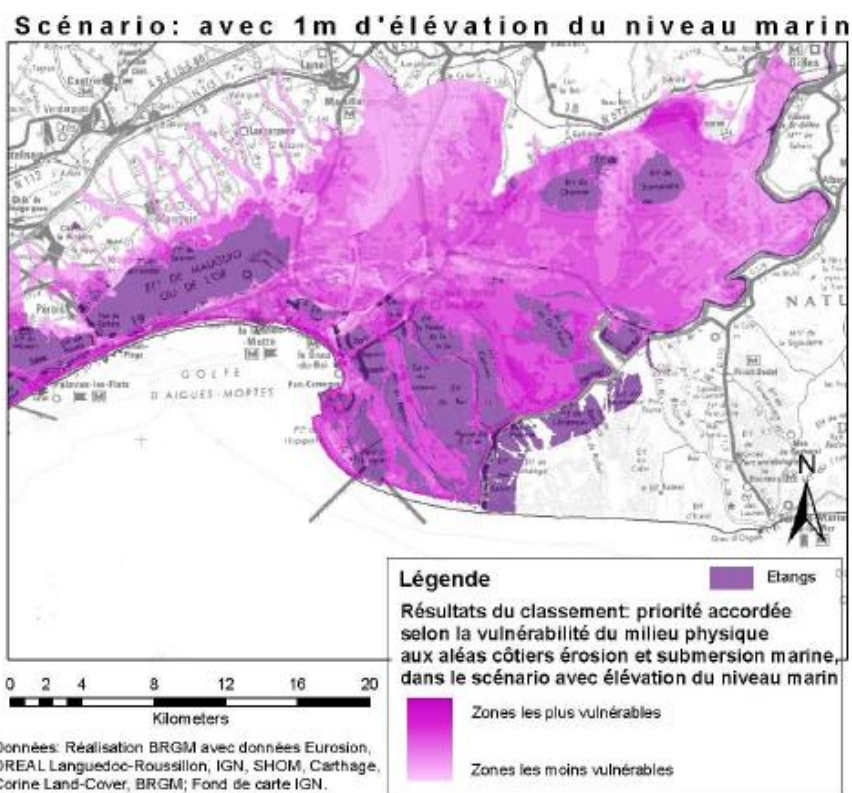
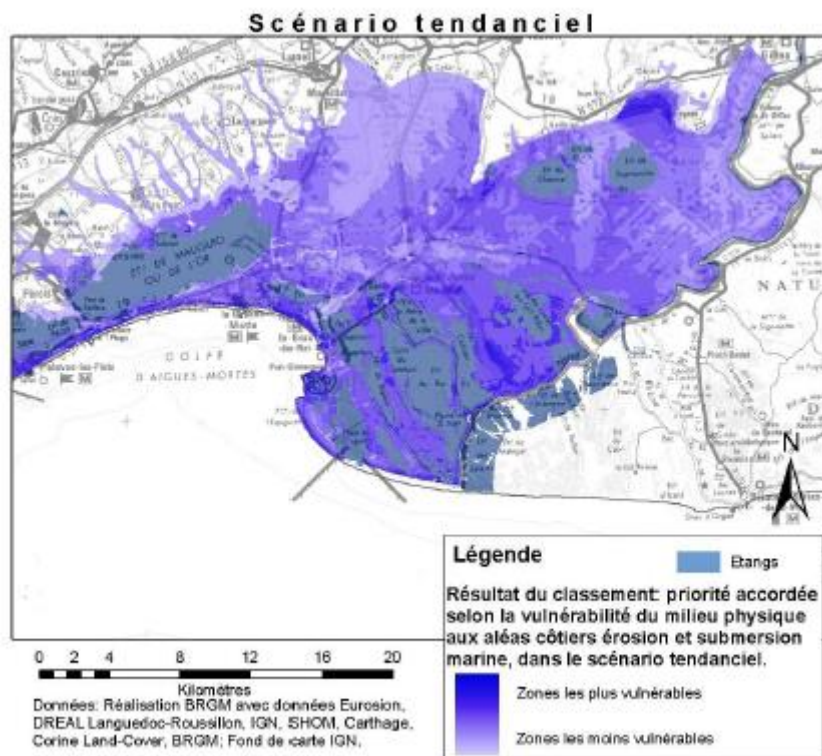
Le choix d'un scénario d'élévation du niveau marin à +1m est expliqué par :

- L'absence de données fiables sur l'élévation du niveau marin en 2050-2070. Cette hypothèse se situe entre les scénarios « pessimistes » et « extrêmes » des recommandations de l'Observatoire national sur les Effets du Changement Climatique (ONERC, 2010) émises en février 2010.
- La difficulté d'exploiter des valeurs inférieures, notamment dans les zones où le MNT le plus précis disponible est celui de l'IGN.

Les cartes suivantes représentent les résultats de l'analyse de vulnérabilité physique de la zone côtière à l'horizon 2050-2070 selon les deux scénarios étudiés pour la zone qui concerne le département du Gard. En tant que formation deltaïque, la Camargue apparaît particulièrement vulnérable au changement climatique que l'on intègre ou non la hausse du niveau marin.



Figure 107 : Représentation du classement obtenu pour la vulnérabilité physique de la zone côtière de la région Languedoc-Roussillon (Du delta du Rhône (Partie Région Languedoc-Roussillon) à Palavas les- Flots), en 2070 sous une hypothèse de 1 m d'élévation du niveau marin.



Source : (BRGM, 2012)



3.7.2 Liens Eau – Végétation et évolution possible du fait du changement climatique

QUELS LIENS ENTRE EAU ET VÉGÉTATION ?

La recherche de liens entre couvert végétal et hydrologie apparaît ancienne : des rapprochements commencent à être faits dès l'antiquité. Le débat se cristallise au XIX^{ème} siècle entre ingénieurs forestiers, qui prônent une forêt bienfaitrice (régulation des débits, augmentation des pluies, suppressions des crues, alimentation des sources) et ingénieurs des ponts et chaussées qui soutiennent une vision opposée.

Aujourd'hui on entend encore des arguments des deux bords, qui traduisent la complexité des liens Eau-Végétation. S'il existe un consensus sur le rôle globalement bénéfique des forêts sur la qualité de l'eau (à quelques exceptions près), on observe en revanche une grande disparité des résultats, voire des résultats divergents (à la fois en fonction de la zone géographique, mais aussi pour une même zone étudiée par deux personnes différentes) quant au rôle des forêts sur la quantité d'eau.

Sur le territoire, les liens entre eau et végétation ont été soulignés dans le cadre de l'entreprise de reforestation de l'Aigoual portée par Georges Fabre de 1860 à 1914. Il a par exemple écrit : « La restauration forestière des Hautes Cévennes du bassin de la Dourbie ne peut se faire d'une façon réellement efficace et utile qu'en éteignant une à une les mille ramifications supérieures des grandes rivières torrentielles [...]. Ce résultat ne peut être obtenu qu'en couvrant toutes les pentes ravinées d'un manteau forestier continu ».

Forêts de versant : un impact a priori peu ou pas significatif sur l'hydrologie

L'influence des forêts sur l'hydrologie peut se traduire au niveau des différents phénomènes en jeu dans le cycle de l'eau (cf. figure suivante) :

- Précipitations :
 - Potentiellement, le couvert forestier peut, sous certaines conditions, permettre une augmentation des précipitations, mais à ce jour, nous ne disposons pas de données quantifiant de façon précise l'incidence positive des espaces arborés sur les précipitations (Andréassian, 2008). Il pleut plus là où il y a des forêts, mais c'est aussi parce que la couverture forestière est souvent plus importante sur les massifs montagneux.
 - L'influence est a priori limitée à petite échelle (bassins versants et France métropolitaine) ; plus vraisemblable à l'échelle de grands massifs tels que la forêt amazonienne ou de grands bassins versants (Congo par exemple).
 - Toutefois, en zone méditerranéenne, l'évapotranspiration pourrait jouer un rôle important dans les précipitations estivales (Schulte, 2011).
- Évapotranspiration :

Outre les grandes étendues d'eau et les zones humides (Ellison et al., 2011), la forêt est le mode d'occupation des sols restituant le plus d'eau à l'atmosphère (Lavabre et Andréassian, 2000) grâce à :

 - Un développement foliaire important (plus forte interception et plus grande surface de transpiration) ;
 - La rugosité du couvert (ce qui lui permet par ailleurs de diminuer de 66 % à près de 90 % la vitesse des vents par rapport à un autre couvert) ;
 - Les teintes foncées du feuillage.

Les situations apparaissent cependant très variables, en fonction du type de peuplement (densité du couvert, essences, âge), du contexte climatique et pédologique.

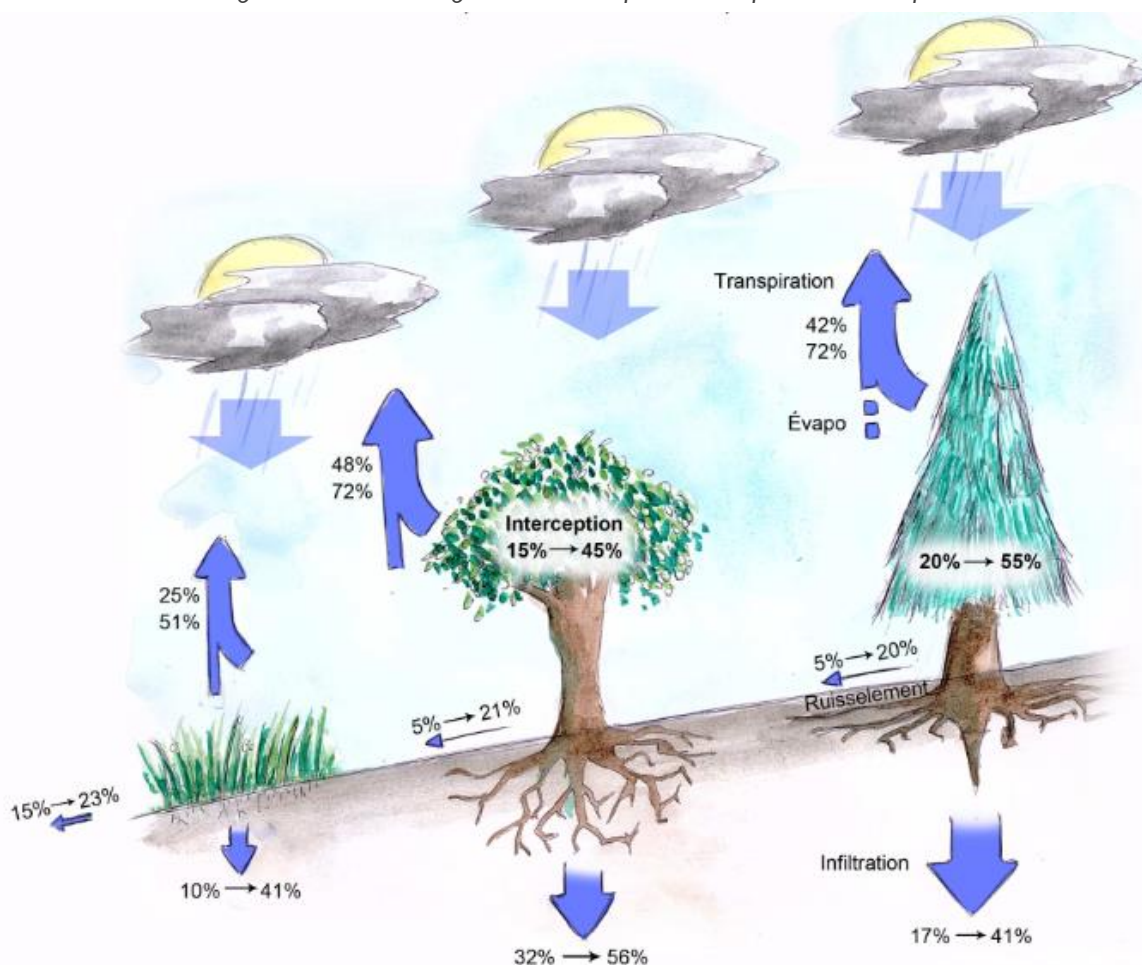


■ Ruissellement et infiltration :

- Les forêts, en raison des caractéristiques des sols forestiers (particulièrement filtrants) permettent en général une limitation du ruissellement. Ceci dépend cependant du sous-boisement, de la pente, du type et de l'épaisseur de sol, etc.
- En permettant une bonne infiltration de l'eau dans le sol, les forêts contribuent généralement à recharger les nappes phréatiques (Melagnoux *et al.*, 2012).
- Les milieux arborés permettent une meilleure infiltration que les autres milieux en compensant leur forte évapotranspiration par de très faibles pertes par ruissellement.
- Les feuillus permettent une meilleure infiltration que les résineux grâce au drainage, en particulier parce qu'en hiver ils sont dépourvus de feuilles susceptibles de retenir l'eau.

Les chiffres affichés dans le graphique ci-dessous, issus d'un document validé par la FIF/AgroParisTech et le ministère de l'écologie, s'appliquent aux forêts tempérées (variation possible en climat méditerranéen et avec des essences méditerranéennes).

Figure 108 : Eau et végétation : décomposition des phénomènes en jeu



Source : Aurélien Bansepts, Jean Hiss (2012)

L'idée courante selon laquelle la forêt diminuerait les débits d'étiage est trop simpliste. Un état de l'art réalisé en 2017 par BRLi¹³, intégrant des études réalisées sur des territoires proches (Mont Lozère et bordure méditerranéenne du Massif central), montre que l'impact est a priori peu ou pas significatif (Robinson, 2002 ; Bansept, 2012 ; Cosandey, Andréassian, Martin, Didon-Lescot, Lavabre, 2003 ; Robinson, 2002 ; Andréassian *et al.*, 1999 ; Andréassian, 2002).

¹³ Etat de l'art réalisé en vue de la formation de la CLE du SAGE du Gardon à la GIRE, basé principalement sur des synthèses élaborées par l'IDF, le CRPF et BRLi.



Le régime hydrologique apparaît davantage influencé par la nature des formations superficielles, la morphologie du bassin et les conditions climatiques que par la nature de la couverture végétale. La mise à nu du sol présente une influence plus nette, en lien également avec les problématiques d'érosion.

En ce qui concerne les crues, plusieurs études (Cosandey, Andréassian, Martin, Didon-Lescot, Lavabre, 2003 ; Andréassian et al., 1999 ; Andréassian, 2002) mettent en évidence :

- Un rôle bénéfique avéré du couvert forestier sur les épisodes pluvieux modestes ;
- Un rôle négligeable du couvert végétal sur les épisodes pluvieux très violents.

Forêts alluviales / ripisylves : un prélèvement si la nappe est peu profonde et accessible

Les résultats apparaissent également controversés dans le cas des forêts alluviales et des ripisylves. Il est cependant admis que le toit de nappe est un peu plus bas sous ces formations que dans les terrains voisins de même configuration alluviale mais non boisés, et que ce toit a tendance à remonter après une coupe à blanc de la ripisylve.

Deux situations sont à l'origine de résultats différents :

- La nappe est peu profonde et le système racinaire s'y nourrit directement. Les prélèvements ripoles sont importants car l'eau est disponible en abondance (pas de stress hydrique)
- La nappe est hors d'atteinte du système racinaire de la ripisylve et il ne peut y avoir prélèvements massifs que lors de crues (ce qui n'est donc a priori pas problématique pour les débits d'étiage).

Au-delà de ces deux cas de figure, la sensibilité apparaît également variable selon les caractéristiques du cours d'eau et de son environnement (taille du cours d'eau et nature du sous-sol) ainsi que des espèces constituant la ripisylve (capacité différente des racines à explorer le sol). L'ombrage apporté par les forêts alluviales / ripisylves permet par ailleurs de limiter l'augmentation de la température des cours d'eau (notamment pour les cours d'eau de faible largeur).

QUELLES ÉVOLUTIONS POSSIBLES DE LA VÉGÉTATION SUR LE TERRITOIRE, NOTAMMENT EN LIEN AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Aujourd'hui comme hier, le paysage n'est pas figé. Il s'agit d'un élément dynamique qui évolue et peut continuer à évoluer. Les mutations des paysages se situent cependant a priori à une beaucoup plus petite échelle (parcellaire) comparée à la mutation observée depuis 1900.

Le tableau ci-après donne des exemples de facteurs pouvant occasionner des mutations paysagères à l'échelle parcellaire (abandon terres agricoles, exploitation forestière) ou à plus grande échelle (risques naturels).

Tableau 21 : Causes et conséquences de mutations paysagères à l'échelle parcellaire

ORIGINE	EFFET SUR LA COUVERTURE FORESTIÈRE	MISE À NU DU SOL
Poursuite de la déprise agricole et recolonisation forestière	+	
Exploitation forestière	(Dépend du type d'exploitation forestière)	Oui si coupe rase
Tempête	-	Oui
Incendie	-	Oui
Attaques phytosanitaires	-	Oui
Sécheresse	(À long terme)	
Poursuite de l'artificialisation des terres	-	



Les facteurs « risques naturels » sont déjà influencés par le changement climatique et le seront davantage à l'avenir :

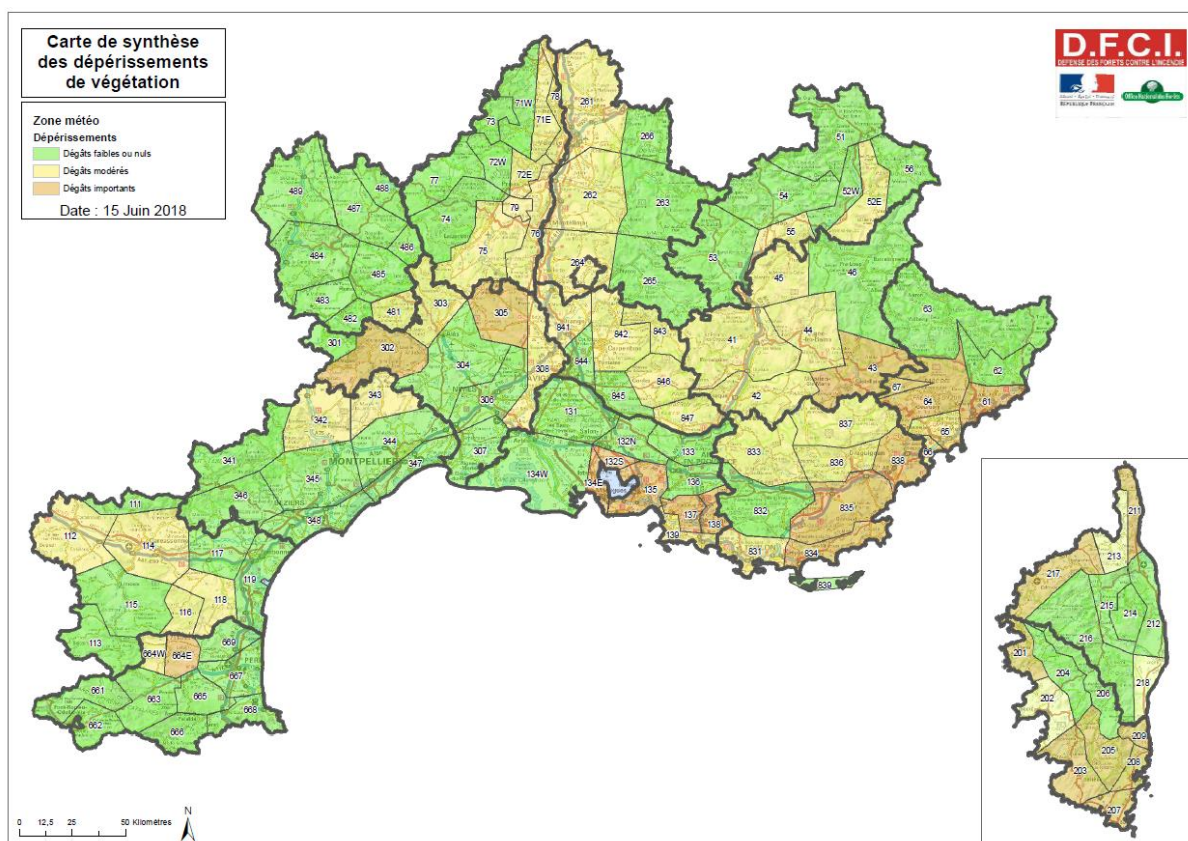
- Exemple des invasions de chenilles processionnaires du pin, qui réduisent la croissance et fragilisent les forêts de pins et cèdres.

Avant les années 1990, la Loire constituait la frontière Nord du territoire de la chenille processionnaire. Avec le changement climatique et le réchauffement associé, son aire de répartition s'est progressivement étendue, faisant de cette chenille une véritable « sentinelle climatique » pour les scientifiques. En 2013, « c'est la majeure partie du territoire français qui, du point de vue des températures, est favorable à la chenille. Si elle n'a pas encore tout envahi, c'est parce que son expansion naturelle est plus lente que le changement climatique » selon Alain Roques, directeur de l'unité de recherche Zoologie forestière (INRA, L'inexorable avancée de la chenille processionnaire, 2013).

- Bilan des dépérissements constatés dans les dernières années par l'ONF en région méditerranéenne.

Des dégâts notables liés à la sécheresse de 2017 et l'expression de parasites bénéficiant de l'affaiblissement consécutif des arbres sont constatés par l'ONF. A l'échelle du Gard, 2 zones sur 7 sont classées en « Dégâts importants » (cf. carte ci-après). Dans les Cévennes se sont en particulier le pin noir (attaque de champignon *diplodia sapinea*, dégâts localement importants liés aux chenilles processionnaires) et le pin sylvestre qui sont touchés. Plusieurs zones de chêne vert et pubescent ont également subi des descentes de cimes (ONF, 2018).

Figure 109 : Carte de synthèse des dépérissements de végétation 2018



Source : ONF (2018)

- Augmentation du risque incendie : « en asséchant la végétation, le changement climatique entraîne une augmentation du danger météorologique de feux de forêts. Les chercheurs de Météo-France ont étudié l'évolution de cet aléa au cours du siècle passé et pour les prochaines décennies : il augmente depuis les années 1960 et devrait encore augmenter au cours du XXI^e siècle » (Météo France, 2019).



Ainsi, le renforcement du suivi de l'état de santé des forêts et le développement d'itinéraires visant à améliorer la résilience des forêts à la sécheresse (tests réalisés récemment en Espagne par exemple) constituent des enjeux majeurs pour les prochaines années.

Les liens entre Eau et Végétation sont complexes. Ce diagnostic met en évidence le **besoin de préciser, à l'échelle départementale, les relations entre les différents couverts de végétation et l'hydrologie.**

L'enjeu est de pouvoir **dans un second temps proposer des solutions concrètes « fondées sur la nature » pour accompagner le territoire dans son adaptation au changement climatique** en s'appuyant si pertinent sur la mise en place ou la préservation de bandes enherbées, boisements, haies, zones humides...



4 QUELLES ÉVOLUTIONS POSSIBLES POUR LES USAGES DE L'EAU

4.1 USAGE AEP

4.1.1 Rétrospective démographique : une population gardoise qui a presque doublé depuis le milieu du XIX^{ème} siècle avec de fortes disparités selon les territoires

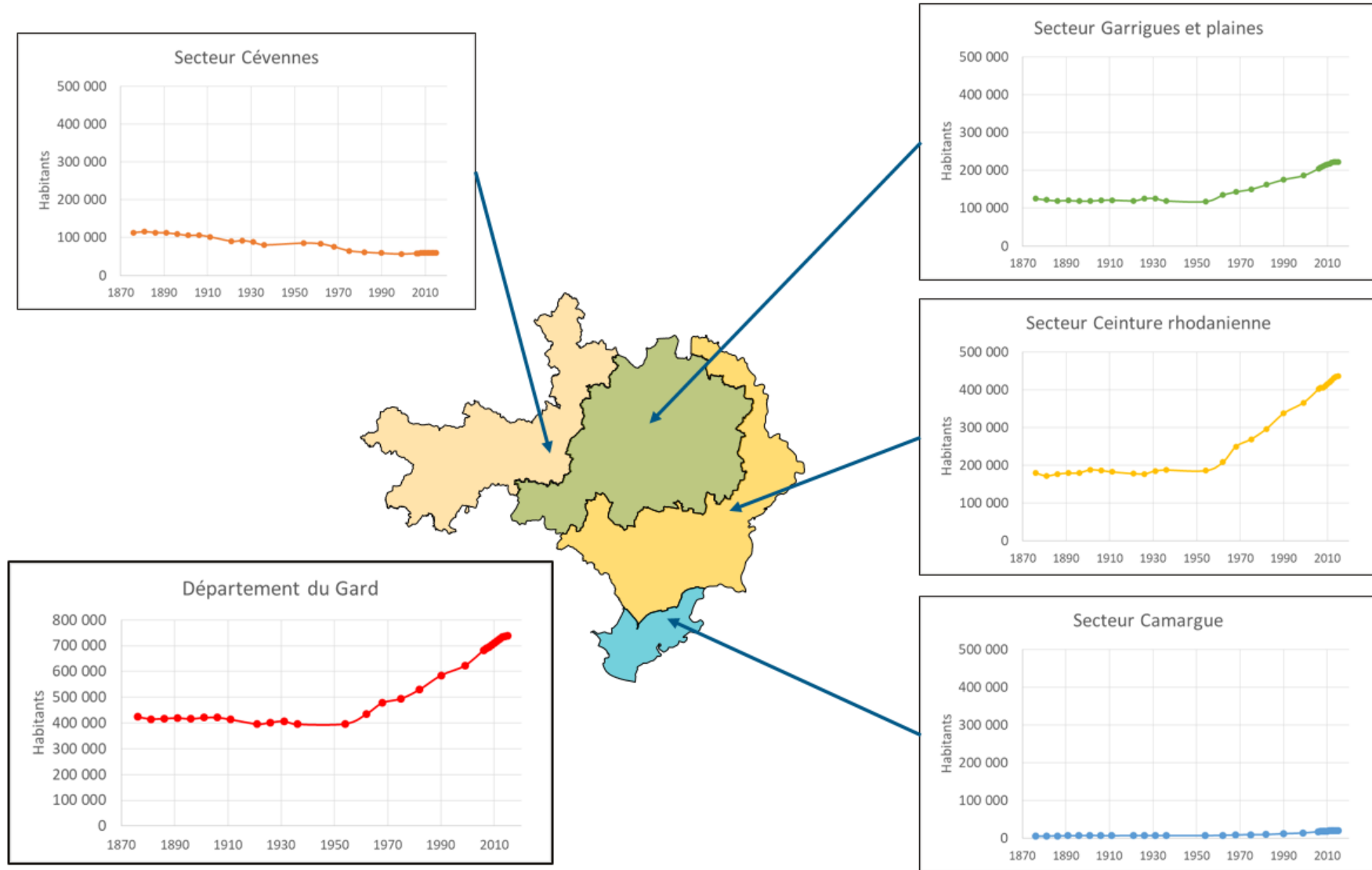
Le Gard comptait près de 425 000 habitants à la fin des années 1870. Globalement stable jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, la démographie s'est inscrite depuis l'après-guerre dans une phase de croissance forte qui perdure aujourd'hui bien qu'elle ralentisse progressivement : le taux de croissance annuel moyen (TCAM) entre 1954 et 2015 dépassait 1 %. Entre 2010 et 2015, il était de 0,8 %.

Cette croissance globale masque des disparités à l'échelle des territoires :

- La population cévenole a connu son apogée au milieu du XIX^{ème} siècle, âge d'or du territoire. Celui-ci présente à cette époque un essor démographique et économique important lié à plusieurs activités motrices : agro-pastoralisme, élevage du ver à soie et filatures, exploitation de la châtaigneraie, mines (charbon, zinc, plomb). La population atteint ainsi en 1876 presque 115 000 habitants. L'exode rural à partir des années 1840-1850 puis la disparition de la sériciculture et de l'exploitation des mines de charbon d'Alès à partir de 1950-1960 entraînent une division par presque 2 de la population cévenole qui compte en 2015 un peu moins de 60 000 habitants. Localement, cette baisse de la population a pu être encore plus forte.
- La population des plaines et garrigues, comme la population du Gard, apparaît relativement stable jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle puis connaît un doublement de sa population entre 1950 et 2015. Les populations de Camargue et de la Ceinture rhodanienne présentent une croissance encore plus marquée : TCAM respectifs de 1,7 et 1,4 % entre 1954 et 2015.



Figure 110 : Evolution de la population du Gard depuis 1876



Source : BRLi à partir des données Insee de population par commune 1876-2015 (2019)



4.1.2 Le Gard, 3^{ème} département le plus peuplé d'Occitanie, avec une dynamique démographique particulièrement marquée dans le triangle Nîmes-Alès-Montpellier

Les informations présentées ci-après sont issues des données les plus récentes disponibles sur le site de l'Insee. Selon l'échelle de l'analyse (communes, agglomérations, département...), les données les plus récentes peuvent dater de 2015, 2016 ou 2018.

La dynamique démographique du territoire gardois apparaît ainsi soutenue depuis 70 ans, et notamment dans les années 2000 (+1,0 % par an entre 2007 et 2012). En 2012, sa population atteint 725 600 habitants et le positionne à la troisième place des départements les plus peuplés d'Occitanie après la Haute-Garonne et l'Hérault. Cette dynamique positive s'explique essentiellement par l'arrivée de nouveaux habitants (+0,7 % par an sur la période 2007-2012) et pour une part plus faible par des naissances plus nombreuses que les décès (+0,3 % par an). Cette croissance démographique ralentit depuis 2013 mais demeure deux fois plus forte que la moyenne française (+0,7 % de variation annuelle moyenne sur la période 2010-2018). La population 2018 du Gard est de 748 000 habitants.

L'armature urbaine du Gard s'organise autour des agglomérations de Nîmes et d'Alès, qui présentent respectivement :

- 258 000 habitants en 2016 et un taux de croissance annuel moyen de 0,8 % sur la période 2011-2016 pour l'agglomération de Nîmes, croissance qui se renforce par rapport à la période 2006-2011 (+0,1 point) sous l'influence du dynamisme de la métropole montpelliéraine ;
- 129 000 habitants en 2016 et un taux de croissance annuel moyen de 0,4 % sur la période 2011-2016 pour l'agglomération d'Alès, avec un rythme de croissance qui ralentit par rapport à la période 2006-2011 (-0,5 point).

Le territoire « ceinture rhodanienne » (tel que défini dans la présente étude) accueille près de 60 % de la population du Gard en 2015 et présente la densité de population la plus importante (255 habitants/km²). Le territoire cévenol, qui abrite un peu moins de 10 % de la population du Gard, affiche la plus faible densité de population (36 habitants/km²).

Tableau 22 : Répartition de la population du Gard 2015 selon les sous-territoires

TERRITOIRE	POPULATION 2015	DENSITÉ DE POPULATION 2015 (HAB/KM ²)	TCAM* 2010-2015
Cévennes	59 600 (8%)	36	0,1 %
Garrigues et plaines	222 700 (30 %)	104	0,6 %
Ceinture rhodanienne	435 600 (59 %)	255	1,0 %
Camargue	20 300 (3 %)	55	0,5 %
TOTAL Gard	738 000 habitants	126	0,8 %

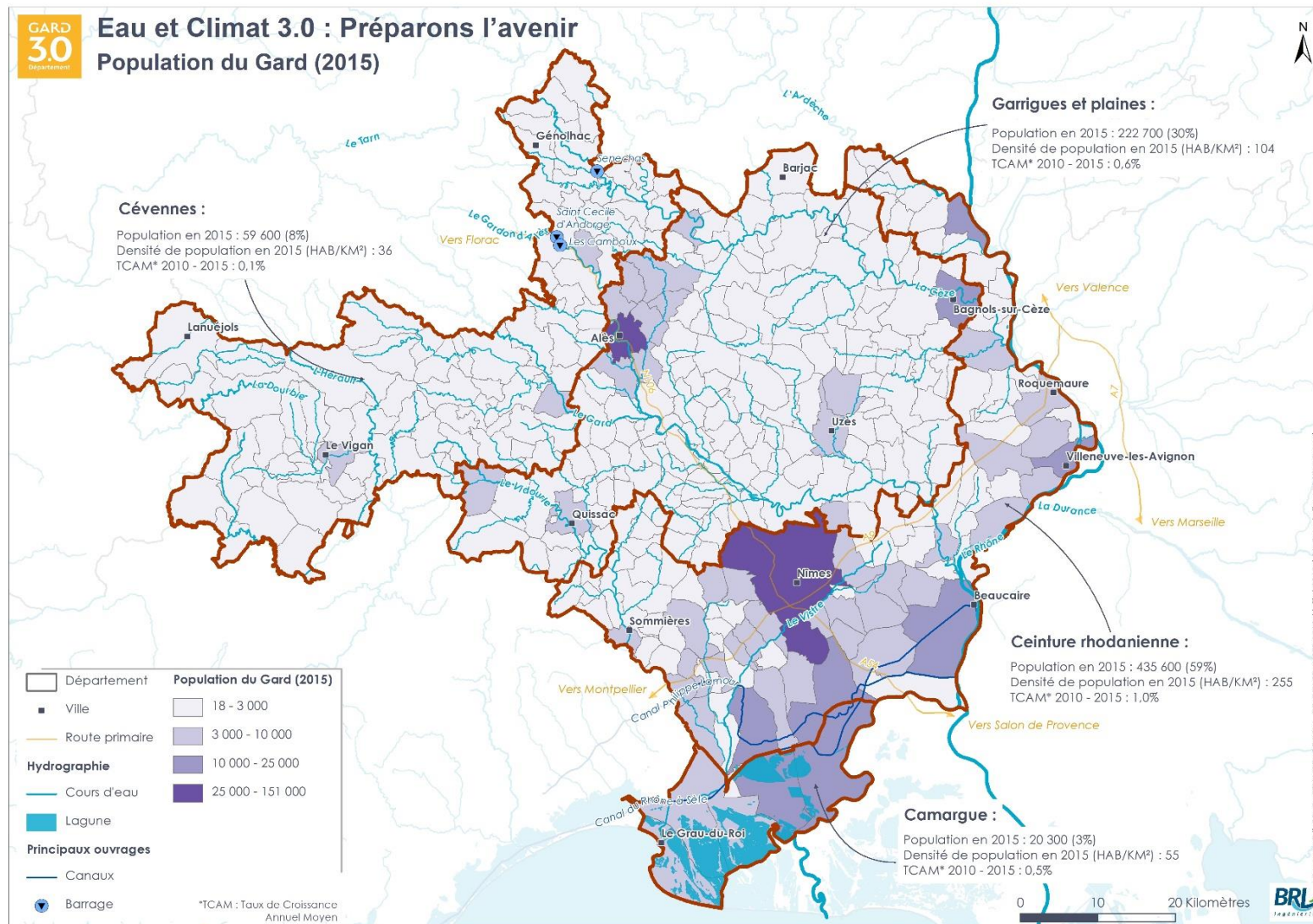
TCAM : Taux de croissance annuel moyen

Source : Insee 2019

La carte suivante illustre la répartition de la population gardoise 2015 selon les 353 communes du Département. Les plus fortes croissances concernent ces dernières années Nîmes et sa périphérie, en Gardonnenque ou en petite Camargue, tandis que l'essoufflement se poursuit dans certaines zones cévenoles ou dans le bassin rhodanien (Insee, Panorama du Gard, 2016), (Insee, Evolution démographique des intercommunalités d'Occitanie, 2019) et (CCI Gard, 2018).



Figure 111 : Répartition de la population du Gard en 2015



Source : BRLi à partir des données Insee (2019)



4.1.3 Bilan sur l'usage AEP actuel

ORGANISATION DU DÉPARTEMENT POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

L'Observatoire national des services publics d'eau et d'assainissement (SISPEA) fait état de 205 collectivités organisatrices de l'alimentation en eau potable du Gard en 2017, dernière année disponible. Parmi elles, on dénombre 166 communes, 36 syndicats intercommunaux, 1 communauté d'agglomération (Nîmes métropole) et 1 communauté de commune (Terre de Camargue). Les trois-quarts sont gérés en régie, le quart restant ayant recours à la délégation de service public.

La loi NOTRe (modifiée depuis août 2018) prévoit qu'à l'échéance du 1^{er} janvier 2026 au plus tard, les communes seront dessaisies de leurs compétences en eau potable et en assainissement collectif au profit des établissements publics de coopération intercommunales (EPCI) à fiscalité propre (lesquels pourront, sous certaines conditions, re-transférer leurs compétences à des syndicats mixtes). Pour les EPCI, ce transfert devra être effectif au plus tard au 1^{er} janvier 2020. Le taux d'intercommunalisation du Gard, proche de 20 % en 2017 (évalué à près de 53 % au niveau national en 2015), devra ainsi atteindre 100 % en 2026.

RESSOURCES MOBILISÉES

Les prélèvements à destination de l'AEP atteignent 82 Mm³ en 2017 (année exceptionnellement sèche) d'après les données du fichier redevances de l'Agence de l'Eau. La DDTM, à partir de données de l'observatoire SISPEA, des rapports annuels des délégataires, des déclarations de l'agence de l'eau et des transmissions obligatoires, indique que les volumes annuels prélevés par les systèmes de distribution d'eau potable du Gard sont quasiment stables sur la période 2013-2017, autour de 72 Mm³.

L'AEP mobilise principalement des eaux souterraines (83 % des prélèvements pour l'AEP, 68 Mm³). 75 % des prélèvements pour l'AEP dans les eaux souterraines sont issus de quatre systèmes hydrogéologiques principaux, que l'on peut qualifier de stratégiques pour l'alimentation en eau potable à l'échelle du département :

- Alluvions du Rhône (PAC01 B et C) avec environ 22 Mm³/an,
- Alluvions et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières (13 Mm³/an),
- Formations du Lias ou du Trias (607 C et 607 D), sur la bordure cévenole (environ 9 Mm³/an),
- Alluvions du Gardon avec 7 Mm³/an,

Pour ordre de grandeur, au plan national, la part des eaux souterraines dans les prélèvements d'eau pour l'AEP s'élève à 64 % en 2015.

Il est à noter que le RHR alimente ou sécurise 300 000 habitants du Gard avec un total de 4,6 Mm³ sur 4 zones principales à partir de la ressource Rhône (cf. tableau suivant). Près de 170 000 m³ sont également distribués pour l'AEP à partir du prélèvement du RHR dans le karst urgonien (secteur Gardonnenque).

Tableau 23 : Contribution du RHR à l'alimentation en eau potable du Gard

ZONE (RESSOURCE)	HABITANTS DESSERVIS	VOLUME (EN MM ³)	RÔLE
Nîmes métropole (Rhône)	170 000	2,3	Alimentation de complément ou principale selon les communes
Syndicat de la Vaunage (Rhône)	15 000	0,2	Alimentation de secours
Gallargues (Rhône)	5 000	0,3	Alimentation principale
Terre de Camargue (Rhône)	100 000	1,8	Alimentation prédominante

Source : BRL (2018)



RENDEMENTS ET CONSOMMATIONS MOYENNES

Le rendement moyen¹⁴ du réseau de distribution d'eau potable atteint 69,5 % en 2015¹⁵ dans le Gard d'après les données disponibles (taux de renseignement de l'indicateur : 62 % de la population des services). Le rendement maximum indiqué est de 100 % (98 % pour le second) et le moins bon rendement affiché est de 32 %. Pour comparaison, le rendement moyen atteint 79,7 % à l'échelle nationale en 2015 (10 % des usagers relèvent d'un service dont le rendement est supérieur à 90% et 10 % dont le rendement est inférieur à 67 %).

La consommation moyenne en eau potable par abonné¹⁶ atteint 147 m³/abonné/an en 2015 dans le Gard (taux de renseignement de l'indicateur : 60 % de la population des services, valeurs comprises entre 30 et 200 m³/hab). À l'échelle nationale, elle était en 2015 de 156 m³/abonné/an (consommation totale : domestique et non domestique). L'observatoire invite à considérer ces chiffres avec précaution, comme un ordre de grandeur, au regard des incertitudes de renseignement associées (SISPEA, 2018).

3 services représentent 45 % de la population des services en 2015 d'après les données de l'observatoire SISPEA :

- L'agglomération de Nîmes métropole, qui est de loin le service le plus important avec en 2015, avec une population du service¹⁷ de 241 213 habitants. A la même date, le rendement du réseau de distribution atteint 68,9 % (progression de 7 points depuis 2009). La consommation moyenne par abonné était de 172m³/hab. Les ressources mobilisées (hors achat), de l'ordre de 20 Mm³, étaient à 100 % d'origine souterraine.
- La commune d'Alès et le syndicat de l'Avène, sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Alès, desservent un peu plus de 88 000 personnes réparties de manière presque égale entre la commune d'Alès et les 21 communes alentours rattachées au syndicat. Le rendement, la consommation moyenne par abonné et la part des eaux souterraines ne sont pas renseignés dans l'observatoire SISPEA en 2015.

166

L'EVP et le PGRE des Gardons soulignent l'amélioration importante des rendements des réseaux qui a été mise en œuvre depuis 2004 pour le syndicat de l'Avène, principal préleveur AEP du bassin versant des Gardons. Les travaux mis en œuvre ont permis une baisse des prélèvements AEP de 41 % entre 2003 et 2011. En 2011, le rendement du réseau atteignait 64%, soit presque l'objectif annoncé de 70% à l'horizon 2012-2013. Quant au rendement du réseau de distribution, qui prend en compte les volumes vendus en gros à la RéAI (Régie des Eaux d'Alès) qui en assure la distribution pour la Ville d'Alès, il est supérieur à 80% depuis 2007 (à l'exception de l'année 2009 où il a chuté à 78,5%). En 2011, il atteignait 82,5%. Si une hausse des prélèvements est constatée depuis 2014¹⁸ (Gardon d'Anduze, fuite importante), le syndicat conduit un schéma directeur AEP et prévoit un nouveau programme de travaux conséquent pour l'amélioration des rendements de réseaux d'ici 2022. Les ressources mobilisées par le syndicat sont le karst Hettangien et les alluvions du Gardon d'Anduze.

CAS PARTICULIER DU TERRITOIRE CÉVENNES

L'AEP sur ce secteur est marquée par des variations saisonnières souvent importantes, notamment sur des villages petits ou modestes, qui voient parfois leur population fortement augmenter en période estivale. Ce phénomène impose un surdimensionnement des infrastructures pour une période réduite, avec des problématiques de rentabilité et de forte pression sur des ressources en général très fragiles. Une augmentation du tourisme vert pourrait amplifier ce phénomène.

¹⁴ Moyenne par service pondérée par la population du service (codes indicateurs SISPEA mobilisés : P104.3 et Pop service sans double compte). Rendement calculé au sens de l'Arrêté du 2 mai 2007 et du Décret du 27 janvier 2012.

¹⁵ Le taux de renseignement en 2017 sur plusieurs indicateurs apparaît trop faible ou incohérent pour évaluer quelques indicateurs clés, c'est dont le suivi 2015 qui a été mobilisé.

¹⁶ Code indicateur SISPEA : VP 231

¹⁷ La population communale utilisée est la population totale INSEE en vigueur au 1er janvier 2010 (SISPEA).

¹⁸ Une fuite importante identifiée sur le secteur du Gardon d'Anduze expliquerait une partie de cette augmentation.



4.1.4 Prospective : un tassement de la dynamique démographique en faveur de Nîmes et des pôles secondaires

4.1.4.1 Comparaison des différentes projections réalisées sur le territoire

Afin de définir les projections démographiques à mobiliser dans le cadre du présent schéma, plusieurs sources bibliographiques ont été consultées et analysées :

PROJECTIONS INSEE 2017 POUR LE DÉPARTEMENT DU GARD

3 scénarios ont été proposés en 2017 par l'Insee pour réaliser des estimations de population à l'horizon 2050 :

- Scénario central : reproduction des tendances observées sur le passé récent (2011 à 2015) ;
- Scénario haut : combinaison des hypothèses hautes de fécondité, migrations avec l'étranger et d'espérance de vie ;
- Scénario bas : combinaison des hypothèses basses de fécondité, migrations avec l'étranger et d'espérance de vie.

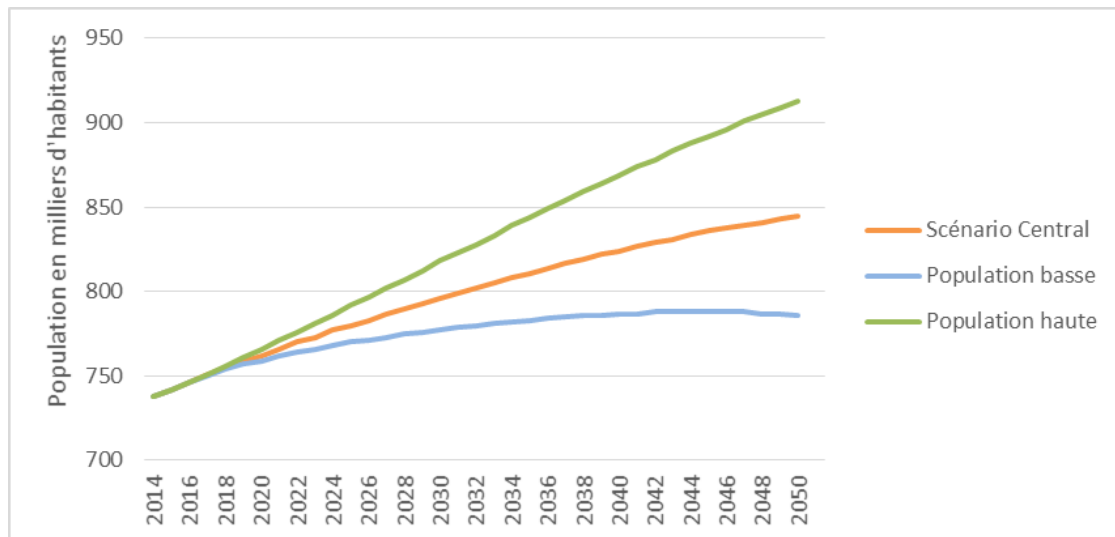
Le tableau suivant synthétise les projections issues du scénario central pour le Gard.

Tableau 24 : Projections de population issues du scénario central Insee pour le Gard

	2018	2030	2050
Population	748 000	796 000	845 000
TCAM entre 2013 et 2030 / 2013 et 2050		+0,5 %	+0,4 %
Croissance par rapport à la population 2018		+ 48 000 hab.	+ 97 000 hab.

Source : (Insee, Population d'Occitanie à l'horizon 2050, 2017)

Figure 112 : Projection de la population du Gard à l'horizon 2050



Source : © Insee - Source : Insee, Omphale 2017.

En 2018, le Gard comptait 748 236 habitants d'après l'Insee. Cette valeur est inférieure de 0,9 % au scénario central pour 2018 (1 % par rapport au scénario Insee haut).



PROJECTIONS RÉALISÉES DANS LES ANNÉES 2000 DANS LE CADRE DE GRANDS SCHÉMAS À L'ÉCHELLE DÉPARTEMENTALE OU SUPRA

3 documents de gestion de la ressource en eau, réalisés dans les années 2000 à l'échelle du Département du Gard ou de l'ancienne Région Languedoc-Roussillon, proposent des projections de la population gardoise :

- AQUA 2020, étude réalisée en 2006 par BRL à l'échelle de la Région Languedoc-Roussillon.
- Le schéma départemental de la gestion durable de la ressource en eau du Gard, établi en 2010 par la société Ginger pour le Département (ex Conseil Général) du Gard.
- Le schéma départemental des grandes adductions d'eau potable du Gard, défini en 2006 par BRL ingénierie pour le Département (ex Conseil Général) du Gard.

Le tableau suivant compare les projections de population réalisées dans ces schémas aux horizons 2020, 2030 et 2050, en indiquant la méthode de détermination employée.

Les écarts mesurés entre les projections de ces schémas pour 2020 et la population du Gard en 2018 (748 236 habitants) sont les suivants :

- La population 2020 estimée dans le cadre d'AQUA 2020 est supérieure de 27 244 habitants à la population du Gard 2018, soit +4 %.
- La population 2020 estimée dans le cadre du schéma départemental de gestion durable de la ressource en eau du Gard est supérieure de 88 764 habitants à la population du Gard 2018, soit +12 %.
- La population 2020 estimée dans le cadre du schéma départemental des grandes adductions du Gard est supérieure de 6 764 habitants à la population du Gard 2018, soit +1 %.

Tableau 25 : Projections démographiques

Schéma	Méthode de projection	2020	2030	2050
AQUA 2020 (réalisé en 2006)	Projection sur la base des estimations Insee de la population 2004 (sondage) qui ont conduit à réévaluer les projections Insee de population du Languedoc-Roussillon à l'horizon 2020 (atteinte des 3,1 millions de personnes en 2020 plutôt qu'en 2030).	775 480 (croissance de 24 % entre 2000 et 2020 soit 1,1 % de croissance annuelle moyenne)	NC	NC
Schéma départemental des grandes adductions d'eau potable du Gard (réalisé en 2006)	Définition de taux d'accroissement moyen à partir d'une comparaison entre les projections de l'Insee par bassin d'emploi et les projections des SCoT du territoire, du Schéma Départemental d'alimentation en eau potable et d'assainissement du Gard de 2002, du schéma directeur de la Moyenne Gardonnenque et des perspectives d'évolution démographiques recueillies dans le cadre des visites de collectivités	755 000 (taux de croissance annuel moyen compris entre 0,4 % pour la Dourbie et l'Hérault Haute Vallée et 2,2 % pour le Gardon aval entre 2010 et 2020)	838 000 (taux de croissance annuel moyen compris entre 0,3 % pour la Dourbie et l'Hérault Haute Vallée et 2,5 % pour le Gardon aval entre 2010 et 2020)	NC
Schéma départemental de gestion durable de la ressource en eau du Gard (réalisé en 2010)	Projection à partir des SCoT, des schémas AEP et des projections de l'Insee (commande spécifique du Département du Gard sur 9 zones pour 2030)	837 000 (taux de croissance annuel moyen de 1,4 % entre 2005 et 2020)	939 000 (taux de croissance annuel moyen de 1,2 % entre 2020 et 2030)	1 184 000 (taux de croissance annuel moyen de 1,2 % entre 2030 et 2050)

Sources : (BRLingénierie, 2006) ; (BRL, 2006) ; (Ginger, 2010)



PROJECTIONS RÉALISÉES DANS LE CADRE DES SCHEMAS DE COHERENCE TERRITORIALE (SCoT) DU TERRITOIRE

Les 353 communes du Gard sont rassemblées au sein de 17 Établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) (cf. carte suivante).

La majeure partie du territoire fait partie de l'un des 5 schémas de cohérence territoriale (SCoT) situé en tout ou partie dans le Département du Gard. Des projections à l'horizon 2030 sont proposées par ces SCoT, à l'échelle globale du territoire voire à une échelle plus fine :

- Le SCoT Pays des Cévennes, approuvé en 2013, associe 97 communes du Gard. Il a fait le choix du scénario « dynamique » de l'Insee pour ses projections par EPCI et bassins de vie, avec un taux de croissance annuel moyen (TCAM) de 1,40 % entre 2008 et 2030 (de 0,99 % pour le Pays Grand Combien à 1,93 % pour le secteur de Lédignan).
- Le SCoT Gard Rhodanien, en cours de révision, rassemble les 44 communes de la Communauté d'agglomération du Gard Rhodanien (les communes de Saint-Laurent des Arbres et Montfaucon ont rejoint le territoire depuis l'établissement du diagnostic en 2012). Les projections proposées pour 2020 et 2030 s'appuient sur la poursuite des tendances observées, avec une croissance forte entre 1968 et 2008 (+47 % soit un TCAM de 0,9%).
- Le SCoT Uzège Pont-du-Gard, en cours de révision, compte 49 communes. Espace relativement rural du Gard, une partie importante de son territoire se situe sous l'influence croisée des deux grandes aires urbaines de Nîmes au sud et d'Avignon à l'est. La croissance projetée est de 1,5 % à l'horizon 2030.
- Le SCoT Sud Gard, en cours de révision, fédère 80 communes. Il prévoit l'accueil de plus de 50 000 habitants sur son territoire entre 2018 et 2030.
- Le SCoT Bassin de vie d'Avignon, en cours de révision, concerne 7 communes du Gard (et 27 du Vaucluse). Il fait le choix de maintenir le taux de croissance affiché dans le SCoT approuvé actuellement (1 %). Cette augmentation sera ventilée sur les communes du territoire en fonction de la future armature urbaine du SCoT, non communiquée à l'heure de l'établissement du présent diagnostic.

Tableau 26 : Projections des SCoT concernant le territoire du Gard pour 2030

SCoT	Population Gard 2015*	Projections population Gard 2030*	TCAM projeté	TCAM observé 2010-2015*
Pays des Cévennes	147 135	204 811	1,40 % entre 2008 et 2030 (de 0,99 % pour le Pays Grand Combien à 1,93 % pour le secteur de Lédignan)	0,3 %
Gard Rhodanien	71 969	80 000	0,85 % entre 2008 et 2030	0,6 %
Uzège Pont-du-Gard	54 018	67 535	1,5 %	0,9 %
Sud Gard	382 892	437 800	Accueil de 52 200 habitants entre 2018 et 2030	1,1 %
Bassin de vie d'Avignon	42 518	49 362	1 %	0,1 %
Communes « hors SCoT »	39 657	39 657	Zone cévenole principalement, TCAM pris égal à 0 pour l'analyse des besoins supplémentaires liés au SCoT	0,5 %
TOTAL Gard	738 189	832 219	NC	0,8 %

* Les périmètres des SCoT ayant évolué les projections, de légers écarts peuvent être observés entre les valeurs affichées et la réalité.

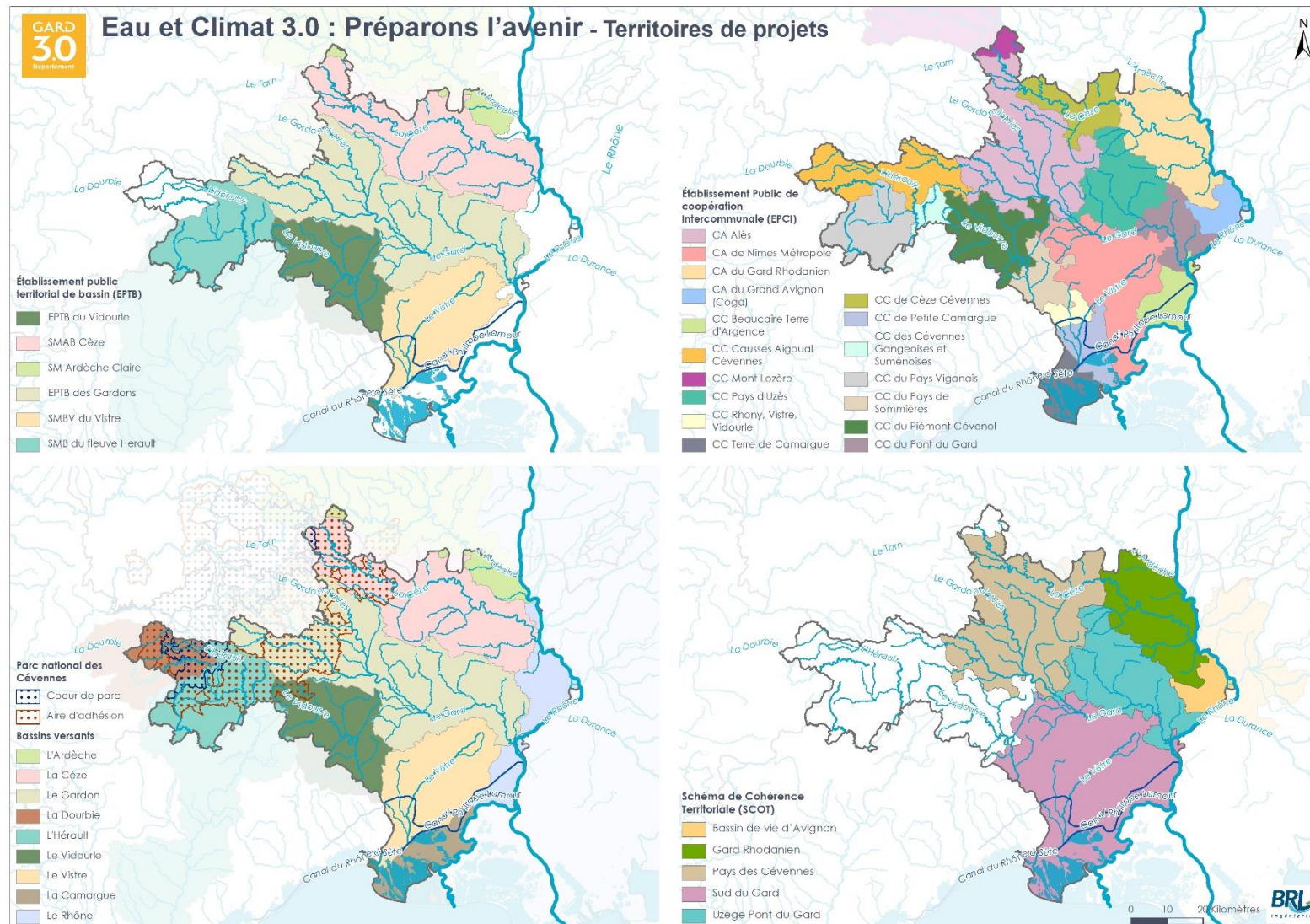
Sources : documents SCoT et/ou contact téléphonique avec les référents SCoT

La projection totale de SCoT pour 2030, en intégrant une population hors SCoT stable, prévoit 832 000 habitants, soit 5% de plus que la projection du scénario Insee central.

N.B. : les communes « hors SCoT » du territoire ont été contactées mais ne disposent pas ou n'ont pas fourni de projections de population aux horizons de l'étude.



Figure 113 : Les territoires de projets du Gard





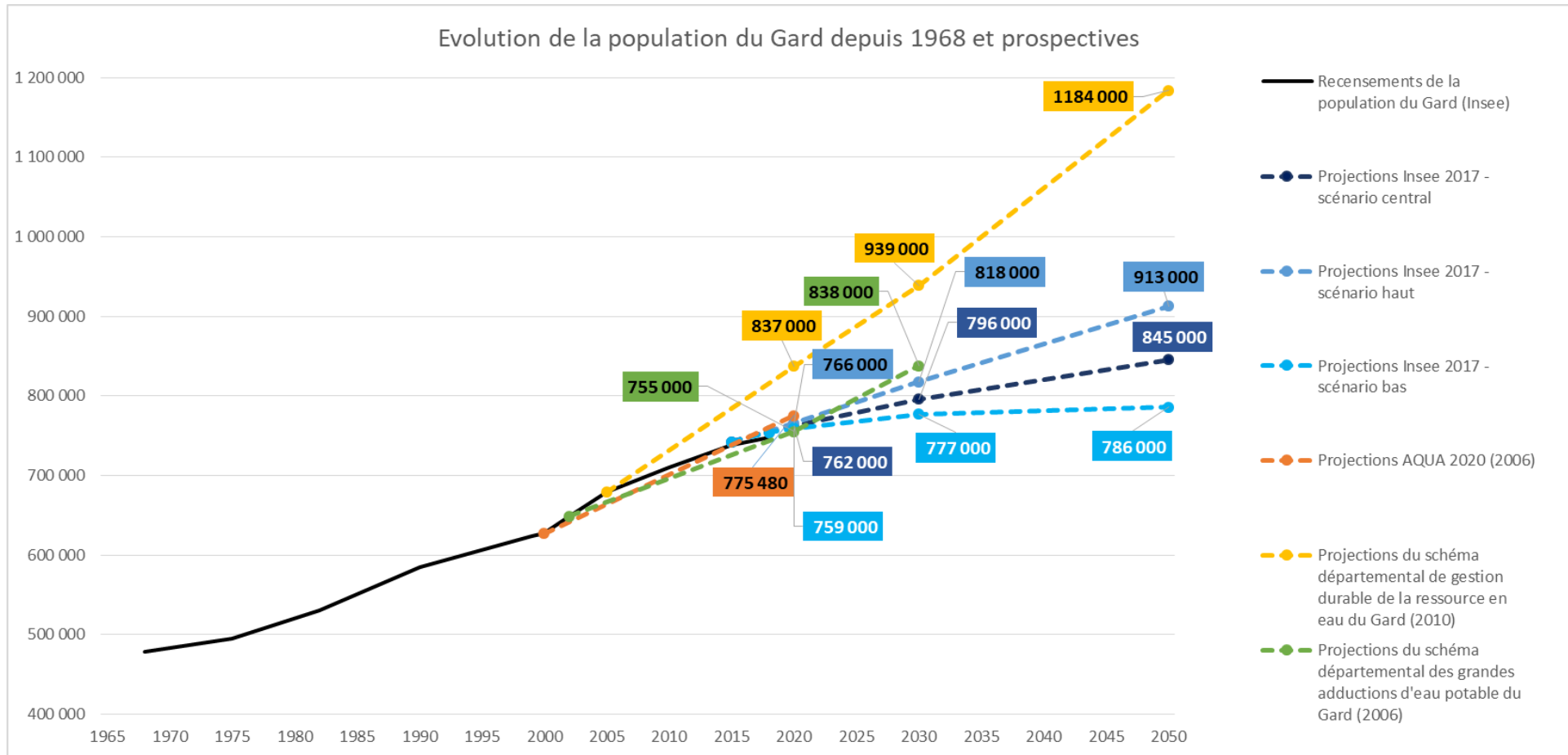
SYNTHÈSE : DES PROJECTIONS QUI APPARAISSENT DANS L'ENSEMBLE OPTIMISTES VOIRE FORTEMENT SURESTIMÉES

Le graphique présente page suivante montre que les projections réalisées dans les années 2000 sur le territoire pour 2020 sont toutes au-dessus de la population Insee 2018 (dernière année disponible), bien que dans des proportions plus ou moins importantes, la projection la plus proche de la réalisation étant celle d'Aqua 2020. Les projections pour 2030 et 2050 des différents documents sont également supérieures aux projections Insee, tous scénarios confondus, à ces mêmes horizons. Les projections Insee concernant la population du Gard, réalisées à partir de la population 2013, apparaissent, elles aussi, supérieures à la population constatée (par exemple en 2018), quel que soit le scénario étudié.

Au-delà des incertitudes inhérentes à un tel exercice de prospective, cette analyse met en évidence le caractère ambitieux de la plupart des SCoT (et donc des schémas qui s'appuient sur leurs hypothèses) au regard des TCAM des dernières années et de la tendance au ralentissement de la croissance à l'échelle du Gard. Ceci s'explique par une volonté de croître (traduction d'un projet politique) mais aussi de s'assurer d'avoir la capacité d'accueillir la population qui souhaiterait s'installer sur le territoire. Les croissances de population sur le territoire ont par ailleurs pu être sous-estimées dans les années 1990-2000, ce qui a pu conduire à des projections plus précautionneuses dans les années suivantes.



Figure 114 : Évolution de la population du Gard depuis 1968 et prospectives



Source : BRLi à partir des données des documents cités en légende



4.1.4.2 140 000 habitants en plus à l'horizon 2050 dans le Gard par rapport à 2015

Au regard des projections existantes et de leur analyse, le choix a été fait dans la présente étude de retenir à l'échelle du Gard un **scénario intermédiaire entre les scénarios Insee Central et Insee Haut en prolongeant par EPCI les tendances 2010-2015** (intégrant un ralentissement plus marqué à l'horizon 2050), dans le respect des enveloppes SCoT.

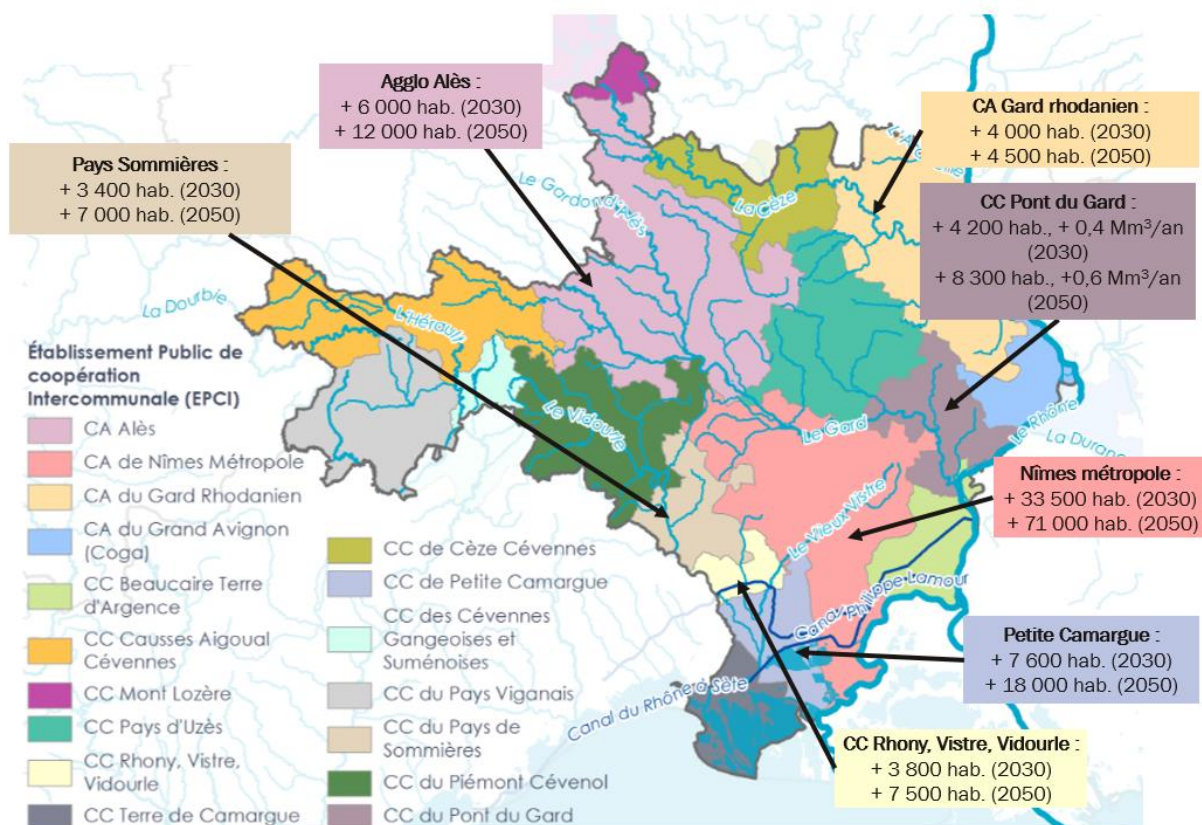
A l'échelle du Gard, à partir d'une population 2015 de 738 000 habitants, la population estimée aux deux horizons de l'étude est ainsi de :

- **808 000 habitants à l'horizon 2030** (+ 70 000 hab. et + 10 % par rapport à 2015, soit un TCAM 2015-2030 de 0,6 %) ;
- **877 000 habitants à l'horizon 2050** (+ 139 000 hab. et + 19 % par rapport à 2015, soit un TCAM 2015-2040 de + 0,5 %).

Les EPCI les plus concernés par les augmentations de population sont les 7 suivants, qui concentrent 90 % de la population du Gard à accueillir d'ici 2030 et 2050 :

- Nîmes métropole en tête, avec environ 50 % des habitants supplémentaires attendus aux 2 horizons ;
- La Communauté de communes de Petite Camargue, avec plus de 10 % des habitants attendus aux 2 horizons ;
- Les communautés d'agglomération d'Alès et du Gard Rhodanien, les communautés de communes du Pays de Sommières, du Pont du Gard et « Rhony, Vistre, Vidourle », qui représentent chacune entre 5 et 8 % de la croissance attendue.

Figure 115 : Répartition de 90 % de la croissance démographique du Gard attendue entre 2015 et les 2 horizons de l'étude (2030 et 2050)



Source : BRLi (2019) à partir des données et projections Insee et SCoT



Tableau 27 : Projections de population du Gard horizon 2030 et 2050 à l'échelle des EPCI

SCoT	EPCI – PARTIE GARDOISE	POPULATION 2015	TCAM 2015-2030	POPULATION 2030	ACCUEIL 2015-2030	TCAM 2015-2050	POPULATION 2050	ACCUEIL 2015-2050
Bassin de vie d'Avignon	CA du Grand Avignon (communes gardoises)	42 500	0,0%	42 500	-	0,0%	42 500	-
Gard Rhodanien	CA du Gard Rhodanien	72 000	0,4%	76 000	4 000	0,2%	76 200	4 200
Pays des Cévennes	CA Alès	128 000	0,3%	134 000	5 800	0,3%	137 500	11 700
	CC de Cèze Cévennes	18 900	0,0%	19 000	100	0,0%	18 900	-
Sud Gard	CA de Nîmes Métropole	256 000	0,8%	290 000	33 400	0,7%	327 500	71 000
	CC Beaucaire Terre d'Argence	30 900	0,6%	34 000	3 100	0,4%	36 000	5 200
	CC de Petite Camargue	26 400	1,7%	34 000	7 600	1,5%	44 500	18 100
	CC du Pays de Sommières	22 600	0,9%	26 000	3 400	0,7%	29 300	6 700
	CC Rhony, Vistre, Vidourle	26 200	0,9%	30 000	3 800	0,7%	33 600	7 500
	CC Terre de Camargue	20 300	0,4%	21 400	1 100	0,2%	21 400	1 200
Uzège Pont du Gard	CC du Pont du Gard	25 800	1,0%	30 000	4 200	0,8%	34 100	8 300
	CC Pays d'Uzès	28 200	0,3%	29 500	1 300	0,1%	29 200	900
Hors SCoT	CC Causses Aigoual Cévennes	5 600	-0,1%	5 500	-100	0,0%	5 600	-100
	CC des Cévennes Gangeoises et Suménoises	2 100	-0,9%	1 800	-200	-0,9%	1 500	-500
	CC du Pays Viganais	10 200	0,0%	10 200	-	0,0%	10 200	-
	CC du Piémont Cévenol	21 400	0,8%	24 000	2 600	0,6%	26 100	4 700
	CC Mont Lozère	500	0,6%	500	-	0,4%	500	100
Total général		738 000	0,6%	808 000	68 000	0,5%	877 000	139 000

Source : BRLi 2019 à partir des données et projections Insee et SCoT



Il n'existe pour l'instant pas de projection pour la fin du siècle à l'échelle départementale. Quelques tendances d'évolution sont cependant déjà anticipées sous forme de questionnement en lien avec le changement climatique :

- Diminution de l'attractivité des villes « cuvettes » avec l'augmentation des températures estivales et des canicules ?
- Report de la population camarguaise vers les Costières en lien avec l'augmentation du niveau de la mer ?

4.1.5 Le tourisme gardois : une capacité d'accueil qui se stabilise et un renforcement de la fréquentation sur les ailes de saison

UNE CAPACITÉ D'ACCUEIL DE 350 000 TOURISTES SUR LE DÉPARTEMENT

Troisième destination touristique de la Région Occitanie (elle-même deuxième destination touristique la plus visitée en France), le Gard accueille annuellement près d'1,5 millions de touristes. Le secteur touristique gardois affiche un chiffre d'affaire annuel de 970 M€ et représente 16 000 emplois (Gard Tourisme, Diagnostic touristique du Gard 2016-2017, 2018) (Gard Tourisme, Les chiffres clés du tourisme gardois 2017, 2018).

Le nombre d'excursionnistes est beaucoup plus important (plus de 14 millions en 2016) : ces visiteurs sont de passage sur le territoire, mais dorment dans les Départements voisins (Bouches du Rhône, Hérault...). Le premier site touristique visité est le pont du Gard, inscrit au patrimoine mondial de l'humanité par l'UNESCO et qui accueille près de 900 000 visiteurs par an. Les trois communes attirant le plus de visiteurs sont Vers-Pont-du-Gard (34 % des visites du département en 2015), Nîmes (16 %) et le Grau du Roi (13 %).

La capacité d'accueil touristique du Gard atteint environ 350 000 lits selon les statistiques de l'Observatoire du tourisme du Gard et les données de l'Insee au 1^{er} janvier 2019 (environ 10 % de la capacité d'hébergement de l'Occitanie). Les résidences secondaires représentent 75 % de cette capacité :

- 51 892 résidences secondaires soit 258 995 lits non marchands ;
- 20 241 emplacements de campings, qui représentent la première capacité d'accueil marchand ;
- 5 120 chambres d'hôtel ;
- 9 998 lits dans d'autres types d'hébergements collectifs (résidences de tourisme, villages vacances, auberges de jeunesse...).

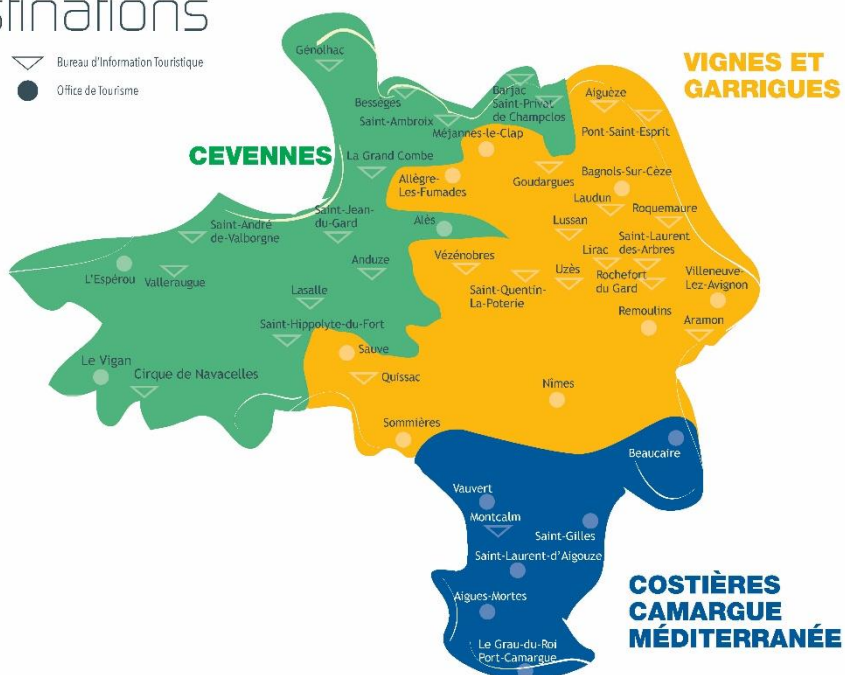
Cette capacité d'accueil se répartit entre les 3 zones géo-touristiques qui caractérisent le tourisme gardois de la manière suivante :

- 30 % dans les Cévennes, au nord du Département ;
- 30 % dans la zone « Vignes et Garrigues », au centre et à l'est du Département ;
- **40 % dans la zone « Costières, Camargue Méditerranée »** au sud, qui comprend également plus de 40 % des résidences secondaires.



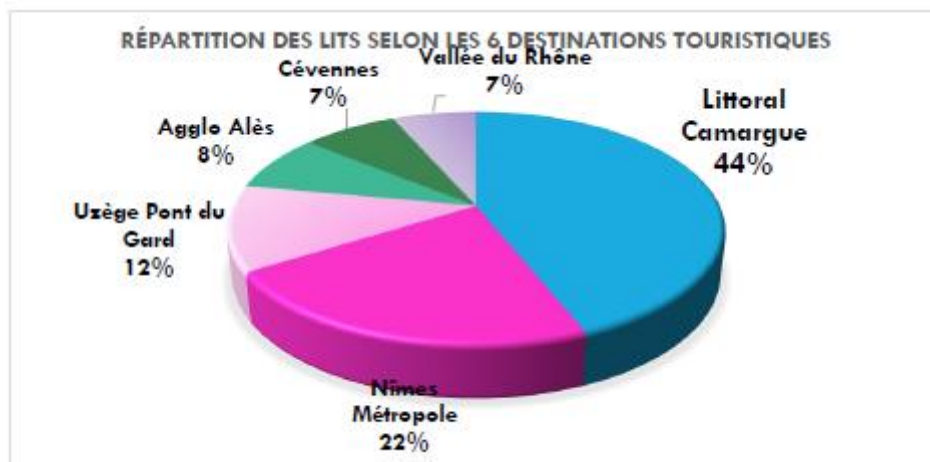
Figure 116 : les 3 zones géo-touristiques du Gard

Carte des destinations géo-touristiques



Source : Gard Tourisme (2019)

Figure 117 : Répartition des lits selon les destinations



Source : Gard Tourisme (2018)

La capacité d'accueil et sa répartition sur le territoire sont estimées globalement stables depuis quelques années par l'Observatoire du tourisme du Gard (pertes de quelques lits marchands).

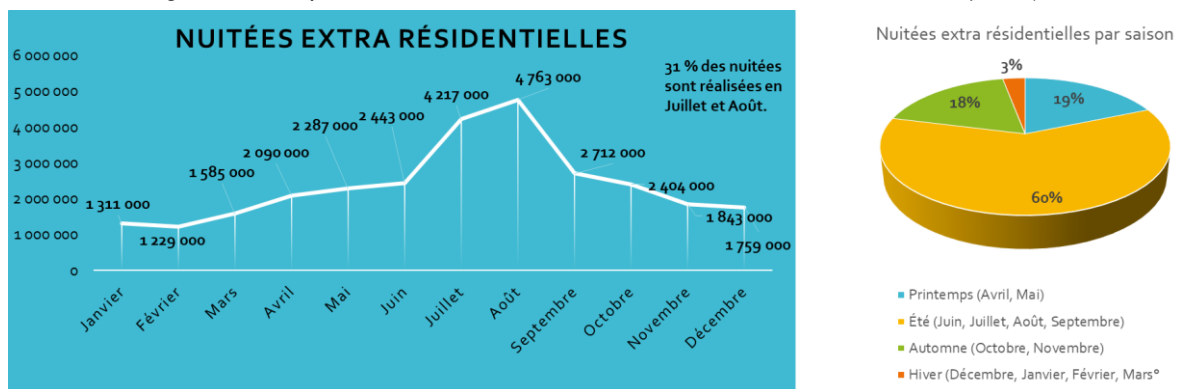
FRÉQUENTATION TOURISTIQUE : VERS UN RENFORCEMENT DES AILES DE SAISON

En préalable, Gard Tourisme souligne que le suivi mis en place via Flux vision tourisme ne permet pas d'évaluer l'évolution de la fréquentation sur les dernières années, car la méthode est en cours de calage (données non comparables).

Le pic de fréquentation des nuitées annuelles se situe en juillet-août, mais tend à diminuer depuis 2015 au profit de l'avant et l'après-saison (mai, juin et septembre). En 2018, 31 % des nuitées étaient réalisées en juillet-août (38 % en 2017) et 26 % en mai, juin et septembre (27 % en 2017) d'après les données de Gard Tourisme. La durée de séjour moyen est de 10 nuits.



Figure 118 : Répartition mensuelle des nuitées extra-résidentielles dans le Gard (2018)



Source : Gard Tourisme (2019)

A l'échelle régionale, la Présidente de Région Carole Delga a annoncé le 22 juin 2018 la mise en place d'un fonds d'intervention touristique afin d'accompagner la montée en puissance du deuxième secteur d'activité régional. L'objectif affiché est de gagner 4 à 5 millions de nuitées à l'horizon 2021 et d'intégrer le top 10 des destinations européennes. Il s'agit également de développer et de pérenniser la fréquentation des sites et stations touristiques sur les quatre saisons, sur le littoral, en zone de montagne, ainsi que dans les zones rurales et urbaines.

A l'échelle départementale, le plan d'action de Gard Tourisme cible un maintien de la capacité d'accueil et de la fréquentation estivale, ainsi qu'un renforcement de la fréquentation sur les ailes de saison, notamment sur la zone « Vignes et Garrigues ». Le tourisme culturel qui caractérise la zone paraît en effet moins saisonnier que le tourisme littoral (Camargue) et le tourisme « nature » (Cévennes).

FRÉQUENTATION TOURISTIQUE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE : QUELLES CONSÉQUENCES POSSIBLES ?

Le climat est un facteur fondamental dans le choix de la destination touristique, et ses évolutions liées au confort du vacancier auront une influence déterminante.

Le bilan 2018 du tourisme régional d'Occitanie indique ainsi que l'arrivée tardive du beau temps, d'une part, et d'autre part la canicule ont redessiné la carte des destinations. Les visiteurs ont, en 2018, délaissé les zones rurales au profit du littoral méditerranéen.

HYPOTHÈSE RETENUE POUR L'ÉTUDE : STABILITÉ DE LA CAPACITÉ D'ACCUEIL ET DEMANDE RENFORCÉE À ANTICIPER SUR LES AILES DE SAISON ET SUR LE LITTORAL

La présente étude fait l'hypothèse d'une **population saisonnière stable pour le pic estival** (pas de besoins supplémentaires).

Les données disponibles ne permettent pas de quantifier les besoins additionnels qui pourraient émerger sur les ailes de saison, mais une pression plus précoce au printemps et qui dure davantage en septembre est à anticiper.

Les épisodes de sécheresse et de canicule pourront également conduire les touristes à rechercher encore davantage l'accès à la mer, induisant une fréquentation plus importante du littoral. Certains acteurs envisagent également un renforcement du tourisme vert.

Le changement climatique pourrait aussi conduire, à moyen-long terme, à réduire la fréquentation touristique au profit de régions ou pays plus tempérés.



4.1.6 Conséquences pour la demande en eau

HYPOTHÈSES DE RENDEMENT ET DE CONSOMMATION UNITAIRE

Afin d'estimer la demande en eau supplémentaire associée à la croissance démographique, des hypothèses portant sur les rendements des réseaux de distribution de l'eau potable ainsi que sur la consommation unitaire journalière par usager doivent être posées :

Demande additionnelle en eau potable = [Population supplémentaire] * [consommation unitaire annuelle] / [rendement des réseaux AEP].

Rendements

Rappel de la réglementation

Les seuils de rendement de réseaux de distribution réglementaires, fixés par la loi du 12 juillet 2010, dite « loi Grenelle II » sont les suivants :

- Seuil 1 : 85 %
- Seuil 2 : $65 \% + 0,2 * ILC = 65 \% + 0,2 * \frac{Vol_{abonnés+service} + Vol_{ventes\ d'eau}}{Linéaire\ de\ réseau\ hors\ branchements}$

Si les prélèvements réalisés sur des ressources faisant l'objet de règles de répartition sont supérieurs à 2 millions de m³/an, la valeur du terme fixe de 65 est remplacée par 70.

Si ces deux seuils ne sont pas atteints, la collectivité a 2 ans pour établir un plan d'actions visant l'amélioration du rendement. En cas de non-respect de cette obligation, un doublement du taux de la redevance « Eau potable » portant sur l'année N+2 est prévu.

Hypothèses posés dans le cadre de la présente étude

Ces seuils fixés réglementairement ne sont cependant pas nécessairement accessibles (techniquement et financièrement) pour toutes les collectivités (notamment en zone rurale, avec plusieurs hameaux desservis). Un objectif de rendement à 75 % est également fixé par le SAGE Hérault, jugé lui aussi difficilement atteignable en zone rurale.

À l'échelle de la présente étude (vision macro), les hypothèses de rendement posé sont de 70 % à l'horizon 2030 et 75 % à l'horizon 2050 (hors cas particulier de Nîmes métropole, cf. ci-après).

Consommation unitaire

D'après le schéma départemental de gestion durable de la ressource en eau du Gard (2010), le ratio unitaire de consommation de pointe en 2005 était de 170 l/j/hab. (compris entre 200 l/j/hab. pour le bassin versant du Rhône et 110 pour le bassin versant du Gardon de Saint-Jean). Cette valeur moyenne de 170 l/j/hab. pour le Gard est également reprise dans l'étude d'opportunité de réalisation d'un adducteur d'eau entre Nîmes et Alès (Artelia, 2014), qui indique pour le territoire d'étude (zone Nîmes-Alès) une valeur moyenne de 150 l/j/hab.

La consommation unitaire a été estimée constante aux deux horizons de l'étude avec les hypothèses suivantes :

- 200 l/j/hab. pour les EPCI principalement urbain ;
- 110 l/j/hab. pour les EPCI principalement ruraux ;
- 150 l/j/hab. pour les agglomérations de Nîmes et d'Alès.

Ces hypothèses conduisent à une **consommation moyenne pondérée à l'échelle du Gard de 170 l/j/hab.**



Cas spécifique des principales agglomérations

En ce qui concerne Nîmes Métropole, qui représente en nombre d'habitants 50 % de la demande supplémentaire aux 2 horizons, ces paramètres peuvent être approchés en s'appuyant sur le schéma directeur eau potable en cours de révision par BRL ingénierie :

- Des objectifs de rendement du réseau de distribution de l'agglomération ambitieux sont fixés : 71 % en 2020, 78 % en 2030 et 80 % en 2050.
- La consommation unitaire est maintenue constante à tous les horizons de l'étude (au regard de la rétrospective 2001-2014 : stabilité à l'échelle de l'agglomération bien que des tendances variables soient observées selon les communes). La dotation globale de Nîmes agglomération est de 135 l/j/hab. Pour les habitats futurs, des dotations de 180 l/j/hab. en individuel et 120 l/j/hab. en collectif ont été considérés.

Nous n'avons pu obtenir dans le calendrier de l'étude, les objectifs fixés par la Communauté d'agglomération d'Alès ce qui n'a pas permis d'affiner l'estimation des besoins additionnels pour ce territoire.

SYNTHÈSE DES HYPOTHÈSES RETENUES À L'ÉCHELLE DU GARD

Les hypothèses présentées précédemment selon les territoires conduisent aux hypothèses moyennes suivantes à l'échelle du Gard. Dans un deuxième temps, des améliorations de ces paramètres sont proposées afin d'identifier les économies d'eau potentielles associées.

Tableau 28 : Hypothèses de base retenues pour les projections de la demande supplémentaire en eau potable

PARAMÈTRE	VALEUR MOYENNE 2030	VALEUR MOYENNE 2050
Rendement du réseau de distribution	70 %	75 %
Consommation unitaire journalière par usager	170 L/j/hab.	170 L/j/hab.



DES BESOINS ADDITIONNELS IDENTIFIÉS DE +6 MM³ EN 2030 ET + 11 MM³ EN 2050 PAR RAPPORT À 2015

Les besoins additionnels par rapport à 2015 pour l'AEP atteignent avec ces hypothèses 6 Mm³ à l'horizon 2030 et 11 Mm³ à l'horizon 2050.

Tableau 29 : Projections de population du Gard horizon 2030 et 2050 à l'échelle des EPCI

SCoT	EPCI – PARTIE GARDOISE	BESOIN SUPPLÉMENTAIRE AEP HORIZON 2030 PAR RAPPORT À 2015 (M ³ /AN)	BESOIN SUPPLÉMENTAIRE AEP HORIZON 2050 PAR RAPPORT À 2015 (M ³ /AN)
Bassin de vie d'Avignon	CA du Grand Avignon	- 2 000	-
Gard Rhodanien	CA du Gard Rhodanien	420 000	413 000
Pays des Cévennes	CA Alès	455 000	855 000
	CC de Cèze Cévennes	3 000	-
Sud Gard	CA de Nîmes Métropole	2 439 000	4 856 000
	CC Beaucaire Terre d'Argence	325 000	502 000
	CC de Petite Camargue	794 000	1 762 000
	CC du Pays de Sommières	355 000	648 000
	CC Rhony, Vistre, Vidourle	401 000	726 000
	CC Terre de Camargue	117 000	114 000
Uzège Pont du Gard	CC du Pont du Gard	441 000	807 000
	CC Pays d'Uzès	131 000	89 000
Hors SCoT	CC Causses Aigoual Cévennes	- 7 000	-
	CC des Cévennes Gangeoises et Suménoises	- 14 000	- 29 000
	CC du Pays Viganais	2 000	-
	CC du Piémont Cévenol	149 000	252 000
	CC Mont Lozère	3 000	4 000
Total général		6 000 000	11 000 000

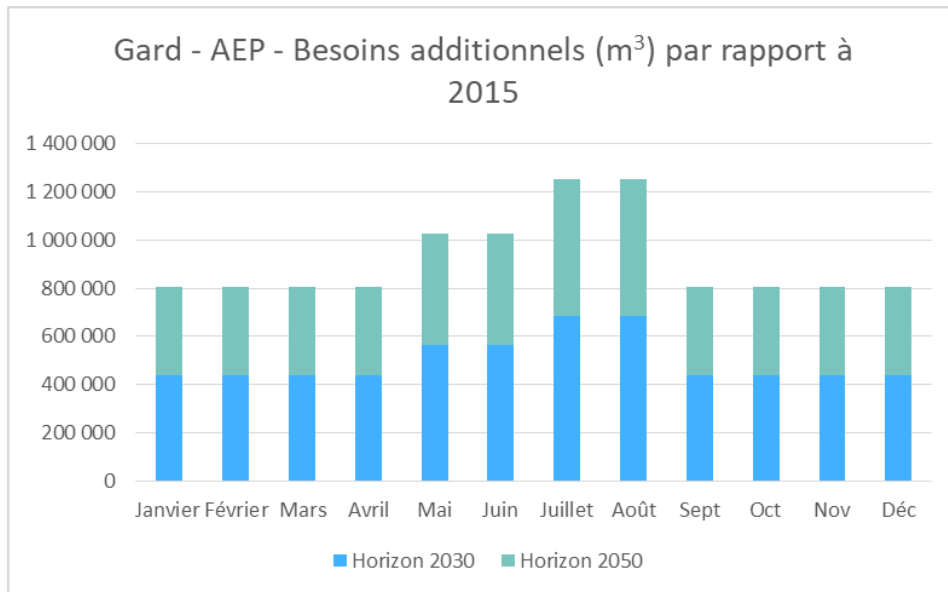
Source : BRLi 2019

N.B. 1 : Quelques territoires pourraient connaître des stabilisations ou baisses de besoins par rapport à aujourd'hui. Ceci peut être lié à une stabilisation ou baisse de la population (cf. sous-chapitre 4.1.4.2) et/ou à l'amélioration des rendements de réseau. Il s'agit d'ordre de grandeur à l'échelle d'EPCI.

N.B. 2 : Si l'on considère les projections de population plus importantes des SCoT (+94 000 habitants à l'horizon 2030), les besoins additionnels pour 2030 atteignent 8 Mm³, soit un tiers de plus que les besoins identifiés avec les hypothèses de croissance démographique définies pour cette étude.



Figure 119 : Besoins additionnels pour l'AEP par rapport à 2015 aux deux horizons de l'étude



Source : BRLi (2019)

PREMIÈRE APPROCHE DE L'IMPACT D'ÉCONOMIES D'EAU SUR LA CAPACITÉ À RÉPONDRE AUX BESOINS AEP ADDITIONNELS

Le tableau suivant présente les économies d'eau permises par des améliorations de 5 à 10 points de rendement, combinés ou non à une diminution de 5% de la consommation individuelle moyenne (2 colonnes en vert, avec des combinaisons d'hypothèses variables).

Le tableau met en relation ces économies avec le besoin additionnel envisagé à l'horizon 2050 pour l'AEP (colonne de gauche) : 11 Mm³ pour accueillir 140 000 habitants, avec une consommation unitaire de 170 l/j/hab. et un rendement moyen de 75 %.

Ainsi, on observe que :

- Une baisse de 5 % de la consommation unitaire moyenne pourrait permettre de répondre à près d'un tiers du besoin additionnel 2050.
- Une augmentation du rendement de 10 points et une baisse de 5 % de la consommation unitaire moyenne permettrait de couvrir l'intégralité du besoin additionnel 2050.

Tableau 30 : Économies d'eau permises par l'amélioration du rendement et de la consommation unitaire

Population Gard 2018 (habitants)	Consommation unitaire (m ³ /j/hab.)	Rendement départemental global	Besoin annuel pour l'AEP selon les hypothèses (m ³)	Économies effectuées grâce à l'amélioration du ou des paramètre(s) (m ³)	Ces économies représentent xx % de l'augmentation du besoin attendu à l'horizon 2050 (11 Mm ³)
750 000	0,1700	75%	66 000 000		
750 000	0,1615	70%	63 000 000	3 000 000	27%
750 000	0,1700	75%	62 000 000	4 000 000	36%
750 000	0,1615	75%	59 000 000	8 000 000	73%
750 000	0,1700	80%	58 000 000	8 000 000	73%
750 000	0,1615	80%	55 000 000	11 000 000	100%

Source : BRLi (2019)



Les piscines : un symbole mais des effets à relativiser selon les ressources mobilisées

Les piscines sont souvent vues comme source de consommation d'eau importante, voire de gaspillage. La question de leur impact a ainsi été soulevée lors des ateliers de partage du diagnostic « Eau et climat 3.0 » en juin 2019 par plusieurs participants. Le panorama 2015 des services publics eau potable indique également par exemple que « *le climat [et] l'impact potentiel des piscines privées peuvent expliquer pour partie les fortes consommations constatées dans le Sud* ».

Afin de donner un ordre de grandeur de cet impact à l'échelle du Gard on peut considérer en première approche les valeurs suivantes :

- 20 000 piscines (environ 1 pour 10 foyers)
- Taille moyenne d'une piscine : 5 m x 3 m
- Hauteur d'eau remplie de mai à septembre : 1 m

Ces hypothèses conduisent à une consommation estimée des piscines privées du Gard d'environ 300 000 m³, soit l'équivalent d'environ 50 ha de pêchers (besoin annuel moyen en eau d'irrigation du pêcher de saison : 6 000 m³/ha¹⁹). Ces 50 ha représentent près de 0,7 % des surfaces en verger du Gard.

Les piscines représentent ainsi davantage un symbole, bien que les effets soient à préciser au regard des ressources mobilisées : une piscine remplie avec l'eau du Rhône, ressource sécurisée, a un impact négligeable par rapport à une piscine remplie à partir d'une ressource locale sous tension.

4.2 USAGE IRRIGATION

Plusieurs sources de données ont été mobilisées pour caractériser l'agriculture et l'irrigation gardoises, puis envisager leurs évolutions possibles :

- Les données des recensements généraux agricoles (RGA), réalisés tous les 10 ans par le ministère en charge de l'agriculture.

Il est à noter que ces données sont à considérer avec précaution, notamment en raison du secret statistique qui les entoure et de leur valeur déclarative. En particulier, les données concernant les cultures légumières peuvent être souvent biaisées : du fait de la non-éligibilité de celles-ci aux aides de la PAC, elles ne font pas l'objet d'obligation légale de déclaration des surfaces, d'où la difficulté de les connaître avec précision. De plus, les superficies sont attribuées à une unité géographique en fonction de la localisation du siège d'exploitation et non de la localisation physique des parcelles, ce qui ne permet pas une vision fine de la répartition des surfaces. Concernant l'irrigation, les surfaces et les volumes indiqués sont réputés peu fiables, notamment pour la vigne (campagne 2009-2010 pluvieuse, tendance à la sous-déclaration). Enfin, le dernier RGA a été réalisé en 2010 et les données disponibles sont donc anciennes. L'évolution des catégories de cultures, les échelles de travail et le secret statistique rendent également difficiles les comparaisons entre RGA.

- Les données de la statistique agricole annuelle (SAA), établie par les services statistiques des Directions Régionales de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF). Il s'agit d'une opération de synthèse annuelle à l'échelon des départements présentant les productions des exploitations agricoles depuis 1989.

¹⁹ Source : Memento irrigation BRL (2019)



- Les données du Registre parcellaire graphique (RPG), base de données géographiques servant de référence à l'instruction des aides de la politique agricole commune (PAC).
Le RPG propose une géolocalisation des parcelles agricoles munies de leur culture principale. Ces données sont produites par l'agence de services et de paiement (ASP) depuis 2007. REMARQUE : doublon. De la même manière que pour le RGA, ces données sont basées sur du déclaratif et ne sont donc pas nécessairement exhaustives. Elles apparaissent relativement fiables pour la vigne, les céréales, l'élevage et dans une certaine mesure pour le maraîchage d'après la Chambre d'agriculture du Gard. La dernière année disponible est l'année 2017. Les RPG récents ne fournissent pas d'information sur les surfaces irriguées (intentions d'irrigation des exploitants synthétisées jusqu'en 2009).
- Des documents de synthèse concernant l'Occitanie, le Gard ou des sous-territoires : chapitres « irrigation » des EVP, études agricoles locales portées par la chambre d'agriculture du Gard, études de l'Association des irrigants des régions méditerranéennes françaises (AIRMF), mémentos de la DRAAF Occitanie...
- Des échanges avec des acteurs locaux de l'agriculture : Chambres d'agriculture du Gard et d'Occitanie, DRAAF Occitanie, BRL et BRLexploitation, coopérative Origine Cévennes, quelques caves...

N.B. : une étude « agriculture et changement climatique » est en cours sur le territoire (2019-2020), portée par la Chambre d'agriculture du Gard et financée par l'Agence de l'Eau RMC. Cette étude vise à identifier les impacts sur les filières du changement climatique à l'horizon 2050. Les premiers résultats sont attendus pour la fin de l'année 2019 et n'ont donc pu être mobilisés dans le cadre de ce diagnostic.

4.2.1 L'agriculture du Gard au sein de la région Occitanie

L'AGRICULTURE, PILIER DE L'ÉCONOMIE RÉGIONALE

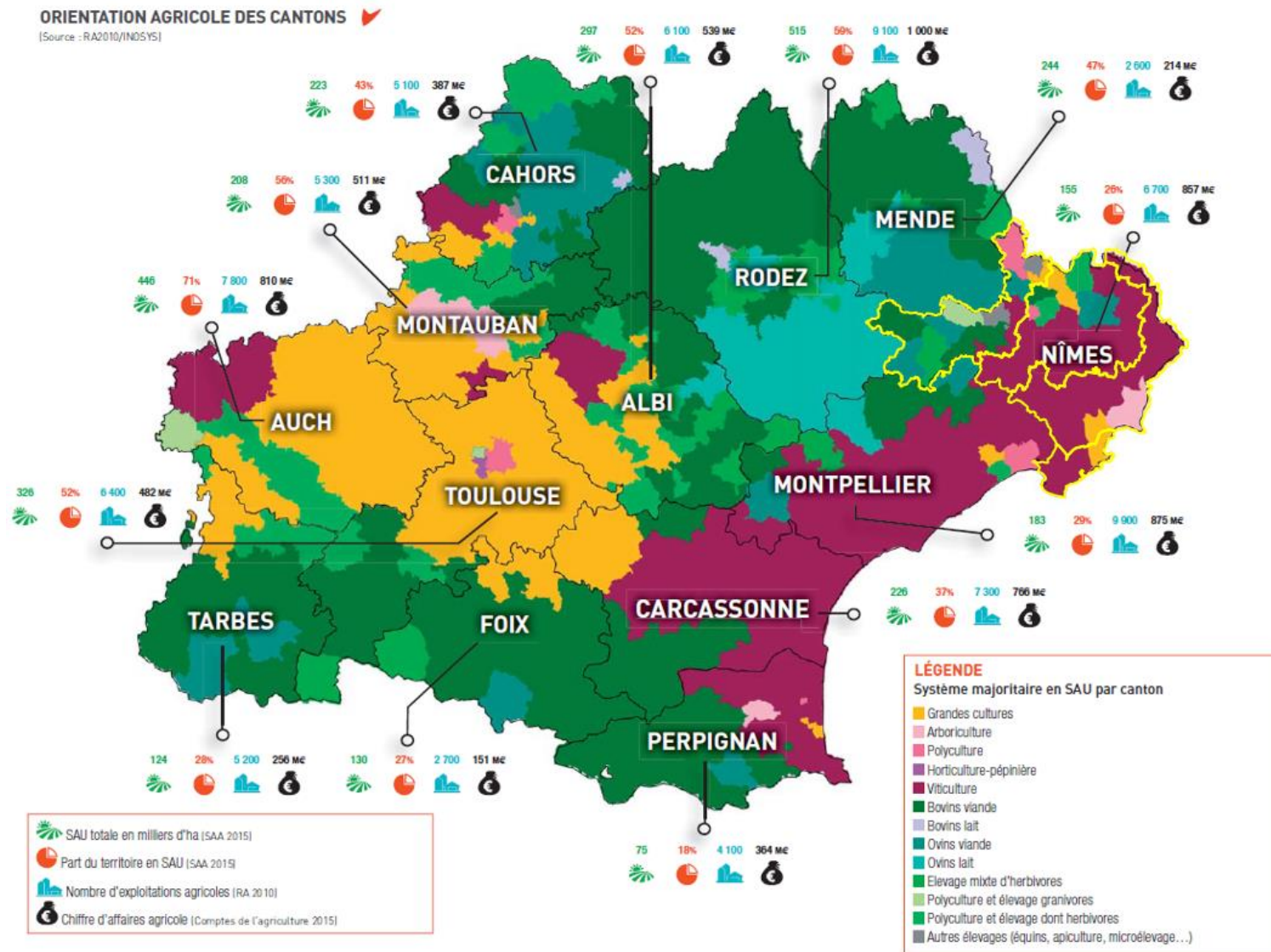
Avec plus de 3 millions d'hectares de surface agricole utile (SAU), l'Occitanie se positionne au deuxième rang des régions en matière d'agriculture. L'agriculture est le premier secteur économique régional, avec près de 7 milliards d'euros de chiffre d'affaire (9 % du total de la France).

Les cultures prédominantes régionales (cf. figure suivante) sont :

- Les surfaces toujours en herbe (STH) et les cultures fourragères, situées majoritairement le long des Pyrénées et dans la partie amont du territoire, qui représentent respectivement environ 30 et 20 % de la SAU ;
- Les céréales, qui sont l'orientation majoritaire des cantons de l'ouest du territoire, avec un peu moins de 30 % de la SAU ;
- La vigne, située majoritairement le long du littoral méditerranéen, qui représente un peu moins de 10 % de la SAU régionale, mais plus du tiers du vignoble français (premier vignoble national).



Figure 120 : Panorama des orientations agricoles des cantons d'Occitanie



Source : Agriscopie Occitanie (2017), d'après le RGA 2010



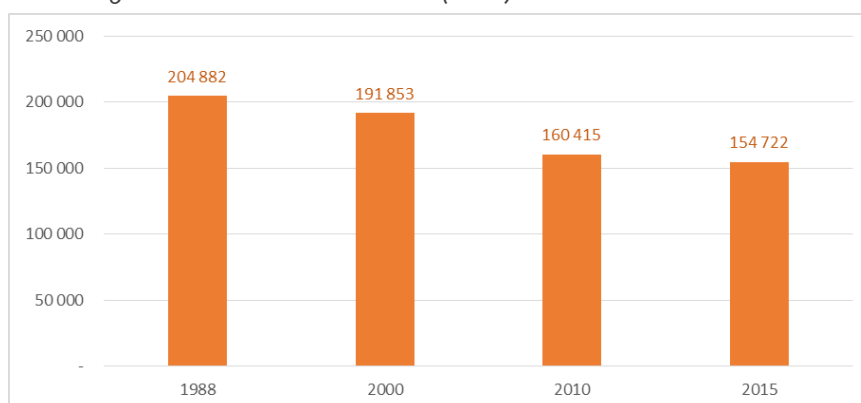
La Région Occitanie a fait de l'alimentation « la grande cause régionale » pour 2018 et 2019. Une concertation citoyenne, à laquelle plus de 100 000 personnes ont participé, a ainsi été lancée en 2018. Cette mobilisation s'est traduite par le Pacte régional pour une alimentation durable en Occitanie, adopté par les élus régionaux le 20 décembre 2018. Il met notamment l'accent sur le développement de l'alimentation locale et de proximité ainsi que sur l'accompagnement d'une agriculture plus durable. En lien avec les ressources en eau, on retiendra notamment l'extrait suivant : « Que ce soit à travers le développement de l'agro-écologie, de l'agriculture biologique, de conservation, ou de précision, la Région Occitanie favorisera des stratégies et des techniques favorisant en particulier des économies d'eau (lutte antiérosive, développement des réserves en eau, sélection de variétés plus résistantes à la sécheresse, modes d'élevage adaptés, ...), [...] » (Région Occitanie, 2018).

L'AGRICULTURE DU GARD, DE LA VIGNE AUX OIGNONS DOUX EN PASSANT PAR LES PRAIRIES

Le Recensement général agricole (RGA) de 2010 évalue la superficie agricole utile (SAU) du Gard à près de 160 500 ha, soit 27 % de la surface totale départementale. La SAU est en régression depuis le RGA de 1979, avec une baisse annuelle moyenne allant de 0,5 % entre 1988 et 2000, à 1,6 % entre 2000 et 2010 (- 22 % sur l'ensemble de la période).

En 2015, la statistique agricole annuelle fait état d'une SAU d'environ 155 000 ha²⁰ et de 5 500 exploitations agricoles. Le secteur dégage près de 860 millions d'euros de chiffre d'affaires (12 % de la valeur Occitanie).

Figure 121 : Évolution de la SAU (en ha) du Gard de 1988 à 2015



Source : RGA (1988, 2000, 2010), SAA (2015)

Les cultures principales du Gard (cf. cartes suivantes – localisation des surfaces par cultures d'après les données RPG 2017) sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 31 : Principales cultures du Gard

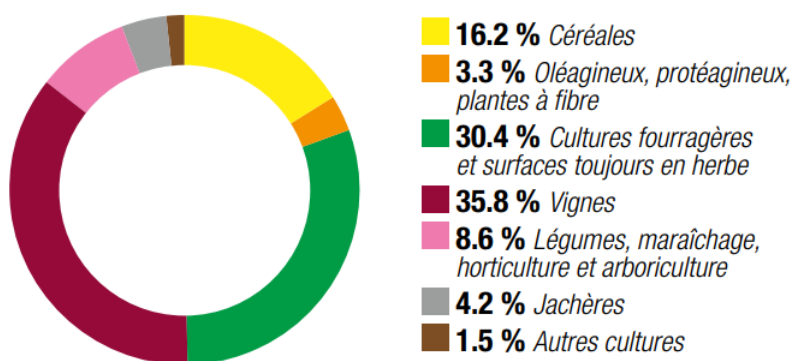
CULTURES	SURFACES	ZONES CONCERNÉES
Vigne	47 000 ha (environ 1/3 de la SAU)	Présence sur la quasi-totalité du territoire hormis dans la zone Cévennes
Cultures fourragères et surfaces toujours en herbe	60 000 ha	Dont 40 ha d'estives et de landes situées principalement sur les causses
Céréales	30 000 ha dont 3 500 ha de riz, 2 500 ha d'orge et 600 ha de maïs	Les surfaces en céréales sont concentrées en Camargue (riz), sur le territoire des plaines et garrigues (piémonts, Gardonnenque et Uzège) ainsi que dans les Costières
Fruits	7 000 ha	Situés principalement dans la zone Costières mais également dans l'Uzège, sur les piémonts, et sur la bordure rhodanienne à l'est.
Légumes	3 000 ha	

Source : RPG 2017

²⁰ Le RPG 2017 recense près de 140 000 ha soit 7 % de moins.



Figure 122 : Répartition par culture de la SAU du Gard 2015



Source : SAA (2015)

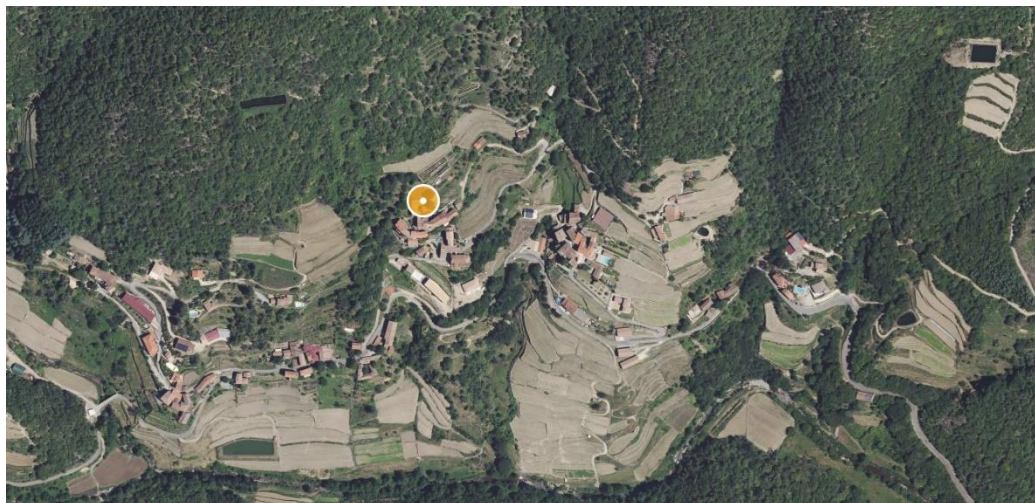
L'oignon doux des Cévennes : de petites surfaces mais un rôle majeur dans l'économie locale

L'oignon doux, production phare du sud des Cévennes, concerne une cinquantaine d'hectares situés principalement dans la Haute vallée de l'Hérault. Il est cultivé sur plus de 2 000 terrasses (400 m² en moyenne). En raison des contraintes liées à la topographie et à la taille des parcelles, le travail est principalement manuel (faible mécanisation).

Il fait l'objet d'une appellation d'origine contrôlée (AOC) depuis 2003 et d'une appellation d'origine protégée (AOP) depuis 2008. Cette reconnaissance participe à la valeur ajoutée importante de ce produit : 1 personne vit avec 1 ha d'oignons doux (7 000 m² minimum), une famille avec 1,5-2 ha. Le chiffre d'affaire de la coopérative Origine Cévennes, qui rassemble une centaine d'adhérents et regroupe 90 % des producteurs d'oignons doux des Cévennes, atteint 7 millions d'euros (2 500 tonnes d'oignons doux et autres productions locales : pommes, châtaignes, pommes de terre). Au regard de la faible démographie locale, cette production revêt une importance particulière dans le maintien du dynamisme rural.

Seul oignon cultivé en terrasse, l'oignon doux des Cévennes contribue également au maintien de ce patrimoine marqueur de l'histoire et du paysage des Cévennes. Les besoins d'irrigation atteignent entre 3 500 et 4 000 m³/ha à la saison (de mai à juillet) (Coopérative Origine Cévennes, 2019).

Figure 123 : La vallée de Taleyrac, ses terrasses d'oignons doux et ses bassins de stockage (une douzaine d'hectares)

Source : <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>



Le cheptel du Gard représente en 2019 environ 15 000 bovins, 45 000 ovins (majoritairement viande) et 8 500 caprins (majoritairement lait). Les élevages bovins sont situés pour la plupart en Camargue tandis que les caprins se retrouvent principalement dans les Cévennes. Les ovins sont nombreux à l'Ouest des Cévennes (dont Causses) et le sud du territoire (Camargue et ceinture rhodanienne).

Le Gard contribue fortement à la production agricole de la Région Occitanie, en particulier pour les produits suivants selon les données de la SAA 2015 :

- Abricot (62 % de la production régionale en 2015) ;
- Poires de table (79 %) ;
- Courgettes (75 %) ;
- Riz (95 %), avec l'AOP riz de Camargue.
- En ce qui concerne la production vinicole, le Gard produit plus du quart des vins AOP régionaux et un peu moins en ce qui concerne les vins IGP (20 %) et sans IG (15 %).

Parmi les productions animales phares, on peut citer le taureau de Camargue AOP et le pélardon AOP (fromage de chèvre).

L'agriculture dans le Gard c'est aussi 4 % des emplois et 5 000 exploitations agricoles professionnelles avec de nombreux emplois saisonniers du fait d'une agriculture fortement employeuse de main-d'œuvre notamment l'été pour la récolte des fruits (melons, pêches...) (autant de salariés saisonniers que de salariés permanents) (Chambres d'agriculture d'Occitanie, 2017).

Les cartes suivantes présentent la répartition géographique des différentes cultures d'après le RPG 2017.

N.B. : Il faut souligner, en ce qui concerne la culture de l'oignon doux, que peu de producteurs (vu leur faible surface) font une déclaration PAC et figurent donc au RPG. Seuls ceux qui ont également des vergers de pomme ou châtaigniers en font une.

Figure 124 : Surface agricole du Gard

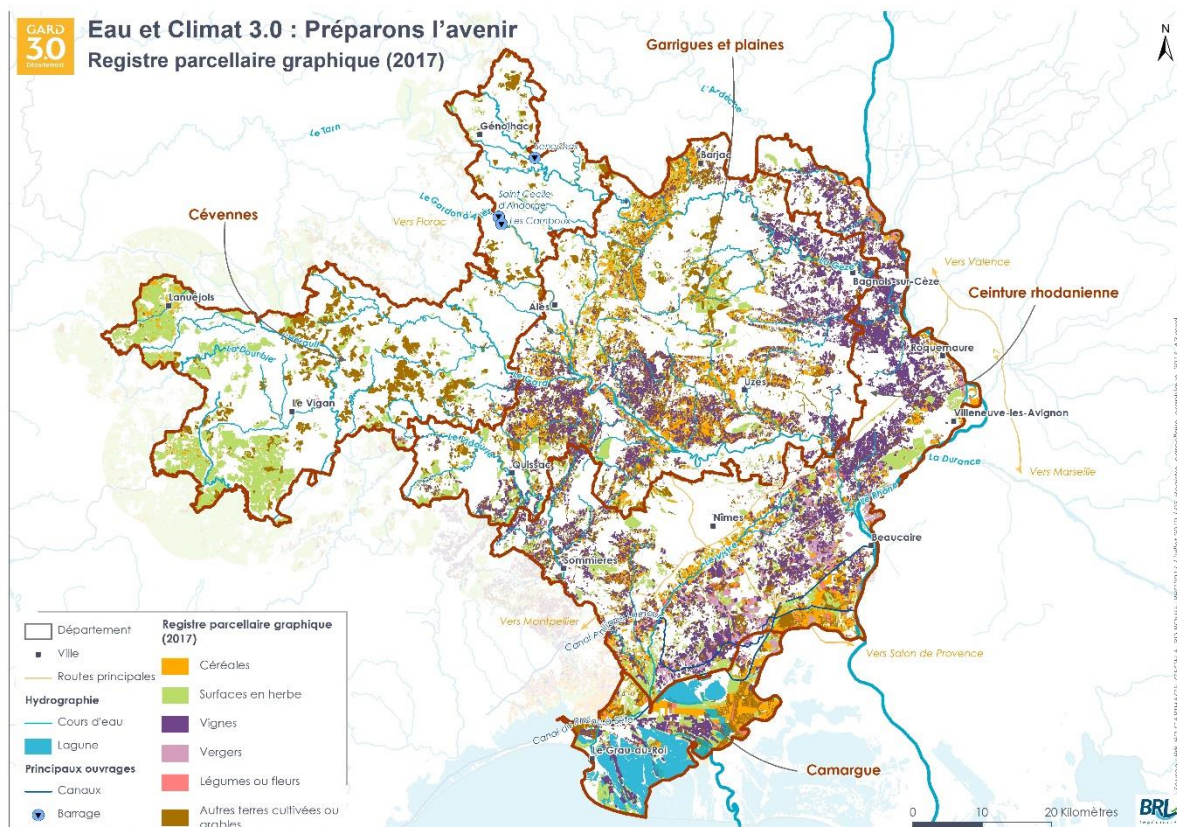




Figure 125 : Surfaces en vigne du Gard

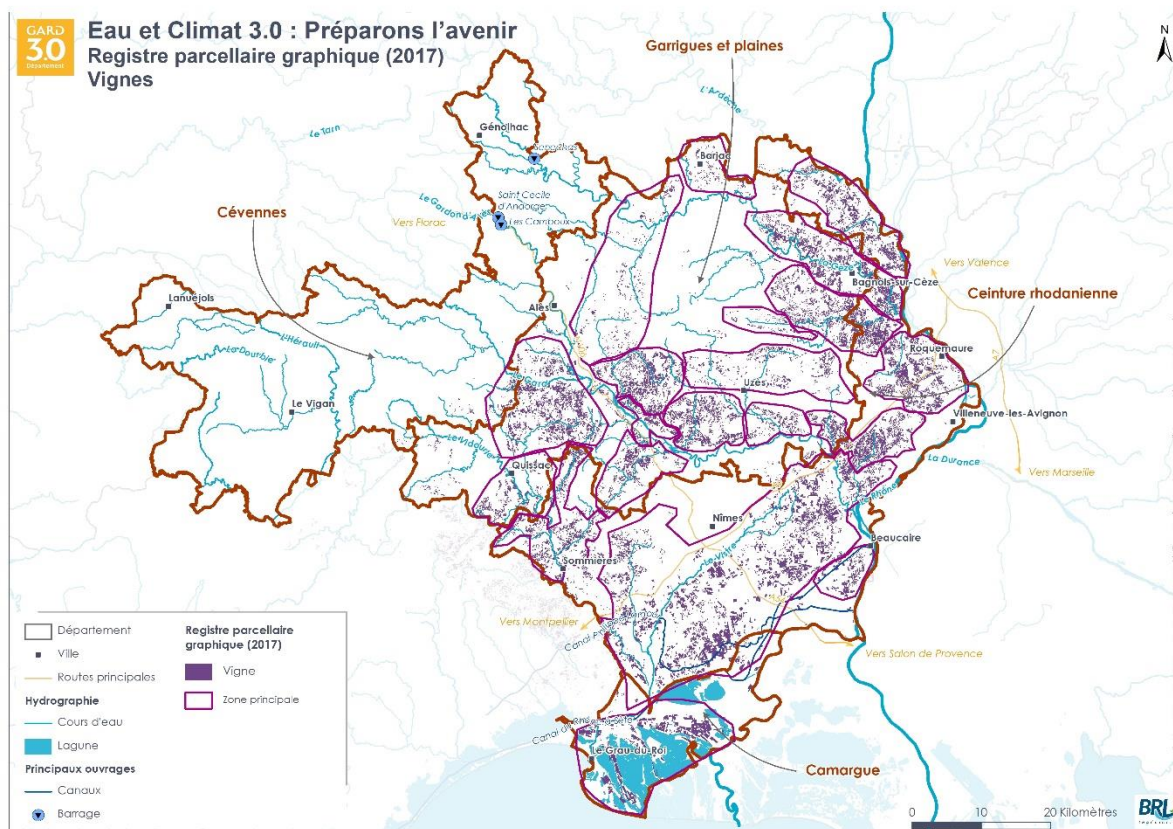


Figure 126 : Surfaces en vergers et légumes du Gard

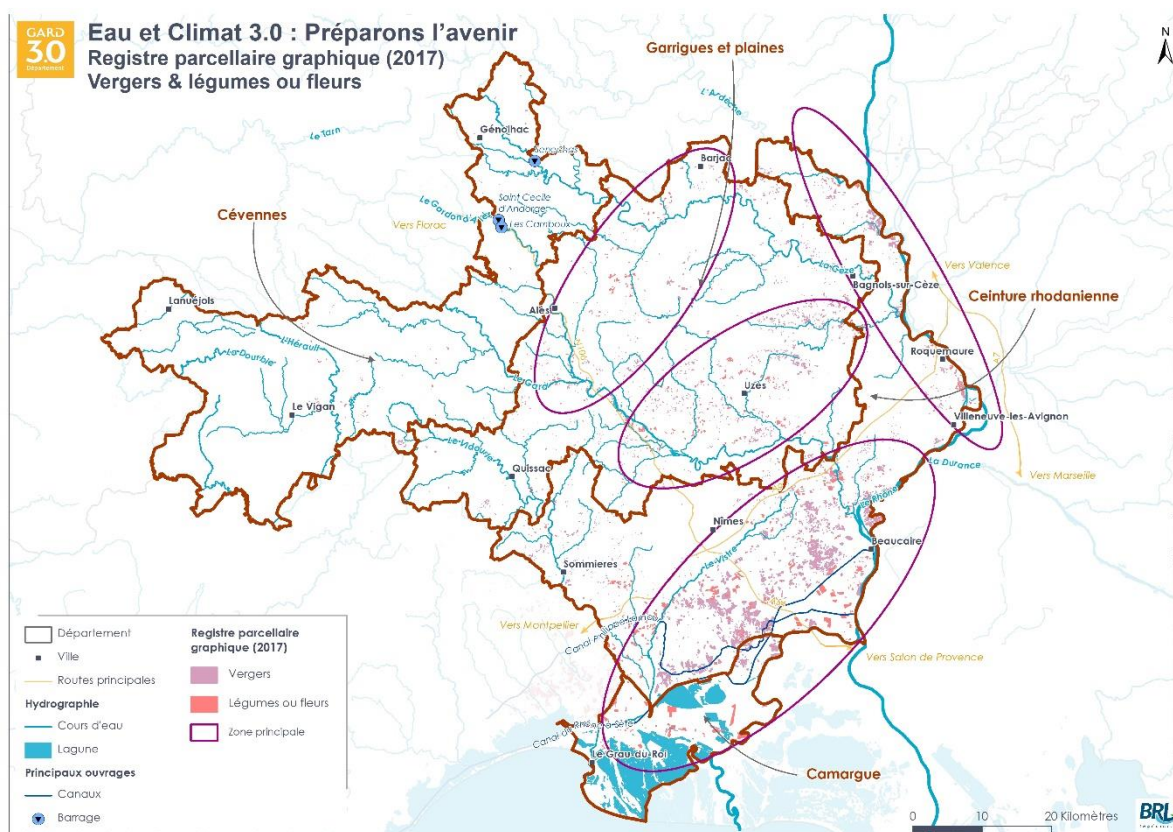




Figure 127 : Surfaces en céréales du Gard

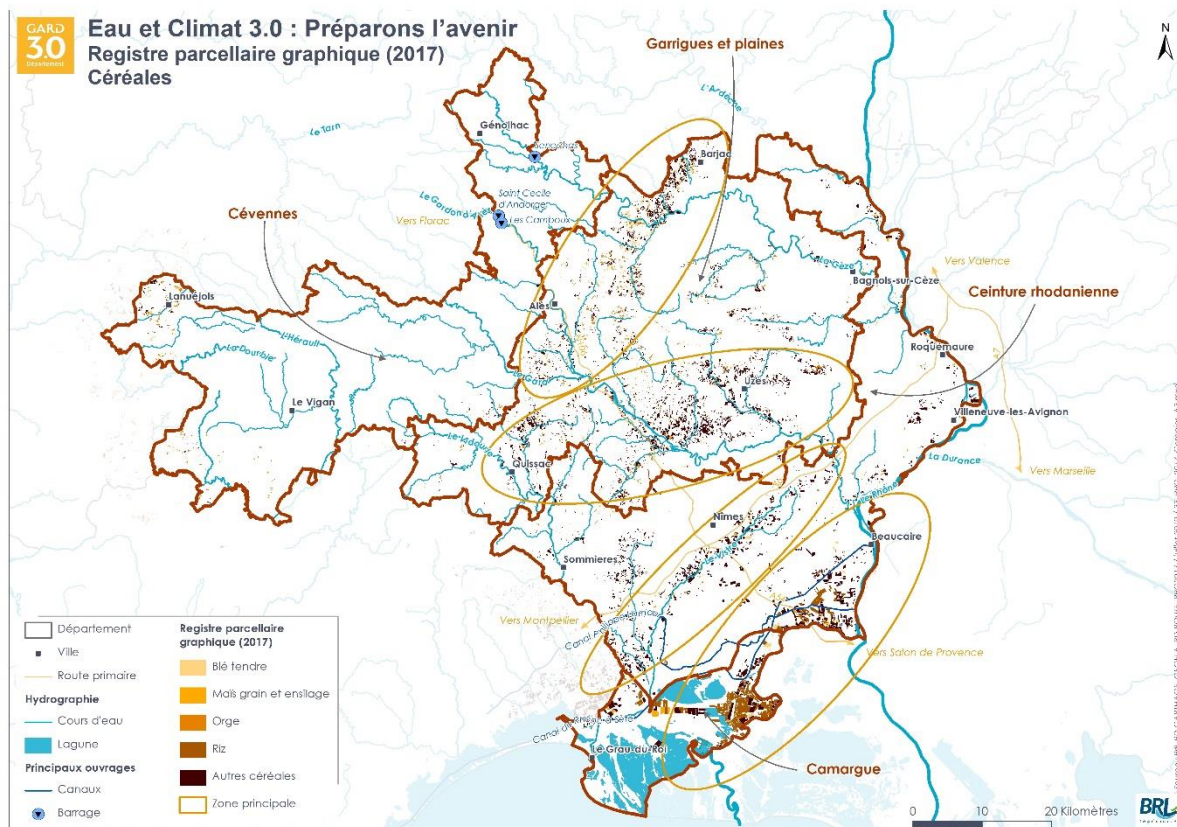


Figure 128 : Surfaces en herbe du Gard

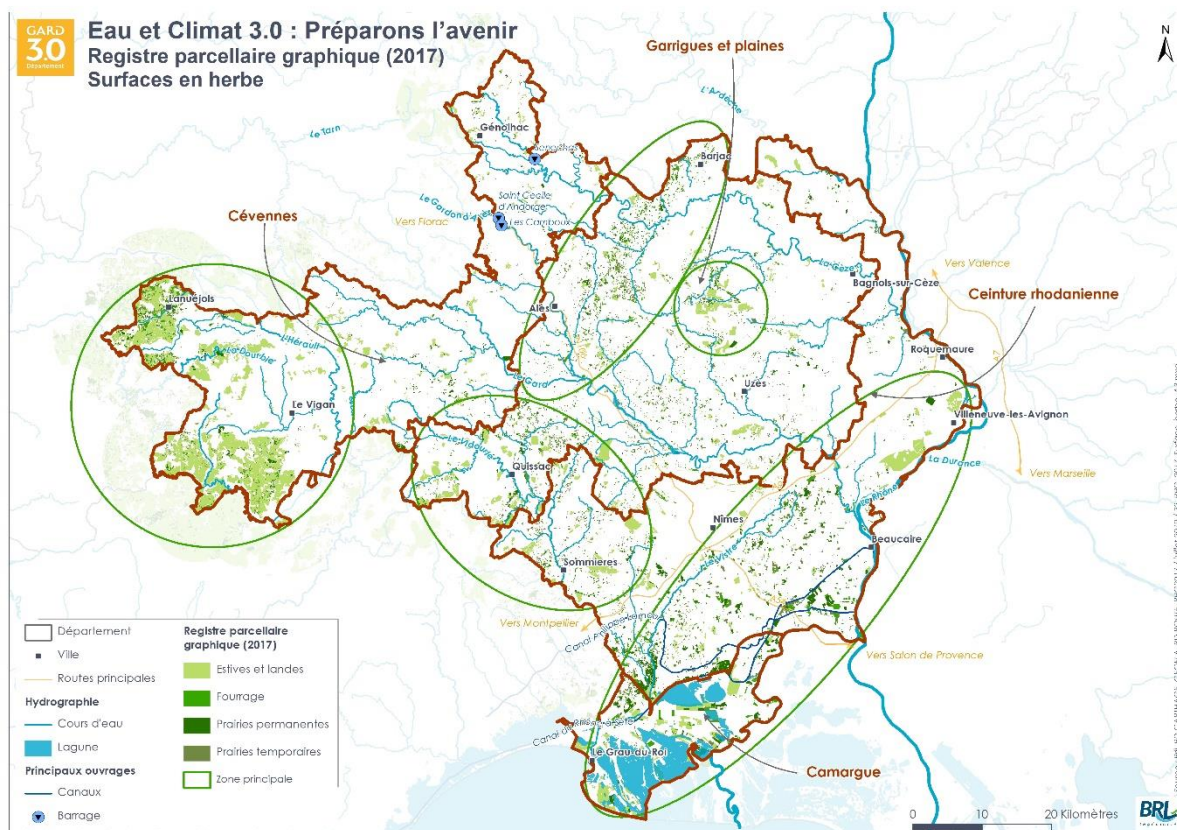
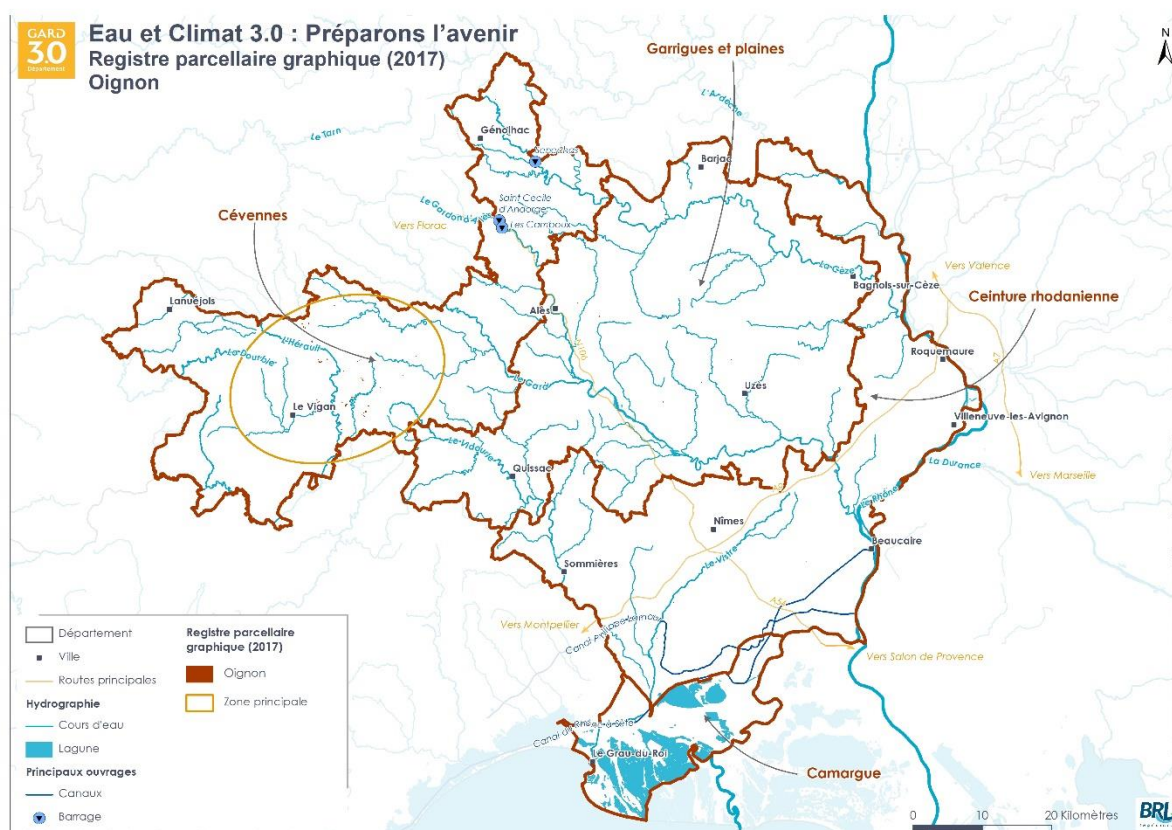




Figure 129 : Surfaces en oignon du Gard



4.2.2 Rétrospective sur l'évolution de l'usage irrigation en Méditerranée et dans le Gard

L'Association des Irrigants des Régions Méditerranéennes Françaises (AIRMF) a réalisé récemment une étude sur le poids socio-économique de l'irrigation sur le bassin méditerranéen français (AIRMF, 2017). Ce rapport propose une rétrospective de l'irrigation sur la zone, dont nous retraduisons ici quelques points clés.

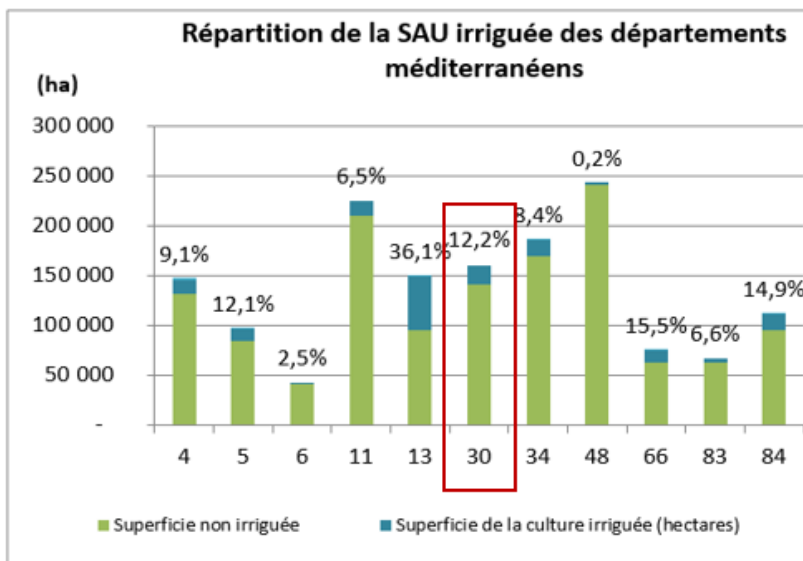
D'après les données des RGA, la part des surfaces cultivées irriguées est de 11 % en 2000 et en 2010 sur le bassin méditerranéen français. Cette part, plus élevée que la moyenne nationale de 6 %, traduit une augmentation de l'irrigation puisque la SAU décroît sur la même période (cf. figures suivantes). Les écarts sont importants entre départements, de 0 % en Lozère à 36 % dans les Bouches du Rhône en 2010.

Cette augmentation de la part de la SAU irriguée entre 2000 et 2010 est portée principalement par la vigne, tandis que les surfaces irriguées en vergers, maraîchage, blé et fourrage diminuent sur la même période. La part des vignes irriguées a par exemple doublé dans l'ex-région Languedoc-Roussillon (+ 9 600 ha) en 10 ans. En 2010, la vigne représente un tiers des surfaces irriguées de l'ex-région Languedoc-Roussillon avec 19 600 ha (les vergers un quart et les légumes 15 %).

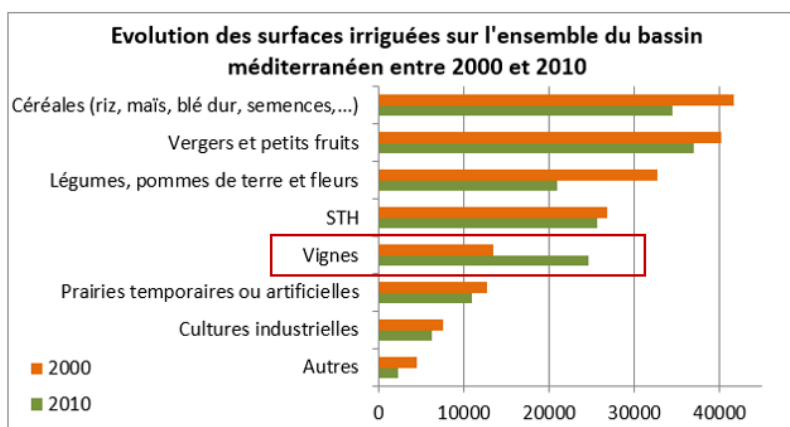
Depuis 2010, bien qu'il n'existe pas de chiffres précis sur l'évolution des surfaces irriguées, on observe une poursuite de la tendance croissante de l'irrigation de la vigne en Occitanie. Les extensions du RHR réalisées entre 2014 et 2016 à l'échelle régionale, qui représentent 3 600 ha concernent à plus de 90 % des surfaces en vigne. L'étude AIRMF 2017 conduit à estimer les surfaces irriguées en 2017 dans l'ex-région Languedoc-Roussillon à 32 700 ha (+67 % par rapport à 2010).



Figure 130 : Part de l'irrigation dans les départements méditerranéens en 2010 et évolution 2000-2010 sur le bassin



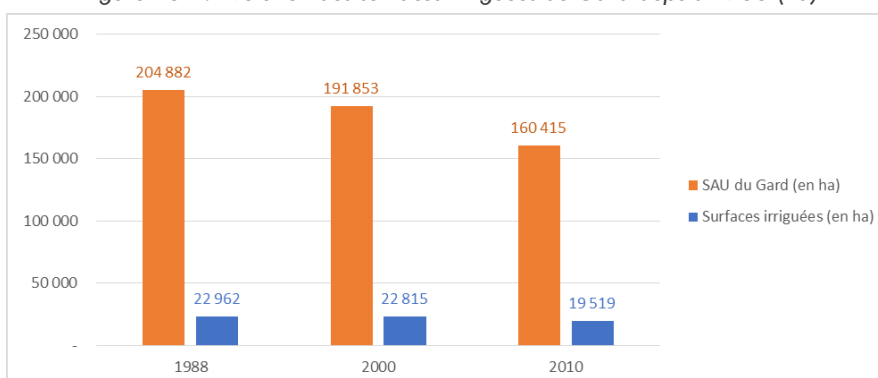
Légende : numéros de département en abscisses



Source : AIRMF (2017)

Dans le Gard, environ 19 500 ha sont irrigués en 2010 d'après le RGA. Ceci représente 12 % de la SAU, du même ordre que la moyenne du bassin méditerranéen. Comme la SAU, les surfaces irriguées ont connu une baisse progressive entre 1979 et 2010, passant de 24 490 à 19 519 ha. **Le poids des surfaces irriguées dans la SAU apparaît lui relativement constant, autour de 11-12 % sur les 3 RGA de 1988 à 2010.** Une légère reprise est observée depuis les années 1990, alors que le taux d'irrigation régressait sur la période 1970-1990. **Les surfaces irriguées sont majoritairement situées dans les zones desservies par le RHR** (territoire « Ceinture rhodanienne »), et en particulier sur le secteur des Costières.

Figure 131 : Évolution des surfaces irriguées du Gard depuis 1988 (ha)



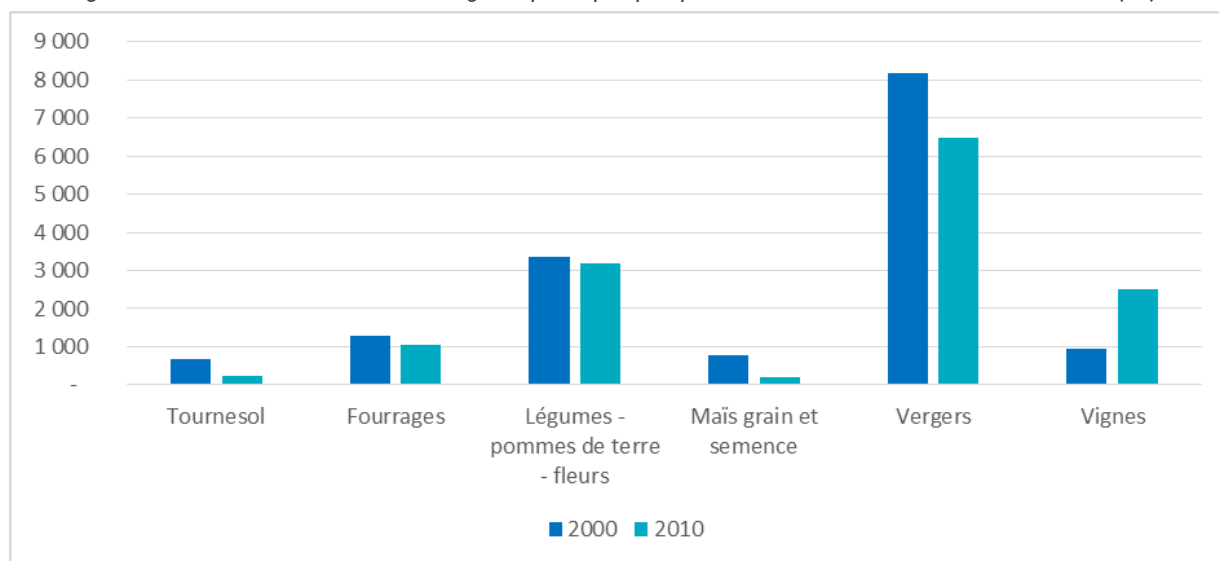
Source : RGA 1988, 2000 et 2010



Si l'on descend à l'échelle des cultures, aux incertitudes de chiffres près (cf. tête de chapitre), on observe des évolutions contrastées en matière d'irrigation entre 2000 et 2010 :

- L'irrigation de la vigne a plus que doublé, en lien avec la crise du secteur viticole, la succession d'années sèches et l'évolution de la réglementation en 2006, avec autorisation officielle d'arroser la vigne jusqu'au 15 août.
- Les surfaces en vergers irrigués ont diminué en lien avec la crise du secteur dans les années 1990-2000 (irrigation de 100 % des surfaces).
- Les surfaces en maïs grain et semences irriguées ont baissé en lien avec l'évolution des surfaces (irrigation à 100 %), fluctuantes selon la conjoncture (cultures sous contrats).

Figure 133 : Evolution des surfaces irriguées pour quelques productions du Gard entre 2000 et 2010 (ha)



Source : RGA 2000 et 2010 (traitements BRLi)

Entre 2011 et 2016, 1000 ha ont été équipés de nouveaux réseaux dans le cadre du RHR (dont 500 ha sur l'extension Nord-Sommiérois).



4.2.3 L'irrigation dans le Gard aujourd'hui : une estimation difficile des surfaces et des volumes concernés

4.2.3.1 Approche retenue pour caractériser l'irrigation actuelle dans le Gard

Le présent diagnostic a été confronté à un déficit de connaissance des surfaces irriguées actuellement et des volumes concernés dans le Gard. La seule source de données localisées, homogènes et disponibles à l'échelle du Département sur ce sujet est le dernier RGA, qui date de 2010 et présente les lacunes mentionnées en tête de chapitre. Quelques études basées sur du déclaratif (enquêtes) ont été réalisées par la Chambre d'agriculture du Gard dans les dernières années, mais elles se concentrent sur de petits périmètres (secteurs Tave, Cèze, Vidourle, Gardonnenque et Gardon d'Anduze). Les données issues d'un projet de recherche en cours mobilisant la télédétection spatiale pour identifier les parcelles irriguées en croisant le taux d'humidité des sols et leur occupation (Pôle Théia - Irstea et CESBIO) ont été étudiées. Cette approche apparaît prometteuse mais des calages sont encore nécessaires, les résultats ne permettant pas à l'heure actuelle de la mobiliser dans le cadre du diagnostic.

Dans ce contexte, la méthode développée a consisté à travailler à partir des données du RPG 2017 (localisation des parcelles par culture), en mobilisant l'expertise agricole locale (Chambres d'agriculture Occitanie et Gard, DRAAF Occitanie et BRL et BRLexploitation en tant que concessionnaire et exploitant du RHR) ainsi que les données disponibles sur les surfaces irriguées par les ASA.

Pour les cultures historiquement irriguées, les échanges ont conduit à considérer que :

- L'intégralité des vergers et des surfaces en maraîchage sont irrigués ;
- L'ensemble des cultures semences (maïs principalement, sur le bassin de la Cèze) sont irriguées, la production sous-contrat nécessitant de s'assurer de pouvoir mener l'irrigation jusqu'au terme de la campagne pour maximiser les rendements ;
- Le riz est irrigué à 100 %.

En ce qui concerne les cultures non historiquement irriguées, les méthodes et hypothèses ont été développées de manière partagée avec les acteurs évoqués :

- Vignes (4 % des surfaces irriguées d'après le RGA 2010) : des échanges avec BRL et BRLexploitation ont permis d'estimer les surfaces irriguées à partir du RHR (cf. encart ci-dessous), localisées sous SIG à partir du RPG 2017 et d'une bande tampon de 150m autour du RHR. Quelques surfaces en vigne irriguée complémentaires ont été identifiées sous SIG également à partir d'informations contenues dans les EVP et d'autres études concernant les canaux du Gard (surfaces irriguées par les ASA ; cf. sous-chapitre 3.2).
- L'olivier, pour les cultures professionnelles (faibles surfaces), est considéré irrigué à 100 % (intégré aux vergers dans le RPG).
- Les céréales hors riz (1 % des surfaces irriguées d'après le RGA 2010) : les surfaces en céréales apparaissent presque divisées par 2 entre le RGA 2010, et le RPG et la SAA 2017 (évolution fortement liée aux aides européennes). Ces cultures restent a priori très peu irriguées dans le Gard car l'irrigation apparaît peu rentable : le taux d'irrigation a ainsi été estimé à 5 %.
- Les fourrages et surfaces toujours en herbe (3 % des surfaces irriguées d'après le RGA 2010) : de la même manière, l'ordre de grandeur a été maintenu en considérant 5 % des surfaces irriguées.



Estimation des surfaces irriguées : le cas de la vigne

L'irrigation de la vigne est une pratique qui se développe depuis les années 2000 et se renforce récemment dans le Gard suite à des sécheresses majeures comme celle de 2017. Les données localisées sur les surfaces concernées étant anciennes (RGA 2010) et jugées peu fiables (CA30, CRAO Occitanie, BRL-BRLé), une approche spécifique a été mise en place dans le cadre du présent diagnostic pour actualiser les estimations des surfaces irriguées en vigne.

Estimation des surfaces en vigne irriguées par le RHR (BRLExploitation)

L'estimation par BRLExploitation des surfaces « irriguées » par le RHR se base sur le croisement, pour chaque casier²¹ du réseau, des débits souscrits, des cultures en place lors de la souscription ou des révisions de contrats, et des besoins théorique des cultures en eau (cf. memento agricole).

Cette approche conduit à estimer qu'environ 18 000 hectares peuvent être irrigués aujourd'hui à partir du RHR dans le Gard, dont 8 000 hectares de vignes (soit 45 % en surface des cultures irriguées avec le RHR ; débit moyen considéré pour la vigne : 1 m³/h/ha).

BRLExploitation souligne que cette méthode permet d'approcher les surfaces concernées mais présente plusieurs sources d'incertitude :

- La méthode s'appuie sur les déclarations de cultures effectuées lors de la souscription : le type de culture peut avoir changé depuis sans révision de contrat. Les demandes d'irrigation étant plutôt récentes pour la vigne, les demandes pour la vigne seule (celles qui ont été considérées pour les chiffres présentés dans le tableau ci-après) peuvent être considérées justes. Des surfaces déclarées en d'autres cultures pourraient cependant être aujourd'hui de la vigne.
- Les calculs sont effectués avec un débit moyen identique à l'échelle du Gard alors que les situations peuvent être très diverses pour la vigne (plus que pour les autres cultures). Ceci peut conduire à minimiser/maximiser les surfaces en vigne selon les zones.

ZONE (ENSEMBLE DE CASIERS)	SURFACE EN VIGNE IRRIGUÉE ESTIMÉE (HA)
Costières	4 000
Camargue	800
Vaufrage	400
Nord-Sommiérois	1 500
Vidourle	550
Gardonnenque	400
Vallée du Rhône	350
TOTAL	8 000

Estimation des surfaces en vigne irriguées par le RHR (BRLEngénierie)

Une autre méthode a été testée par BRLEngénierie en lien avec BRLExploitation dans le cadre de ce diagnostic, en s'appuyant sur les données géolocalisées du RPG 2017.

Les surfaces en vignes ont été croisées sous SIG avec le périmètre « irrigable » à partir du RHR, en considérant que celui-ci est de l'ordre de 150 m autour du réseau (bande tampon).

²¹ Casier : ensemble de secteurs alimentés par une même ressource ou une même station de pompage (logique hydraulique)



Les surfaces de vignes concernées représentent avec cette méthode 9 579 ha répartis de la manière suivante selon les zones du RHR, la majorité étant concentrée dans la zone Costière (qui ne correspond pas exactement au périmètre des casiers BRLe) :

ZONE	SURFACE EN VIGNE RPG 2017 (HA)	HYPOTHÈSE : SURFACE RPG ARRONDIE (3/4 POUR LA ZONE COSTIÈRE)	RESSOURCE MOBILISÉE
Camargue	848	900	Rhône
Costière	7 017	5 000	Rhône ou Vistrenque
Gardon (nappe)	73	100	Nappe du Gardon
Gardonnenque	282	300	Karst Urgonien
Nord Sommiérois	1 138	1 100	Rhône
Pont-Saint-Esprit	221	200	Ardèche et Rhône
TOTAL	9 579	7 600	

BRL exploitation souligne que cette méthode permet d'approcher les surfaces concernées mais présente deux sources d'incertitude principale :

- Le RPG, lié aux demandes d'aides européennes ne permet pas d'identifier l'ensemble des surfaces en vigne du Gard (47 500 ha dans le RPG 2017 soit environ 20 % de moins que les 55 000 ha de vigne estimés aujourd'hui).
- Toutes les surfaces en vigne situées dans le périmètre « irrigable » du RHR ne sont pas nécessairement effectivement irriguées, Dans le secteur Costière par exemple, les surfaces en vigne situées sur le secteur de la Vistrenque peuvent ne pas nécessiter d'irrigation (sols profonds et nappe proche).

Afin de tenir compte de ces éléments, nous proposons une estimation de l'irrigation par secteur équivalente aux surfaces RPG concernées, sauf pour la zone Costière pour laquelle nous considérons que $\frac{3}{4}$ des surfaces RPG sont irriguées.

Estimation des surfaces en vigne irriguées par les ASA

A partir de la bibliographie disponible (EVP, PGRE et autres études récentes), les surfaces irriguées par les principales ASA du territoire ont pu être approchées et sont recensées dans le tableau suivant :

ASA	SURFACE EN VIGNE IRRIGUÉE (HA)	RESSOURCE MOBILISÉE
Saint-Jean de Maruejols	134	Moyenne Cèze
Potelières	42	Cèze
Boucoiran	43	Gardon
Beaucaire	<i>1975 ha irrigués en 2013, part vigne non connue mais minoritaire, estimée à 100 ha</i>	Nappe alluviale du Gardon, autres aquifères ou Rhône (par le RHR) : substitution de la ressource Gardon initialement mobilisée
TOTAL	316	

Source : PGRE Cèze (2018), SCP (2013), ENTECH (2017), BRli (2016), arrêté préfectoral du 17 mai 2018, (CA 30, Etude sur les besoins en eau d'irrigation agricole en Gardonnenque, 2014), BRli (2013)



Estimation des surfaces en vigne irriguées de manière individuelle

Les prélèvements individuels (forages, pompages sur cours d'eau, puits, etc.) sont très peu connus à l'échelle du Gard. Des études locales portées par la Chambre d'agriculture du Gard ont permis d'estimer une partie des surfaces concernées sur quelques secteurs.

ZONE	SURFACE EN VIGNE IRRIGUÉE (HA)	RESSOURCE MOBILISÉE
Gardonnenque (2014)	115	Gardon, Droude, karst
Tave (2018)	20	Tave et sa nappe d'accompagnement
Gardon d'Anduze (2019)	30 (enquête) + 7 (estimation d'irrigation « cachée »)	Gardon d'Anduze et sa nappe d'accompagnement
Bassin versant du Vidourle	6 (enquête)	Vidourle et sa nappe d'accompagnement
TOTAL	178	

Source : Etudes sur les besoins en eau d'irrigation agricole (CA 30)

Plusieurs limites sont cependant signalées par la Chambre sur ces études et ces valeurs sont donc à considérer avec précaution :

- Des taux de retours faibles sur certains secteurs (Gardon d'Anduze en particulier) ;
- Des risques de sous-déclaration identifiés, notamment par crainte des contrôles en cas de non-déclaration du prélèvement ;
- Une part d'irrigation cachée difficilement identifiable.

Les prélèvements individuels sont estimés importants sur certaines zones mais méconnus : l'acquisition de connaissance sur ces prélèvements, à travers des études dédiées de plus grande ampleur, apparaît nécessaire pour mieux cerner l'usage l'irrigation.

Pour les besoins de l'étude, on estimera donc que les surfaces en vigne irriguées de manière individuelle représentent entre 200 ha (hypothèse basse) et 1 000 ha (hypothèse haute).

Ainsi, au total, entre 8 000 et 9 000 ha de vigne seraient irrigués en 2017 dans le Gard (soit environ 15 % des surfaces en vigne).



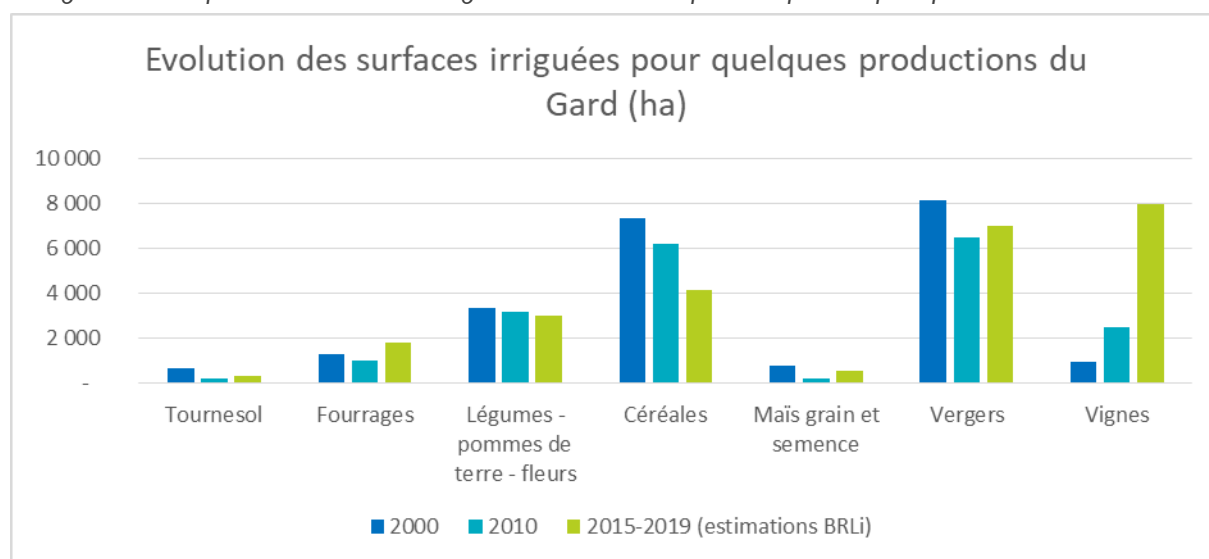
4.2.3.2 Environ 20 % de la SAU gardoise irriguée

VISION D'ENSEMBLE

Entre 25 000 et 30 000 ha apparaissent ainsi « irrigués » dans le Gard soit environ 20 % de la SAU. Ces surfaces sont principalement situées sur le territoire « Ceinture rhodanienne » car irriguées à partir de la ressource Rhône via le RHR.

Le graphique suivant illustre pour les principales cultures concernées le nombre d'hectares irrigués, en les replaçant dans la dynamique des dernières années. Le développement très rapide de l'irrigation de la vigne est en particulier bien visible.

Figure 134 : Répartition des surfaces irriguées dans le Gard aujourd'hui pour les principales cultures concernées



Source : BRLi (2019)

LA VIGNE EST DEVENUE LA PREMIÈRE CULTURE IRRIGUÉE DU GARD EN SURFACE

Parmi les 55 000 hectares de vigne, entre 8 000 et 9 000 ha seraient irrigués aujourd'hui d'après nos estimations (soit environ 15 % de la surface totale en vigne).

- La majorité de ces surfaces irriguées le sont à partir du RHR (entre 7 et 8 000 ha) ;
- Les ASA du Gard contribuent également, bien que dans une faible mesure, à l'irrigation des vignes à partir des ressources superficielles (Gardons, Cèze...), pour environ 300 ha ;
- Les prélèvements individuels très peu connus, sont estimés entre 200 et 1000 ha.

La carte et le tableau suivants proposent, par zone de vigne, une vision des surfaces en vigne du Gard (totales et irriguées d'après nos estimations). Les surfaces irriguées identifiées mais inférieures à 50 ha (cf. sous-chapitre précédent) n'ont pas été comptabilisées. **La part des surfaces en vigne irriguées atteint 40 % sur la zone qui concentre le RHR historique (en orange sur la figure suivante). Elle reste a priori faible sur le reste du territoire.**

N.B. : Une nomenclature a été définie spécifiquement dans le cadre de la présente étude pour désigner les 4 grands secteurs de vigne du territoire (cf. carte et tableau suivant) :

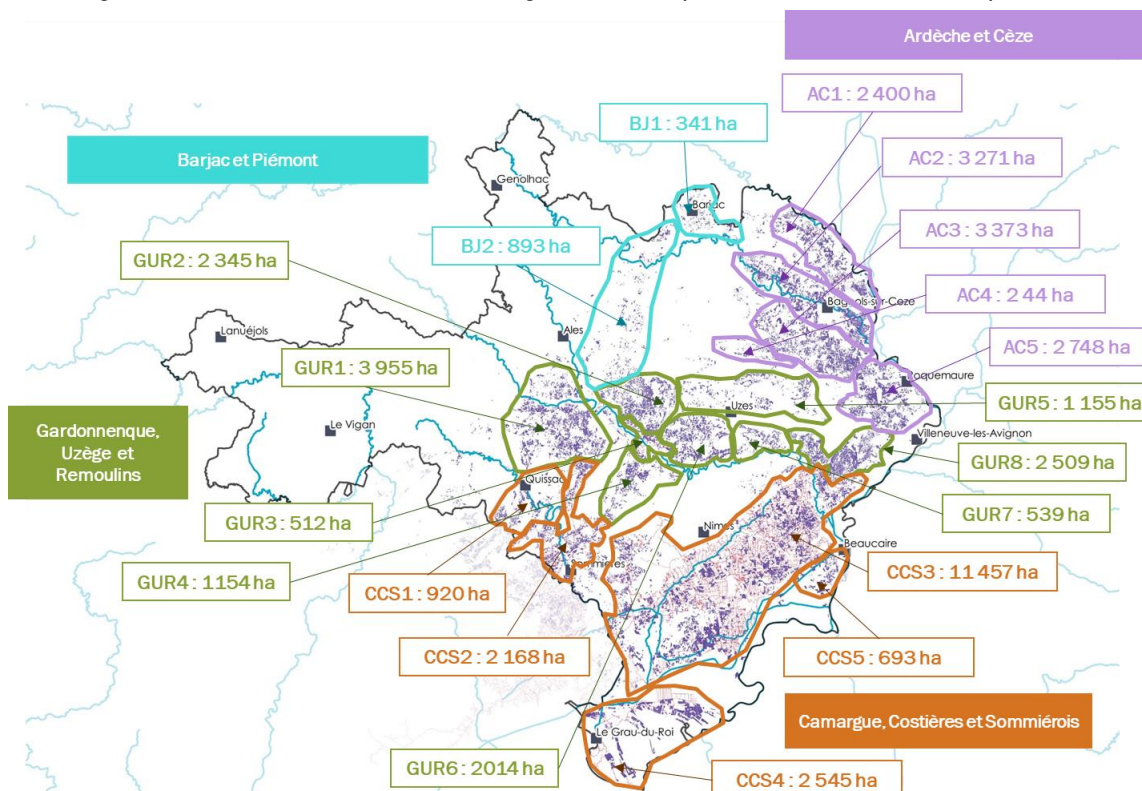
- Ardèche-Cèze (AC, en violet) ;
- Barjac-Piémonts (BJ, en bleu) ;
- Camargue-Costières-Sommiérois ou Zone RHR historique (CCS, en orange) ;
- Gardonnenque-Uzège-Remoulins ou Garrigues (GUR, en vert).



Un peu plus de 2 000 ha du RPG 2017 (environ 5 % des surfaces en vignes) sont situés en dehors de ces 4 zones. Il s'agit de parcelles dispersées qui ne peuvent conduire à définir des secteurs dédiés.

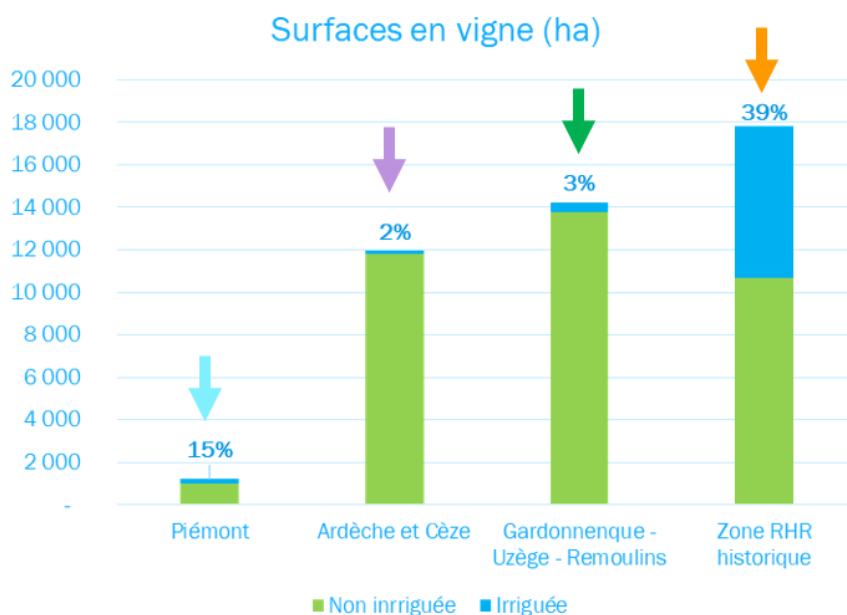
Un tableau complet synthétisant les différentes informations disponibles pour l'ensemble de ces zones de vigne est présenté en annexe.

Figure 135 : Localisation des surfaces en vigne du Gard à partir des données RPG 2017 par zone



Source : RPG 2017, traitement BRLi 2019

Figure 136 : Estimation de la part des surfaces en vignes irriguées sur les 4 périmètres étudiés en 2017



Source : BRLi (2019), à partir des données RPG 2017



Tableau 32 : Estimation des surfaces en vignes irriguées du Gard

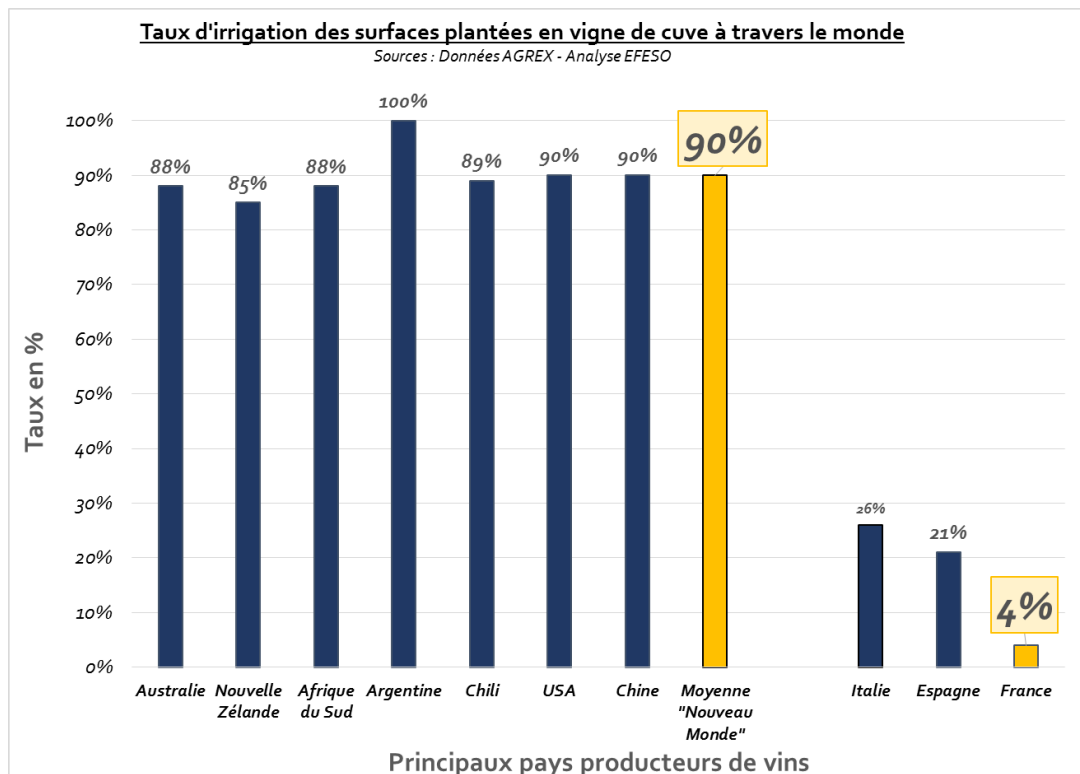
ZONE	SURFACE VIGNE RPG 2017 (HA)	SURFACE IRRIGUÉE D'APRÈS ESTIMATION	RESSOURCE MOBILISÉE
AC1 - Ardèche	2 400	200	Ardèche et Rhône (RHR)
AC2 - Cèze	3 271	-	
AC3 - Laudun-L'Ardoise	3 373	-	
AC4 - Bruguiere	244	-	
AC5 - Roquemaure	2 748	-	
BJ1 - Barjac	341	-	
BJ2 - Piémonts Cèze	893	200	Cèze (ASA St Jean et Potelières)
CCS1 - Quissac	920	-	
CCS2 - RHR Nord-Sommiérois	2 168	1 100	Rhône (RHR)
CCS3 - Costières RHR	11 457	5 000	Rhône + Gardons (RHR) + Vistrenque
CCS4 - Camargue	2 545	900	Rhône (RHR)
CCS5 - Beaucaire	693	100	Canal Beaucaire - estimation
GUR1 - SO Ales	3 955	-	
GUR2 - Nord Gardonnenque	2 345	-	
GUR3 - RHR Gardonnenque	512	400	Urgonien (RHR) + Gardon, Droude, karst
GUR4 - La Rouviere	1 154	-	
GUR5 - Uzege	1 155	-	
GUR6 - Est Gardonnenque	2 014	-	
GUR7 - Nord Collias	539	-	
GUR8 - SN A9 Remoulins	2 509	-	
TOTAL	45 238	7 900	Ardèche et Rhône (RHR)

Source : BRLi (2019) à partir du RPG 2017

L'AIRMF propose dans son rapport de 2017 une mise en regard des niveaux d'irrigation de la vigne selon les pays (cf. figure ci-après). Le taux de 20 % de vigne irriguée estimée dans le Gard apparaît ainsi élevé par rapport à la moyenne française (4 %), du même ordre de grandeur que dans les pays européens « du sud » producteurs (Italie et Espagne respectivement à 26 % et 21 %) et très faible par rapport aux « nouveaux » pays producteurs tels que l'Australie, le Chili, l'Afrique du sud... pour lesquels le taux moyen est de 90 % et peut aller jusqu'à 100 % (Argentine).



Figure 137 : Part des surfaces en vignes irriguées chez les différents pays producteurs mondiaux



Source : ENSIV (FAM 2016) dans (AIRMF, 2017)

4.2.3.3 Les volumes et ressources mobilisées pour l'irrigation

L'irrigation, avec 172 Mm³ en 2017 (année exceptionnellement sèche), représente 60 % des prélèvements bruts réalisés dans le département du Gard pour des usages situés dans ce département²². Ce volume doit être considéré avec prudence car il peut varier fortement d'une année sur l'autre en fonction des conditions hydrométéorologiques.

Ces 172 Mm³ proviennent à 97 % des eaux superficielles, dont environ 115 Mm³ du Rhône (67 %) répartis de la manière suivante entre prélèvements RHR et hors RHR.

Tableau 33 : Prélèvements bruts 2017 dans le Rhône pour des usages irrigation situés dans le département du Gard

	VOLUME (Mm ³)	PART DU TOTAL
Prélèvement brut Rhône RHR pour l'irrigation dans le Gard	65 Mm ³	57 %
Prélèvement brut Rhône hors RHR pour l'irrigation dans le Gard	50 Mm ³	43 %
Prélèvement brut Rhône pour l'irrigation dans le Gard - TOTAL	115 Mm ³	

Source : BRLi à partir du fichier redevance de l'Agence de l'Eau RMC pour l'année 2017

Le tableau suivant propose, à partir de la synthèse des données Prélèvements issues des EVP-PGRE (cf. sous-chapitre 3.6), une vision des prélèvements nets pour l'irrigation sur les 4 principaux bassins versants du territoire.

²² D'après les données de prélèvement issues du fichier redevance de l'Agence de l'Eau RMC pour l'année 2017



Tableau 34 : Prélèvement net irrigation sur les 4 principaux bassins versants du territoire

BASSIN	VOLUME ANNUEL PRÉLEVÉ NET (MILLIERS M3)	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPT.	OCT.
Gardons	4 386	413	809	1 345	1 049	513	-
Cèze	6 171	670	1 509	2 035	1 253	705	-
Hérault amont	3 098	5	176	226	174	120	1 035
Vidourle (dont prélèvements pour des usages situés dans l'Hérault)	954	85	188	248	223	141	66

Source : Fichiers calculs EVP-PGRE (synthèse BRLi 2019)

Depuis 1995, 80 ouvrages de stockage ont été créés dans les Cévennes pour l'irrigation des oignons doux notamment (capacité entre 1500 m³ et 3000 m³). Le remplissage se fait pendant l'hiver et le printemps, jusqu'à fin juin (pompage en rivière, pluie, captage sources, très peu de ruissellement). L'objectif est de pouvoir disposer de l'eau en juillet et août sans prélèvement : ces stockages couvrent 30 % des irrigations à l'heure actuelle, mais l'apport est juste en année sèche. L'irrigation peut aussi se faire grâce à des captages de sources dans de petits bassins tampon (10 m³) ou des pompages directement dans la rivière²³.

Figure 138 : Aperçu de quelques retenues gardoises



Source : © M. Leroux

Les prélèvements dans les eaux souterraines du Gard représentent moins de 5 Mm³/an pour l'irrigation, répartis principalement sur quatre systèmes aquifères :

- Calcaires urgoniens des Gorges du moyen Gardon (rive gauche, environ 1 Mm³/an),
- Alluvions et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières (0,8 Mm³/an),
- Alluvions du Rhône (0,9 Mm³/an),
- Calcaires et schistes de la région viganaise (environ 0,9 Mm³/an).

²³ Informations issues d'un entretien avec Mme Perez de la coopérative Origine Cévennes.



4.2.3.4 Les rendements des réseaux d'irrigation

RENDEMENT DU RHR

Le rendement du réseau de distribution du RHR est de 75 % (78 % hors Lauragais) d'après la Déclaration de Performance extra-financière (DPEF) consolidée 2018.

Les économies d'eau sont recherchées sur le RHR via l'amélioration des rendements de réseau. Sur ce sujet, BRL a donné la priorité à l'amélioration des rendements des réseaux alimentés par des ressources en tension (Orb et Hérault principalement), réseaux qui ne concernent pas le département du Gard

Côté Rhône, la priorité a été donnée au canal Philippe Lamour. Les interventions sur les autres réseaux seront prévues dans un second temps. En équipant le canal Philippe Lamour d'un système de télégestion qui permettra d'optimiser les prélèvements sur le Rhône, de mieux cibler les secteurs prioritaires en termes de maintenance et d'améliorer ainsi son efficacité, l'objectif d'économies d'eau à l'horizon 2021 est de 3 Mm³.

RENDEMENTS DES RÉSEAUX COLLECTIFS D'IRRIGATION DU TERRITOIRE (HORS RHR)

Le tableau suivant propose une synthèse des rendements des principales ASA du Gard (hors ASA de Camargue) et du syndicat intercommunal du canal de Boucoiran (cf. sous-chapitre 3.2.2).

Tableau 35 : Synthèse des rendements des principales ASA du Gard (hors ASA de Camargue) et du syndicat intercommunal du canal de Boucoiran

ASA / SYNDICAT	RENDEMENT
ASA de Saint-Jean de Maruejols	72 % (PGRE Cèze 2018)
ASA de Potelières	71 % en 2019 (COFIL irrigant 2019)
Syndicat intercommunal du canal de Boucoiran	Non connu
ASA du canal de Beaucaire	23 % (EVP 2013)

Les EVP, PGRE et le COFIL des irrigants du Gard 2019 soulignent les progrès importants réalisés dans les dernières années sur les rendements. Pour l'ASA de Potelière par exemple, des efforts récents ont permis de passer de 15-20% en 2012-2013 à 71 % aujourd'hui (PGRE Cèze, 2018).

Le calendrier et l'échelle de l'étude n'ont pas permis d'approfondir la situation de l'ASA du canal de Beaucaire. Soulignons simplement que ce canal prélevait historiquement à la fois dans le Rhône et le Gardon. Le prélèvement dans le Gardon est désormais supprimé.

RENDEMENTS DES BÉALS DE MONTAGNE

Dans les secteurs amont des bassins versants, plusieurs études détaillées ont été conduites pour préciser l'impact hydrologique effectif de ces ouvrages sur les cours d'eau. Ces ouvrages sont caractérisés par une irrigation le plus souvent gravitaire, avec une prise d'eau en rivière, un canal de dérivation (le béal), et une restitution à l'aval du périmètre irrigué. Les volumes nets prélevés sont en général assez faibles, mais l'impact sur le débit des cours d'eau peut être très important, en particulier sur le tronçon court-circuité.

A la suite de ces études, des actions ont été entreprises sur plusieurs canaux pour réduire leur impact hydrologique.

Nous ne disposons pas de documents qui permettrait d'avoir facilement une vue d'ensemble des progrès déjà réalisés. Il reste très certainement des efforts à poursuivre sur l'optimisation de l'usage des ouvrages hydrauliques traditionnels. Cette politique est à conduire en lien avec la politique de sauvegarde patrimoniale développée par des partenaires locaux tels que le Parc National des Cévennes ou l'Entente Causse Cévennes, et exposée dans des documents comme la résolution UNESCO pour les ouvrages hydrauliques patrimoniaux en Cévennes (2018) et le plan d'actions 2015-2021 de l'Entente Causse Cévennes.



4.2.3.1 La conduite et les enjeux de l'irrigation à la parcelle

MODES D'IRRIGATION : VERS DES TECHNIQUES PLUS ÉCONOMES EN EAU

En 2010, d'après les données du dernier RGA, l'irrigation dans le Gard était assurée par :

- Micro-irrigation (goutte à goutte ou micro-asperseurs) pour 33 % des surfaces irriguées,
- Aspersion pour 32 % des surfaces irriguées,
- Gravité pour 35 % des surfaces irriguées.

Aujourd'hui, les techniques de micro-irrigation ont progressé sur le territoire bien qu'il n'existe pas de vision globale actualisée. La majeure partie de la vigne est irriguée à l'aide de goutte à goutte d'après BRLexploitation, ainsi que les cultures d'olivier professionnelles. Cette évolution est visible également à travers les diagnostics réalisés récemment sur certains territoires par la Chambre d'agriculture du Gard (cf. tableau suivant).

Tableau 36 : Mode d'irrigation dans le Gard – Retour enquêtes Chambre d'agriculture

ETUDES CHAMBRE	MODE D'IRRIGATION
Gardonnenque (2014)	Sur 832 ha irrigués (d'après enquête) : <ul style="list-style-type: none"> - Micro-irrigation (goutte à goutte ou micro-asperseurs) : 56 % - Aspersion : 27 % - Enrouleur : 16 % - Gravitaire : 1 %
Bassin versant du Vidourle (2017)	Sur 166 ha irrigués (d'après enquête) : <ul style="list-style-type: none"> - Goutte à goutte : 68 % - Goutte à goutte et aspersion : 4 % - Aspersion : 28 %
Bassin versant de la Tave classé en ZRE (2018)	Sur 75 ha irrigués (d'après enquête) : <ul style="list-style-type: none"> - Goutte à goutte : 97 % - Micro-aspersion : 2 % - Gravitaire : 2 % - Tonne à eau : 1%
Bassin versant du Gardon d'Anduze classé en ZRE (2019)	Sur 85 ha irrigués (d'après enquête) : <ul style="list-style-type: none"> - Goutte à goutte 77 % - Micro-aspersion : 8 % - Aspersion : 9 % - Enrouleur : 8 %

Source : Source : Etudes sur les besoins en eau d'irrigation agricole (CA 30)

Dans les Cévennes, la coopérative Origine Cévennes indique que l'irrigation se fait :

- Par aspersion majoritairement pour l'oignon doux (goutte à goutte non adapté à la culture) ;
- Par inondation ou à la raie pour les anciens vergers de pommes, par aspersion ou par goutte à goutte pour les nouveaux ;
- Par inondation dans la majorité des cas pour les prairies, par aspersion dans quelques cas ;
- À partir de systèmes de goutte à goutte pour les quelques châtaigneraies irriguées.



PILOTAGE DE L'IRRIGATION : UN LONG HISTORIQUE POUR LE MARAICHAGE ET L'ARBORICULTURE, UNE PRATIQUE PLUS RÉCENTE POUR LA VIGNE

D'une façon générale, le niveau de maîtrise des irrigations par les agriculteurs est variable. De façon schématique, trois profils peuvent être distingués, sans qu'il soit évident de quantifier les proportions de chaque catégorie :

- Irrigation « basique » : le démarrage des irrigations, les doses d'apport et leur fréquence sont déterminés de façon empirique (appréciation des conditions climatiques, observations des cultures, expérience...). Cette approche peut s'avérer pertinente, comme imprécise, avec notamment une tendance à pratiquer des apports assez homogènes tout au long de la saison d'irrigation alors qu'il est nécessaire de moduler.
- Irrigation « conduite » : prise en compte de données météorologique objectives (données statistiques, suivi de bulletin d'avertissements), détermination du besoin théorique des cultures selon la saison (utilisation de documents de référence, suivi d'avertissement), modulation des doses avec suivi des volumes apportés (compteurs).
- Irrigation « pilotée » : l'approche précédente (« conduite ») est complétée par des données météorologiques locales et des outils (capteurs d'humidité de sol, mesures sur le végétal, modèles...) permettant d'affiner la prise de décision et d'ajuster les pratiques. Cette irrigation de précision est généralement associée à une gestion automatisée des postes d'arrosage.

Les besoins en eau des cultures traditionnellement irriguées (vergers et maraîchage principalement) sont bien connus :

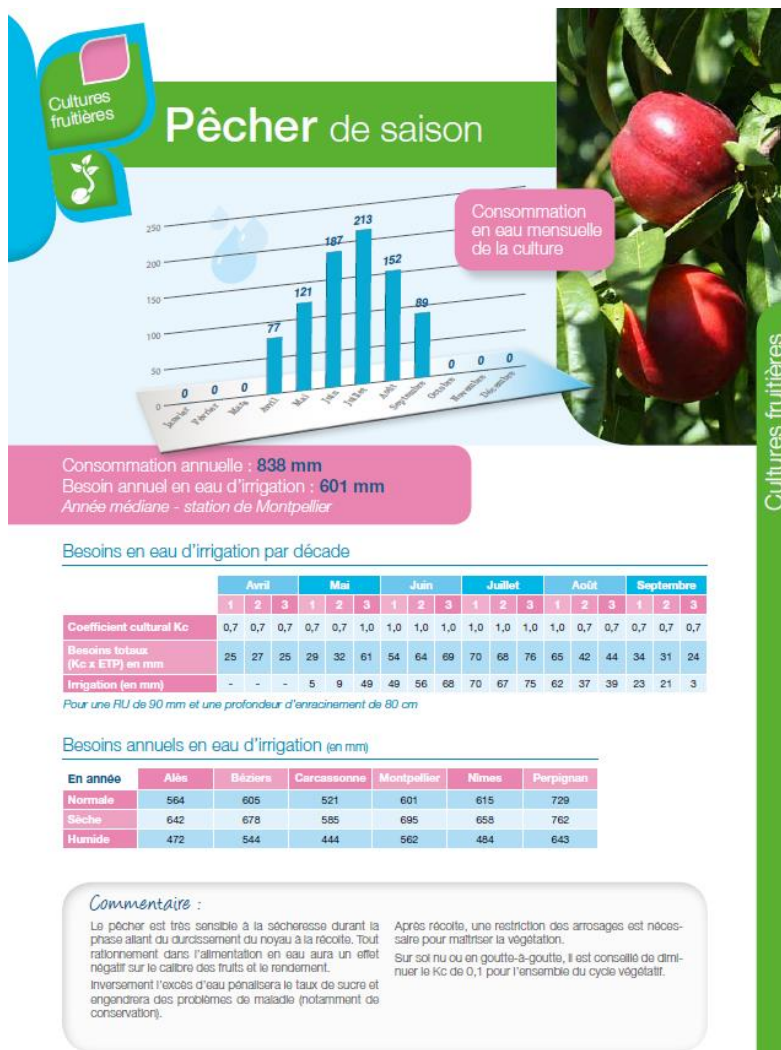
- Elles sont irriguées dans le Gard depuis plus de 50 ans grâce au RHR.
- Elles ont fait l'objet d'acquisition de références techniques et d'expérimentations pour définir leurs besoins en eau.
- L'irrigation doit permettre de couvrir l'intégralité du besoin, en complément des précipitations, sous peine de perdre du rendement.
- Ces cultures sont situées sur des zones globalement homogènes à l'échelle du Gard (Costières pour la majorité des fruits et légumes).

Le memento irrigation publié par BRLe fournit ainsi les éléments de base pour la conduite de l'irrigation de ces cultures. Ces préconisations générales sont précisées en fonction des conditions climatiques de l'année dans le cadre d'avertissements à l'irrigation également diffusés par BRLe.

Comme indiqué en tête de paragraphe, le niveau de maîtrise des irrigations par les agriculteurs est variable. Une étude réalisée entre 1997 et 1999 sur des vergers de pêche pavie avait montré que 35 % des producteurs apportaient une irrigation conforme aux préconisations, 45% pratiquaient des apports excessifs en particulier en début de saison et 20% se trouvaient en situation de sous-irrigation. En l'absence d'enquête récente sur ce sujet, il est difficile de caractériser le niveau de maîtrise actuel en matière d'irrigation.



Figure 139 : Extrait du memento irrigation publié en 2019 par BRL – Pêcher de saison



Source : BRL – Memento irrigation (2019)

Le cas de la vigne est différent. En effet, contrairement aux cultures mentionnées précédemment, elle est traditionnellement cultivée en sec. L'apport d'eau doit être rationné car le stress hydrique améliore la qualité, mais rationné différemment selon le type de vin que l'on souhaite produire (rendements cibles variables) : le démarrage de l'irrigation est ainsi plus ou moins précoce et les volumes impliqués sont différents. Le facteur sol est également plus important que pour les autres cultures : en arboriculture, les racines ne vont pas à plus d'1 mètre de profondeur alors que la vigne peut aller jusqu'à 5-10 mètres de profondeur : la réserve utile mobilisable par la plante est ainsi très variable. Au final, dans le cadre d'une pratique bien maîtrisée, les apports sur vigne sont susceptibles de varier du simple au double, une année donnée, selon le type de sol et les objectifs de production.

L'irrigation de la vigne est régie par les décrets n°2006-1526 et 2006-1527 du 4 décembre 2006 :

- Pour les vins en Indication géographique protégée (IGP) et les vins sans indications géographiques, l'irrigation est interdite entre le 15 août et la récolte.
- Pour les vins en Appellation d'origine protégée (AOP), l'irrigation est interdite entre le 1^{er} mai et la récolte. Elle peut être autorisée entre le 15 juin (ou fermeture de la grappe) au plus tôt et le 15 août (ou véraison) au plus tard, par dérogation accordée par l'INAO sur demande du Syndicat d'appellation.

Les règles sont différentes selon les appellations : certaines ne permettent pas l'irrigation, d'autres la permettent uniquement les années sèches, etc.



L'irrigation de la vigne contribue à la stabilisation et à la sécurisation de la production (années sèches) voire à l'augmentation du rendement (cf. tableau suivant). L'irrigation débute généralement fin juin et s'étend jusqu'à fin juillet (au maximum du 15 juin au 15 août). L'apport recommandé est compris entre 500 et 1000 m³/ha/an selon les spécificités du terroir et de la culture (type de sol, profondeur d'enracinement de la vigne, cépage précoce ou tardif...) et les conditions climatiques. **Il est à noter que la vigne ne valorise pas les apports supérieurs à 1000m³/an**, comme l'illustre la figure suivante issue de travaux de recherche conduit par l'IFV. La dose classique est de 1 à 2 mm/j, pouvant être apportés quotidiennement ou de façon fractionnée (7 à 14 mm par semaine par exemple). Ainsi, la vigne présente des besoins unitaires réduits au regard des autres cultures gardoises.

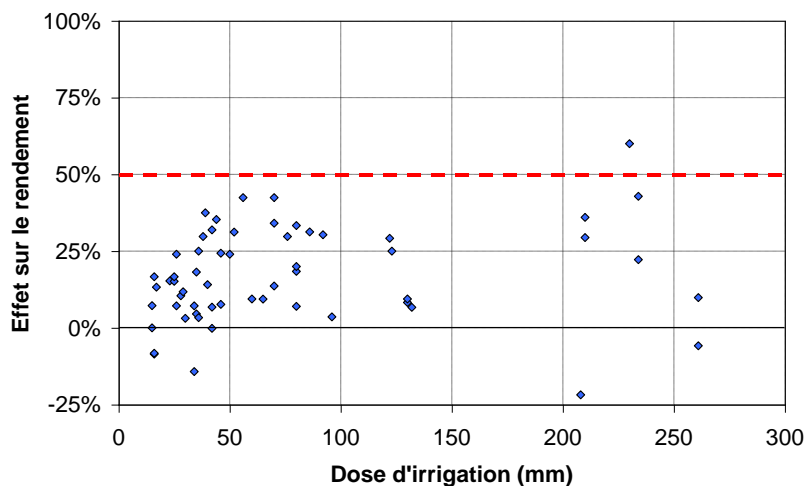
Tableau 37 : Rendements de la vigne sur le Département du Gard

	AOP*	IGP	SIG
Rendements vigne non irriguée (hl/ha)	43	68	72
Rendement vigne irriguée (hl/ha)	48	73	114
Rendement maximal autorisé (hl/ha)	60	90	120

* Les rendements butoirs dépendent des appellations (60 hl/ha pour l'AOP côtes du Rhône Région et l'AOP Costières)

Source : AIRMF 2018 (SAA 2016 et cahiers des charges appellations)

Figure 140 : La vigne ne valorise pas les apports supérieurs à 1000m³/ha/an (soit 100 mm/an)



Source : IFV – CA 13,30 et 84 - 2011

En pratique, comme pour les autres cultures, les comportements des viticulteurs irrigants apparaissent très variables même si peu d'informations sont disponibles sur la conduite réelle de l'irrigation :

- Certains viticulteurs, en particulier sur les zones ayant récemment eu accès à l'irrigation, respectent les doses recommandées. Le retour d'expérience de BRLe effectué sur le Nord-Sommiérois (dernière extension du RHR dans le Gard : 450 ha irrigués en 2019) met en évidence les ratios suivants : 665 m³/ha en 2017 (année sèche) et 515 m³/ha en 2018 (année moins exigeante du point de vue climatique). Ces niveaux de consommation apparaissent moyens et conformes aux préconisations. Ils sont de plus cohérents par rapport aux autres zones d'extension récentes du RHR dans l'Hérault et dans l'Aude.
- Sur d'autres zones, BRLe indique que les doses appliquées peuvent dépasser les 1000 m³/ha annuels. Cette tendance a été confirmée par M. Bouad, Président du Département du Gard, et par un président d'ASA lors des réunions publiques de juin 2019.



4.2.4 Conséquences possibles du changement climatique sur l'activité agricole

4.2.4.1 Des effets déjà sensibles aujourd'hui

La rétrospective présentée au sous-chapitre 2.2 montre que le climat se réchauffe depuis les années 1960 :

- +1,7° C entre 1959 et 2018 en moyenne dans le Gard, avec une augmentation plus forte au printemps et en été ;
- + 240 mm d'évapotranspiration potentielle entre 1959 et 2018 en moyenne dans le Gard (tendance linéaire entre 1958 et 2018).
- Le déficit hydrique (ETP-P) de mai à août, notion fondamentale en agriculture, augmente de près de 165 mm sur la même période

Ces évolutions des paramètres climatiques ont déjà des effets notables sur l'agriculture méditerranéenne. En voici quelques exemples :

VIGNE, VIN ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les effets du changement climatique sont déjà notables dans de nombreux vignobles et variables selon les régions (cf. figure suivante).

Parmi les principales conséquences de la modification du climat sur les systèmes agricoles et viticoles figurent :

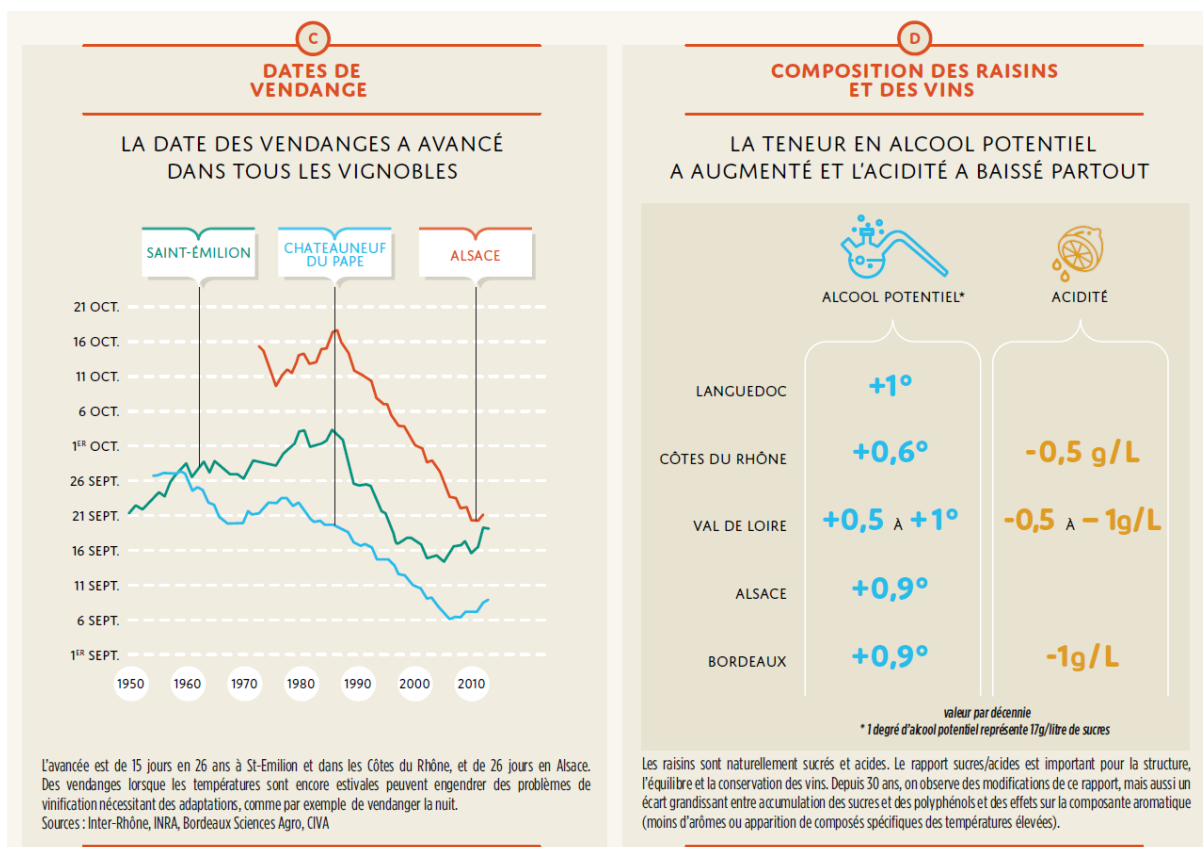
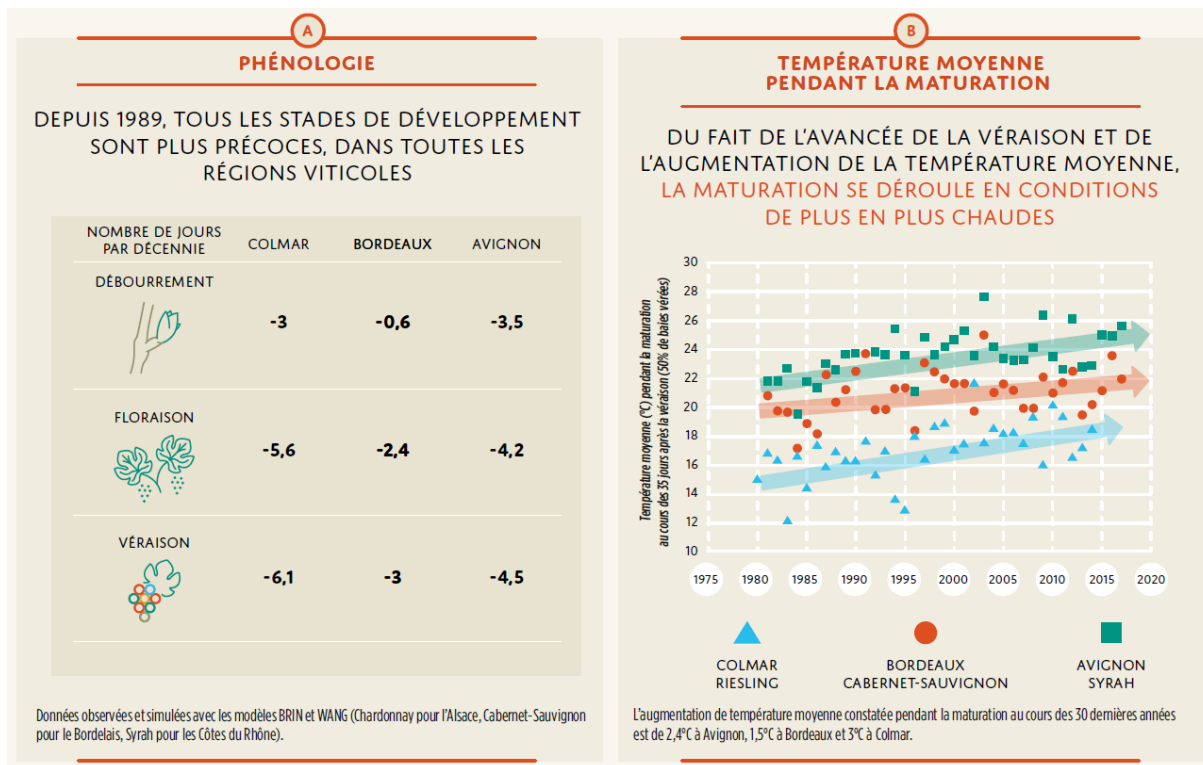
- **Modification des cycles phénologiques des cultures** avec une anticipation des stades phénologiques et un raccourcissement des phases ;
- **Modification du bilan hydrique** avec une augmentation de la demande climatique en évapotranspiration et un risque de diminution des précipitations estivales qui pourront provoquer une contrainte hydrique pour les cultures ;
- **Augmentation des risques d'accidents climatiques** (gel tardif, grêles, échaudage...). Les pratiques peuvent constituer des facteurs aggravants de ces accidents. Par exemple, les phénomènes de brûlure des grains et des feuilles lors des pics de canicule peuvent être amplifiés en fonction des traitements effectués, de l'écimage, de la taille des plants... ;
- **Evolution de la pression phytosanitaire** (incertitudes sur l'effet positif ou négatif) ;

L'ensemble de ces effets conjugués ont déjà et auront des conséquences sur la qualité et la quantité des récoltes :

- **Avancée de la date des vendanges** : les vendanges ont « gagné » un mois en une quarantaine d'années dans les Côtes du Rhône et en Languedoc-Roussillon (Laramée de Tannenberget et Leers, 2015). A noter cependant que le stress généré par les températures extrêmes peut induire des retards de développement et donc des vendanges plus tardives (ex retard de 10 jours dans le Gard en 2019).
- **Baisse des rendements** : Des pertes de rendement de l'ordre de 20 hl/ha, avec des plants qui sont pénalisés pour l'année suivante, ont été observées dans le Gard suite à la sécheresse de 2017 par exemple.
- **Modification des caractéristiques des vins** : dans les 30 dernières années, le degré d'alcool des vins du Languedoc a par exemple augmenté d'environ 1°C par décennie.



Figure 141 : Effets déjà observés du changement climatique sur la vigne



Source : Projet LACCAVE - INRA, INAO, FranceAgriMer, Montpellier SupAgro, CNRS (2018)

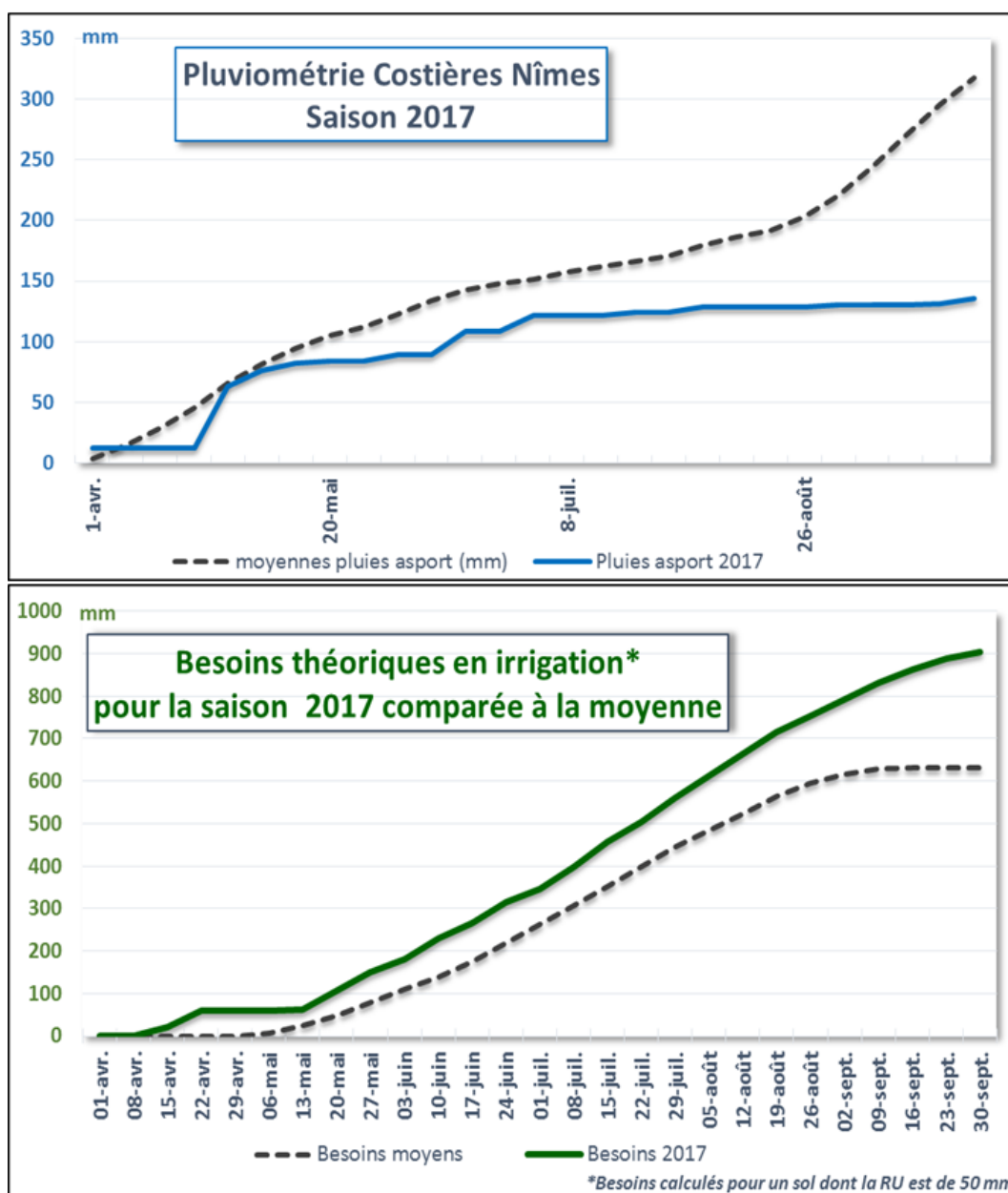


DES PRÉLÈVEMENTS RECORDS EN 2017 À PARTIR DU RHR, ANNÉE DE SÉCHERESSE EXCEPTIONNELLE

En 2017, le prélèvement sur le Rhône a été d'environ 20 % supérieur à la moyenne des dix années précédentes. Les prélèvements du mois de juin étaient de l'ordre de ceux d'un mois de juillet habituel. La consommation en eau agricole du Gard à partir du RHR a également atteint une intensité record d'environ 775 m³ par m³/h (cf. graphiques suivants).

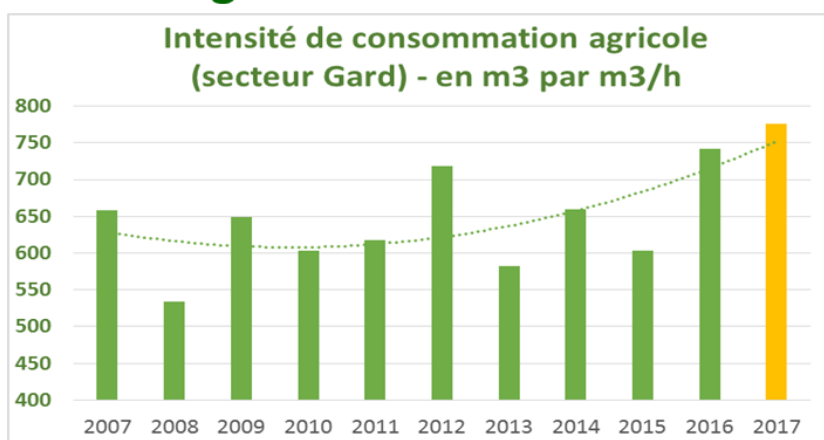
Figure 142 : Sécheresse et usage agricole à partir du RHR, le cas de la sécheresse de 2017

Une pluviométrie exceptionnellement faible ...

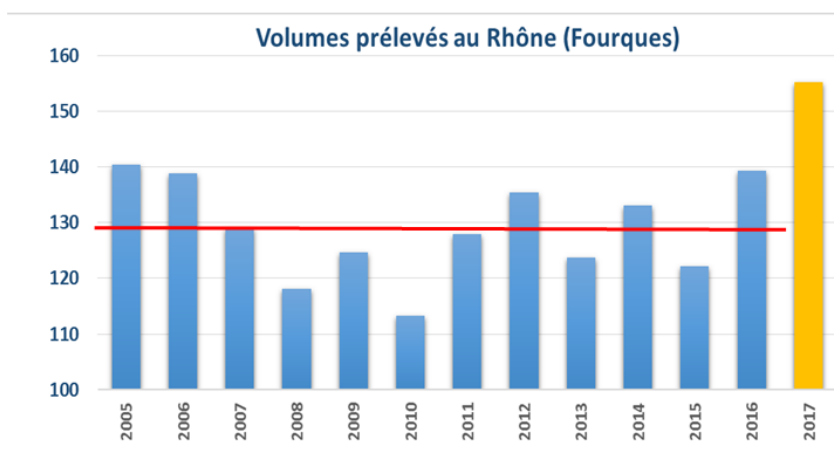




... entraînant une consommation agricole intense ...



... avec un prélèvement Rhône record



Source : BRL (2018)

PRODUCTION FOURRAGÈRES : DES PERTES DE RENDEMENT POUVANT ATTEINDRE 30 % EN ANNÉES SÈCHES EN RÉGION OCCITANIE

Une étude 2017 de la Chambre régionale d'agriculture d'Occitanie portant sur les pertes liées aux périls climatiques sur les productions végétales, citée dans le rapport de l'AIRMF déjà mentionné, fait le lien entre perte de rendement fourrager et sécheresse (cf. figure suivante). Les années 2003, 2005, 2011 et 2015 correspondent aux années chaudes et sèches. Les fortes sécheresses sont présentées dans l'étude comme la première cause des pertes pour la production de fourrages.

Ces pertes ont des conséquences fortes sur les exploitations qui doivent alors se fournir en fourrage à l'extérieur, avec notamment des frais de transport et un prix élevé du produit si l'offre annuelle est très faible (AIRMF, 2017).



Tableau 38 : Taux de pertes sur les différentes sources de productions fourragères en Languedoc Roussillon entre 2000 et 2015

Année	Prairies artificielles	Prairies temporaires	STH
2000	0%	0%	0%
2001	0%	0%	0%
2002	0%	0%	0%
2003	-20%	-30%	-27%
2004	-4%	-3%	-8%
2005	-32%	-26%	-30%
2006	-23%	-15%	-20%
2007	0%	0%	0%
2008	0%	0%	0%
2009	-13%	-18%	-3%
2010	0%	0%	0%
2011	-25%	-37%	-32%
2012	-8%	0%	0%
2013	0%	0%	0%
2014	-1%	-5%	-7%
2015	-10%	-22%	-14%

Source : CRAO (2017)

LE DÉCLIN DES POMMES REINETTES DU VIGAN

La coopération Origine Cévennes explique que cette variété traditionnelle de pommes est en déclin depuis quelques années, les pommes devenant farineuses à cause des températures élevées. Les producteurs n'arrivant pas à maintenir la qualité, ils se réorientent actuellement vers de nouvelles variétés, notamment vers celles adaptées à la conduite en agriculture biologique.

CANICULE DE JUIN 2019 : DES EFFETS SUR L'AGRICULTURE EN COURS D'ÉVALUATION

Des échanges sont prévus avec des spécialistes du secteur, dont notamment la Chambre d'agriculture, pour préciser les effets sur l'agriculture de la canicule de juin 2019.

Les premiers retours font état de nombreux symptômes de brûlures suite à cet épisode caniculaire, notamment sur les feuilles et grappes de vignes (échaudage, phytotoxicité en cas de traitements trop récents, sensibilité liée à un écimage trop important...). Ces conséquences reposent la question des pratiques (traitements, irrigation, gestion du feuillage...) et de leurs effets potentiels.

Du fait du changement climatique, le projet CLIMATOR de l'INRA montre que l'intensité et la fréquence des vagues de chaleur devraient augmenter à l'avenir. Pour l'ensemble des cultures, la fréquence des températures supra-optimales en fin de cycle (autour de la floraison et au cours du remplissage) devrait s'accroître très fortement, en dépit de l'anticipation attendue des stades phénologiques (cf. sous chapitre suivant) (INRA, 2010). Les risques d'échaudage des cultures, comme observé sur la vigne lors de l'épisode de canicule fin juin 2019, devrait ainsi encore s'accroître.



Figure 143 : Extrait d'un article de presse (juillet 2019)

PLANÈTE - LA CANICULE

A Vérargues, « point le plus chaud » de France, le désarroi des viticulteurs

Dans l'Hérault, des records de chaleur ont été enregistrés le 28 juin, avec 46 degrés.

Par Anne Devailly - Publié hier à 11h26

Article réservé aux abonnés



A Sussargues, près de Montpellier, le 30 juin. SYLVAIN THOMAS / AFP

Source : Le Monde (2019)



4.2.4.2 A surface irriguée constante, hausse du besoin en eau des cultures

Rappel : besoin hydrique et besoin d'irrigation

L'état de la réserve en eau du sol (le stock) peut être apprécié au moyen d'un bilan hydrique, qui fait intervenir les « entrées » en eau (pluie et irrigation) et les « sorties » (consommation par les plantes qui évapo-transpirent, ruissellement, infiltration).

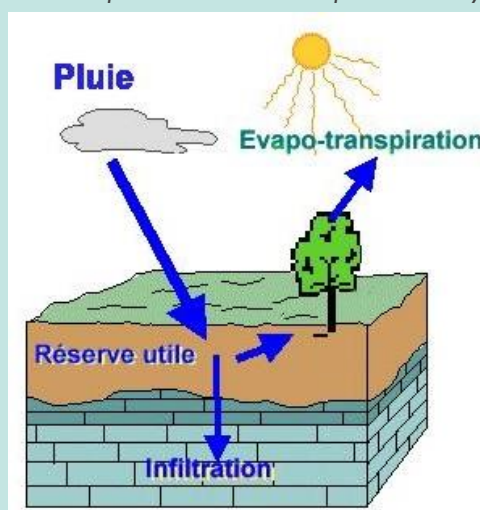
L'équation du bilan hydrique peut s'écrire sous la forme :

$$\text{Stock}(j) = \text{Stock}(j-1) + \text{Pluie} + \text{Irrigation} - \text{Evapotranspiration} - \text{Ruissellement} - \text{Infiltration}$$

La consommation par les plantes dépend tout d'abord de la demande climatique, que l'on caractérise par l'évapotranspiration potentielle (ETP). La consommation en eau d'une culture à un instant donné est proportionnelle à l'ETP, selon un coefficient cultural (KC), dépendant de la culture elle-même et de son stade végétatif.

Les irrigations sont déclenchées lorsque les réserves en eau du sol et les pluies ne satisfont plus aux besoins de la culture. À partir du moment où le besoin d'irriguer est avéré et en l'absence de pluie, l'irrigation doit couvrir la consommation en eau de la culture.

Figure 144 : Représentation schématique du bilan hydrique



Source : Gestion quantitative des ressources en eau. Jean-Marc Coulais et al. (2000)

LES BESOINS HYDRIQUES DES CULTURES DANS LE GARD ONT AUGMENTÉ DEPUIS 1960

La **rétrospective proposée sur l'évolution des besoins en eau** des cultures a été effectuée pour quelques cultures gardoises :

- Le **pêcher** et l'**abricotier** pour les vergers et la **courgette** pour le maraîchage ; ces trois cultures constituent des productions majeures parmi les cultures historiquement irriguées ;
- Le **blé dur** et la **prairie** pour les grandes cultures, traditionnellement non irriguées, mais pour lesquelles des tendances d'évolution vers l'irrigation sont envisagées à l'échelle du bassin méditerranéen.

Les besoins hydriques des plantes ont été calculés à partir d'un **modèle de bilan hydrique** établi par les équipes de BRLExploitation. En intégrant au modèle de bilan hydrique les données climatiques Météo France 1959-2018 (précipitation et évapotranspiration potentielle), nous avons pu retracer l'**évolution passée des besoins hydriques théoriques et des besoins d'irrigation des cultures considérées**.



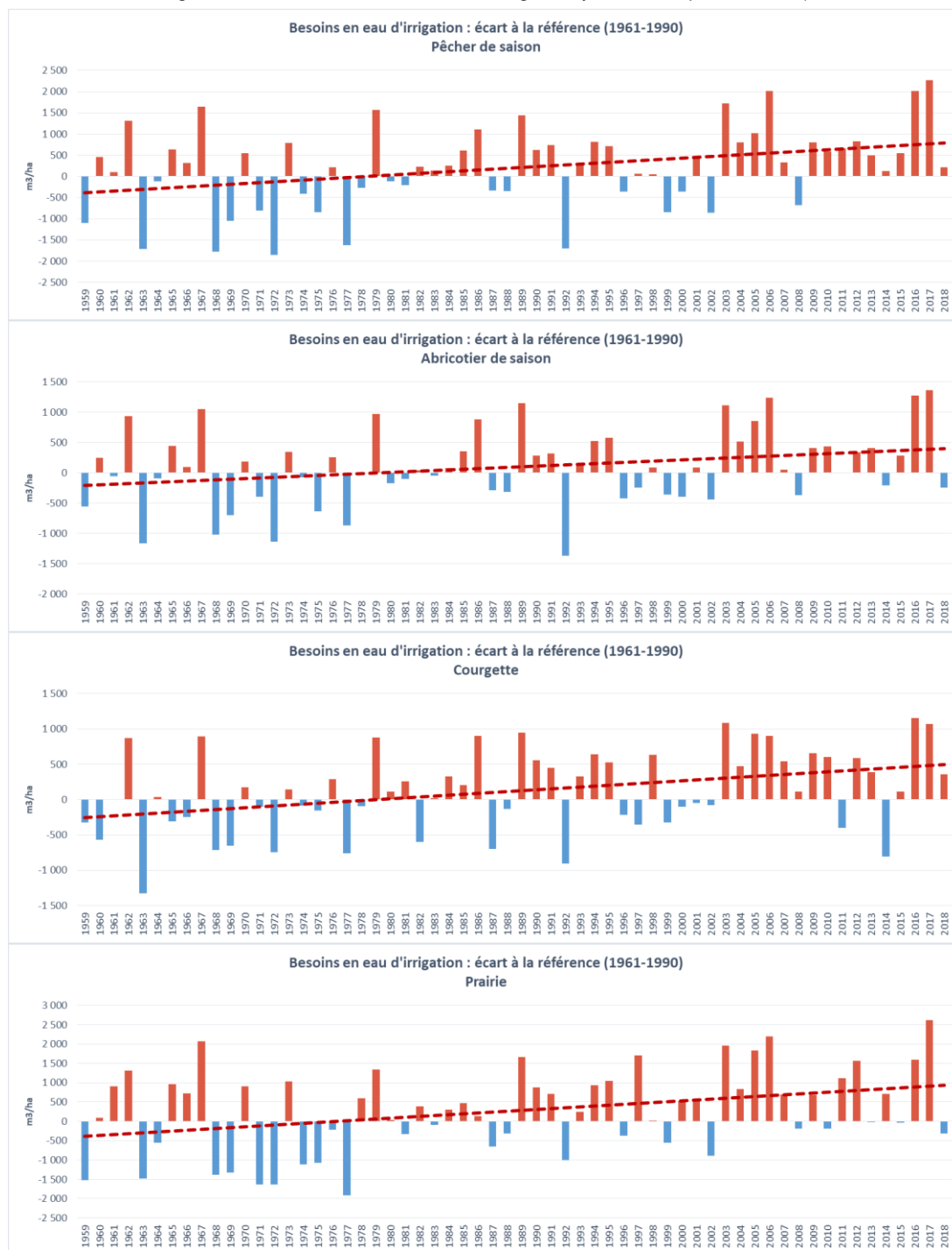
4. QUELLES ÉVOLUTIONS POSSIBLES POUR LES USAGES DE L'EAU

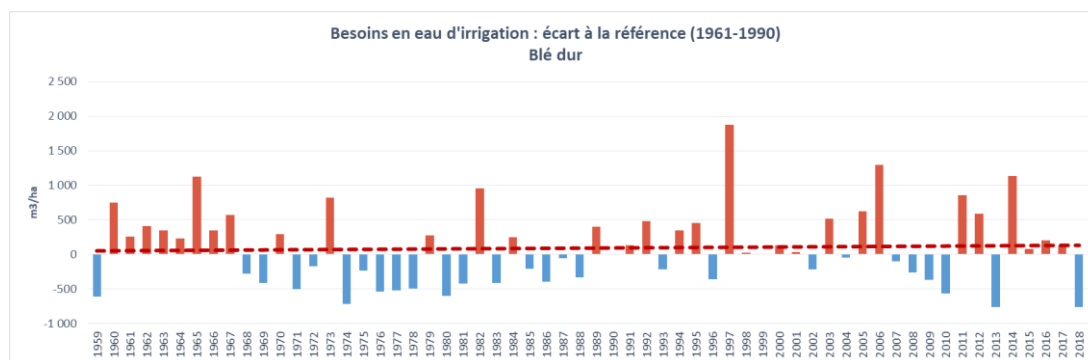
Les résultats de la modélisation pour les différentes cultures sont présentés dans les graphiques et tableau ci-après.

Nous observons une **augmentation généralisée des besoins hydriques totaux et des besoins d'irrigation sur la période 1959-2018**. Celle-ci est très significative : elle atteint jusqu'à +20 % pour le pêcher.

La culture de blé est moins touchée par l'augmentation de ses besoins hydriques puisqu'il réalise son cycle de culture sur la période décembre-juin, évitant ainsi la forte hausse de l'évapotranspiration potentielle estivale (associée à la forte hausse des températures).

Figure 145 : Besoin annuel en eau d'irrigation par culture (1959-2018)





Source : Bilan hydrique (BRLi) à partir des données Météo France

Tableau 39 : Synthèse des résultats des besoins en eau des cultures sur la période 1959-2018

(EN M3/HA)	Pêcher	Abricotier	Courgette	Prairie	Blé
Besoin hydrique médian 1959-2018 (Nîmes)	8 650	4 650	4 800	11 350	4 350
Besoin en irrigation médian 1959-2018 (Nîmes)	6 150	2 500	3 050	5 400	1 200
Évolution des besoins en irrigation (1959-2018)	+ 1 150	+ 600	+ 750	+ 1 550	+ 80

Source : BRLi (2019) ; bilan hydrique réalisé à partir des données Météo France

COMMENT LES BESOINS HYDRIQUES (ET DONC LES BESOINS D'IRRIGATION) POURRAIENT CONTINUER À ÉVOLUER À L'AVENIR ?

Pour approcher les facteurs qui vont influencer les besoins hydriques futurs, nous nous sommes basés sur les travaux de recherche menés par l'INRA dans le cadre du projet CLIMATOR entre 2007 et 2010. Celui-ci visait à étudier les impacts potentiels du changement climatique sur les systèmes de culture français.

Un bilan hydrique de plus en plus déséquilibré

Le principal effet attendu en lien avec la ressource en eau est une modification du bilan hydrique des cultures.

Du fait de l'augmentation des températures, **la demande climatique en évapotranspiration va augmenter de manière importante**. C'est cette tendance que nous avons déjà mise en évidence sur le passé pour différentes cultures sous le climat du Gard (paragraphes précédents). **Cela va provoquer une modification du bilan hydrique en augmentant les besoins théoriques en eau des cultures**.

Même si de fortes incertitudes entourent les projections sur l'évolution des précipitations, la tendance de diminution des précipitations estivales mise en évidence dans le Gard entre 1959 et 2018 aggrave un peu plus la situation. Si cette tendance se confirme, **il y a un risque encore plus fort d'aggravation des déséquilibres entre l'offre (pluie et irrigation) et la demande (évapotranspiration)** sur la période estivale cruciale pour de nombreuses cultures.

Enfin, l'équation du bilan hydrique met en évidence **l'influence d'autres paramètres tels que la capacité des sols à stocker de l'eau**. A des sols profonds avec une réserve utile importante sera associé un meilleur confort hydrique qu'à des sols superficiels, et donc certainement des besoins en eau d'irrigation moins importants.



La modification du positionnement des cycles de culture pourrait permettre une moindre augmentation des besoins hydriques

Anticipation des stades phénologiques

Le projet CLIMATOR met en évidence **pour l'ensemble des systèmes de cultures étudiés une anticipation significative des stades phénologiques en réponse à l'évolution du climat**. Cette anticipation dépend du positionnement calendaire du cycle de culture, elle est moins importante pour les cultures d'hiver (comme le blé ou le colza) que pour les cultures de printemps ou les cultures pérennes (maïs, tournesol ou vigne).

Dans le tableau suivant, les projections correspondent à un futur proche (FP : 2020-2050) ou à un futur lointain (FL : 2070-2100).

Tableau 40 : Résultats du projet CLIMATOR sur l'évolution des dates de récolte

Périodes	FP						FL					
	Sites	Blé	Maïs	Colza	Tournesol	Sorgho	Vigne	Blé	Maïs	Colza	Tournesol	Sorgho
Avignon	-7.9	-12.0	-10.0	-9.5	-8.3	-12.9	-12.7	-22.8	-13.4	-18.3	-17.2	-22.9
Bordeaux	-8.0	-19.4	-10.3	-14.4	-14.2	-12.6	-14.3	-34.5	-19.2	-26.4	-26.0	-25.4
Clermont	-10.3	-	-	-	-	-	-19.2	-	-	-	-	-
Colmar	-9.4	-25.8	-	-14.4	-18.5	-15.4	-17.9	-39.4	-	-24.1	-30.6	-28.2
Dijon	-9.5	-29.2	-	-15.7	-20.7	-16.5	-18.6	-44.7	-	-26.5	-34.3	-30.1
Lusignan	-9.2	-22.8	-6.8	-15.0	-19.7	-15.0	-17.6	-37.4	-15.9	-26.9	-33.8	-29.3
Mirecourt	-9.2	-	-	-	-	-	-18.3	-	-	-	-	-
Mons	-9.5	-43.7	-2.2	-12.4	-15.8	-33.7	-18.7	-65.5	-10.8	-29.0	-35.1	-49.3
Rennes	-9.1	-26.6	-8.5	-13.4	-16.2	-26.1	-17.0	-44.6	-15.1	-27.5	-33.3	-40.4
St Étienne	-8.7	-21.0	-9.0	-14.4	-17.9	-15.6	-17.4	-34.8	-17.0	-24.3	-29.6	-27.9
Toulouse	-8.9	-19.1	-12.7	-13.5	-13.2	-13.8	-14.6	-34.2	-18.4	-25.0	-24.4	-25.5
Versailles	-9.3	-32.9	-3.3	-15.3	-16.0	-29.3	-18.1	-51.9	-14.4	-28.6	-33.7	-43.4
Tous sites	-9.0	-25.3	-7.4	-13.8	-16.1	-19.1	-16.7	-41.0	-14.5	-25.7	-29.8	-32.2

Tableau 1 : évolution de la date de récolte de 5 cultures (à date de semis fixe) dans le cadre de leur conduite actuelle (variétés à cycle long à Toulouse, Bordeaux et Avignon et court ailleurs). La significativité de l'évolution par rapport à la variabilité interannuelle est notée de la façon suivante : Gras ($p < 0.01$), Italique ($p < 0.05$). Le blé est simulé avec le modèle CERES et les autres cultures avec le modèle STICS, la méthode de régionalisation est TT.

Source : Projet CLIMATOR (INRA, 2010)

En se basant sur les résultats proposés ci-dessus pour la station d'Avignon, l'INRA prévoit par exemple une avancée de la date de récolte des vignes de 13 jours dans un futur proche (2020-2049) et de 23 jours dans un futur lointain (2070-2099).

L'anticipation des stades phénologiques devraient permettre (pour les cultures d'hiver) de positionner leur cycle sur des périodes où l'évapotranspiration potentielle est moins forte, on devrait observer un décalage du cycle vers le printemps. Pour les cultures de printemps, cette anticipation des stades jouera peu, car le décalage phénologique déplacera la phase de remplissage d'avantage en période croissante de température.

Raccourcissement des phases phénologiques

En plus de cette anticipation, il pourrait y avoir un **raccourcissement des phases phénologiques en particulier de la phase de remplissage des grains (entre la floraison et la maturité)**. Cette tendance concernera surtout les cultures de printemps. Ce raccourcissement pourrait avoir des effets bénéfiques sur les besoins en eau des cultures. Il est important de signaler qu'il aura également comme conséquence de réduire la quantité totale de rayonnement intercepté par la culture et de réduire la durée de la phase de remplissage des grains, ce qui, sans changement variétal, aura aussi des conséquences sur les rendements.



La modification de la phénologie pourrait impliquer une diminution des besoins hydriques des cultures s'opposant à l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle. Face à la contradiction de ces deux facteurs, **l'INRA conclue que la tendance à l'augmentation future des besoins hydriques des cultures n'est pas remise en cause. L'aggravation de ce déficit devrait être le plus important entre la période actuelle et le futur proche. Il pourrait y avoir une stabilisation voire une diminution des besoins hydriques des cultures, entre le futur proche et le futur lointain, due à la modification de la phénologie des cultures.**

4.2.4.3 Des ruptures dans les pratiques. Cas de la vigne et autres à attendre ?

Au-delà d'une hausse de la demande en eau des surfaces déjà irriguées, le changement climatique peut également induire des ruptures avec le développement de l'irrigation sur des cultures qui n'étaient jusque-là pas ou peu irriguées. C'est déjà le cas pour la vigne depuis quelques années mais d'autres cultures pourraient être concernées à l'avenir : quelles productions seront irriguées à l'avenir ? Quel sera le rythme d'évolution de la demande ? Où seront situées les parcelles en demande ?

Le sous-chapitre suivant s'interroge sur ces évolutions possibles des surfaces irriguées.

4.2.5 Prospective agricole et irrigation

Les facteurs clé pour l'évolution de l'irrigation sont les suivants :

- L'évolution des filières agricoles (surfaces et niveau de recours à l'irrigation),
- Le changement climatique,
- L'évolution des modes d'irrigation et des rendements des réseaux,
- L'évolution de la prise en compte des besoins pour les autres usages et pour les milieux aquatiques.

Les paragraphes suivants présentent, après une vision globale de l'évolution de la SAU, les filières pour lesquelles des demandes supplémentaires d'eau pour l'irrigation sont anticipées. En l'absence de demande forte de la profession, cette évaluation est principalement le résultat d'un travail « à dire d'experts » : il s'agit de mettre à plat les connaissances et d'ouvrir le champ des possibles en indiquant leurs conséquences en matière de demande en eau, afin de fournir des éléments d'aide à la décision pour l'avenir.

Dans tous les cas, l'irrigation est bien identifiée comme l'une des solutions pour s'adapter au changement climatique, et non la seule. Ces solutions, leurs avantages / inconvénients et leurs modalités possibles de mise en œuvre seront étudiées de manière approfondie dans la phase suivante de l'étude.

4.2.5.1 Une volonté de maintenir la SAU départementale et de développer les circuits courts

A l'échelle régionale (pacte alimentation évoqué ci-avant en particulier) comme à l'échelle départementale (Département, Chambre d'agriculture du Gard), on observe une volonté forte de préserver les surfaces et l'économie agricoles, et de développer l'agriculture de proximité.

Dans le cadre des 3 ateliers de concertation qui se sont déroulés en juin 2019 et ont mobilisé près de 200 personnes, les enjeux liés à l'agriculture ont également été fortement soulevés par les participants qui jugent prioritaires :

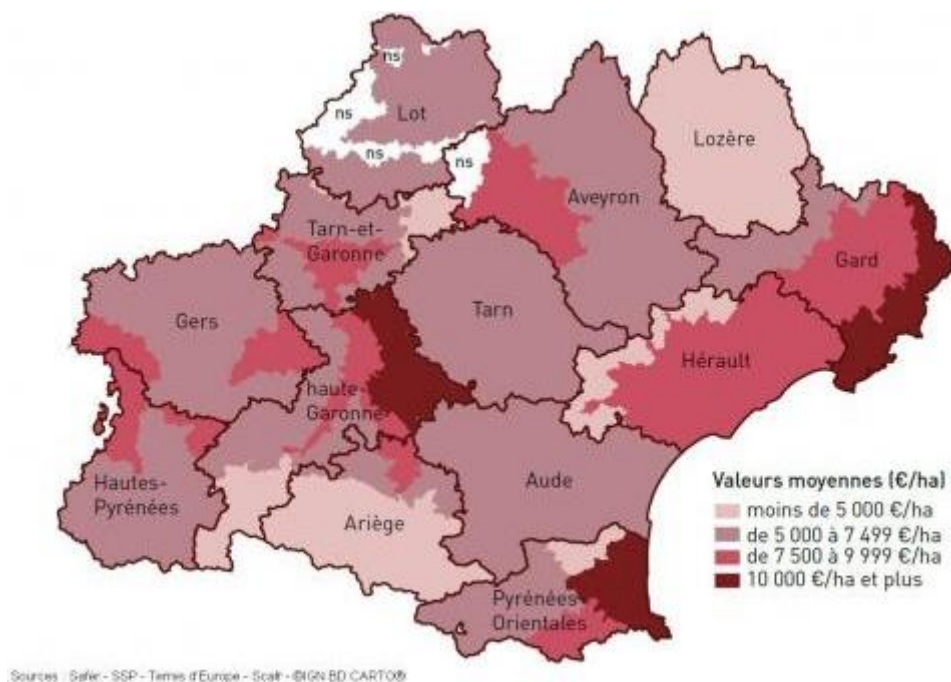
- Le développement des circuits-courts ;
- La préservation des surfaces agricoles actuelles ;
- La préservation de l'économie agricole (emplois, valeur ajoutée).



A l'échelle de la planification locale, les SCoT et les PLU peuvent contribuer à la préservation des espaces agricoles. Le SCoT Sud-Gard identifie par exemple dans son Document d'orientations et d'objectifs (DOO) des « espaces de productions à valeur renforcée ». Ces espaces doivent être réservés exclusivement à des fins d'exploitation agricole et aux installations et constructions d'intérêt général, et préservés de toute forme d'urbanisation et d'exploitation des ressources naturelles.

Cette volonté de préservation des surfaces agricoles se manifeste notamment sur le territoire de la ceinture rhodanienne, où l'urbanisation entre en compétition avec l'agriculture sur des parcelles « irrigables » par le RHR. La carte suivante illustre la pression foncière importante qui existe dans le sud et l'est du Département et qui constitue un des freins à l'installation agricole sur le secteur.

Figure 146 : Valeurs moyennes 2017 des terres et prés libres de plus de 70 ares par petite région agricole d'Occitanie



Sources : Safer - SSP - Terres d'Europe - Scat - ©IGN BD CARTOO

Source : DRAAF Occitanie

4.2.5.2 La vigne : principal moteur de la demande de développement de l'irrigation

UNE PROGRESSION QUI S'INSCRIT DANS L'HISTOIRE DU VIGNOBLE

A partir des années 1970-80 : une reconversion qualitative mais un vignoble moins résistant à la sécheresse et aux conséquences du changement climatique

A partir des années 1970-1980, l'Etat a porté un grand plan de reconversion du vignoble dans le sud de la France. Ce plan a conduit à l'abandon des basses plaines jugées trop peu qualitatives pour la production viticole, avec de nombreux arrachages et à la relocalisation de la vigne sur des terroirs particuliers : les coteaux et piémonts. Ces terroirs, plus qualitatifs, sont aussi plus sensibles à la sécheresse.

En parallèle, les cépages anciens bien adaptés au climat local (Grenache, Carignan, Aramon...) mais jugés trop peu qualitatifs ont été remplacés par des cépages « améliorateurs » bordelais ou bourguignons (Merlot, Cabernet, Syrah, Chardonnay, Viognier...). Ces cépages plus qualitatifs offrent cependant moins de résistance à la sécheresse.



Années 2000 : crise du secteur et débuts de l'irrigation

Entre 2000 et 2010, le secteur viticole a connu une crise importante avec baisse des cours du vin. A son pic en 2006-2007, les viticulteurs vendaient à perte et des campagnes d'arrachage majeures ont eu lieu.

On observe à partir de 2005 un début de prise de conscience de la profession viticole en Languedoc-Roussillon du fait de la combinaison d'années très sèches impliquant des baisses de rendement (2003, 2004, 2006) avec la crise viticole (baisse des prix). Face à la nécessité d'agir, l'irrigation de la vigne a été perçue comme un moyen de s'adapter à la menace climatique.

En 2006, la réglementation évolue et autorise officiellement l'arrosage de la vigne jusqu'au 15 août. Entre 2000 et 2010, les surfaces irriguées en vigne en Languedoc-Roussillon doublent (+ 9 600 ha) (AIRMF, 2017).

De 2011 à aujourd'hui : stabilisation des surfaces en vignes et prise de conscience des effets du changement climatique dans le Gard

Les derniers arrachages se déroulent en 2010. Avec la fin des arrachages aidés, les surfaces en vignes se stabilisent voire augmentent à partir de 2011. Entre 2010 et 2016, une installation agricole sur deux se fait ainsi en viticulture à l'échelle du bassin versant du Vidourle (Alliance Environnement et Chambre d'Agriculture du Gard, 2017). Le vignoble de l'ex-Région Languedoc-Roussillon aura cependant perdu près de 45 % de sa superficie depuis 1975 (DRAAF Occitanie, 2015).

La sécheresse très forte de 2017 (exceptionnelle pour le Gard) a eu des conséquences majeures sur les rendements en vigne, même en appellation, avec des pertes de l'ordre de 20 hl/ha (production moyenne annuelle dans le Gard : 65 hL/ha) et des plants qui sont pénalisés pour l'année suivante. À la suite de l'Hérault et de l'Aude, déjà fortement touchés par les sécheresses des années 2000, le Gard prend conscience des enjeux liés à l'accès à l'eau : pour rester et conserver la valeur des parcelles agricoles, il faudra dans de nombreux cas pouvoir irriguer. Un agriculteur enquêté dans le cadre de l'étude de la chambre d'agriculture sur le bassin versant du Gardon d'Anduze en 2019 l'exprime ainsi : « Si je ne mets pas l'irrigation sur mes vignes, avec le réchauffement climatique, je n'y arriverai plus » (CA 30, Etude pour une meilleure connaissance des prélèvements et besoins en eau pour l'irrigation agricole sur le bassin versant du Gardon d'Anduze classé en ZRE, 2019).

Et pour la suite ? Des enjeux de qualité et de quantité

Comme évoqué ci-avant, le changement climatique pose des questions à la fois de quantité (stabilisation voire sécurisation de la production) et de qualité pour la vigne. Or le marché viticole impose au producteur une quantité et une qualité stable.

De nombreux vignobles, notamment dans le sud de la France, devront recourir à l'irrigation et la gestion de l'eau constituera un défi majeur pour l'avenir de la viticulture. Cette généralisation du recours à l'irrigation est déjà visible aujourd'hui et se poursuit. D'autres leviers techniques, organisationnels et géographiques devront être mobilisés en parallèle pour adapter le vignoble (cépages, pratiques agricoles, localisation des cépages, cahiers des charges des appellations, processus œnologiques...) (Laramée de Tannenbergh et Leers, 2015) (INRA, La vigne, le vin et le changement climatique en France, 2018). Ils seront également étudiés de manière approfondie dans la deuxième phase de l'étude.



AU MOINS 2 200 HECTARES AVEC UN PROJET D'IRRIGATION AUJOURD'HUI

Comme indiqué en introduction de ce sous-chapitre, les surfaces en demande d'irrigation ne sont pas clairement identifiées par les parties prenantes de l'étude (Département, Chambre d'agriculture...).

Un premier niveau d'information sur ces surfaces a pu être proposé par BRL en lien avec les demandes d'extension du RHR identifiées dans le Gard²⁴. Plusieurs sont financées ou attendent un financement européen à travers le programme de développement rural (PDR) de la Région Languedoc-Roussillon (type d'opérations 4.3.3). Celui-ci s'est fixé comme objectif de réalisation un maximum de 6 000 ha irrigués supplémentaires pour la période 2014-2020. Un processus de sélection itérative des projets est mis en place, conformément aux exigences européennes et au regard de la demande plus importante que cet objectif : appel à manifestation d'intérêt (AMI) étude > réalisation d'une étude de faisabilité > AMI travaux > appel à projets. À noter que tout projet de nouveau prélèvement doit être validé par la Commission locale de l'eau (CLE) de la ressource locale. Ces projets concernent à plus de 90 % des demandes à destination de la vigne.

Les projets en cours de réalisation ou en attente représentent 2 200 ha. Ils sont détaillés dans le tableau suivant. Cette synthèse sera affinée dans les phases suivantes de la présente étude.

Tableau 41 : Projets d'irrigation supplémentaire recensés en 2019

ZONE	SURFACE CONCERNÉE	OBJET	COÛT	FAISABILITÉ	ÉTAT D'AVANCEMENT
Collines des costières	600 ha	Vigne à 95 %, un peu d'arboriculture	3,6 M€ (financement PDR avec cofinancement Région et Département, part d'autofinancement assurée par les bénéficiaires finaux : environ 1000 €/ha engagé)	Mobilisation de la ressource Rhône avec des extensions du RHR	Mise en eau prévue pour 2021-2022 (BRL maître d'ouvrage)
Domazan	500 ha	Vigne (100L/s)	Projet en standby car il saturerait la production de la station de Vallabrègues (en attente de priorisation)		
Les Trois Châteaux (Vénejan, Saint-Etienne des Sorts, Chusclan)	400 ha voire plus	Vigne AOP Côte du Rhône	Non connu à l'heure actuelle	La station BRL de Grand Pré peut apporter 200ha, si besoin de plus, il faudra un nouveau prélèvement dans le Rhône	AMI étude déposé Étude en cours de réalisation
Nord-Sommiérois branche Ouest	600 ha	Vigne à 95 %, quelques pépinières	Non connu à l'heure actuelle	Seule la moitié de la demande peut être couverte par le réseau actuel.	- AMI étude déposé - Étude de faisabilité en cours porté par le Syndicat intercommunal hydraulique agricole du Nord Sommiérois (SIHANS)
Remoulins	100 ha	Vigne (portage cave, Côte du Rhône village)	Projet en attente		

Source : BRL-BRLe (2019)

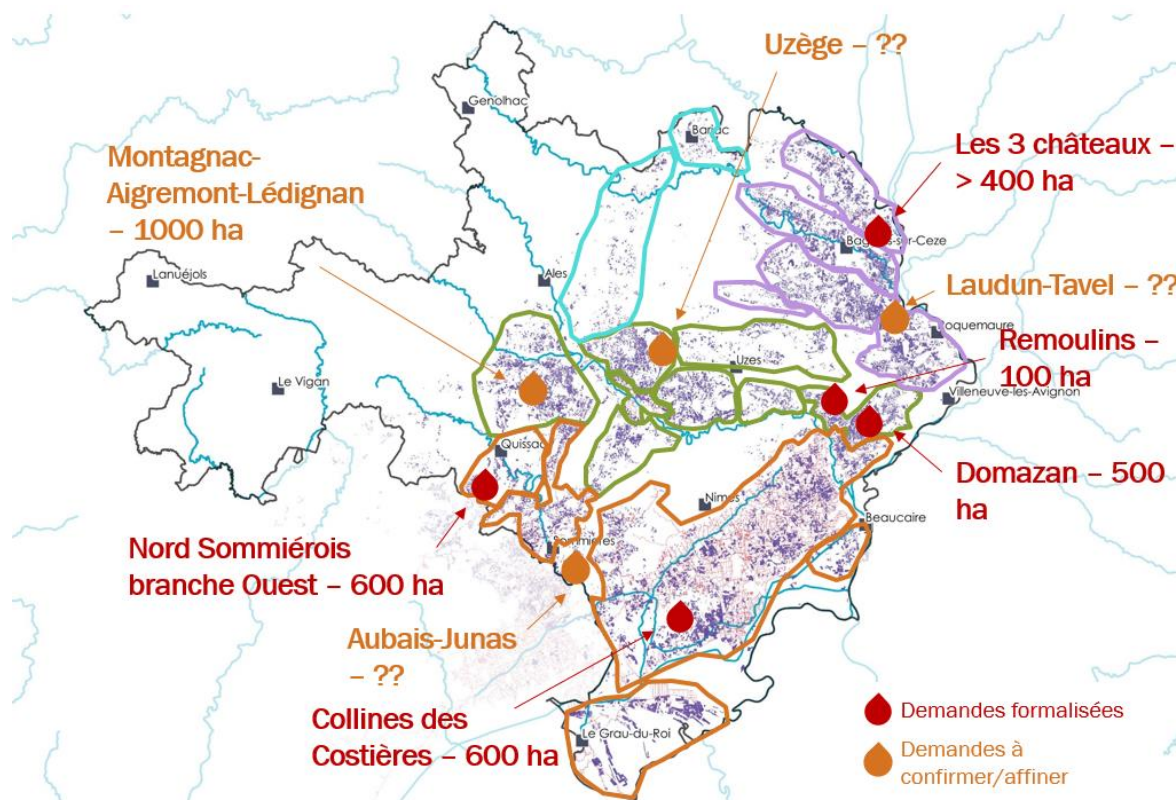
²⁴ 17 000 ha irrigués dans le Gard mais près de 45 000 ha accessibles à l'irrigation.



Au-delà de ces projets, d'autres demandes non encore formalisées sont évoquées, dans la Gardonnenque (environ 1000 ha Montagnac - Aigremont - Lédignan - Saint-Jean-de-Serres), dans l'Uzège (surface concernée non connue), dans la zone Laudun-Tavel, entre Aubais et Junas.... Ces projets et leur niveau de maturité traduisent la prise de conscience progressive de la profession et le besoin de fournir une porte d'entrée formalisée aux demandes pour faciliter leur recensement et leur priorisation à l'échelle du territoire.

Les projets de demande d'irrigation supplémentaires de la vigne, formalisés ou non, sont localisés sur la carte suivante.

Figure 147 : Localisation des projets d'irrigation majoritairement en faveur de la vigne



Source : BRLi à partir d'informations transmises par BRL et BRLe (2019)

PLUSIEURS HYPOTHÈSES D'ÉVOLUTION DES SURFACES EN VIGNE IRRIGUÉES ET DES VOLUMES CONCERNÉS

La vigne, comme nous l'avons vu, présente des besoins unitaires réduits au regard des autres cultures (entre 500 et 1000 m³/ha aujourd'hui à comparer à 6000 m³/ha pour le pêcher par exemple). Au regard des surfaces potentiellement concernées par une demande supplémentaire, les volumes associés peuvent être très importants.

Les surfaces en demande aux horizons 2050 et même 2030 étant sujettes à de nombreuses incertitudes déjà évoqués, plusieurs cas de figure ont été étudiés et sont présentés dans ce rapport : irrigation de 10, 20, 50 ou 100 % de la surface en vigne non irriguée aujourd'hui.

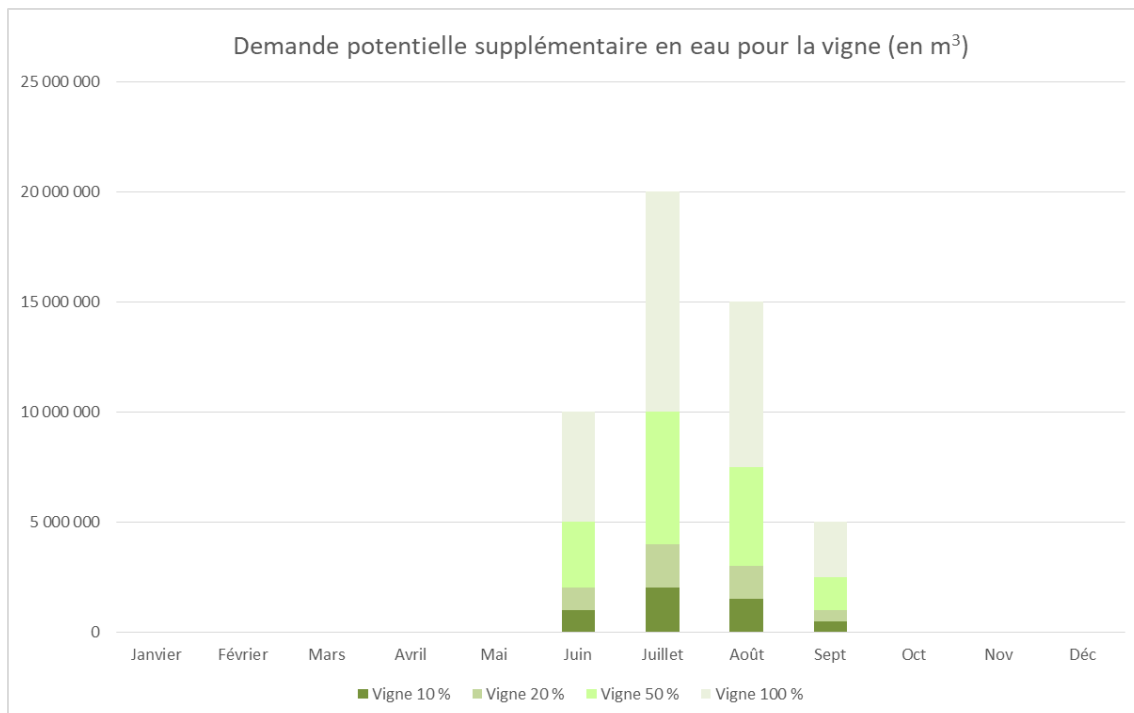
Le chiffrage se base sur les hypothèses suivantes :

- Une dose d'irrigation de 1000 m³/ha/an.
- Une répartition homogène de l'irrigation entre le 15 juin et le 15 septembre (l'irrigation est autorisée du 15 juin au 15 août mais en pratique, on observe de l'irrigation plus tardive), dont 40 % au mois de juillet.

Irriguer 10 % de la vigne non irriguée aujourd'hui représenterait ainsi 5 Mm³/an supplémentaires. Pour atteindre 100 %, il faudrait mobiliser 50 Mm³/an par rapport à aujourd'hui.



Figure 148 : Demande potentielle supplémentaire en eau d'irrigation pour la vigne – 4 cas de figures



Source : BRLi (2019)

LA RÉSERVE UTILE : UN CRITÈRE DE PRIORISATION DE LA DEMANDE EN EAU POUR LA VIGNE ?

La réserve utile est la quantité d'eau maximale que le sol peut contenir et restituer aux racines pour la vie végétale. Plus elle est importante, moins la plante aura besoin d'un apport complémentaire pour satisfaire ses besoins en eau.

Afin d'apporter un élément d'aide à la décision complémentaire au regard des volumes potentiellement très importants que la demande « vigne » peut représenter, nous avons étudié la répartition des vignes du département du Gard selon 3 classes de réserve utile (RU) à 2m de profondeur :

- 33 % des vignes du Gard ont accès à une RU faible, inférieure à 125 mm ;
- 39 % des vignes du Gard ont accès à une RU moyenne, comprise entre 125 et 175 mm ;
- 28 % vignes du Gard ont accès à une RU élevée, supérieure à 175 mm.

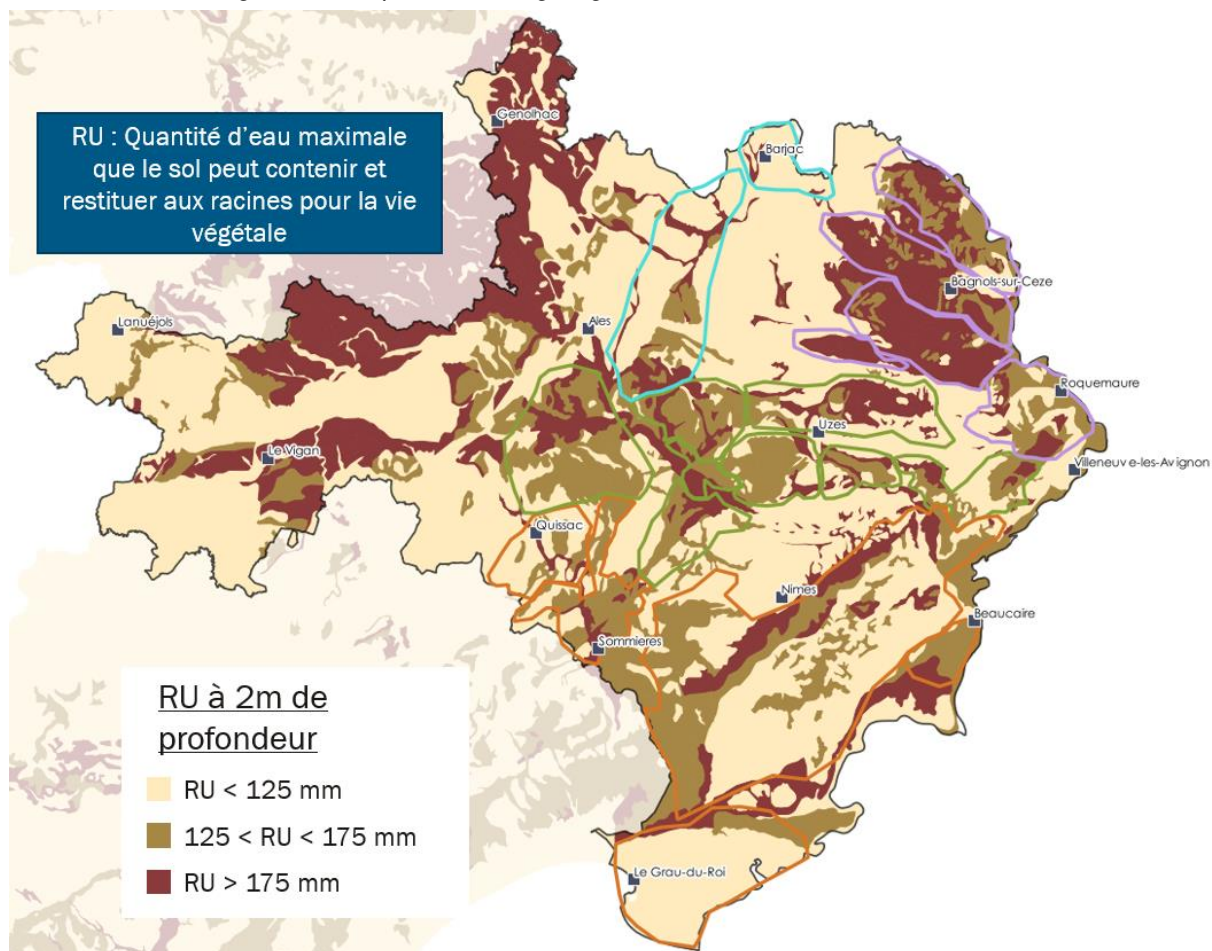
Cette répartition relativement homogène entre les 3 classes (un peu plus de surfaces dans la classe moyenne) masque des disparités importantes selon les zones. Parmi les grandes surfaces en vigne ayant accès à une RU faible, figurent notamment la Camargue (CCS4), les Costières (CCS3), Quissac (CCS1), Remoulins (GUR8) et Roquemaure (AC5). En ce qui concerne les 2 200 ha de projets, on remarque que plus de la moitié d'entre eux est située sur une zone à faible RU.

Ce critère est cependant à manier avec précaution au regard de la précision des données : il ne permet pas une analyse fine, mais constitue davantage un outil d'aide à la priorisation à l'échelle macro, en offrant une vision par secteur. Deux approches sont envisageables : soit privilégier les secteurs pérennes à forte RU (et peut-être condamner les secteurs fragiles à faible RU), soit aider les secteurs en difficulté à faible RU, mais avec le risque à terme que toute la profession soit fragilisée. Ces réflexions seront approfondies dans les phases suivantes de l'étude.

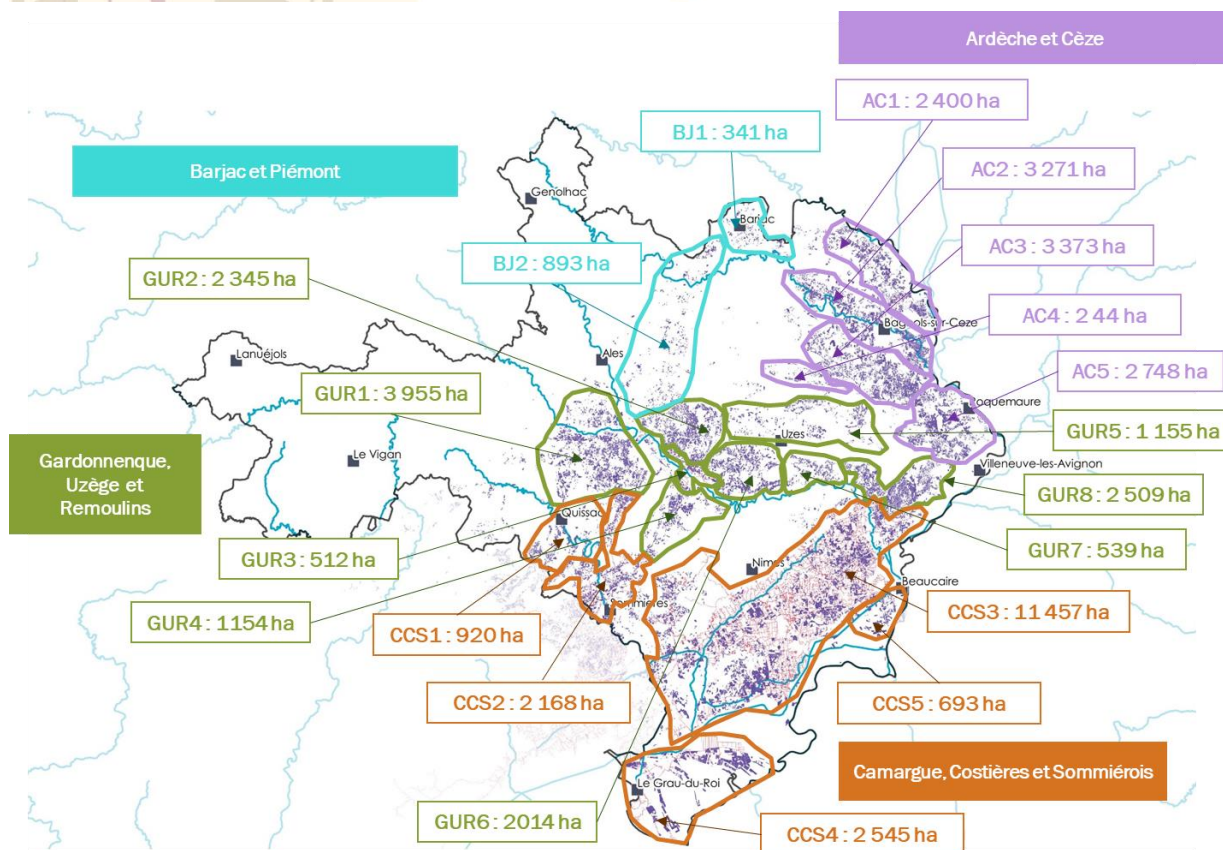
D'autres caractéristiques des sols peuvent également jouer sur la sensibilité des terroirs. Dans les Costières par exemple, la RU est globalement faible du fait de sols très caillouteux, mais ces derniers sont également très argileux et profonds et les vignes peuvent s'y développer facilement. Ce terroir serait ainsi a priori moins sensible à l'aléa sécheresse que d'autres.



Figure 149 : Répartition des vignes gardoises selon 3 classes de réserve utile



224



Source : BRLi (2019) à partir du RPG 2017 et de données de réserve utile géolocalisées de la Région Occitanie



Tableau 42 : Répartition des zones de vignes selon les 3 classes de réserve utile

ZONE	SURFACE VIGNE RPG 2017 (HA)	SURFACE VIGNE AVEC RU < 125 MM	SURFACE VIGNE AVEC 125 < RU < 175 MM	SURFACE VIGNE AVEC RU > 175 MM	SURFACE VIGNE « NON IRRIGUÉE » A PRIORI
AC1 - Ardèche	2 400	252	950	1 193	2 200
AC2 - Cèze	3 271	103	751	2 417	3 300
AC3 - Laudun-L'Ardoise	3 373	93	171	3 109	3 400
AC4 - Bruguière	244	20	-	224	200
AC5 - Roquemaure	2 748	946	1 116	686	2 700
BJ1 - Barjac	341	289	-	36	300
BJ2 - Piémonts Cèze	893	436	256	194	700
CCS1 - Quissac	920	595	171	154	900
CCS2 - RHR Nord-Sommiérois	2 168	354	1 593	221	1 100
CCS3 - Costières RHR	11 457	6 742	3 930	786	6 500
CCS4 - Camargue	2 545	2 374	156	15	1 600
CCS5 - Beaucaire	693	27	562	104	600
GUR1 - SO Ales	3 955	436	2 615	903	4 000
GUR2 - Nord Gardonnenque	2 345	190	1 567	588	2 300
GUR3 - RHR Gardonnenque	512	15	305	191	100
GUR4 - La Rouvière	1 154	236	556	363	1 200
GUR5 - Uzege	1 155	308	156	690	1 200
GUR6 - Est Gardonnenque	2 014	216	1 482	316	2 000
GUR7 - Nord Collias	539	42	308	189	500
GUR8 - SN A9 Remoulins	2 509	1 096	999	414	2 500
TOTAL	45 238	14 772	17 644	12 792	37 300
<i>Répartition par classe</i>		33 %	39 %	28 %	

Source : BRLi à partir des données RPG 2017 et de données de réserve utile géolocalisées de la Région Occitanie



Tableau 43 : Répartition des projets d'irrigation de la vigne selon les 3 classes de réserve utile

PROJETS IDENTIFIÉS (HA)	RU < 125 MM	125 < RU < 175 MM	RU > 175 MM
Collines des costières	420	5	-
Domazan	296	81	-
Les Trois Châteaux (Vénézan, Saint-Etienne des Sorts, Chusclan)	207	322	462
Nord-Sommiérois branche Ouest	511	92	142
Remoulins	57	104	102
TOTAL	1491	604	706
<i>Repartition par classe</i>	53 %	22 %	25 %

Source : BRLi à partir des données RPG 2017 et de données de réserve utile géolocalisées de la Région Occitanie

4.2.5.3 L'oignon doux des Cévennes : des demandes supplémentaires pour une production à fort enjeu économique local

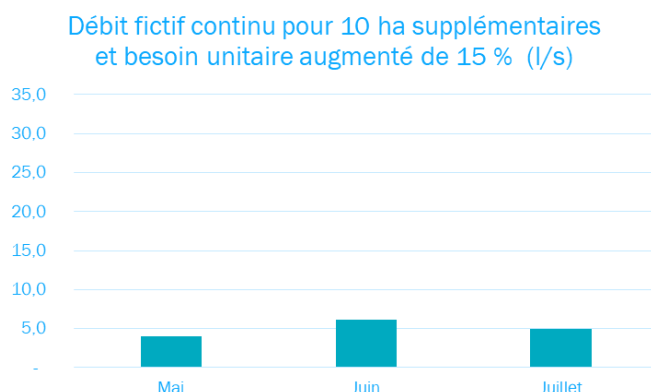
Les oignons doux représentent des surfaces et des volumes bien moindres que la vigne (50 ha d'oignons doux ; consommation unitaire de 4 000 m³/ha). Il s'agit cependant d'une production à fort enjeu économique local, située dans une zone où les cours d'eau présentent de très faibles débits à la période où sont concentrés les besoins (entre mai et juillet).

Ainsi, une analyse des projections concernant les surfaces d'oignons doux a été effectuée. Ces surfaces apparaissent stables et pourraient éventuellement croître d'environ 10 ha (+20 %) dans les prochaines années :

- Forte augmentation de la production entre 2010 et 2016 du fait de plusieurs installations (environ 2/an) de jeunes agriculteurs locaux (reprises ou diversification) ;
- Stabilisation des surfaces depuis 3 ans (difficultés liées à l'accès au foncier et intégration progressive de rotations) ;
- Volonté de la coopérative d'atteindre les 50 ha annuels pour stabiliser le chiffre d'affaire ;
- Difficulté à trouver de la main d'œuvre qui limite les potentialités de croissance.

Une augmentation de 20 % des surfaces actuelles en oignons doux et une hausse des besoins unitaires de la culture de 15 % en lien avec le changement climatique induirait une hausse des besoins en irrigation de l'ordre de 46 000 m³/an. Ceci représente un débit d'environ 5 l/s en juillet, de l'ordre de grandeur des cours d'eau de la zone.

Figure 150 : Demande supplémentaire en eau d'irrigation potentiellement induite par la culture des oignons doux des Cévennes



Source : BRLi (2019)



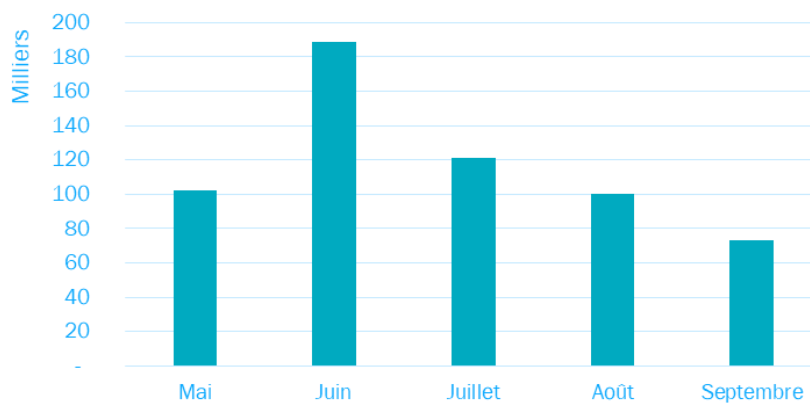
4.2.5.4 Les prairies : une demande qui pourrait émerger avec l'augmentation du prix du fourrage

Les surfaces en herbe représentent des surfaces importantes (près de 25 000 ha) et dispersées sur le territoire. Moins de 5 % de ces surfaces seraient irrigués aujourd'hui.

Au regard des incertitudes pesant sur l'évolution des systèmes fourragers et des fortes hausses des prix d'achat (incluant des frais de transport souvent élevés), des demandes en eau pour l'irrigation des prairies pourraient se concrétiser dans les prochaines années (quelques dossiers d'autorisation sont remontés récemment à la DDTM du Gard).

Les besoins annuels d'une prairie sont de l'ordre de 6 500 m³/ha, concentrés majoritairement en juin (cf. figure suivante).

Figure 151 : Répartition des besoins annuels en eau d'irrigation de 100 ha de prairie (en m³)



Source : BRLi à partir du memento irrigation BRLe (2019)

4.2.5.5 Les céréales : une irrigation qui devient nécessaire, mais des cultures de moins en moins rentables

Des tendances à l'augmentation de l'irrigation des céréales (blé dur notamment) sont identifiées dans le bassin Méditerranéen. Au regard des coûts d'irrigation et du rôle fort des subventions pour ces cultures, des incertitudes pèsent sur le maintien des surfaces en céréales.

Importantes en rotation avec certaines cultures comme le melon, elles pourraient selon les niveaux de subventions futurs être en partie remplacées par de la prairie, voire des jachères.



4.3 USAGE INDUSTRIEL

Le Gard est le 3^{ème} département industriel en Occitanie après la Haute-Garonne et l'Hérault. 6 % des entreprises recensées dans le Gard sont des entreprises du secteur industriel. Celles-ci emploient près de 10 % des actifs du département. Les principales filières industrielles présentes dans le Gard concernent l'agroalimentaire, l'énergie, la fabrication de matériau minéral, la chimie et la pharmaceutique (CCI Gard, 2018).

L'état des lieux des usages industriels de l'eau dans le Gard est établi à partir de deux sources de données :

- Le fichier redevances de l'Agence de l'eau qui recense les principaux prélèvements réalisés sur le territoire (données 2017 pour les départements du Gard, de la Lozère, de l'Hérault et de l'Ardèche, de manière à couvrir l'ensemble des bassins versants considérés au cours de l'étude).
- Les études volumes prélevables et les PGRE des 4 principaux bassins versants du territoire.

La synthèse des usages industriels par bassin versant est la suivante :

- Amont du bassin versant de l'Hérault :

L'étude EVP menée en 2015 avait évalué les prélèvements autour de 60 000 m³/an pour l'industrie dans la partie amont du bassin versant de l'Hérault. A l'occasion de la publication du PGRE de l'Hérault en 2018, les volumes prélevés avaient été réactualisés, ceux-ci restaient pour les usages industriels du même ordre de grandeur (30 000 m³ prélevés sur les mois de juin, juillet, août et septembre). Dans le fichier de redevance de l'agence de l'eau, on ne trouve pour l'année 2017 que la fabrique textile de collants basé au Vigan, avec des prélèvements de l'ordre de 30 000m³/an. En conclusion, les prélèvements pour répondre aux usages industriels sont très faibles sur ce territoire.

- Bassin versant du Vidourle :

Le PGRE établi en 2018 indique qu'il n'y a pas eu d'évolution des prélèvements pour les usages industriels depuis l'étude volumes prélevables de 2009. Les seuls prélèvements relevés concernaient des forages de carrières avec des volumes qui n'excédaient pas les 15 000 m³/an avec d'importantes restitutions au milieu naturel. Dans le cadre du PGRE, les usages industriels ont été considérés comme nuls pour l'évaluation des prélèvements totaux sur le bassin versant. Le PGRE souligne cependant le besoin d'acquisition de connaissances concernant des prélèvements industriels connus sans caractérisation précise des volumes et ressources sollicitées (ex : forage de la société SOFEBA à Quissac).

- Bassin versant des Gardons :

Dans le PGRE des Gardons établie en 2018, les prélèvements nets annuels pour les usages industriels sont estimés à environ 130 000 m³/an. Ils sont considérés comme « anecdotiques » à l'échelle du bassin versant, représentant moins de 1% des prélèvements totaux. À partir du fichier de l'agence de l'eau, il est possible de retrouver les principaux préleveurs industriels parmi ceux-ci la sablière du Thieulin sur la commune de Vallabrix déclare prélever un volume brut de 150 000m³/an, l'entreprise Deleuze Sables et Gravieres basée à Moussac déclare des prélèvements d'environ 100 000 m³/an, l'usine Haribo déclare des prélèvements de 60 000m³/an.



- Bassin versant de la Cèze :

Le PGRE de la Cèze établie en 2018 indique que le seul prélèvement industriel significatif sur le bassin versant correspond à celui du GIE Chimie Salindres (entreprise située sur le bassin versant des Gardons). L'usine est alimentée par un pompage dans la nappe d'accompagnement de la Cèze sur la commune de Saint Victor de Malcap. Le volume brut du prélèvement déclaré en 2017 par l'entreprise s'élève à près de 1 500 000 m³/an. Un tiers environ du prélèvement total est destiné à l'alimentation en eau potable de la ville de Salindres. Dans le PGRE, les prélèvements industriels totaux sur le bassin versant avaient été approchés par le volume du prélèvement du GIE Salindres, soit environ 900 000 m³/an, les autres usages industriels étant très inférieurs. Le prélèvement de ce GIE a pu évoluer dans les dernières années mais nous ne disposons pas de données permettant d'apporter des précisions sur ce point.

- Bassin versant Vistre – Vistrenque :

Ce territoire présente des activités industrielles plus marquées. Elles concernent l'industrie des produits minéraux (fabrication de béton, extraction de matériau) et l'industrie agro-alimentaire.

A partir des données du fichier redevance de l'agence de l'eau, on évalue à près de 5 000 000 m³/an les prélèvements bruts pour usage industriel à partir de forages privés.

Parmi les principaux préleveurs, on retrouve : Nestlé (source Perrier) avec 3 900 000 m³/an, Syngenta avec 250 000 m³/an ou encore Elis Provence avec 75 000 m³/an.

Dans le SAGE établi en 2010, il est expliqué que certains industriels pouvaient être alimentés en eau par le réseau d'eau brute BRL ou directement par les réseaux AEP des collectivités. Il avait été estimé que BRL fournissait à l'époque près de 6 500 000 m³/an aux industriels. La quantité d'eau soutirée aux réseaux d'eau potable avait été estimée à environ 1 800 000 m³/an.

N.B. : La présente étude ne prévoyait pas l'établissement de projections liées à l'activité industrielle. Cet usage est donc considéré constant aux horizons de l'étude.



4.4 EVOLUTION GLOBALE DES DEMANDES EN EAU À ANTICIPER

Comme déjà indiqué, il existe à ce stade peu de vision sur les évolutions possibles concernant l'irrigation de la vigne dans le Gard. **Le « bruit de fond » est globalement fort à l'échelle du Languedoc et du Roussillon sur la hausse de la demande. La formulation et la formalisation du besoin apparaissent plus en retrait dans le Gard** que par exemple dans l'Hérault ou l'Aude.

Il nous a toutefois semblé intéressant de compiler les prospectives conduites pour cette irrigation du vignoble et pour les besoins en eau potable. Ceci dans l'objectif de mettre les besoins en regard, à l'échelle mensuelle.

Le tableau ci-dessous et les graphes de la page suivante présentent ainsi l'addition des deux prospectives. On a repris les horizons 2030 et 2050 pour l'eau potable et un horizon indéterminé pour la vigne. Avec, dans ce dernier cas, la présentation de quatre scénarios, qui s'étendent de « pas de nouvelle irrigation » à « 50 % de la surface aujourd'hui non irriguée ».

Tableau 44 : Mise en perspective des prospectives AEP et Irrigation du vignoble

Besoin additionnel par rapport à 2015 (Mm3)

	AEP seule			AEP et irrigation de 10 % vigne non irriguée aujourd'hui (5 000 ha)	AEP et irrigation de 20 % vigne non irriguée aujourd'hui (10 000 ha)	AEP et irrigation de 50 % vigne non irriguée aujourd'hui (25 000 ha)			
	2030	2050	TOTAL	TOTAL "2050"	%	TOTAL "2050"	%	TOTAL "2050"	%
Annuels									
AEP	6,9	8,4	15,4	15,4	75%	15,4	61%	15,4	38%
Irrigation				5,0	25%	10,0	39%	25,0	62%
TOTAL		8,4	15,4	20,4	100%	25,4	100%	40,4	100%
Juin à Septembre									
AEP	2,7	3,3	6,1	6,1	55%	6,1	38%	6,1	20%
Irrigation		-	-	5,0	45%	10,0	62%	25,0	80%
TOTAL		3,3	6,1	11,1	100%	16,1	100%	31,1	100%

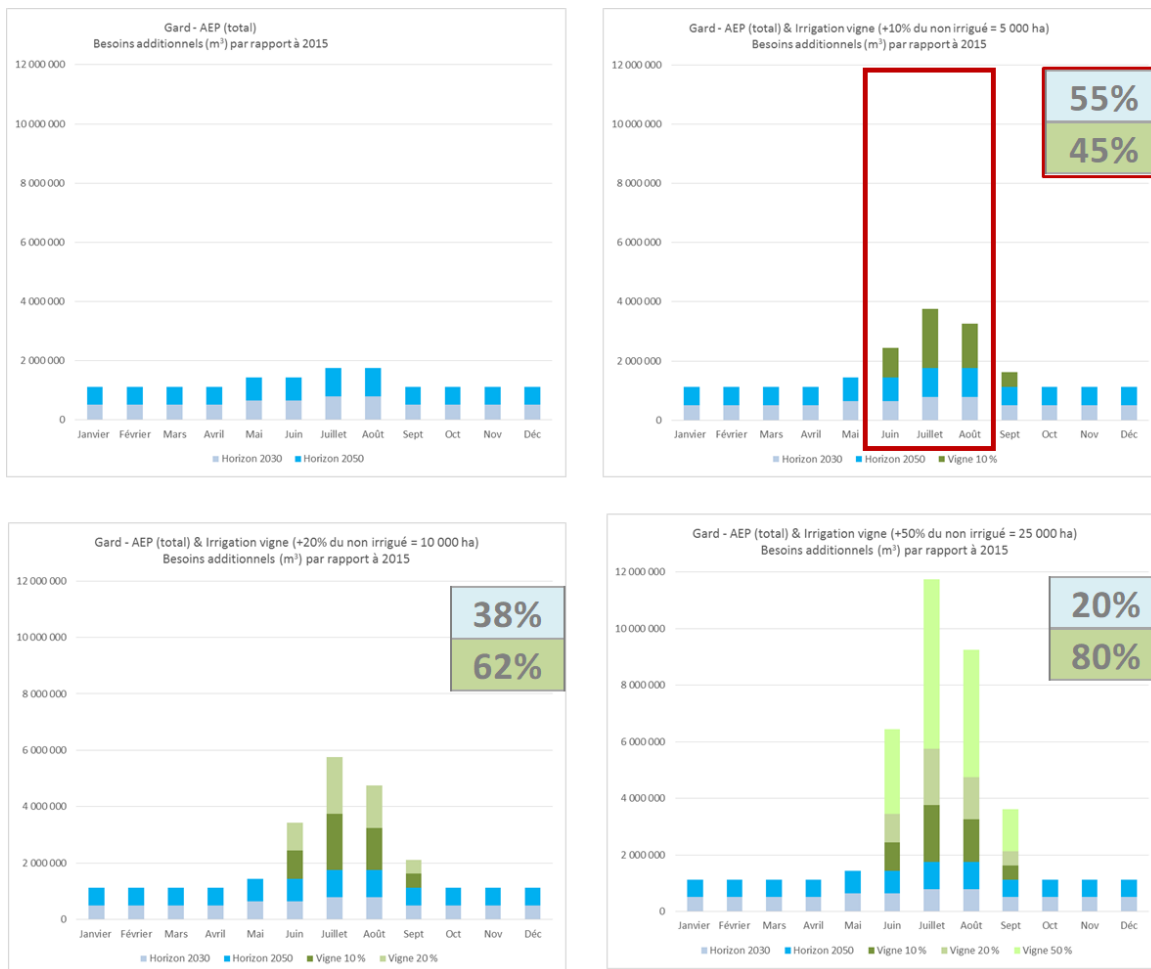
Source : Calcul BRLi (2019)

Le tableau montre qu'avec une hypothèse « irrigation de 10 % de la vigne non irriguée aujourd'hui » (soit + 5 000 ha), le besoin associé est de 5 Mm³. À l'échelle annuelle, cela représente 25 % du nouveau besoin total annuel. Si on zoome sur la période « juin à septembre », cette proportion atteint près de 45 %. Elle est de 80 % dans l'hypothèse « irrigation de 50 % de la vigne non irriguée aujourd'hui ».

Ces chiffres mettent en évidence le **poids très important de l'agriculture dans la prospective conduite dans la présente démarche.**



Figure 152 : Mise en perspective des prospectives AEP et Irrigation du vignoble





5 QUEL BILAN POUR LE GARD ET SES TERRITOIRES ?

Ce dernier chapitre du diagnostic vise à tirer des conclusions sur la vulnérabilité du Gard vis-à-vis du changement climatique, en lien avec les ressources en eau. Ces conclusions s'appuient sur un exercice de prospective et non de prévision : les tendances affichées présentent donc de fortes incertitudes. Celles-ci ne doivent cependant pas empêcher d'agir dès aujourd'hui pour préparer l'avenir.

Au regard de la variabilité intra-départementale et afin de pouvoir ensuite définir des solutions adaptées à une échelle opérationnelle, cette vulnérabilité est ensuite précisée à l'échelle des sous-territoires présentés au sous-chapitre 1.2.2.

Le bilan par territoire s'appuie sur :

- Un rappel de l'historique des liens du territoire avec l'eau à travers quelques dates clés ;
- L'identification des facteurs de sensibilité du point de vue des ressources et de la demande en eau, facteurs qui :
 - Constituent une force/opportunité du territoire vis-à-vis du changement climatique (en vert),
 - Constituent une faiblesse/menace du territoire vis-à-vis du changement climatique (en rouge),
 - Caractérisent le territoire en matière de ressources ou de demande, mais sont neutres vis-à-vis du changement climatique (en noir).
- La caractérisation, sur cette base, de la vulnérabilité du territoire, l'identification d'éventuelles zones à enjeux spécifiques et des questionnements à approfondir dans la phase suivante de recherche des solutions ou dans les suites données à l'étude.

5.1 BILAN GLOBAL

5.1.1 Changement climatique

RÉTROSPECTIVE CLIMATIQUE

L'analyse des données SAFRAN sur la période 1959-2018 a permis de caractériser l'évolution passée du climat dans le Gard d'une manière fine d'un point de vue spatiale (secteurs d'étude) et temporelle (années, saisons). Les grandes tendances d'évolution mise en évidence sont résumées ci-après.

Des températures en très forte hausse depuis 1960

Le constat le plus marquant concerne l'augmentation des températures moyennes sur le département. **À l'échelle du Gard, la température annuelle a connu une augmentation de près de 1,7°C depuis 1960.** Le réchauffement observé s'est réellement manifesté à partir de 1980 et semble connaître une phase d'accélération importante dans les dernières années.

Le constat du réchauffement est le même sur l'ensemble du territoire départemental, néanmoins l'intensité de celui-ci n'est pas homogène. **Le secteur Cévenol a connu un réchauffement, de l'ordre de + 2,1°C, significativement plus important que sur le reste du territoire : + 1,4°C pour les secteurs Garrigues et plaines et Ceinture rhodanienne et + 1,7°C pour le secteur Camargue.**



Enfin, le réchauffement observé à l'échelle annuelle masque des niveaux de réchauffement encore plus important à l'échelle saisonnière (principalement en été et au printemps). **A l'échelle du Gard, les températures moyennes ont connu une évolution de + 1,0°C en hiver, + 1,8°C au printemps, + 2,5°C en été et + 1,2°C à l'automne.**

Des signaux moins évidents concernant les précipitations

Hormis un très faible signal à la baisse sur le secteur des Cévennes, **les cumuls annuels de précipitations enregistrés dans le Gard sont restés stables depuis 1960**, bien que marqués par une forte variabilité interannuelle.

Cependant, à l'échelle saisonnière, nous avons pu noter une **évolution de la répartition temporelle des pluies**. En particulier nous avons établis une **diminution des précipitations hivernales et estivales et une augmentation des précipitations automnales**.

Il convient néanmoins de rester prudent vis-à-vis de ces résultats qui pourraient n'être la représentation que de la variabilité naturelle des pluies (occurrence d'années sèches ou humides) sans témoigner d'une tendance significative à long terme.

PROSPECTIVE CLIMATIQUE

Les projections du climat futur ont été tirées de neuf modèles climatiques. Ces projections sont associées à de fortes incertitudes. Ainsi, la quantification précise de l'évolution du climat est impossible, néanmoins **l'analyse de ces projections permet d'établir les grandes tendances d'évolution possible**.

Un réchauffement qui va se poursuivre

L'ensemble des modèles climatiques s'accordent sur la poursuite du réchauffement dans le Gard au cours du siècle prochain. La saison estivale connaîtra les plus fortes augmentations de températures. Le niveau de réchauffement atteint sera dépendant du niveau d'émission globale de gaz à effet de serre au cours des prochaines décennies. Il pourrait être compris **entre + 0,8 et + 2,9°C à l'horizon milieu de siècle et entre + 1,6 et + 4,9°C à l'horizon fin de siècle**.

De fortes incertitudes sur le devenir des précipitations

Les projections climatiques concernant les précipitations ne sont pas univoques et peuvent même prévoir des tendances opposées d'évolution. Néanmoins, **il est estimé que le cumul annuel des précipitations pourrait ne pas connaître d'évolution significative aux horizons milieu de siècle et fin de siècle**.

À l'horizon milieu de siècle, même si certains modèles prévoient une évolution importante de la répartition des pluies dans l'année, **il n'est pas possible d'établir de manière consensuelle une tendance d'évolution de la répartition des pluies**.

À l'horizon fin de siècle, **il est possible que les précipitations sur la période estivale diminuent et que celles sur la période hivernale augmentent**.



5.1.2 Ressources en eaux superficielles

L'analyse rétrospective des débits des principaux cours d'eau du territoire mise en œuvre dans le cadre de cette étude n'a **pas permis d'établir de tendances robustes d'évolution des débits passés**.

La fiabilité des mesures utilisées lors de l'analyse a été questionnée. Ce travail a fait ressortir **la nécessité de renforcer, en quantité et en qualité, le réseau de mesure des débits dans le Gard, en particulier en période d'étiage**.

Le travail de modélisation et de projection des débits futurs des cours d'eau dans le Gard a, quant à lui, permis d'établir les grandes tendances d'évolutions possibles. À savoir, **une baisse généralisée des débits moyens au cours des mois d'étiage ainsi qu'une augmentation de l'intensité, de la fréquence et de la durée des épisodes d'étiage**.

De la même manière que pour le climat, aucune quantification précise ne pourrait être considérée comme étant assurément fiable. Plus les projections se font à un horizon lointain et selon un scénario d'émission de gaz à effet de serre pessimiste, plus les tendances d'évolutions sont marquées.

5.1.3 Ressources en eaux souterraines

DES SYSTÈMES AQUIFÈRES DÉJÀ SOLLICITÉS MAIS VULNÉRABLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

75 % des eaux souterraines prélevées pour l'AEP, 68 Mm³/an selon le « fichier prélèvements » fourni par l'Agence de l'Eau RMC pour 2017, sont prélevés sur seulement quatre systèmes hydrogéologiques que l'on peut qualifier de stratégiques pour l'alimentation en eau potable à l'échelle du département :

- Alluvions du Rhône (PAC01 B et C) avec environ 22 Mm³/an,
- Alluvions et Villafanchien de la Vistrenque et des Costières (13 Mm³/an),
- Formations du Lias ou du Trias (607 C et 607 D), sur la bordure cévenole (environ 9 Mm³/an),
- Alluvions du Gardon avec 7 Mm³/an,

Dans les systèmes aquifères d'ores et déjà fortement sollicités au regard de l'équilibre entre ressource renouvelable et prélèvements, on identifie deux systèmes qui devront faire l'objet d'une vigilance accrue :

- Alluvions de la Vistrenque et des Costières,
- Molasses de Sommières.

Ces systèmes présentent des tendances piézométriques à la baisse sur le long terme et ils sont très dépendants d'une éventuelle baisse des précipitations efficaces sur leur impluvium.



DES RESSOURCES KARSTIQUES ABONDANTES PEU SOLLICITÉES MAIS PEU MOBILISABLES

Le département du Gard bénéficie de systèmes karstiques majeurs caractérisés pour chacun d'entre eux de réserves renouvelables supérieures à 100 Mm³/an : les systèmes liasiques de la bordure cévenole, les systèmes urgoniens drainés par le Gardon et la Cèze et le karst jurassique drainé pour la Foux de la Vis.

Dans leur fonctionnement actuel, les ressources sont peu sollicitées, excepté les karsts liasiques de la bordure cévenole.

Ceci étant, de par leurs caractéristiques hydrogéologiques, ces réservoirs sont peu inertiels et une partie importante de la réserve renouvelable qui les alimentent aura quitté ces réservoirs au début de l'étiage (>70%). **La ressource mobilisable en période estivale est donc réduite ; de plus, elle participe fortement au soutien d'étiage de tous les cours d'eau du département.**

Dans le karst urgonien drainé par le Gardon, au vu des objectifs réglementaires actuels, on dispose de peu de marges de manœuvre en termes de prélèvements potentiels supplémentaires, sauf à faire la preuve par des mesures adaptées que d'éventuels nouveaux forages ne viendront pas impacter son débit d'étiage. Une étude récente pilotée par l'EPTB Gardons (BRLi et HYDROFIS, 2019) a permis de montrer que cela reste possible bien que relativement difficile.

Sur le système urgonien drainé par la Cèze, les marges de manœuvre sont a priori plus fortes.

Notons de plus que ces systèmes aquifères sont très vulnérables au changement climatique ; ils dépendent doublement d'une éventuelle diminution de la pluie efficace :

- Baisse de la pluie efficace sur les contreforts cévenols qui se traduira par une diminution du débit des cours d'eau au droit des zones de pertes.
- Baisse de la pluie efficace sur les impluviums qui se traduira par une diminution de la recharge par infiltration des eaux de pluie.

L'analyse des données climatiques sur la période passée montre que le changement climatique en cours a déjà affecté les modalités de recharge des aquifères de la bordure cévenole et commencerait à impacter les aquifères dans le secteur des Garrigues (diminution de la recharge par infiltration des eaux de pluie et diminution de la recharge par infiltration au droit des zones de pertes). Il est difficile d'être totalement affirmatif, du fait de l'incertitude des données, mais on assisterait également déjà à un allongement de la durée moyenne des étiages des systèmes karstiques.

DE LA NÉCESSITÉ DE RENFORCER LE SUIVI DES EAUX SOUTERRAINES

Ce diagnostic a permis de mettre en évidence un besoin de connaissances consolidées sur un certain nombre de grands systèmes aquifères qui jouent un rôle important, tant au niveau du soutien d'étiage des cours d'eau, qu'au niveau des prélèvements en eau :

- Système urgonien drainé par la Cèze : besoin d'un bilan quantitatif sur les flux alimentant le système karstique et sur les flux de restitution à la Cèze et à son appareil alluvial.
- Système liasique drainé par la Cèze et par les Gardons de Mialet et de St Jean. Ces systèmes sont très peu décrits dans la littérature scientifique et technique et, pourtant, ils sont très sollicités pour l'alimentation en eau potable et ils contribuent fortement au soutien d'étiage des cours d'eau dans les parties amont de leur bassin versant.
- Séries du Crétacé supérieur du couloir rhodanien. Situées dans une zone de développement potentiel de besoin d'irrigation, ces aquifères hétérogènes pourraient satisfaire une partie de ces besoins mais leur connaissance actuelle est très limitée. Il serait utile d'envisager une étude globale pour identifier les principales formations aquifères et les caractériser, tant du point de vue de leur productivité que de leur lien actuel avec les hydro systèmes superficiels.



- Molasses d'Uzès. C'est une formation aquifère actuellement peu exploitée ; sa superficie et ses liens hydrauliques avec les calcaires urgoniens laissent supposer l'existence de réserves sollicitables par forage. Ceci étant, il sera nécessaire de déterminer son fonctionnement hydrogéologique global avant toute sollicitation supplémentaire, pour notamment déterminer l'impact d'éventuels nouveaux prélèvements sur le débit de l'Alzon.

De plus, le diagnostic permet de conclure sur la nécessité de renforcer la métrologie des eaux souterraines :

- Nécessité de renforcer le suivi piézométrique dans le département. Le maillage actuel de piézomètres est insuffisant pour fournir les données nécessaires à la bonne définition d'une gestion quantitative de la ressource en eau. C'est particulièrement vrai pour les aquifères karstiques dont on a montré qu'ils assurent un contrôle majeur sur le débit des cours d'eau à l'étiage.
- L'ensemble du dispositif du suivi des débits d'étiage des cours du département mériterait d'être repensé au regard du caractère fortement dépendant de ces débits aux restitutions d'eaux souterraines. Dans sa configuration actuelle, il ne permet pas de bien quantifier les échanges nappe / rivière.

5.1.4 Usages

Les besoins en eau du territoire sont associés à trois usages : l'alimentation en eau potable, l'irrigation et l'industrie. Ce dernier usage a été considéré constant aux horizons de l'étude.

AEP : UNE POURSUITE DU DYNAMISME DÉMOGRAPHIQUE DU TERRITOIRE, AVEC UN TASSEMENT EN FAVEUR DE NÎMES ET DES PÔLES SECONDAIRES

Le diagnostic établi au sous-chapitre 4.1 souligne la **croissance démographique forte** que connaît le Gard **depuis l'après-guerre**. La population a presque doublé entre 1950 et aujourd'hui, avec une **dynamique cependant contrastée** selon les secteurs. La population du territoire cévenol a ainsi été divisée par presque deux depuis 1850.

Ce dynamisme global perdure aujourd'hui, bien que le taux de croissance annuel moyen se tasse petit à petit à l'échelle du Gard (+0,7 % par an sur la période 2010-2018).

Cette tendance à la croissance devrait se poursuivre dans les prochaines années, tout en ralentissant légèrement. **La population supplémentaire attendue à l'échelle du Gard est ainsi de +70 000 habitants à l'horizon 2030 et + 140 000 habitants à l'horizon 2050**. La population du Gard atteindrait ainsi 875 000 habitants en 2050.

La moitié de cette augmentation concerne l'agglomération de Nîmes Métropole.

En fonction des hypothèses retenues, les besoins additionnels en prélèvements pour l'eau potable pourraient atteindre 6 Mm³ en 2030 et 11 Mm³ en 2050. Des marges de manœuvre existent pour réduire globalement ce besoin additionnel, en améliorant les rendements des réseaux et en réduisant éventuellement des ratios de consommation individuels. Ainsi un gain de 5 points sur les rendements de réseaux à l'échelle départementale représente 4 Mm³, soit plus du tiers de cette nouvelle demande.



AGRICULTURE : DES ENJEUX TRÈS IMPORTANTS LIÉS À L'EAU MAIS DE FORTES INCERTITUDES SUR LA DEMANDE EFFECTIVE

Le dernier recensement général agricole date de 2010. Les données récentes et localisées à l'échelle du Gard ne permettent qu'une approche partielle de la question agricole et surtout de l'usage irrigation associé. L'état actuel de l'irrigation, ainsi que l'évolution de l'agriculture et de la demande en eau agricole, ont été approchés grâce à plusieurs méthodes et avec l'appui des experts du territoire. Ces éléments sont présentés au sous-chapitre 4.2.

Comme ailleurs en France, si la surface agricole utile a beaucoup régressé (-22 % entre 1979 et 2010), une volonté de préserver les terres agricoles et de manger local se manifeste depuis plusieurs années et des outils se mettent en place. **Les projections établies dans le cadre de la présente étude ciblent ainsi une SAU stable.**

Par ailleurs, **les effets du changement climatique se manifestent déjà sur l'agriculture** et devraient s'intensifier à l'avenir :

- Anticipation et raccourcissement des phases phénologiques (avancée de la date des vendanges d'un mois en une quarantaine d'année dans le Languedoc-Roussillon par exemple) avec de ce fait une sensibilité accrue aux gels tardifs ;
- Modifications des qualités du vin (hausse importante du degré alcoolique et baisse de l'acidité) ;
- Augmentation des besoins hydriques des cultures (+ 20 % entre 1959 et 2018 pour le pêcher par exemple) ;
- Pertes majeures sur les rendements en année sèche et suite à des épisodes de canicule. L'année 2017, particulièrement chaude et sèche, a connu ainsi des pertes importantes de rendement et la vague de chaleur du 28 juin 2019 sur le Gard et l'Hérault, avec des températures atteignant 46°C, pourrait avoir affecté des surfaces importantes du vignoble (chiffres en attente).
- Augmentation des risques d'accidents climatiques (gel tardif, grêles, échaudage...). Les pratiques peuvent constituer des facteurs aggravants de ces accidents.

En ce qui concerne les besoins en eau des cultures gardoises, deux phénomènes principaux sont anticipés :

- **Hausse du besoin en eau d'irrigation des cultures déjà irriguées historiquement** (vergers et maraîchage en particulier). Ces cultures sont situées majoritairement sur des zones irrigables par le Réseau Hydraulique Régional à partir d'une ressource sécurisée, le Rhône.
- **Rupture dans la conduite de certaines cultures traditionnellement cultivées en sec.** La vigne en particulier est aujourd'hui le principal moteur du développement de l'irrigation en Occitanie. La demande est cependant peu formalisée dans le Gard et rend les besoins difficiles à estimer précisément. La vigne représente un tiers de la SAU du Gard, largement répartie sur le territoire hormis dans la zone Cévennes, et environ 20 % des surfaces sont irriguées aujourd'hui. Bien que cette culture demande moins d'eau que les autres, la demande supplémentaire peut représenter des volumes très importants au regard des surfaces concernées. Irriguer 10 % de la vigne non irriguée aujourd'hui (environ 50 000 ha) représenterait ainsi 5 Mm³/an. Pour atteindre 50 %, il faudrait mobiliser 25 Mm³ et 50 Mm³ pour irriguer 100%. L'accès à la ressource pour ces surfaces peut également s'avérer complexe dans certaines zones.



5.2 TERRITOIRE « CÉVENNES »

5.2.1 Historique des liens du territoire avec l'eau

QUELQUES DATES CLÉS	ÉVÈNEMENTS NOTABLES
XVI ^{ème} au XIX ^{ème} siècle	Aménagements anthropiques très importants (terrasses, seuils, béals, mines d'eau, tancats) pour accueillir et nourrir une population croissante.
1800-1850	Déforestation de l'Aigoual (montagne « pelée ») en lien avec l'élevage ovin (500 000 moutons montaient des plaines du Languedoc vers les Cévennes au XIX ^{ème} siècle) et la surexploitation forestière pour les mines, l'industrie ...
Milieu du XIX ^{ème} siècle	Âge d'or des Cévennes : pic de population et richesse du territoire (sériciculture).
1845	Maladies du châtaignier et du ver à soie : perte de ressources pour les cévenols, début de l'exode rural vers les mines et l'industrie (-30 % de la population sur la 2 ^{ème} moitié du XIX ^{ème} siècle).
1875-1914	Reforestation de l'Aigoual dans le cadre de la Restauration des Terrains de Montagne (RTM), pilotée par Georges Fabre : construction de l'observatoire de l'Aigoual, création d'arboretums (participation du botaniste Charles Flahaut) et au final 68 millions d'arbres plantés en 35 années, essentiellement résineux (surtout du Pin à crochets). Parallèlement très fort recul de l'agropastoralisme cévenol.
1950	Arrêt de la production de soie et report de l'économie du territoire sur la culture traditionnelle de l'oignon, de la pomme reinette du Vigan et de la châtaigne.
1950-1980	Construction des grands barrages du territoire dont 3, situés sur le territoire « Cévennes » contribuent aujourd'hui au soutien d'étiage : Les Camboux (1954), Sainte-Cécile d'Andorge (1967), Sénéchas (1976).
1970	Création du Parc national des Cévennes. Premier parc national français avec une population permanente dans sa zone centrale. Inscription des enjeux culturels dans sa charte qui souligne « <i>Le Parc national des Cévennes est le résultat d'une interaction permanente entre l'homme et la nature. (...) Véritable parc culturel, il reste profondément imprégné de l'esprit des sociétés caussenarde et cévenole.</i> »
1991	Création de la coopérative « Origine Cévennes » à l'initiative de 30 producteurs d'oignons doux
2011	Inscription des paysages culturels agropastoraux des Causses et des Cévennes au patrimoine mondial de l'UNESCO
2018	Résolution UNESCO pour les ouvrages hydrauliques patrimoniaux en Cévennes
2020	Ouverture prévue du Centre français d'interprétation des changements climatiques, au sommet du Mont Aigoual

Le passé du territoire cévenol est ainsi très marqué par l'aménagement de la terre et des eaux. Si une rupture est observée à partir de la fin du XIX^{ème} siècle avec l'abandon progressif du système traditionnel, le territoire reste souvent pris comme exemple en matière de gestion collective de l'eau. Depuis quelques années, une conscience de ce patrimoine se développe et vise la préservation des ouvrages hydrauliques traditionnels.



5.2.2 Facteurs de sensibilité « Eau et climat » du territoire



Forces et opportunités



Faiblesses et menaces



Autres caractéristiques

Ressources – Ressources superficielles
<ul style="list-style-type: none"> - Peu ou pas de ressources additionnelles mobilisables en étiage. - Une baisse des étiages attendue. - Un déficit de connaissance et de mesures précises des débits des cours d'eau. - Des premières actions mises en place pour réduire l'impact des béals gravitaires et l'installations de stations hydrométriques pilotes (EPTB Gardons en partenariat avec le CNRS). - Des démarches innovantes comme le projet HydroPop (CNRS). - Des écoulements importants en dehors des étiages qui permettent d'envisager du stockage.
Ressources – Ressources souterraines
<ul style="list-style-type: none"> - Des ressources très localisées et qui devraient se réduire. - Une baisse attendue des recharges des karsts, mais des ressources qui resteront cependant importantes. - Une mobilisation a priori difficile des ressources karstiques (faible partie disponible l'été, forte contribution au soutien d'étiage).
Ressources – Ouvrages hydrauliques
<ul style="list-style-type: none"> - Peu de marge de manœuvre sur les barrages. - Un éloignement très important du RHR qui limite fortement la faisabilité d'extensions pouvant concerner ce territoire.
Culture de l'eau
<ul style="list-style-type: none"> - Une culture locale de l'eau très ancienne et forte (capacité de résilience et d'innovation marquée). - Des milliers de petits ouvrages hydrauliques, mais peu ou pas d'entretien et peu ou pas de moyens pour les entretenir. - Le caractère patrimonial des petits ouvrages hydrauliques cévenols reconnu (résolution UNESCO 2018, plan d'actions 2015-2021 de l'Entente Causse Cévennes).
Demande – Eau potable
<ul style="list-style-type: none"> - Des progrès importants effectués sur les rendements depuis le début des années 2000 (syndicat de l'Avène en particulier) bien qu'il reste de la marge de progression. - De nombreux hameaux isolés qui ne facilitent pas l'alimentation en eau potable (multiplicité des ressources et réseaux pour très peu d'habitants, raccordements aux réseaux principaux des agglomérations via des linéaires très importants de réseaux, etc.). - Variation intersaisonnière importante de la population de petits villages présentant déjà des difficultés pour leur alimentation en eau potable - Des souhaits de développement du territoire affirmé par le SCOT Pays des Cévennes mais un taux croissance annuel moyen très faible dans les dernières années (négatif sur certains secteurs) qui fait suite à une forte chute de population depuis 1870 (division par presque 2). - Notre prospective sur l'agglomération d'Alès (à cheval sur le territoire Cévennes et le territoire Garrigues et plaines) : + 6 000 habitants à l'horizon 2030 et + 12 000 à l'horizon 2050. - Une capacité d'accueil touristique qui se stabilise et un renforcement de la fréquentation sur les ailes de saison. Un possible développement du tourisme vert (échelle Gard).
Demande – Eau agricole
<ul style="list-style-type: none"> - Environ 80 ouvrages de stockage mis en place pour l'irrigation depuis 1995 mais une capacité de stockage en place qui paraît juste voire insuffisante en année sèche. - Des sécheresses agricoles qui seront de plus en plus longues et fréquentes. - Des ressources très faibles en regard des demandes supplémentaires estimées. - Des demandes faibles en volume au regard des autres secteurs du département mais avec des enjeux territoriaux très forts.



5.2.3 Bilan : vulnérabilité du territoire

Le territoire des Cévennes est **significativement plus impacté par la hausse des températures que les autres territoires gardois** (+2,1°C entre 1959 et 2018 à comparer à une moyenne gardoise de +1,7 °C sur la même période). À l'avenir, ce territoire devrait continuer à connaître un réchauffement plus important que les autres. Pour rappel, le réchauffement attendu d'ici à la fin du siècle à l'échelle du Gard selon le scénario le plus pessimiste atteint +3,5 à +5°C en température annuelle moyenne²⁵.

Ce territoire connaît par ailleurs des **précipitations abondantes**, mais qui **s'écoulent rapidement vers les territoires aval**. Les **ressources locales**, en l'absence de stockage et/ou d'utilisation de la réserve souterraine, sont ainsi très **faibles**.

Les **demandes supplémentaires en eau agricole** (en particulier pour la culture des oignons doux, essentiellement dans la Haute vallée de l'Hérault) **apparaissent réduites**, mais importantes au regard des faibles ressources disponibles. Elles représentent de plus un enjeu économique majeur pour le maintien du tissu rural. L'alimentation en eau potable de l'agglomération d'Alès (un peu moins de 10 % de la croissance démographique de tout le département, attendue aux horizons 2030 et 2050, entre le territoire Cévennes et le territoire Garrigues et plaines) constitue aussi un enjeu à anticiper. L'AEP en période estivale constitue également un enjeu fort du territoire (ressources faibles et forte augmentation de la population pendant la période touristique).

Le territoire des Cévennes présente une forte culture de l'eau et une nature résiliente et innovante sur laquelle il peut s'appuyer pour s'adapter à ces évolutions climatiques et socio-économiques.

Les questionnements qui demeurent :

- Une évolution de la fréquentation touristique à préciser :
Avec l'augmentation des températures, l'accès à l'eau pour la baignade devient un enjeu de plus en plus important pour les touristes (baignade, randonnée aquatique, canoë). La baisse des débits des cours d'eau en période d'étiage pourrait compromettre cet usage et avoir ainsi un impact sur la fréquentation.
- Des interrogations sur le devenir des parcelles en herbe et les éventuels besoins en eau supplémentaires à anticiper :
Au regard du prix croissant du fourrage et des pertes de rendement observées en année sèche, l'irrigation des prairies, nombreuses sur le territoire « Cévennes » pourrait être amenée à augmenter.

Zones à enjeux identifiées sur le territoire :

- L'agglomération d'Alès (augmentation des besoins AEP).
- La Haute Vallée de l'Hérault (demandes supplémentaires associées à la culture d'oignons doux).

²⁵ Scénario RCP 8.5, selon 9 modélisations du climat



5.3 TERRITOIRE « GARRIGUES ET PLAINES »

5.3.1 Historique des liens du territoire avec l'eau

QUELQUES DATES CLÉS	EVÈNEMENTS NOTABLES
XVIII ^{ème}	Création du canal de Boucoiran.
1950-1980	Construction des grands barrages dont trois, situés sur le territoire « Cévennes », contribuent aujourd'hui au soutien d'étiage : Les Camboux (1954), Sainte-Cécile d'Andorge (1967), Sénéchas (1976)
A partir de 1970- 1980	<ul style="list-style-type: none">- Relocalisation des vignes sur les coteaux et piémonts, terroirs plus qualitatifs mais plus sensibles à la sécheresse dans le cadre d'un grand plan porté par l'Etat de reconversion du vignoble dans le sud de la France.- Création des principales ASA du territoire : Potelières (1969), Saint-Jean de Maruéjols (1985), Boucoiran (1977), Beaucaire (<i>date de création non connue, canal datant du XIX^{ème} siècle</i>).
1986	Réalisation du forage de Moussac dans le karst Urgonien (Gardonnenque).
1990	Suite à une très forte opposition, abandon du projet de barrage de la Borie (20 Mm ³) sur le Gardon de Mialet, destiné à alimenter la Gardonnenque.
1992	Réalisation du forage de Maisonnette dans le karst Urgonien (Gardonnenque) suite à deux années de pénurie d'eau.
2014	Etude d'opportunité de réalisation d'un adducteur d'eau entre Nîmes et Alès portée par l'Agglomération d'Alès pour l'alimentation en eau potable de son territoire et l'irrigation des territoires traversés (Artelia).
2016-2019	Etude (BRLi et Hydrofis) en cours d'achèvement sur les karsts hettangien et urgonien du Gardon portée par l'EPTB Gardons.
2019	Etude en cours sur les possibilités de stockage sur le bassin versant des Gardons (hors Cévennes) portée par l'EPTB Gardons.

L'histoire du territoire « Garrigues et plaines » est marquée par la recherche de solutions techniques pour l'accès à une ressource en eau difficilement mobilisable.



5.3.2 Facteurs de sensibilité « Eau et climat » du territoire



Forces et opportunités



Faiblesses et menaces



Autres caractéristiques

Ressources – Ressources superficielles
<ul style="list-style-type: none"> - Peu ou pas de ressources additionnelles mobilisables en étiage. - Une baisse des étiages attendue. - Un déficit de connaissance et de mesures précises des débits des cours d'eau. - Des écoulements importants en dehors des étiages qui conduisent à envisager du stockage en plaine (étude en cours sur le bassin des Gardons). - Un secteur desservi par le RHR au niveau de la Gardonnenque et une proximité du réseau Nord-Sommiérois du RHR mais des réseaux qui présentent une saturation hydraulique dans les deux cas.
Ressources – Ressources souterraines
<ul style="list-style-type: none"> - Des nappes alluviales Cèze et Gardons en lien très forts avec les cours d'eau, ne laissant pas de marge de manœuvre en étiage. - Nappes tertiaires : une baisse des recharges attendues, mais de la marge de manœuvre existant sur des nappes comme les Molasses du bassin d'Uzès. - Karsts : une baisse attendue des recharges mais des ressources qui resteront cependant importantes. Une mobilisation difficile (faible part disponible l'été, lien fort avec les cours d'eau : forte contribution au soutien d'étiage). - Des conclusions sur les karsts Gardons (étude en cours d'achèvement), qui devraient être valables également pour les karsts de la Cèze mais qui resteront toutefois à préciser sur ce secteur.
Ressources – Ouvrages hydrauliques
<ul style="list-style-type: none"> - Peu de marge de manœuvre sur les barrages. - Un relatif éloignement du RHR qui questionne la faisabilité d'extensions.
Culture de l'eau
<ul style="list-style-type: none"> - L'expérience de la recherche de solutions techniques pour l'accès à la ressource en eau. - Quelques expériences collectives (réseaux St Jean, Potelières, Boucoiran).
Demande – Eau potable
<ul style="list-style-type: none"> - Des progrès importants effectués sur les rendements depuis le début des années 2000 (syndicat de l'Avène en particulier) bien qu'il reste de la marge de progression. - Des souhaits de développement du territoire affirmé par les SCOT (Sud Gard, Pays des Cévennes, Gard Rhodanien, Uzège Pont du Gard) et une démographie dynamique dans les dernières années, notamment au niveau de l'agglomération d'Alès. - Notre prospective sur l'agglomération d'Alès (à cheval sur le territoire Cévennes et le territoire Garrigues et plaines) : + 6 000 habitants à l'horizon 2030 et + 12 000 à l'horizon 2050. - Une capacité d'accueil touristique qui se stabilise et un renforcement de la fréquentation sur les ailes de saison (échelle Gard).
Demande – Eau agricole
<ul style="list-style-type: none"> - Des sécheresses agricoles qui seront de plus en plus longues et fréquentes. - Des surfaces en vignes importantes, majoritairement non irriguées, et une interrogation à moyen terme sur la possibilité de poursuivre la viticulture sans apport d'eau, notamment sur les sols à faible réserve utile. - Une faible structuration de la demande agricole pour l'accès à l'irrigation alors que des besoins sont identifiés (Gardonnenque et Uzège notamment).



5.3.3 Bilan : vulnérabilité du territoire

Le territoire des Garrigues et Plaines est, comme le reste du département, marqué par une hausse des températures (+1,4°C entre 1959 et 2018 à comparer à une moyenne gardoise de +1,7°C sur la même période). Si les **ressources superficielles disponibles devraient baisser, notamment à l'été**, en lien avec le réchauffement climatique qui se poursuit, ce territoire dispose de **ressources en eau souterraines importantes**, notamment dans les karsts. **La mobilisation durable de ces ressources risque cependant :**

- d'être techniquement difficile,
- d'avoir un impact sur les milieux (soutien d'été),
- de présenter un coût très élevé.

Des extensions depuis le Réseau hydraulique régional peuvent également être envisagées mais posent, elles aussi, la question du coût (coût d'investissement, énergie en fonctionnement, empreinte carbone...).

Ces constats soulignent la **nécessité de poursuivre les efforts d'économie d'eau et de développer la culture de la rareté de l'eau**, mais aussi de **renforcer la connaissance** des ressources disponibles et des interactions eaux superficielles-eaux souterraines.

En ce qui concerne l'agriculture, **d'autres pistes que l'irrigation seront à approfondir** et développer comme des modifications de pratiques culturales pour se préparer dès aujourd'hui à un nouveau climat.

L'évolution de la fréquentation touristique sera également à préciser. Avec l'augmentation des températures, l'accès à l'eau pour la baignade devient un enjeu de plus en plus important pour les touristes (baignade, randonnée aquatique, canoë). La baisse des débits des cours d'eau en période d'été pourrait compromettre cet usage (secteur des gorges en particulier) et avoir ainsi un impact sur la fréquentation.

Zones à enjeux identifiées sur le territoire :

- La Gardonnenque, avec l'augmentation des besoins AEP de l'agglomération d'Alès et les surfaces en vignes importantes dont le maintien pourra nécessiter l'accès à l'irrigation.
- Les Piémonts : 1000 ha de vignes non irriguées sont situés sur ce secteur dont 60 % dans zones à faible réserve utile (absence de demande d'irrigation formalisée pour l'instant mais un risque d'émergence rapide à anticiper).



5.4 TERRITOIRE « CEINTURE RHODANNIENNE »

5.4.1 Historique des liens du territoire avec l'eau

DATES CLÉS	EVÈNEMENTS NOTABLES
Avant le XIX ^{ème} siècle	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place de drains à la fin du Moyen-Age pour alimenter des moulins sur la plaine du Vistre (biefs d'amenée perchés). - Tentatives d'irrigation des terres, peu à peu abandonnées.
1847 à 1902	Premier ingénieur à avoir le projet d'irriguer la rive droite du Rhône à partir d'une dérivation des eaux du fleuve, Aristide Dumont présente, au cours de sa vie, 7 projets de canal rive droite du Rhône pour l'irrigation du territoire et la navigation. Projets parfois sur le point d'aboutir mais successivement refusés pour des raisons variées (opposition politique ...).
Début du XX ^{ème} siècle	Le Vistre était « l'égout » de la ville de Nîmes (qualifié de « drain-égout » de la ville de Nîmes dans des documents de la chambre d'agriculture de l'époque).
Après-guerre	<ul style="list-style-type: none"> - Création de syndicats intercommunaux d'assainissement des terres agricoles dans les années 1945-1950. - Structuration foncière et mise en place de réseaux d'irrigation dans les années 1950-1960 au regard notamment du potentiel agronomique des terres : <ul style="list-style-type: none"> - 1946 : mise en place de la "Commission pour la région naturelle du Bas-Rhône" par décret du Ministre de l'Agriculture. Préparation d'un plan de mise en valeur du territoire. Travaux d'adduction d'eau et d'assainissement (en Camargue 25 000 ha de terres sont aménagés en rizières). - 1947 : premières esquisses par Philippe Lamour d'un réseau hydraulique régional qui reprend l'idée d'Aristide Dumont d'une dérivation des eaux du Rhône. - 1955 : création de la "Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas Rhône et du Languedoc" (CNARBRL). - 1956 : exécution et exploitation des ouvrages concédées à la CNARBRL pour une durée de 75 ans. Le décret autorise les prélèvements sur le Rhône d'un débit de 75 m³/s. - 1957-1963 : réalisation du canal Philippe Lamour, précurseur du Réseau hydraulique régional. Inauguration en 1960 de la station de pompage Aristide Dumont par le Général de Gaulle.
Années 1980-1990	Accueil des Pieds noirs puis des drômois producteurs de fruits et légumes (territoire propice du fait de la mise en valeur foncière et de l'accès à l'eau).
2006	<ul style="list-style-type: none"> - Autorisation officielle d'irriguer la vigne du 15 juin au 15 août. - Lancement de la démarche prospective Aqua 2020 « Satisfaire les besoins en eau du Languedoc-Roussillon tout en respectant les milieux aquatiques ».
2012	Lancement du projet Aqua Domitia.
2016	Extension du Nord-Sommiérois (environ 500 ha).
Aujourd'hui	Projet de fusion du Syndicat mixte des nappes Vistrenque et Costières et de l'EPTB Vistre pour une cohérence d'intervention eaux superficielles - eaux souterraines.
2020	Fin du projet Aqua Domitia (maillons centraux).
2051	Date actuelle de fin de la concession BRL.

Le territoire de la ceinture rhodanienne a fait l'objet de plusieurs projets successifs de développement dans un contexte favorable à l'activité agricole : drainage, structuration foncière et finalement mise en place d'un important réseau d'irrigation dans les années 1950-1960. Le RHR permet au territoire de bénéficier d'une ressource sécurisée majeure, l'eau du Rhône, qui a fortement contribué au développement de l'agriculture irriguée sur la zone Costière (vergers et maraîchage) et a accompagné la forte croissance démographique du sud du département.



5.4.2 Facteurs de sensibilité « Eau et climat » du territoire

- Forces et opportunités
- Faiblesses et menaces
Faiblesses et menaces
potentielles
- Autres caractéristiques

Ressources – Ressources superficielles
<ul style="list-style-type: none"> - Un territoire historiquement desservi à partir de la ressource Rhône, avec des dimensionnements qui laissent globalement de la marge (notamment au nord des Costières), à l'exception toutefois de secteurs où on note une saturation hydraulique des réseaux (Nord-Sommiérois en particulier). - Une ressource Rhône qui n'est pas inépuisable : son débit pourrait baisser à l'étiage.
Ressources – Ressources souterraines
<ul style="list-style-type: none"> - La molasse de Sommières : une nappe vulnérable au changement climatique qui nécessite un diagnostic approfondi. - Les nappes Vistrenque-Costières : <ul style="list-style-type: none"> - Une veille à avoir sur le bilan quantitatif long terme en lien avec une baisse attendue de la recharge et une hausse possible des prélèvements. - Des problématiques qualité des eaux à garder en tête pour les choix futurs.
Ressources – Ouvrages hydrauliques
<ul style="list-style-type: none"> - Cf. ressources superficielles : un fort niveau d'équipement hydraulique via le RHR qui donne accès à la ressource Rhône
Culture de l'eau
<ul style="list-style-type: none"> - Un accès historique « facile » à la ressource en eau depuis les années 1960
Demande – Eau potable
<ul style="list-style-type: none"> - Des progrès importants effectués sur les rendements, bien qu'il reste de la marge de progression, et des objectifs ambitieux fixés par le schéma directeur de Nîmes métropole (passage de 68 à 80 % en 2050). - Des souhaits de développement du territoire affirmé par les SCOT (Sud Gard, Bassin de vie d'Avignon et Gard Rhodanien). - Une dynamique de croissance très marquée dans les dernières années (taux de croissance annuel moyen de 1% entre 2010 et 2015). - Un développement du secteur Quissac - Sommières sous l'influence du bassin d'emploi de Montpellier. - Une poursuite de la croissance de l'agglomération de Nîmes Métropole (50 % des augmentations attendues aux horizons 2030 et 2050). - Des progrès importants ont été faits sur les rendements mais il reste de la marge. Le schéma de l'Agglo est ambitieux sur ce sujet (passage de 68 à 80 % à l'horizon 2050). - Une capacité d'accueil touristique qui se stabilise et un renforcement de la fréquentation sur les ailes de saison (échelle départementale).
Demande – Eau agricole
<ul style="list-style-type: none"> - Une compétition agriculture / urbanisation qui induit des pertes de terres irrigables. - Des sécheresses agricoles qui seront de plus en plus longues et fréquentes. - Une volonté de développer les circuits-courts et de manger local et durable. - Des surfaces en vignes importantes, en partie irriguées, et une interrogation à moyen terme sur la possibilité de poursuivre la viticulture sans apport d'eau, notamment sur les sols à faible réserve utile.



5.4.3 Bilan : vulnérabilité du territoire

Le territoire « Ceinture rhodanienne » s'avère globalement bien pourvu en ressources en eau, à la fois interne (ressources souterraines) et externes (Rhône via le RHR).

Le changement climatique risque à terme de limiter les possibilités de mobilisation des ressources souterraines (molasse de Sommières et nappes Vistrenque-Costières). Un renforcement des suivis et des connaissances sur ces deux aquifères apparaît en tout cas nécessaire pour anticiper tout risque de déficit quantitatif.

Le Rhône demeure quant à lui une ressource qui peut être qualifiée de sécurisée au regard de l'ampleur de ses débits et du niveau de prélèvement actuel. Le Rhône n'est cependant pas inépuisable et des questionnements se posent sur le devenir de son débit en étiage.

Le territoire présente des besoins agricoles avec une croissance forte (déjà 2 200 ha en demande d'irrigation formalisée pour la vigne), mais une faible visibilité d'ensemble sur la demande avec des questions qui demeurent : autres secteurs en vigne concernés ? demande à anticiper pour l'irrigation des prairies ? Les surfaces agricoles, et en particulier les surfaces équipées pour l'irrigation, sont de plus menacées sur le territoire par les extensions urbaines et les grands aménagements associés au développement d'un territoire dynamique, notamment autour de l'agglomération nîmoise.

REMARQUE : C'est sans preuve ni chiffres, mais les surfaces boisées (déjà mitées) et les haies semblent aussi pas mal menacées sur ce secteur. C'est un peu le cas aussi sur Garrigues.

Au regard du fort niveau d'équipement hydraulique du territoire, la question de la vulnérabilité au changement climatique et aux évolutions socio-économiques (et donc des solutions à mettre en œuvre pour s'adapter) se pose essentiellement en termes de coût d'investissement et de fonctionnement avec une forte attention qui sera à porter sur le coût économique et environnemental de l'énergie pour le transport de l'eau.



5.5 TERRITOIRE « CAMARGUE »

5.5.1 Historique des liens du territoire avec l'eau

QUELQUES DATES CLÉS	EVÈNEMENTS NOTABLES
A partir du XII ^{ème} siècle	Premiers grands travaux d'assainissement de la Camargue sous l'impulsion d'ordres religieux tels que l'abbaye de Franquevaux puis, plus tard, l'Ordre de Malte (XVII ^{ème} - XVIII ^{ème} siècle).
XVI ^{ème} siècle	Canalisation du Vistre de l'aval du Cailar jusqu'à Virventre, par les moines de Psalmody, avec des digues de chaque côté (les moines remontaient ensuite à pieds à Nîmes via le chemin des canaux).
XVIII ^{ème} siècle	Creusement du canal du Rhône à Sète, un des plus grands aménagements de la Camargue gardoise.
Après-guerre	1946 : mise en place de la "Commission pour la région naturelle du Bas-Rhône" par décret du Ministre de l'Agriculture. Préparation d'un plan de mise en valeur du territoire. Travaux d'adduction d'eau et d'assainissement. En Camargue 25 000 ha de terres sont aménagés en rizières.
1950-1960	Mise en place du canal Philippe Lamour, première infrastructure du futur RHR.
Années 1980	Fort développement de la riziculture en Camargue du fait de subventions PAC très dynamisantes pour la profession.
1969	Construction de Port-Camargue, aujourd'hui le plus grand port de plaisance d'Europe (2 ^{ème} du monde après celui de San Diego en Californie)
..., 1988, 2002, 2003, 2005	Plus de 96 % du territoire de la Camargue gardoise est inondable. Le territoire subit régulièrement d'importantes crues du Vidourle, du Vistre et/ou du Rhône et du petit Rhône.
Depuis les années 2000	Multiplication des publications et études au sujet de la menace de submersion marine pour le territoire camarguais en lien avec la hausse du niveau marin liée au réchauffement climatique.

L'histoire de la Camargue gardoise est très fortement liée à l'eau, à la fois parce qu'il s'agit d'un territoire gagné sur la mer grâce à d'importants travaux d'aménagements hydrauliques, et parce que comme la ceinture rhodanienne, elle est desservie par le RHR.



5.5.2 Facteurs de sensibilité « Eau et climat » du territoire



Forces et opportunités



Faiblesses et menaces
Faiblesses et menaces
potentielles



Autres caractéristiques

Ressources – Ressources superficielles
<ul style="list-style-type: none"> - Un territoire historiquement desservi à partir de la ressource Rhône, avec des dimensionnements qui laissent un peu de marge en Camargue. - Une ressource Rhône qui n'est pas inépuisable : son débit pourrait baisser à l'étiage.
Ressources – Ressources souterraines
<ul style="list-style-type: none"> - Les nappes Vistrenque-Costières : <ul style="list-style-type: none"> - Une veille à avoir sur le bilan quantitatif long terme en lien avec une baisse attendue de la recharge et une hausse possible des prélèvements. - Des problématiques qualité des eaux à garder en tête pour les choix futurs. - La présence d'un paléo-biseau salé au sud de la nappe.
Ressources – Ouvrages hydrauliques
<ul style="list-style-type: none"> - Cf. ressources superficielles : un fort niveau d'équipement hydraulique via le RHR qui donne accès à la ressource Rhône.
Culture de l'eau
<ul style="list-style-type: none"> - Une prise de conscience des enjeux liés à l'élévation du niveau de la mer encore faible.
Demande – Eau potable
<ul style="list-style-type: none"> - Des souhaits de développement du territoire affirmés par le SCOT Sud Gard. - Une dynamique de croissance très marquée dans les dernières années. - Une poursuite de la forte croissance démographique sur la zone (10 % des augmentations attendues aux horizons 2030 et 2050 sur le territoire de la communauté de communes Petite Camargue).
Demande – Eau agricole
<ul style="list-style-type: none"> - Des sécheresses agricoles qui seront de plus en plus longues et fréquentes. - Des surfaces en vignes importantes, en partie irriguées (2500 ha dont environ 900 irrigués), et une interrogation à moyen terme sur la possibilité de poursuivre la viticulture sans apport d'eau, notamment sur les sols à faible réserve utile.
Territoire
<ul style="list-style-type: none"> - Une compétition agriculture-urbanisation qui induit des pertes de terres irrigables. - La menace de submersion marine d'une partie de la Camargue.

5.5.3 Bilan : vulnérabilité du territoire

La vulnérabilité du territoire camarguais est très proche de celle de la ceinture rhodanienne sur les aspects demande et ressources :

- Il a également accès à la ressource Rhône via le RHR et à la nappe Vistrenque-Costières, avec les contraintes évoquées précédemment ;
- Il présente une croissance démographique forte qui va se poursuivre d'ici 2050, avec une compétition foncière entre urbanisation et agriculture ;
- Les surfaces agricoles du territoire, et en particulier les surfaces en vigne non irriguées, pourront induire des demandes en eau supplémentaires dans les prochaines années.

La principale vulnérabilité propre à ce territoire à l'horizon fin de siècle réside dans les conséquences possibles d'une élévation du niveau marin. L'acquisition de connaissances sur ce sujet et l'anticipation de phénomène apparaît primordiale pour l'adaptation du territoire au changement climatique, en tenant compte des enjeux socio-économiques.

BIBLIOGRAPHIE

- AGATE. (2019). Récupéré sur https://agate-territoires.fr/domaines-d'intervention/strategie-et-developpement-des-territoires/observatoires_savoie_publications/
- AIRMF. (2017). *Poids socio-économique de l'irrigation dans le bassin méditerranéen français.*
- Alliance Environnement et Chambre d'Agriculture du Gard. (2017). *Diagnostic socio-économique de l'activité agricole et évaluation des besoins en eau - Bassin versant du Vidourle.*
- Blanchet, J. (2016). Spatial analysis of trend in extreme daily rainfall in southern France.
- BRGM. (2012). *Dynamique des systèmes littoraux et des milieux marins côtiers - Zoom sur le littoral du Languedoc-Roussillon (dans le cadre du projet Explore 2070 - Eau et changement climatique).*
- BRL. (2006). *AQUA 2020 - Volet Ressources - Satisfaire les besoins en eau du Languedoc-Roussillon tout en respectant les milieux aquatiques.*
- BRLi. (2011). *Plan de gestion concertée des ressources en eau du bassin versant des Gardons.*
- BRLi. (2012). *Révision du SAGE Camargue gardoise : actualisation de l'état des lieux et du diagnostic.*
- BRLi. (2013). *Etude d'optimisation de la gestion du soutien d'étiage du barrage de Senéchas.*
- BRLingénierie. (2006). *Schéma départemental des grandes adductions d'eau potable du Gard.*
- CA 30. (2014). *Etude sur les besoins en eau d'irrigation agricole en Gardonnenque.*
- CA 30. (2018). *Etude pour une meilleure connaissance des prélèvements et besoins en eau pour l'irrigation agricole sur le bassin versant de la Tave classé en ZRE.*
- CA 30. (2019). *Etude pour une meilleure connaissance des prélèvements et besoins en eau pour l'irrigation agricole sur le bassin versant du Gardon d'Anduze classé en ZRE.*
- CCI Gard. (2018). *Le Gard - 10 chiffres clés - Edition 2018.*
- Chambres d'agriculture d'Occitanie. (2017). *L'agriculture en bref - Gard.*
- CNRS. (2006). *Récupération des paysages de terrasses et prévention des risques naturels - Etudes de géographie physique - Travaux du BVRE du Mont-Lozère - Supplément au n° XXXIII.*
- Coopérative Origine Cévennes. (2019). *L'oignon doux des Cévennes AOP fait peau neuve en affirmant son ancrage terroir - Dossier de presse.*
- DRAAF Occitanie. (2015). *La filière viti-vinicole en Languedoc-Roussillon : chiffres clés et représentations.*
- EPTB AB Cèze et Chambre d'agriculture du Gard. (2016). *Etat des lieux et suivi des béals de la Haute Vallée Cévenole.*
- Gard Tourisme. (2018). *Diagnostic touristique du Gard 2016-2017.*
- Gard Tourisme. (2018). *Les chiffres clés du tourisme gardois 2017.*
- Gard Tourisme. (2019). *Analyse Flux Vision Tourisme - Gard - Année 2018.*
- Ginger. (2010). *Schéma départemental de gestion durable de la ressource en eau du Gard.*
- INRA. (2013). *L'inexorable avancée de la chenille processionnaire.* Récupéré sur [http://www.inra.fr/Grand-public/Sante-des-plantes/Tous-les-dossiers/Processionnaire-du-pin-une-chenille-sous-haute-surveillance/L-inexorable-avancee-de-la-chenille-processionnaire/\(key\)/1](http://www.inra.fr/Grand-public/Sante-des-plantes/Tous-les-dossiers/Processionnaire-du-pin-une-chenille-sous-haute-surveillance/L-inexorable-avancee-de-la-chenille-processionnaire/(key)/1)
- INRA. (2018). *La vigne, le vin et le changement climatique en France.*



- Insee. (2016). *Panorama du Gard*.
- Insee. (2017). *Population d'Occitanie à l'horizon 2050*.
- Insee. (2019). *Evolution démographique des intercommunalités d'Occitanie*.
- Laramée de Tannenber et Leers. (2015). *Menace sur le vin - Les défis du changement climatique*.
- Météo France. (2019, 07 25). *Changement climatique et feux de forêt*. Récupéré sur Météo France: <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-feux-de-forets>
- NASA. (2019). *2018 fourth warmest year in continued warming trend, according to NASA*. Récupéré sur <https://climate.nasa.gov/news/2841/2018-fourth-warmest-year-in-continued-warming-trend-according-to-nasa-noaa/>
- NOAA. (2019). *State of the climate : Global Climate Report for Annual 2018*. Récupéré sur <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201813>
- OMM. (2019). *WMO statement on the state of the global climate in 2018*. Récupéré sur https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20799#.XK2mQ5gzblU
- ONF. (2018). *Enquête sur les dépérissements de végétation en région méditerranéenne, juin 2018*.
- Région Occitanie. (2018). *Pacte régional pour une alimentation durable en Occitanie*.
- SISPEA, O. (2018). *Panorama des services et de leur performance en 2015*.
- UNESCO. (2018). *Résolution pour les ouvrages hydrauliques patrimoniaux en Cévennes*.
- Van Loon, A. F. (2015). *Hydrological drought explained*. doi:<https://doi.org/10.1002/wat2.1085>
- Vautard. (2015). *Extreme Fall 2014 Precipitation in the Cévennes Mountains*.

ANNEXES

Annexe 1. Glossaire

AEP	Alimentation en eau potable
AE RMC	Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse
DOE	Débit d'objectif d'étiage
EPCI	Etablissements publics de coopération intercommunale
EPTB	Établissement public territorial de bassin
EVP	Étude volumes prélevables
ETP	Évapotranspiration potentielle
PGRE	Plan de gestion de la ressource en eau
RGA	Recensement général agricole
RHR	Réseau hydraulique régional (communément appelé aussi « réseau BRL »)
RPG	Registre parcellaire graphique
SAGE	Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
SCoT	Schéma de cohérence territoriale
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
TCAM	Taux de croissance annuel moyen

Annexe 2. Liste des acteurs locaux contactés dans le cadre du diagnostic

STRUCTURE	PRÉNOM NOM (POSTE)	CONTACT
Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	Anahi BARRERA (Chef de projet Eau et Aménagement de territoire, Changement climatique)	Anahi.BARRERA@eaurmc.fr 04.26.22.32.34
	Isabelle EUDES (Chargée d'intervention thématique « Ressource en eau »)	Isabelle.EUDES@eaurmc.fr 04.26.22.32.64
	Thomas PELTE (Expert – gestion quantitative et changement climatique)	Thomas.PELTE@eaurmc.fr 04-72-71-29-37
BRL	Eric BELLUAU (Directeur adjoint au développement)	Eric.Belluau@brl.fr 04.66.87.50.11 / 06.75.07.54.62
BRLExploitation	Gaëtan DEFFONTAINES (Directeur du Développement)	Gaetan.Deffontaines@brl.fr 04 66 87 52 31/ 06 75 07 55 25
	François GONTARD (Responsable d'activité études et expertises)	Francois.Gontard@brl.fr 04.66.87.50.15 / 06.75.07.55.47
Chambre départementale d'agriculture du Gard	Anne-Lise Galtier (Responsable du pôle hydraulique)	anne-lise.galtier@gard.chambagri.fr 0466045093
	Philippe Cavalier (Président de la Commission Eau)	
	Muriel Leroux (Ingénieur conseil)	muriel.leroux@gard.chambagri.fr 04 66 04 51 29 06 27 36 67 37
Chambre régionale d'agriculture d'Occitanie	Christophe LAFON (Chargé de mission Eau, Correspondant Bassin Rhône-Méditerranée, Animation AIRMF)	christophe.lafon@occitanie.chambagri.fr 04 67 20 88 68 / 06 31 43 94 76
CNRS – Université d'Avignon	Philippe MARTIN (enseignant chercheur à l'Université d'Avignon)	philippe.martin@univ-avignon.fr
Communauté de communes du Pays Viganais	Sonia LHOMME (Adjointe du Service Attractivité Territoriale)	s.lhomme@cc-paysviganais.fr 04 99 54 27 12
Communauté de communes du Piémont cévenol	Didier SOUCHON (Directeur Général des Services)	direction-generale@piemont-cevenol.fr 04.66.93.06.12
Coopérative Origine Cévennes	Nathalie PEREZ (conseillère aux exploitations)	nathalie@originecevennes.com +33 (0)4.67.82.27.60 +33 (0)6.47.09.44.37
Département du Gard – Direction de l'Eau et de la Valorisation du Patrimoine Naturel	Violaine UYUNI REYES (Ingénieur ressource en eau)	violaine.uyuni-reyes@gard.fr 04 66 76 36 87
	Michaël PALARD (Appui technique aux collectivités)	michael.palard@gard.fr 04 66 76 77 60
Département du Gard – Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Habitat	Cécile MUNDLER (Directrice adjointe)	cecile.mundler@gard.fr 04 66 76 52 55
DRAAF Occitanie	Jean-Pierre CASAGNE (Chef de l'unité information territoriale)	jean-pierre.cassagne@agriculture.gouv.fr



STRUCTURE	PRÉNOM NOM (POSTE)	CONTACT
		05 61 10 62 67 07 62 64 87 43
Entente interdépartementale des Causses et Cévennes	Amandine PRIAC (Chargée de mission Agropastoralisme)	agriculture@causses-et-cevennes.fr 04 66 48 15 14
EPTB Gardons	Lionel GEORGES (Directeur)	l.georges@les-gardons.fr 04 66 21 73 77
	François JOURDAIN (Chargé de mission Eau)	f.jourdain@les-gardons.fr 04 66 21 73 77
EPTB Cèze	Laury SOHIER (Directeur)	lsohier@abceze.fr
	Hugues BRENTGANI (Chargé de Mission Gestion de la Ressource en Eau)	hbrentgani@abceze.fr 04.66.85.99.96
EPTB Vidourle	Marie SAVEAN (Chargée de mission Ressource en eau)	m.savean@vidourle.org 04 66 01 70 24
EPTB Hérault	Christophe VIVIER (Directeur)	christophe.vivier@smbfh.fr 04 11 66 52 06
	Florian PONTRAMON (Chargé de mission Eau)	florian.pontramon@smbfh.fr 04 11 66 52 06
EPTB Vistre	Sophie SERRE-JOUE (Directrice)	sophie.serre-jouve@eptb-vistre.fr 04 66 88 83 14
Gard Tourisme	Barbara PLAIDI (Responsable de l'Observatoire)	plaidi@tourismegard.com 04.66.36.96.42
IRSTEA	Charles PERRIN (hydrologue – chercheur)	charles.perrin@irstea.fr 01 40 96 60 86
Musée Maison Rouge	Daniel Travier (fondateur)	danieltravier@wanadoo.fr
Syndicat Mixte des Nappes Vistrenque et Costières	Sophie RESSOUCHE (Directrice)	sophie.ressouche@vistrenque.fr 04.66.88.90.90
Syndicat Mixte pour le SCoT du Bassin de Vie d'Avignon	Céline GEORGES (Chargée de mission Urbanisme)	c.georges@scot-bva.fr 04.32.76.73.01

N.B. : La liste des 200 participants aux ateliers de concertation de juin 2019 est consultable en annexe de la synthèse des ateliers.

Annexe 3. Ressources souterraines du département - Précisions

ENTITÉS HYDROGÉOLOGIQUES AQUIFÈRES DU DÉPARTEMENT DU GARD

Code entités	Libellés	Age	Type
139B2	Calcaires jurassiques du Causse Noir	Jurassique supérieur	Karst majeur
141A3	Calcaires et marnes jurassiques et crétacés du Gangeois et du Thaurac	Jurassique supérieur	Karst majeur
141B	Calcaires jurassiques de la terminaison méridionale du Larzac et du Causse de Blandas	Jurassique supérieur	Karst majeur
141F	Calcaires du Lias inférieur de la région des Grands Causses	Lias	Karsts locaux
142A	Calcaires et marnes du Jurassique moyen au Berriasien du compartiment occidental de la source du Lez	Jurassique supérieur	Karst majeur
147	Calcaires jurassiques des Gras et Bois de Païolive	Jurassique supérieur	Karst majeur
148B	Calcaires urgoniens en rive droite de l'Ardèche de Vallon-Pont-d'Arc à Saint Martin d'Ardèche	Urgonien	Karst majeur
148C	Calcaires urgoniens du bassin hydrogéologique de la Cèze	Urgonien	Karst majeur
149A1	Calcaires urgoniens de la fontaine d'Eure	Urgonien	Karst majeur
149A2A	Calcaires urgoniens entre la vallée de la Cèze et Tavel	Urgonien	Karst majeur
149A2B	Calcaires et marno-calcaires de l'Hauterivien de l'anticlinal de Lussan	Crétacé inférieur	Karsts locaux
549H	Calcaires urgoniens du secteur de Villeneuve les Avignon	Urgonien	Karst majeur
556A1	Calcaires jurassiques du dôme de Lédignan	Jurassique supérieur	Karst local
556D1	Calcaires du Crétacé inférieur des Garrigues nîmoises	Crétacé inférieur	Karst majeur
607C	Formations du houiller, dolomies et marnes du Trias et du Lias, calcaires du Jurassique et du Crétacé inférieur de la bordure cévenole entre Saint Ambroix et Alès	Lias	Karsts locaux
607D	Calcaires du Lias et Jurassique de la bordure cévenole entre Alès et Sumène	Lias	Karsts locaux



Code entités	Libellés	Age	Type
607E	Calcaires et schistes cambriens de la région vignaise	Cambrien	Karst local
149B1	Calcaires urgoniens des Gorges du moyen Gardon (rive gauche)	Urgonien	Karst majeur
149B2	Calcaires urgoniens des Gorges du moyen Gardon (rive droite)		
149C1	Calcaires urgoniens du Bois de Lens		
150	Alluvions quaternaires et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières	Quaternaire	Poreux
328E1	Alluvions quaternaires et villafranchiennes entre le Vidourle et le Lez	Quaternaire	Poreux
549E2	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur dans le bassin versant de la basse Ardèche	Crétacé supérieur	Poreux – Aquifères locaux
549E3	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur dans le bassin versant du Rhône	Crétacé supérieur	Poreux – Aquifères locaux
549E1	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur dans le bassin versant de la Cèze	Crétacé supérieur	Poreux – Aquifères locaux
556B	Calcaires, marnes et molasses crétacés, éocènes, oligocènes et miocènes des bassins de Castries et de Sommières	Miocène	Poreux (hétérogènes)
556C3	Molasses, marnes et calcaires du Crétacé supérieur au Miocène du bassin d'Uzès	Miocène	Poreux (hétérogènes)
366	Alluvions des Gardons	Quaternaire	Poreux
370	Alluvions récentes du Vidourle	Quaternaire	Poreux
PAC01C	Alluvions récentes du Rhône entre Roquemaure et Avignon	Quaternaire	Poreux
PAC01B	Alluvions récentes du Rhône de Viviers à Mornas	Quaternaire	Poreux
PAC01F	Alluvions récentes du Rhône d'Avignon à Tarascon	Quaternaire	Poreux
327F	Alluvions de la Tave et de la Cèze	Quaternaire	Poreux
607A1	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant de l'Hérault	Roches primaires	Fissuré
607A2	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant de la Dourbie	Roches primaires	Fissuré
607A3	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant du Vidourle	Roches primaires	Fissuré
607A4	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant des Gardons	Roches primaires	Fissuré

Code entités	Libellés	Age	Type
607A6	Formations primaires cristallines et métamorphiques (granite, schistes) des Cévennes dans le bassin versant de la Cèze	Roches primaires	Fissuré
607A7	Formations primaires cristallophylliennes et magmatiques (gneiss, granite) dans le sous-bassin versant de la Borne et du Chassezac	Roches primaires	Fissuré

PRINCIPALES MODALITÉS D'EXUTOIRE DES SYSTÈMES AQUIFÈRES DE TYPE KARSTIQUE

Code entités	Libellés	Modalités exutoires			
		Principales sources (Q>50 l/s à l'étiage)	Alimentation cours d'eau	ZH	Autres
139B2	Calcaires jurassiques du Causse Noir	Merle et Gardies	Dourbie et Jonte	FR7300850 - Gorges de la Dourbie / FR7312007 - Gorges de la Dourbie et Causses avoisinants	
141A3	Calcaires et marnes jurassiques et crétacés du Gangeois et du Thaurac		Hérault	FR9101388 - Gorges de l'Hérault	
141B	Calcaires jurassiques de la terminaison méridionale du Larzac et du Causse de Blandas	Foux de la Vis	Vis	FR9101384 - Gorges de la Vis et de la Virenque / FR9112011 - Gorges de la Vis et cirque de Navacelles	
141F	Calcaires du Lias inférieur de la région des Grands Causses	Baumels	Vidourle	FR9112012 - Gorges de Rieutord, Fage et Cagnasse	
142A	Calcaires et marnes du Jurassique moyen au Berriasien du compartiment occidental de la source du Lez	Fontaine de Sauve	Vidourle	FR9112012 - Gorges de Rieutord, Fage et Cagnasse	
147	Calcaires jurassiques des Gras et Bois de Païolive	Moulin de Brahic	Claysse		
148B	Calcaires urgoniens en rive droite de l'Ardèche de Vallon-Pont-d'Arc à Saint Martin d'Ardèche		Ardèche	FR8210114 - Basse Ardèche	
148C	Calcaires urgoniens du bassin hydrogéologique de la Cèze	Monteils	Cèze	La Cèze et ses gorges (FR9101399)	
149A1	Calcaires urgoniens de la fontaine d'Eure	Fontaine Eure	Alzon		
149A2A	Calcaires urgoniens entre la vallée de la Cèze et Tavel	Coullargues, Bastide, Moulin des Fontaines		La Cèze et ses gorges (FR9101399)	Séries quaternaires et séries aquifères du Crétacé supérieur
149A2B	Calcaires et marno-calcaires de l'Hauterivien de l'anticlinal de Lussan				Karst Urgonien



Code entités	Libellés	Modalités exutoires			
		Principales sources (Q>50 l/s à l'étiage)	Alimentation cours d'eau	ZH	Autres
549H	Calcaires urgoniens du secteur de Villeneuve les Avignon				Alluvions du Rhône
556A1	Calcaires jurassiques du dôme de Lédignan	Source de Planta	Le Criulon (50 l/s en QMNA5)		
556D1	Calcaires du Crétacé inférieur des Garrigues nîmoises	Fontaine de Nîmes			Alluvions Vistrenque
607C	Formations du houiller, dolomies et marnes du Trias et du Lias, calcaires du Jurassique et du Crétacé inférieur de la bordure cévenole entre Saint Ambroix et Alès	Sources de la Tour, Peyrouze	Gardon d'Alès, Auzonnet et Cèze	Hautes vallées de la Cèze et du Luech - FR9101364	
607D	Calcaires du Lias et Jurassique de la bordure cévenole entre Alès et Sumène		Gardon d'Anduze	FR9112012 - Gorges de Rieutord, Fage et Cagnasse	
607E	Calcaires et schistes cambriens de la région viganaise	Isis, Verdier, Aveze	Glèpe, Arre		
149B1	Calcaires urgoniens des Gorges du moyen Gardon (rive gauche)	Sources de la Baume	Gardon	FR9101395 - Le Gardon et ses gorges / FR9110081 - Le Gardon et ses gorges	
149B2	Calcaires urgoniens des Gorges du moyen Gardon (rive droite)				
149C1	Calcaires urgoniens du Bois de Lens				

260

PRINCIPALES MODALITÉS D'EXUTOIRE DES SYSTÈMES AQUIFÈRES DE TYPE POREUX

Code entités	Libellés	Modalités exutoires			
		Principales sources (Q>50 l/s à l'étiage)	Alimentation cours d'eau	ZH	Autres
150	Alluvions et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières		Vistre	Etangs littoraux / FR9101406 - Petite Camargue / FR9112015 - Costières nîmoises	Alluvions du Vidourle
328E1	Alluvions quaternaires et villafranchiennes entre le Vidourle et le Lez			Etangs littoraux (environ 6 Mm3/an) / FR9101408 - Etangs de Maugio	
549E2	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur dans le bassin versant de la basse Ardèche		Ardèche		Alluvions du Rhône

Code entités	Libellés	Modalités exutoires			
		Principales sources (Q>50 l/s à l'étiage)	Alimentation cours d'eau	ZH	Autres
549E3	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur dans le bassin versant du Rhône				Alluvions du Rhône
549E1	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur dans le bassin versant de la Cèze		Tave, Cèze		Alluvions du Rhône
556B	Calcaires, marnes et molasses crétacées, éocènes, oligocènes et miocènes des bassins de Castries et de Sommières		Vidourle ??		Quaternaire en position littorale ??
556C3	Molasses, marnes et calcaires du Crétacé supérieur au Miocène du bassin d'Uzès		Alzon et Gardon	FR9101402 - Etangs et mares de la Capelle	Calcaires urgoniens
366	Alluvions des Gardons		Inter-relations avec le Gardon		Alluvions du Rhône
370	Alluvions récentes du Vidourle		Inter-relations avec le Vidourle	FR9101406 - Petite Camargue	Mer
PAC01C	Alluvions récentes du Rhône entre Roquemaure et Avignon		Inter-relations avec le Rhône	FR9301590 - Le Rhône aval	Alluvions du Rhône à l'aval
PAC01B	Alluvions récentes du Rhône de Viviers à Mornas		Inter-relations avec le Rhône		Alluvions du Rhône à l'aval
PAC01F	Alluvions récentes du Rhône d'Avignon à Tarascon		Inter-relations avec le Rhône		Alluvions du Rhône à l'aval
327F	Alluvions de la Tave et de la Cèze		Inter-relations avec la Cèze et la Tave		Alluvions du Rhône

PRINCIPALES MODALITÉS D'EXUTOIRE DES SYSTÈMES AQUIFÈRES DE TYPE FISSURÉ

Code entités	Libellés	Modalités exutoires			
		Principales sources (Q>50 l/s à l'étiage)	Alimentation cours d'eau	ZH	Autres
607A1	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant de l'Hérault		Sources mineures qui contribuent au débit d'étiage de l'Hérault		



Code entités	Libellés	Modalités exutoires			
		Principales sources (Q>50 l/s à l'été)	Alimentation cours d'eau	ZH	Autres
607A2	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant de la Dourbie		Sources mineures qui contribuent au débit d'été de la Dourbie		
607A3	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant du Vidourle		Sources mineures qui contribuent au débit d'été du Vidourle		
607A4	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant des Gardons		Sources mineures qui contribuent au débit d'été du Gardon	FR9101369 - Vallée du Galeizon / FR9101367 - Vallée du Gardon du Mialet / FR9101368 - Vallée du Gardon de St Jean	
607A6	Formations primaires cristallines et métamorphiques (granite, schistes) des Cévennes dans le bassin versant de la Cèze		Sources mineures qui contribuent au débit d'été de la Cèze	Hautes vallées de la Cèze et du Luech - FR9101364	
607A7	Formations primaires cristallophylliennes et magmatiques (gneiss, granite) dans le sous-bassin versant de la Borne et du Chassezac		Sources mineures qui contribuent au débit d'été de la Borne et du Chassezac		

Annexe 5. Caractéristiques des stations retenues pour l'étude rétrospective des débits

Nom station	Numero station	Cours d'eau	Commune	Coordonnée X (m)	Coordonnée Y (m)	Surface du BV contrôlé (km²)	En activité	Données disponibles	Fiabilité en étiage	Commentaire	Retenue pour l'étude rétrospective
Cèze											
L'Auzonnet aux Mages	V5445010	Auzonnet	Les Mages	746922	1914710	49	NON	1986-2013	Douteuse	Imprécision de mesure : $\Delta Q/Q < 20\%$. Représentativité de la courbe de tarage : médiocre (peu de points de jaugeages) (source : EVP 2011). Station abandonnée et déplacée (voir ligne suivante).	OUI
L'Auzonnet à Allegre	V5445020	Auzonnet	Allègre	752917	1913380	160	OUI	2014-2019	Moyenne	Station créée en remplacement de la station des Mages. Permet de connaître les apports de l'Auzonnet dans la Cèze en amont de Tharoux. Vocation toutes eaux. (Source : BQ)	OUI
Barrage Sénéchas	NA	Cèze	Sénéchas	783563	6358323	NA	NA	1960-2012	NA	Débit reconstitué entrant dans la retenue de Sénéchas.	OUI
Cèze à Bessèges	V5424010	Cèze	Bessèges	740323	1923194	230	OUI	1973-2019	Bonne	Imprécision de mesure : $\Delta Q/Q < 10\%$. Représentativité de la courbe de tarage : moyenne (+/-50%). La fréquentation touristique estivale et la construction de seuils provisoires par des baigneurs à l'aval de la station peut provoquer des changements de la ligne d'eau. (Source : EVP2011)	OUI
Cèze à Tharoux	V5454010	Cèze	Tharoux	756960	1917784	665	OUI	2002-2019	Douteuse	Station conçue pour les hautes eaux. Point nodal SDAGE. Station stratégique étiage, mais non fiable. Pas de seuil contrôlé, lit instable. (Source : PGRE2018)	OUI
Cèze à la Roque sur Cèze	V5474010	Cèze	La Roque sur Cèze	775234	1912263	1060	OUI	1961-2019	Bonne	Imprécision de mesure : $\Delta Q/Q < 15\%$. Représentativité de la courbe de tarage : bonne <30%. Bon site, situé à l'amont d'un seuil. Ce seuil est cependant relativement vulnérable en cas de crue. (Source : EVP 2011)	OUI
La Gagnière à Banne	V5425210	Gagnières	Bannes	741800	1926971	55,3	NON	1964-2011	Douteuse	Imprécision de mesure : $\Delta Q/Q < 50\%$. Représentativité de la courbe de tarage : correcte. Non positionnée en fermeture de bassin. Enrochement stable permettant de bonnes mesures en basses eaux, mais à partir de 50 ou 60 cm, le lit déborde de cet enrochement et diminue la précision des mesures. (Source EVP 2011)	OUI
Gardons											
Le Gardon de Saint-Martin à Saint-Étienne-Vallée-Française [Roq.]	V7104010	Le Gardon de Saint-Martin	Saint Etienne Vallée Française	719060	1910680	30,5	NON	1980-2016	Bonne	Représentativité de la courbe de tarage : forte imprécision sous 20L/s, < 40% sous 200L/s, < 20% au-delà de 200 L/s. Qualité du site de mesure : Lit rocheux, très bon contrôle. Mesure faussée en été par un seuil construit par un camping (baignade) (Source : PGCR 2011). Station supprimée en 2017 par le SPCGD car plus aucune utilité (Source : BQ)	OUI
Le Gardon de Saint-Germain à Saint-Germain-de-Calberte [Bastide]	V7105210	Le Gardon de Saint-Germain	Saint Germain de Calberte	719600	1912800	30,5	NON	1980-2015	Bonne	Représentativité de la courbe de tarage : < 25%, < 15% au-delà de 50L/s. Qualité du site de mesure : Seuil bétonné sur rocher. Très bon contrôle. Mesure faussée en été par un barrage baignade: jaugeage nécessaire. (Source : PGCR 2011).	OUI
Le Gardon de Sainte-Croix à Gabriac [Pont Ravagers]	V7115010	Le Gardon de Sainte-Croix	Gabriac	710380	1910970	47	OUI	1955-2019	Moyenne	Représentativité de la courbe de tarage : < 30% (1 exception), < 20% au-delà de 200L/s. Qualité du site de mesure : En amont d'un seuil en enrochements. Bon site de mesure. Station non représentative du BV amont car influencée par une résurgence karstique. (Source PGCR 2011)	OUI
Le Gardon de Mialet à Gènerargues [Roucan]	V7124010	Le Gardon de Mialet	Gènerargues	730889	1898911	240	NON	1962-2017	Bonne	Représentativité de la courbe de tarage : < 20% au-delà de 200 L/s. Qualité du site de mesure : Large seuil, pas d'échancrure. Correcte. Bon site de mesure si prise en compte des prélèvements de la bamboueraie (Source : PGCR 2011). Depuis 2015 plus d'accès à la station, aucun entretien n'est fait (Source : BQ)	OUI
Le Gardon de Saint-Jean à Corbès [Roc Courbe]	V7135010	Le Gardon de Saint-Jean	Corbès	730249	1898308	263	OUI	1967-2019	Bonne	Représentativité de la courbe de tarage : < 35% au-delà de 100 L/s. Qualité du site de mesure : Bon emplacement de mesure. Pas de prélèvement évident. Calcul de débit parasité par débit transitant par la roue à aubes. (Source : PGCR 2011)	OUI
Le Gardon [Gardon réunis] à Remoulins [Etiage (CNR)]	V7194005	Le Gardon	Remoulins	778524	1884350	1855	OUI	1986-2019	Moyenne	Les jaugeages réalisés en 2017 ont mis en évidence des problèmes de sous-évaluation du débit par la station CNR (Source : PGRE 2018). Point nodal SDAGE. Cette station est associée à la gestion de l'étiage et peut servir en crue (Source : BQ)	OUI
Gardon a Ners [dans le pont RN 106]	V7164015	Le Gardon	Ners	745970	1892135	1100	OUI	2008-2019	Moyenne	Représentativité de la courbe de tarage : cbe tarage dès 100 l/s. Imprécision de 50% à 200% au-dessous de 1 m³/s. Qualité du site de mesure : Bien mais large seuil de mesure, et la prise d'eau du canal de Boucoiran fausse les débits en étiage (Source : PGCR 2011). Origine station crue. La station ne possède pas de jaugeage adaptée à l'étiage. (Source : BQ)	OUI
Le Gardon à Boucoiran-et-Nozières [Pont de Ners]	V7164010	Le Gardon	Boucoiran-et-Nozières	745945	1892272	1087	NON	1998-2002	Bonne	Qualité du site de mesure : bien, en aval du canal, meilleur que le site de mesure actuel.	OUI
Vidourle											
Vidourle à Marsillargues	Y3464010	Vidourle	Marsillargues	748955	1853525	798	OUI	1969-2018		Station de référence pour le suivi des assècs : Plan Sécheresse du département du Gard (Source : EVP 2012)	OUI
Vidourle à Salinelles [Moulin de Runel]	Y3444010	Vidourle	Salinelles	739459	1870493	539	NON	1994-2007		Pas d'information disponible.	OUI
Vidourle à Sommières	Y3454010	Vidourle	Sommières	741276	1866108	650	OUI	1984-2019		Point nodal SDAGE. Considérée la plus fiable par les services de l'Etat en charge de sa gestion (Source : PGRE 2018). Origine station crue. La station ne possède pas de jaugeage adaptée à l'étiage (Source : BQ).	OUI
Hérault											
L'Arre au Vigan [La Terrisse]	Y2015010	L'Arre	Vigan	706128	1889650	155	OUI	1953-2019	Moyenne	La courbe de tarage de la station de la Terrisse a été modifiée en 2005, et la station est jugée très fiable depuis lors par les gestionnaires. Mais, écarts importants entre les deux stations de mesures de l'Arre à la Terrisse et de l'Arre au Vigan. Mais en période d'étiage, des valeurs à peu près du même ordre de grandeur (Source : EVP 2015).	OUI
La Vis à Saint-Laurent-le-Minier	Y2035010	La Vis	Saint-Laurent-le-Minier	708111	1882957	499	OUI	1961-2019	Bonne	Station jugée fiable par les études antérieures et par la DREAL pour les basses eaux (Source : EVP 2015).	OUI
L'Hérault à Laroque	Y2102010	L'Hérault	Laroque	712510	1880320	912	OUI	1969-2019	Bonne	Station jugée fiable par les études antérieures et par la DREAL pour les basses eaux (Source : EVP 2015).	OUI

Annexe 6. Résultats de l'étude rétrospective hydrologique par station hydrométrique

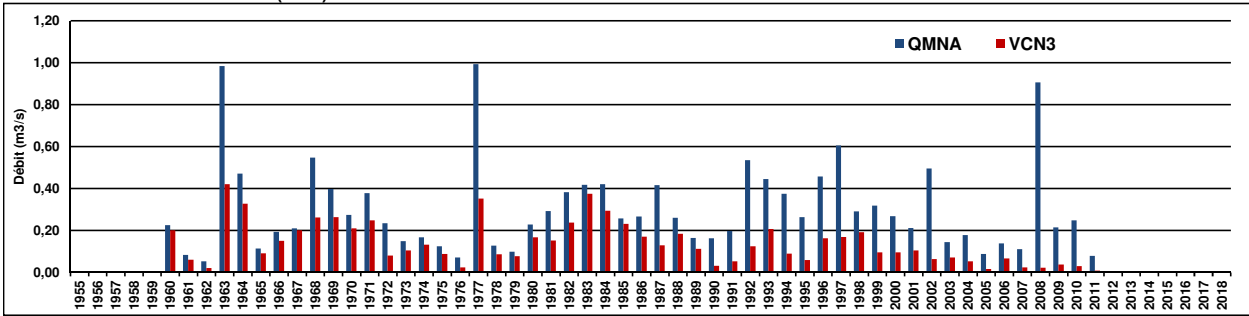
267

Barrage Sénéchas

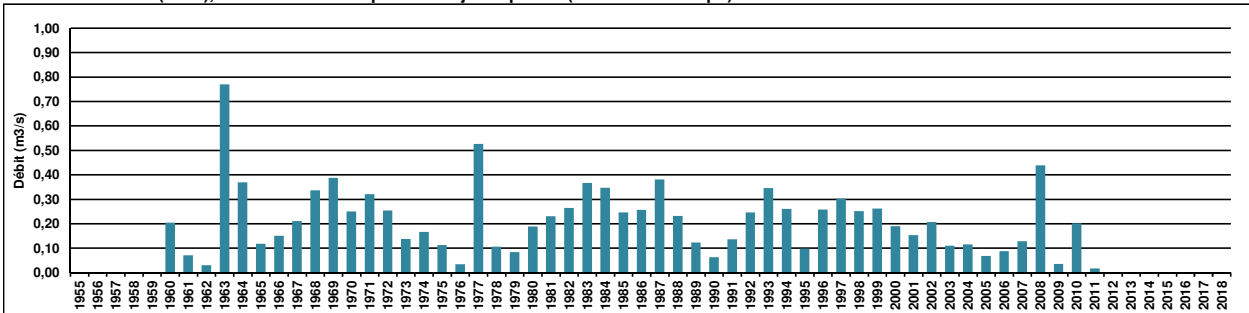
Code station : NA
Données disponibles : 1960-2012

Bassin versant : Cèze
Superficie contrôlée (km²) : NA

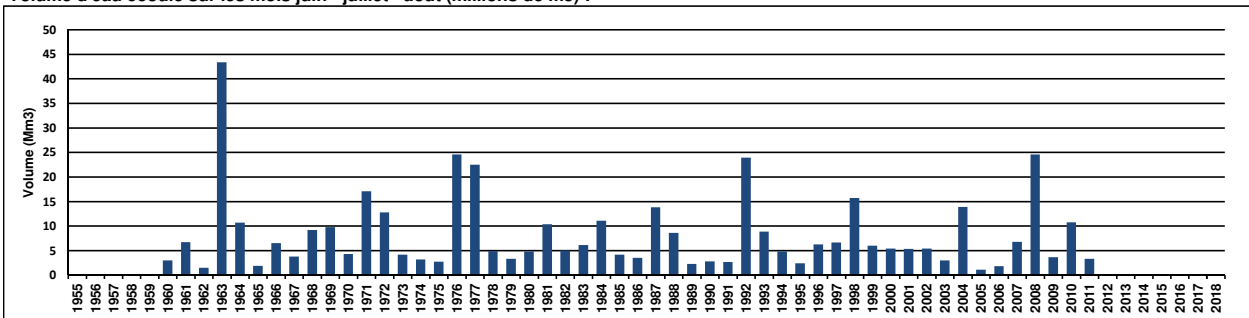
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



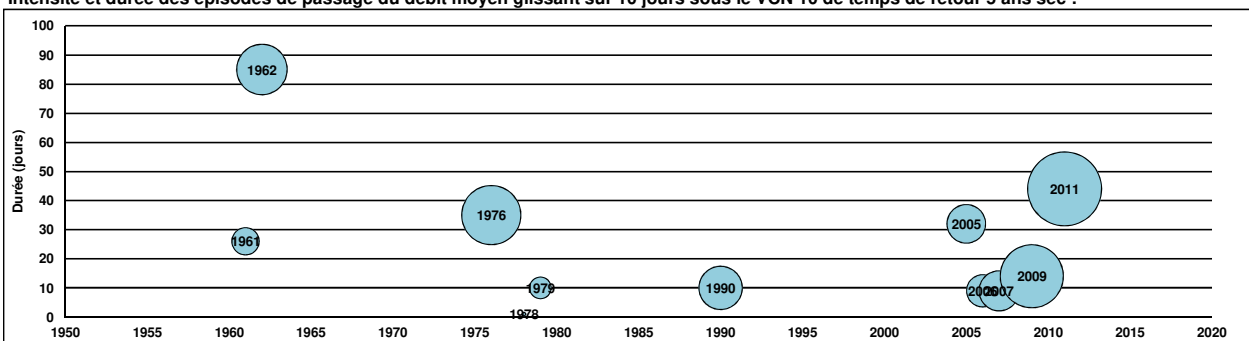
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



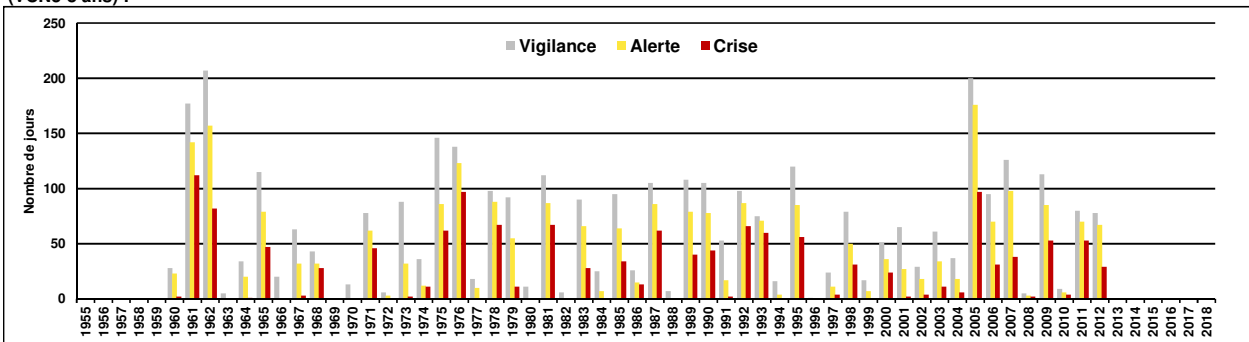
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

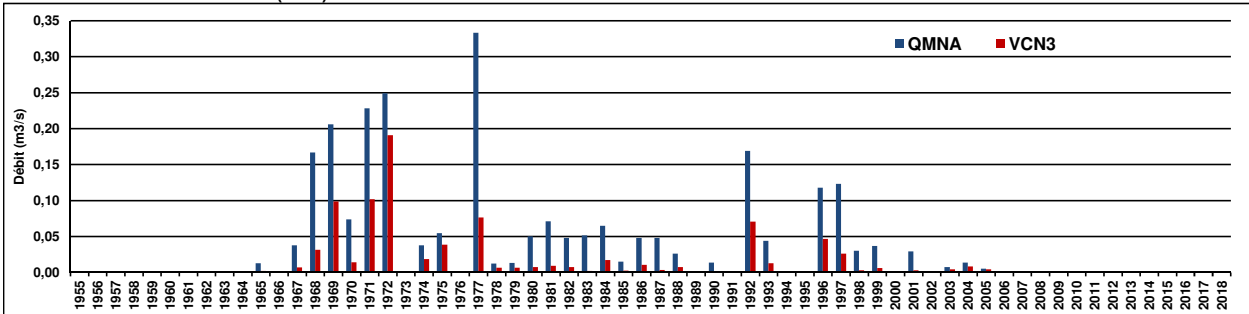


La Gagnière à Banne

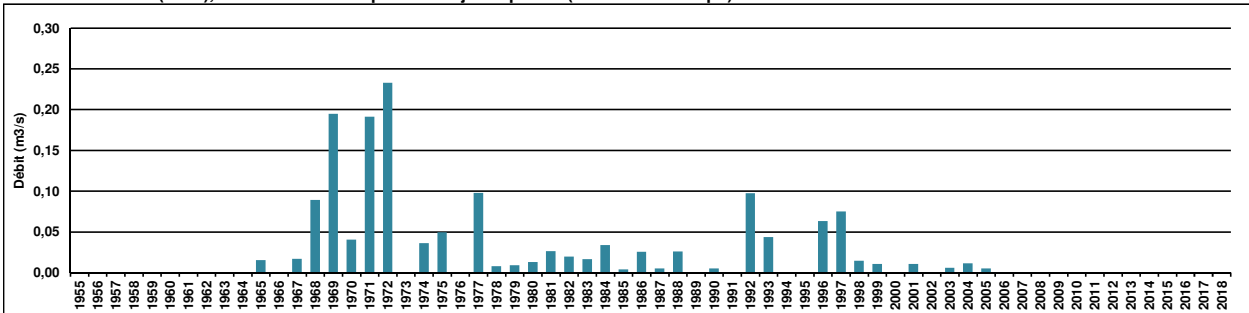
Code station : V5425210
Données disponibles : 1964-2011

Bassin versant : Cèze
Superficie contrôlée (km²) : 55,3

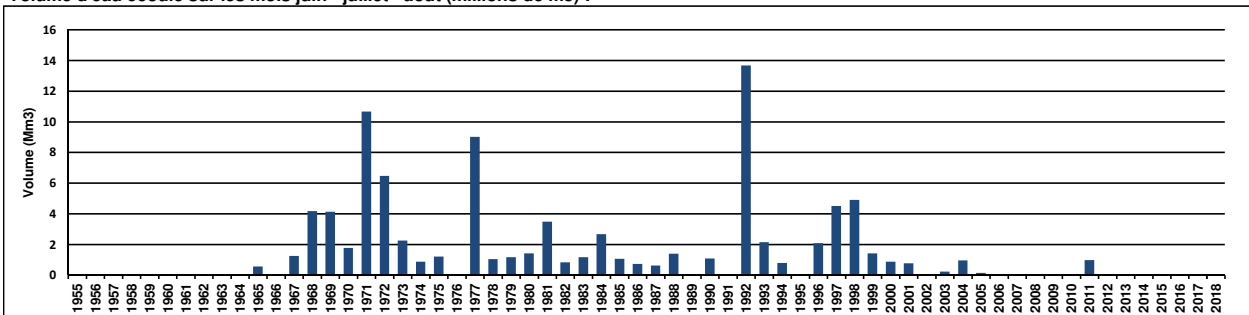
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



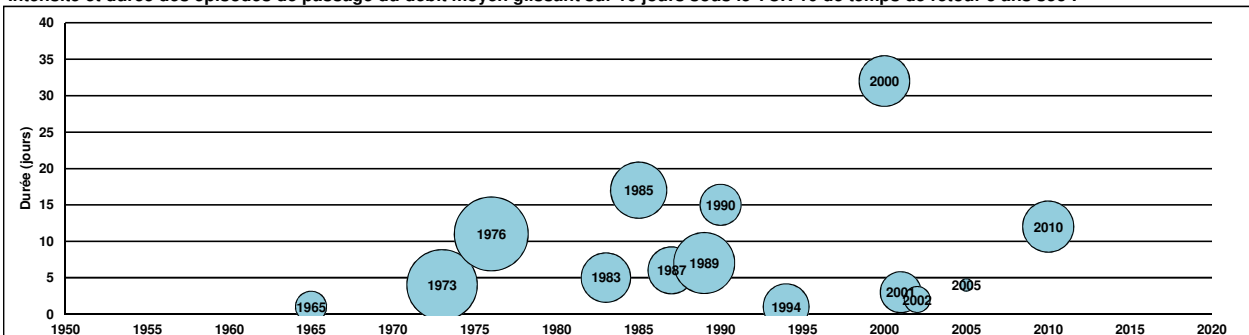
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



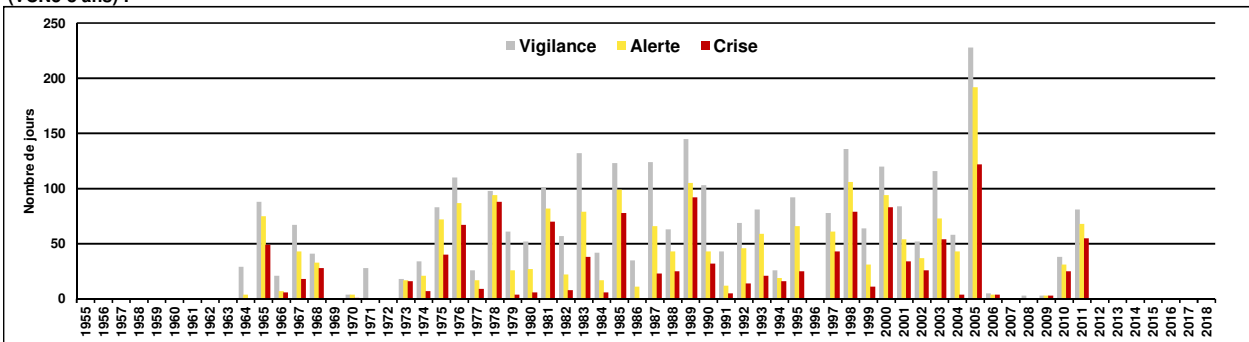
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

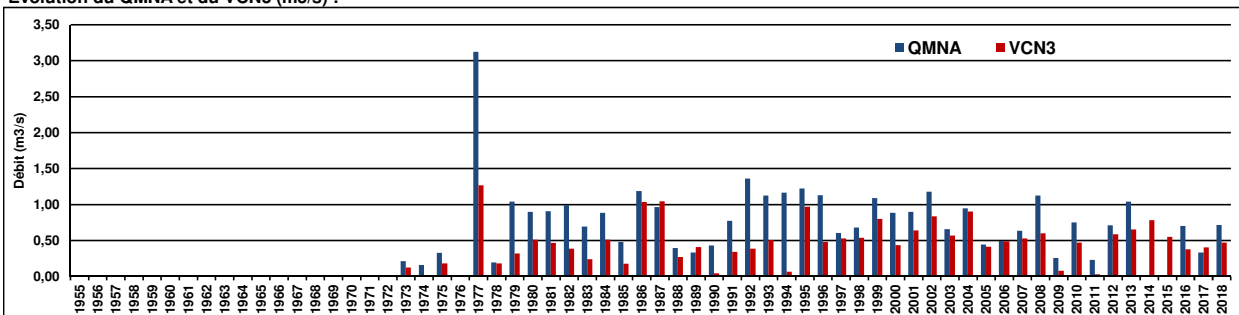


La Cèze à Bessèges

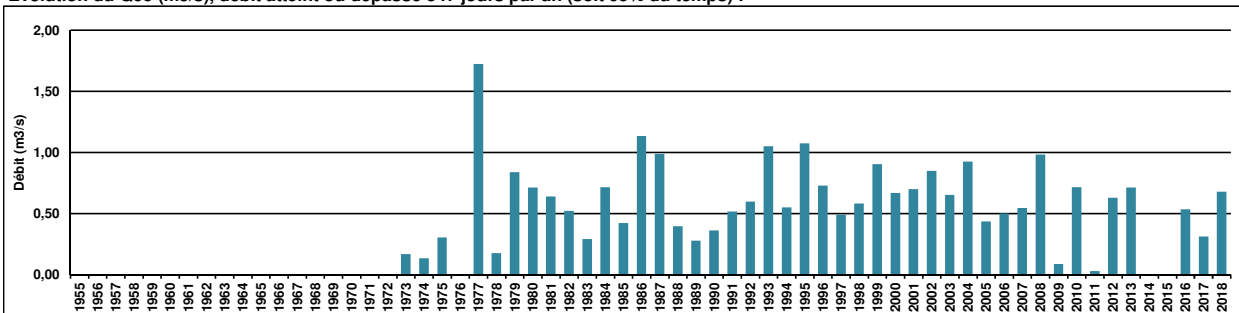
Code station : V5424010
Données disponibles : 1973-2019

Bassin versant : Cèze
Superficie contrôlée (km²) : 230

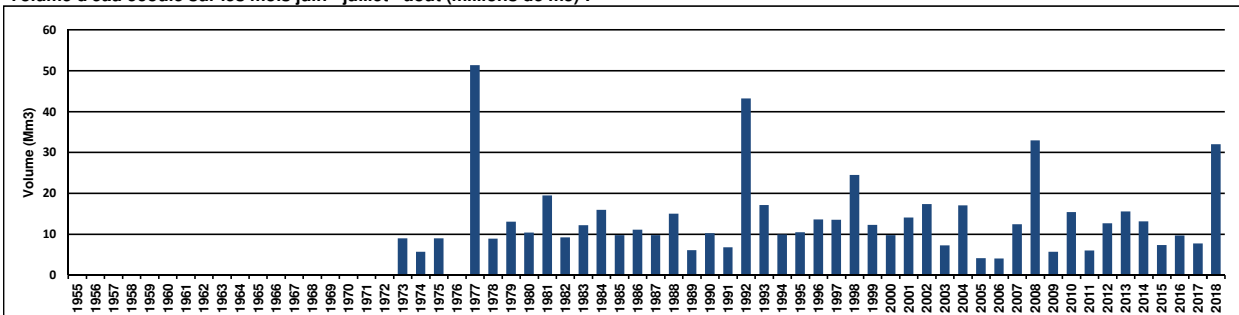
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



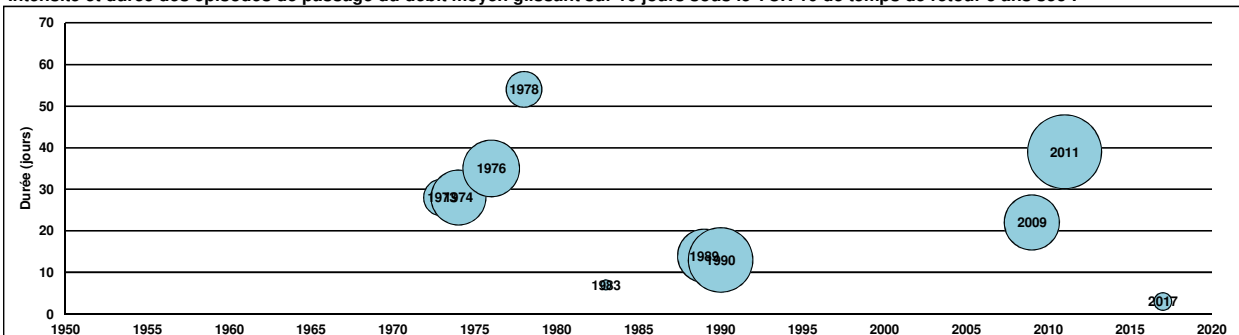
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



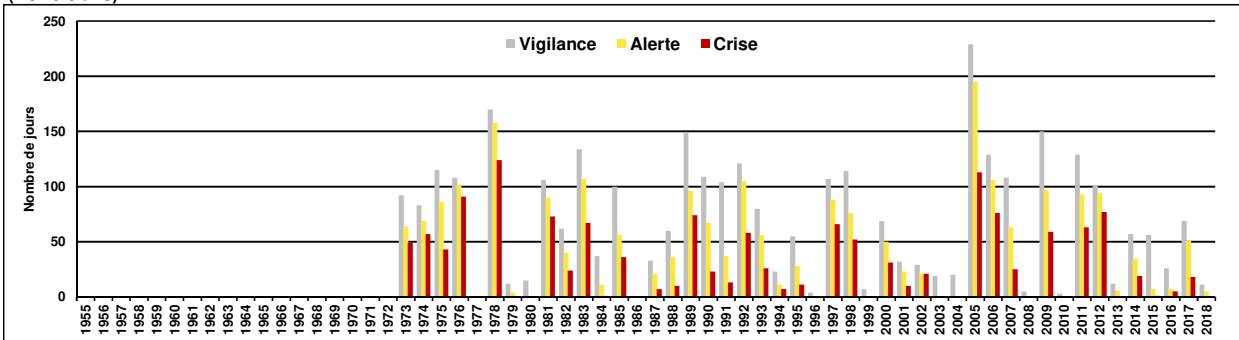
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

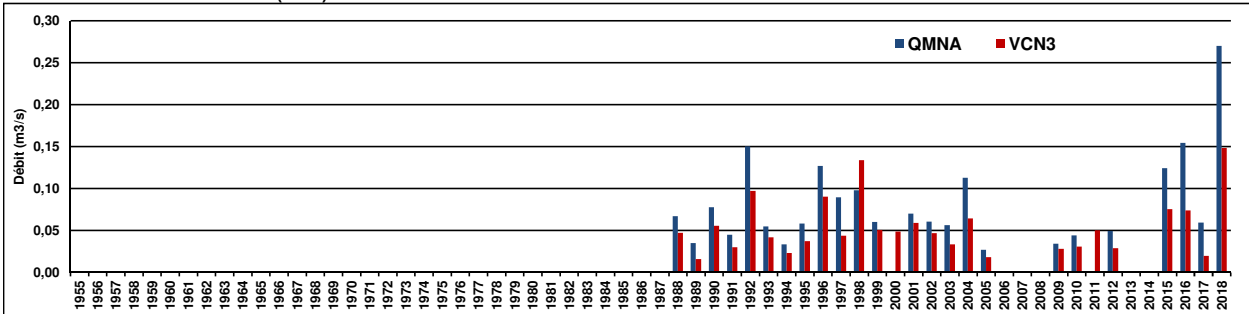


L'Auzonnet aux Mages et l'Auzonnet à Allegre

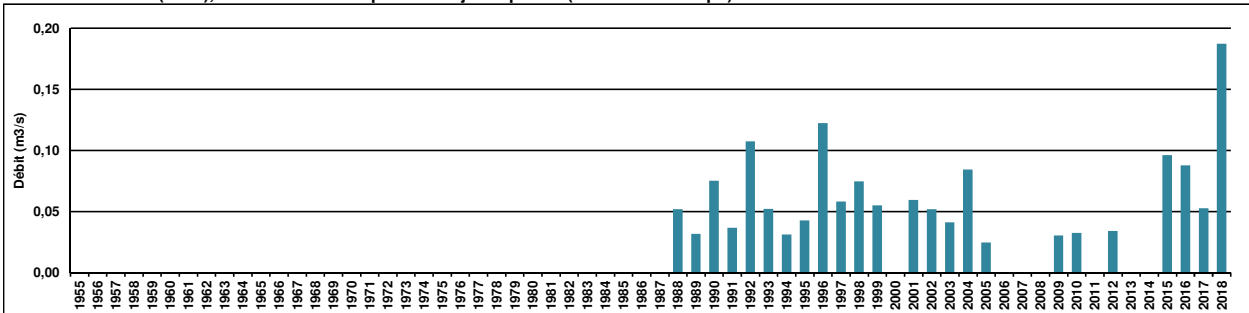
Code station : V5445010 et V5445020
Données disponibles : 1986-2013 et 2014-2019

Bassin versant : Cèze
Superficie contrôlée (km²) : 160

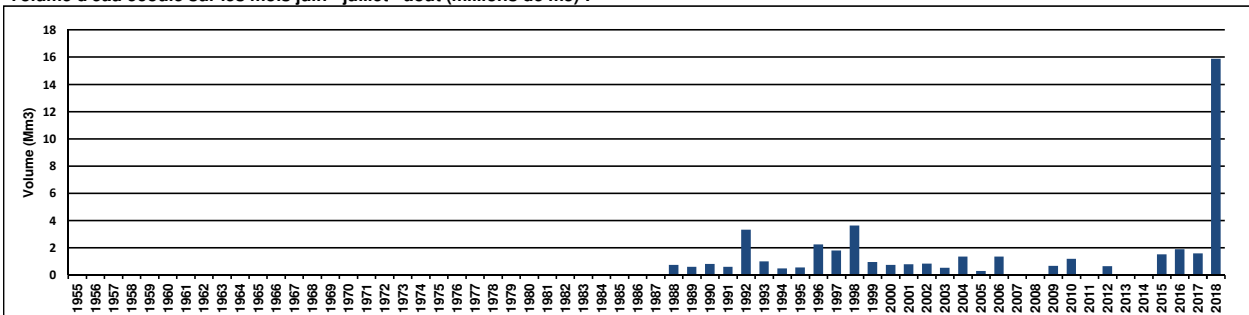
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



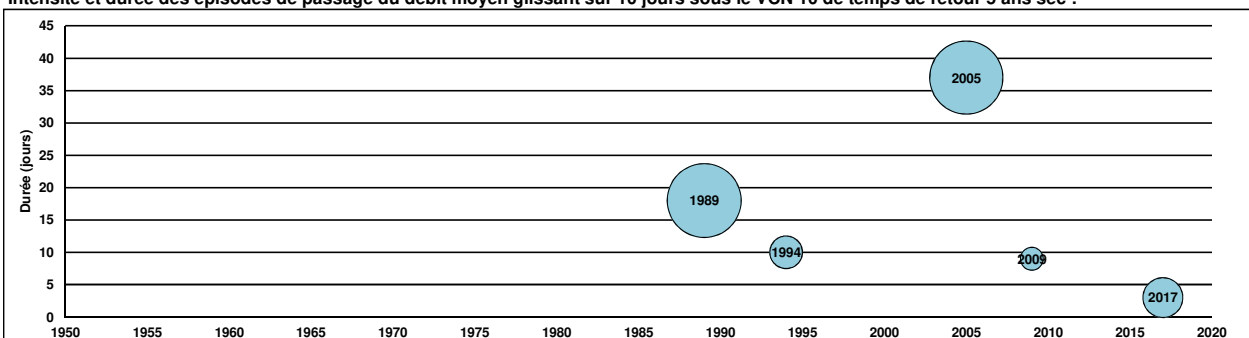
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



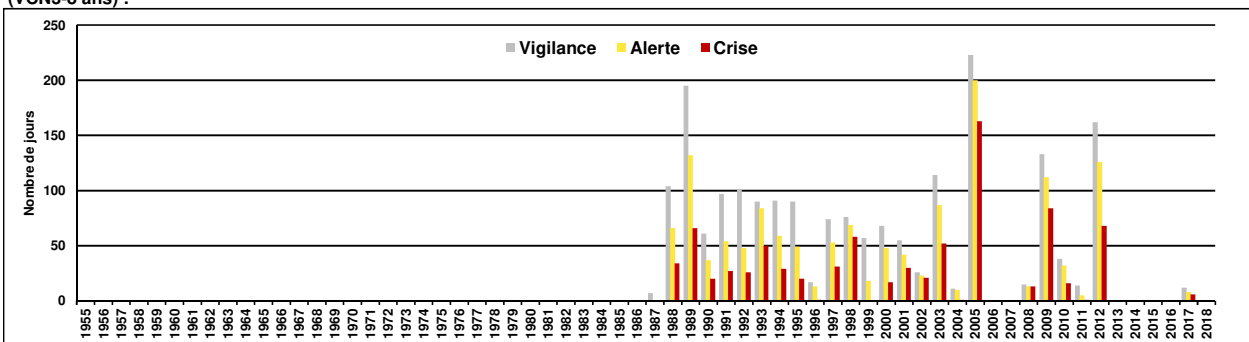
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

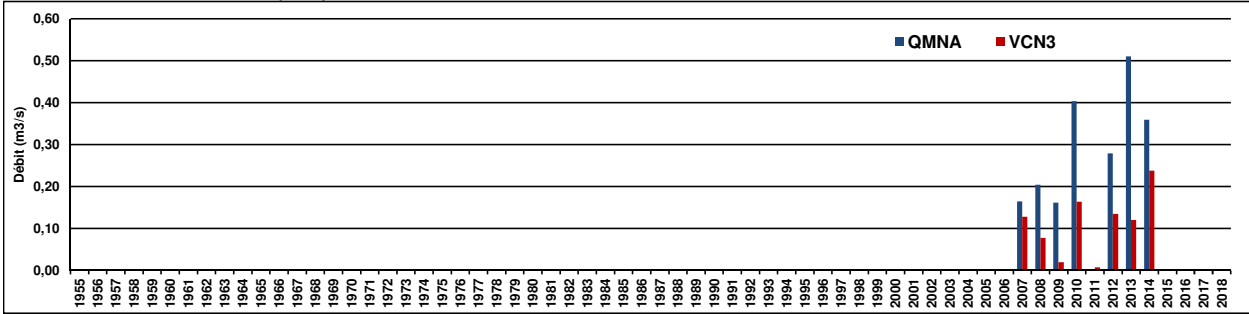


La Cèze à Tharoux

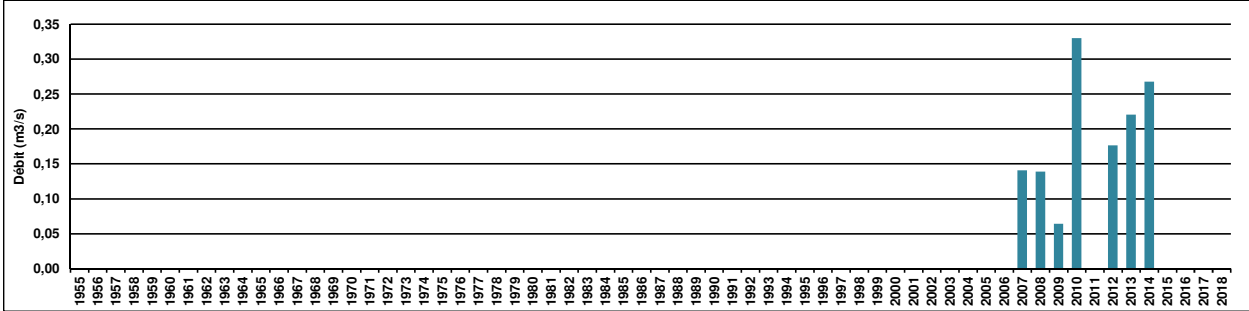
Code station : V5454010
Données disponibles : 2002-2019

Bassin versant : Cèze
Superficie contrôlée (km²) : 665

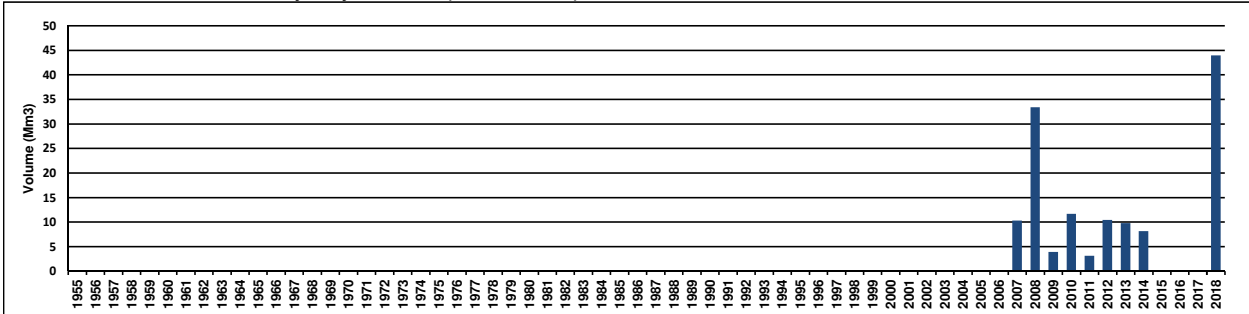
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



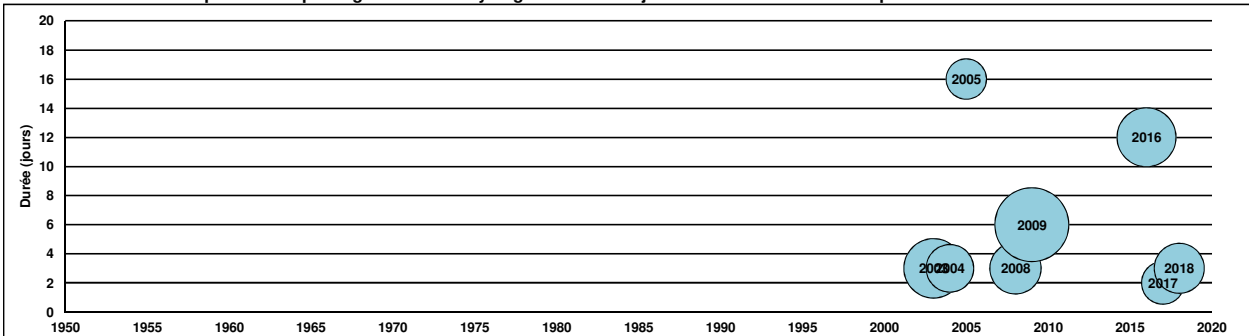
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



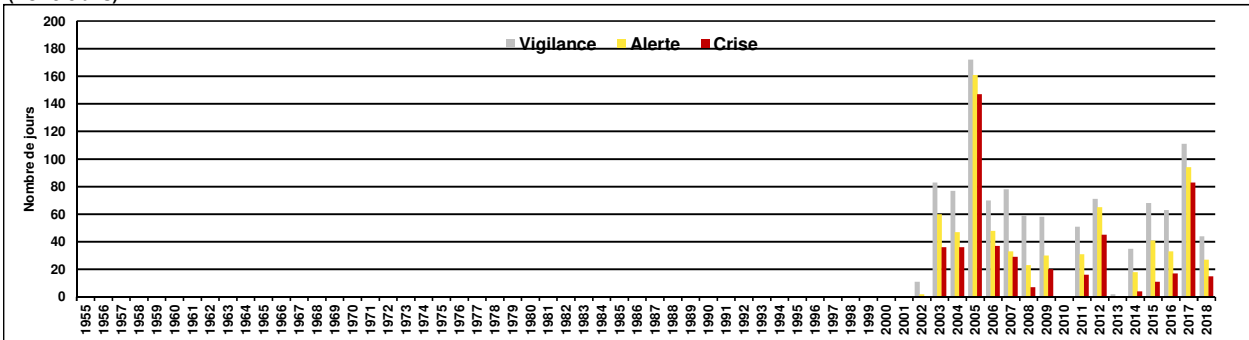
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

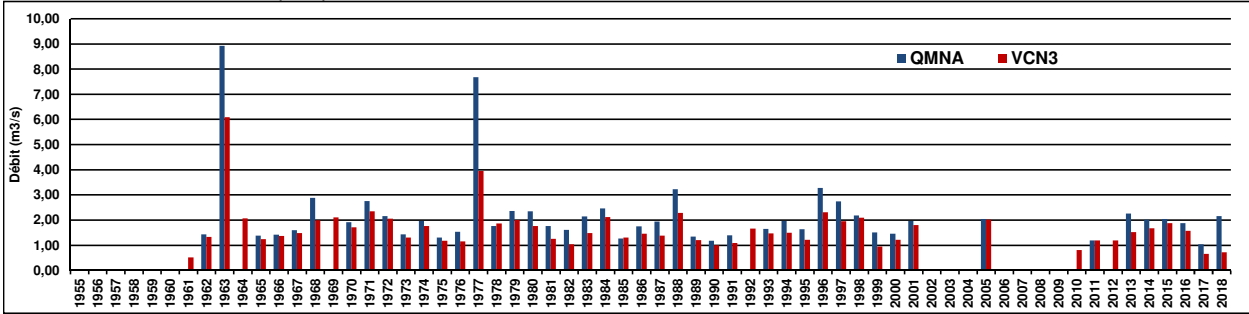


Cèze à la Roque sur Cèze

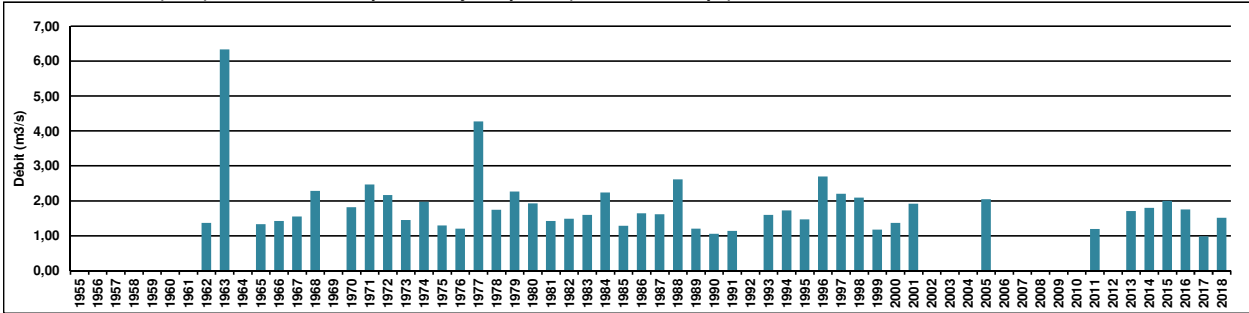
Code station : V5474010
Données disponibles : 1961-2019

Bassin versant : Cèze
Superficie contrôlée (km²) : 1060

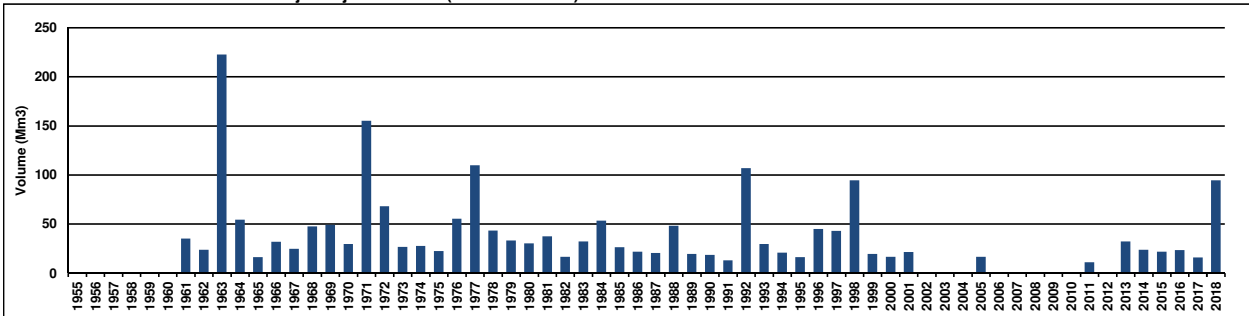
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



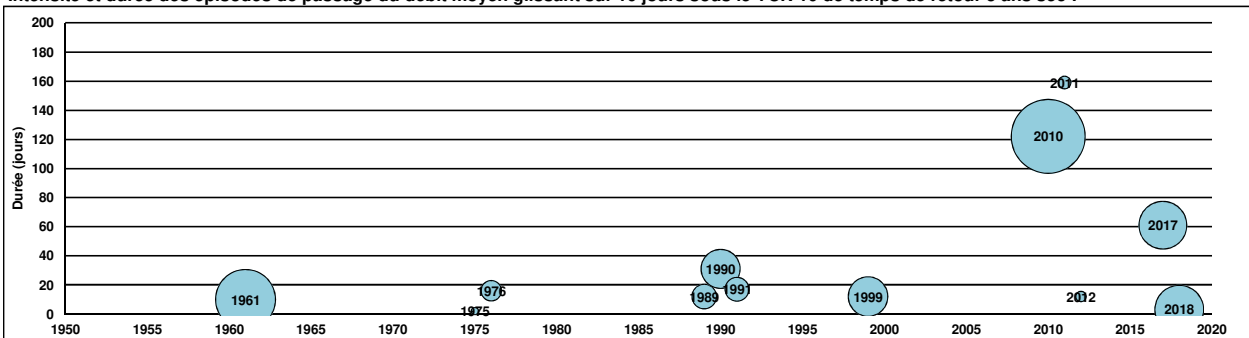
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



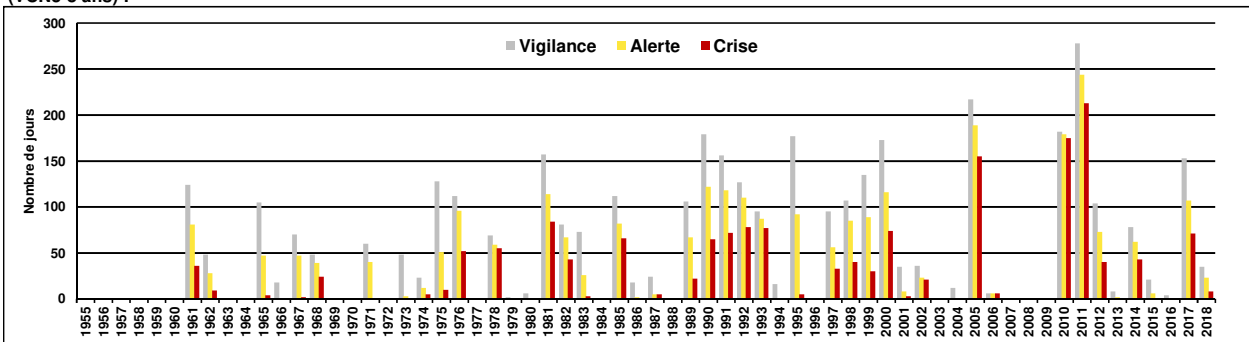
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

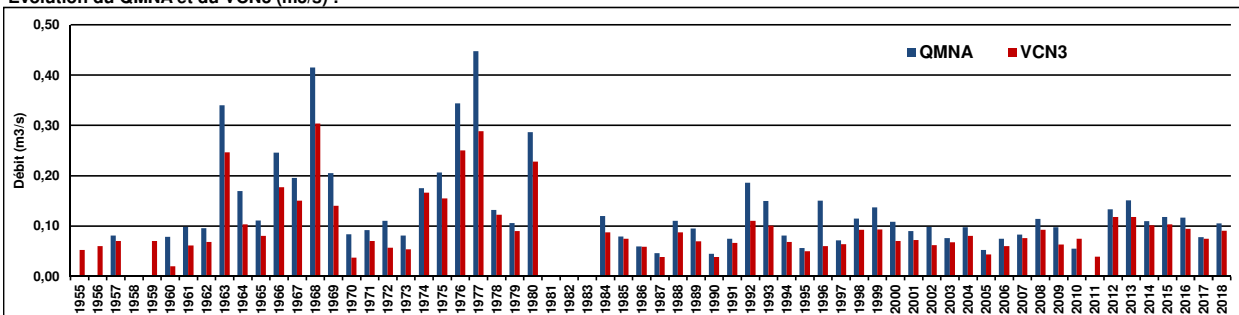


Le Gardon de Sainte-Croix à Gabriac [Pont Ravagers]

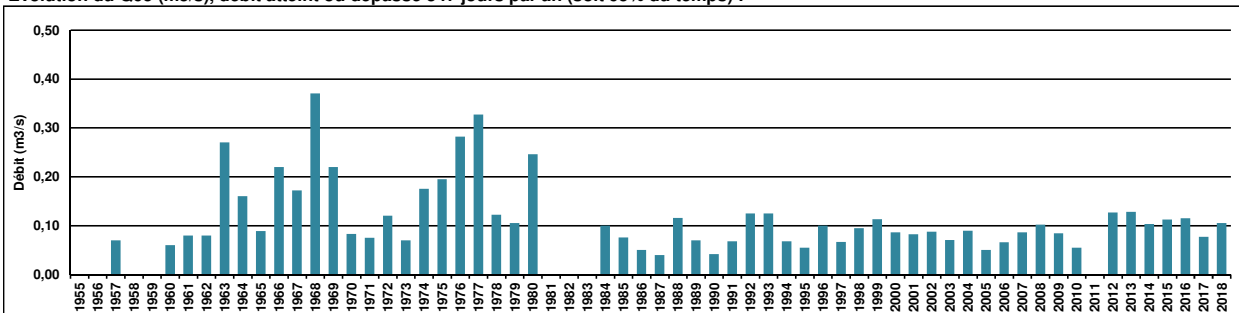
Code station : V7115010
Données disponibles : 1955-2019

Bassin versant : Gardons
Superficie contrôlée (km²) : 47

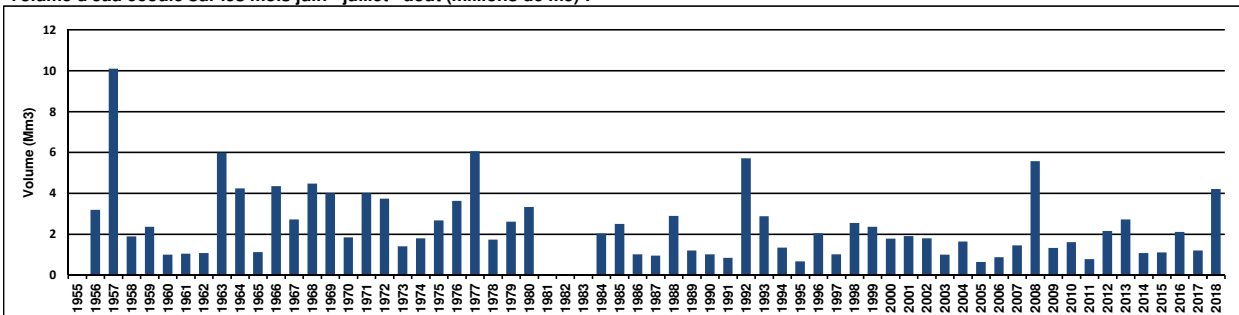
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



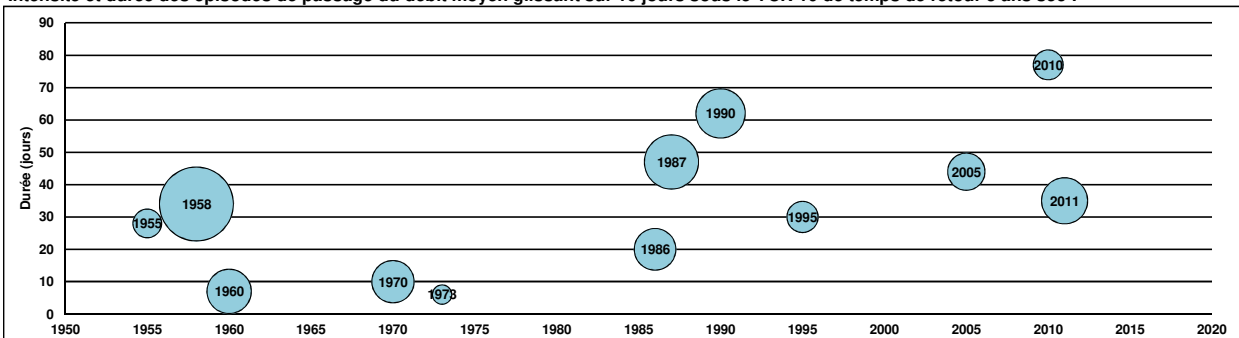
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



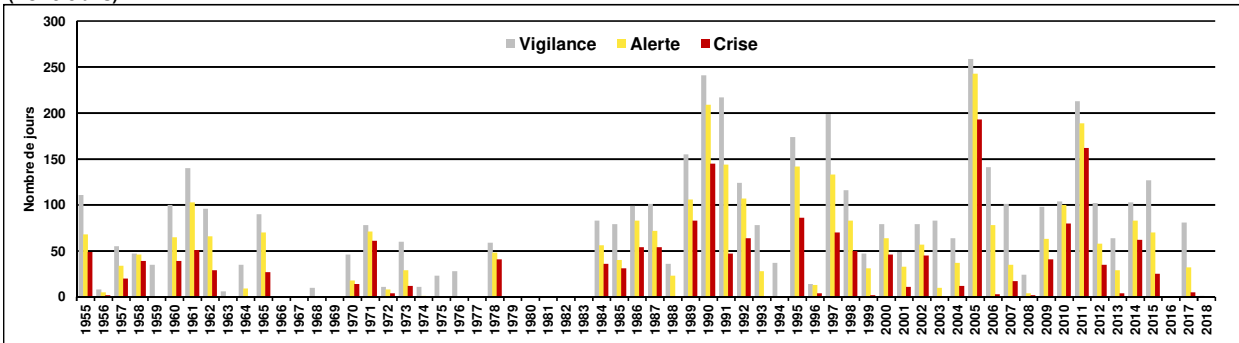
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

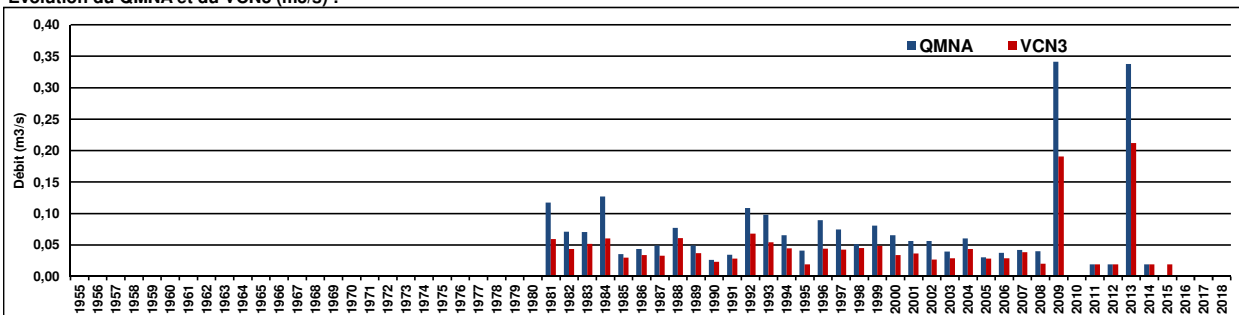


Le Gardon de Saint-Germain à Saint-Germain-de-Calberte [Bastide]

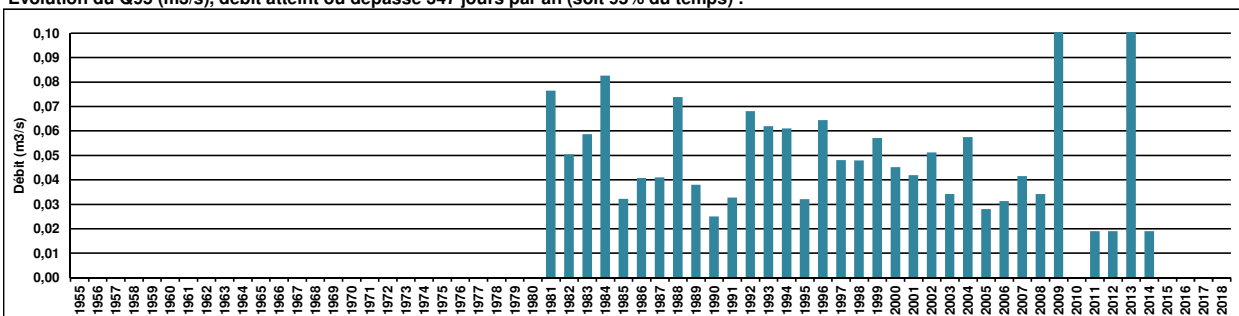
Code station : V7105210
Données disponibles : 1980-2015

Bassin versant : Gardons
Superficie contrôlée (km²) : 30,5

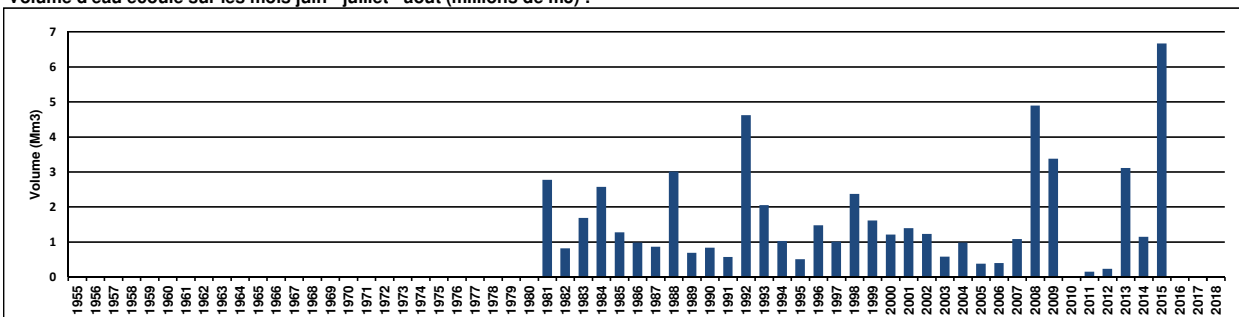
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



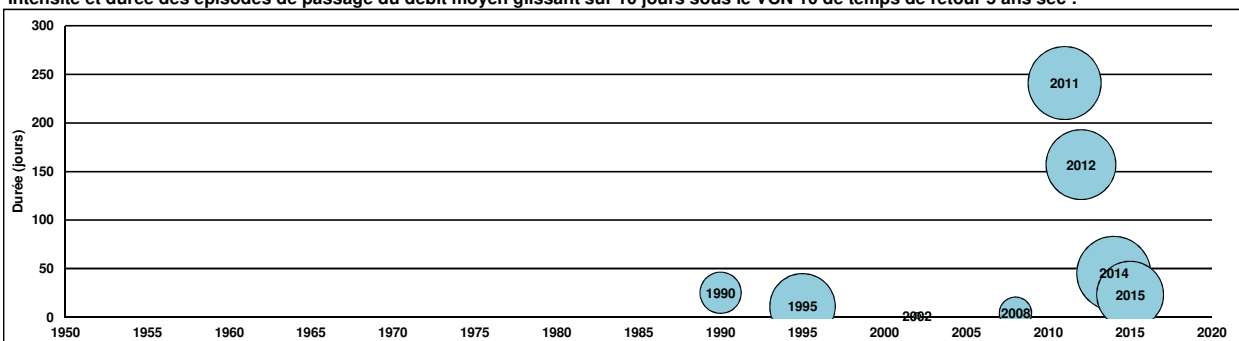
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



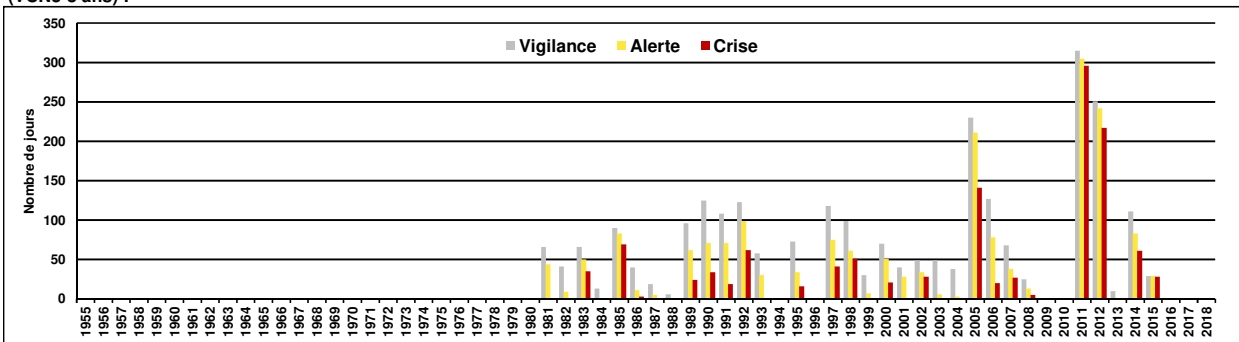
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

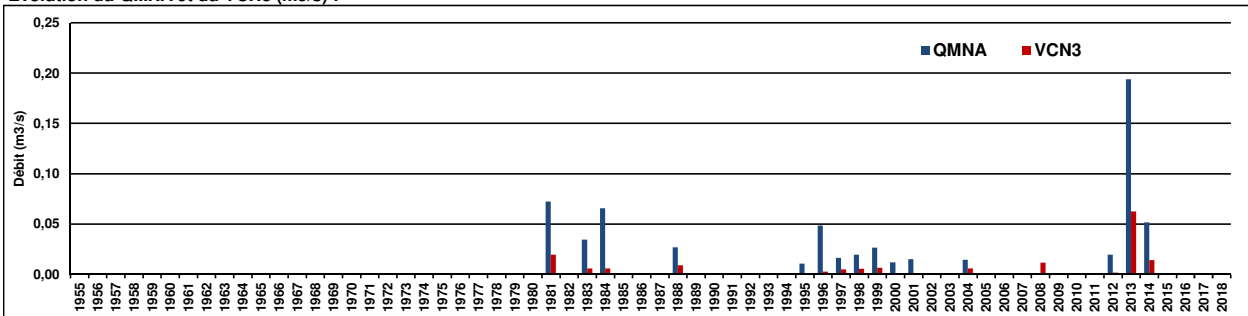


Le Gardon de Saint-Martin à Saint-Étienne-Vallée-Française [Roq.]

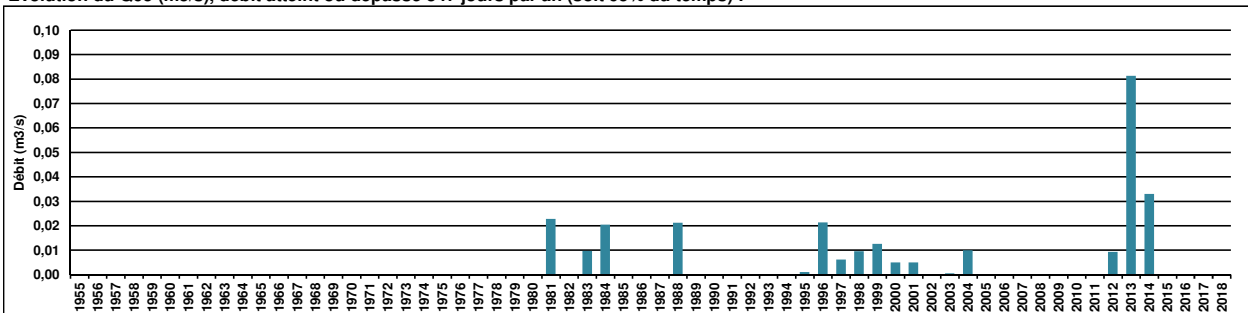
Code station : V7104010
Données disponibles : 1981-2016

Bassin versant : Gardons
Superficie contrôlée (km²) : 30,5

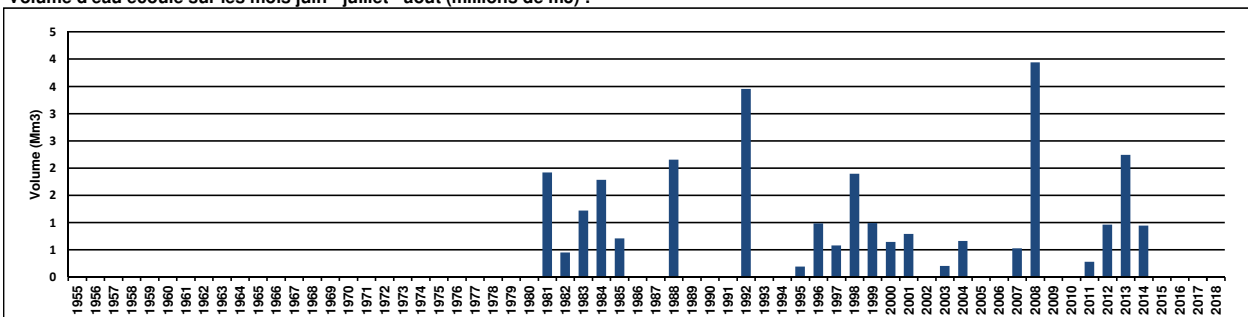
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



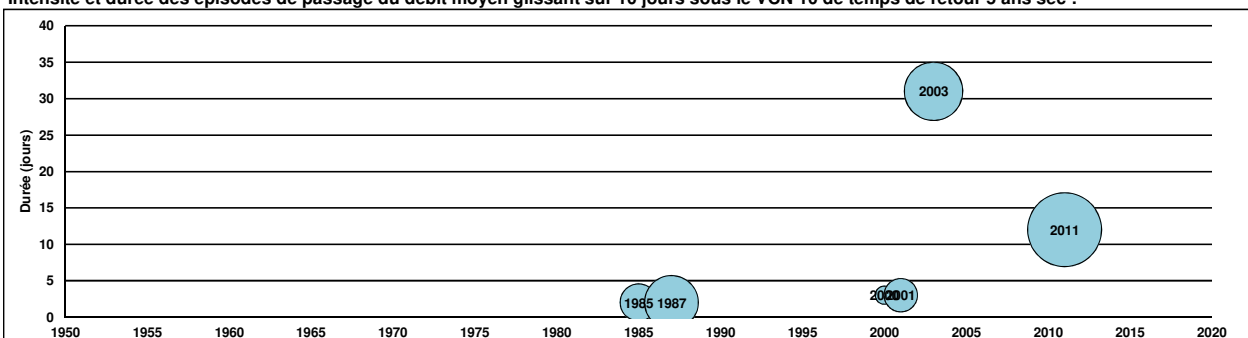
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



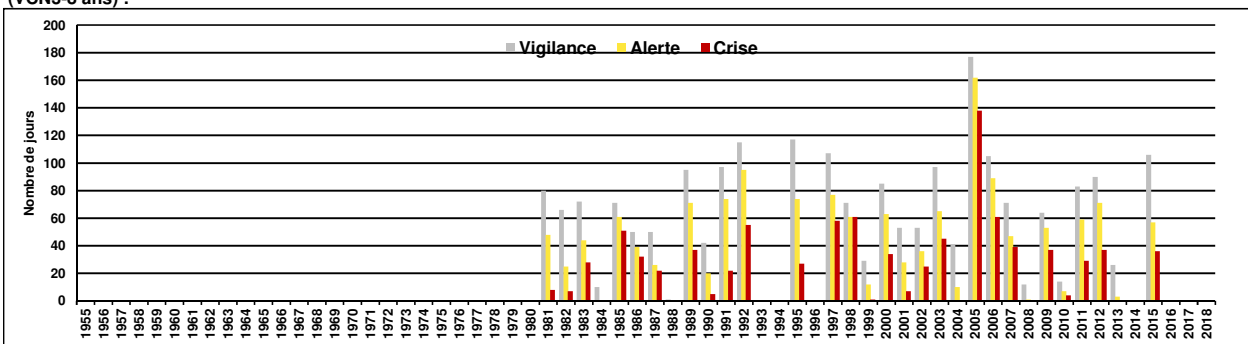
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

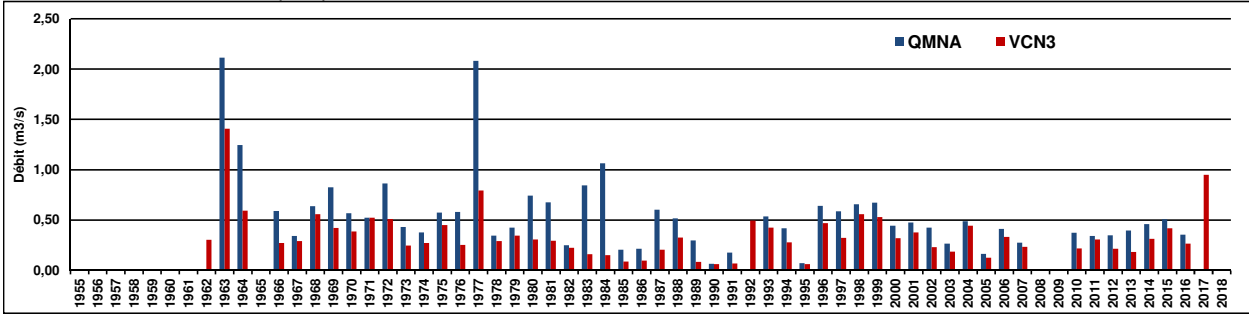


Le Gardon de Mialet à Générargues [Roucan]

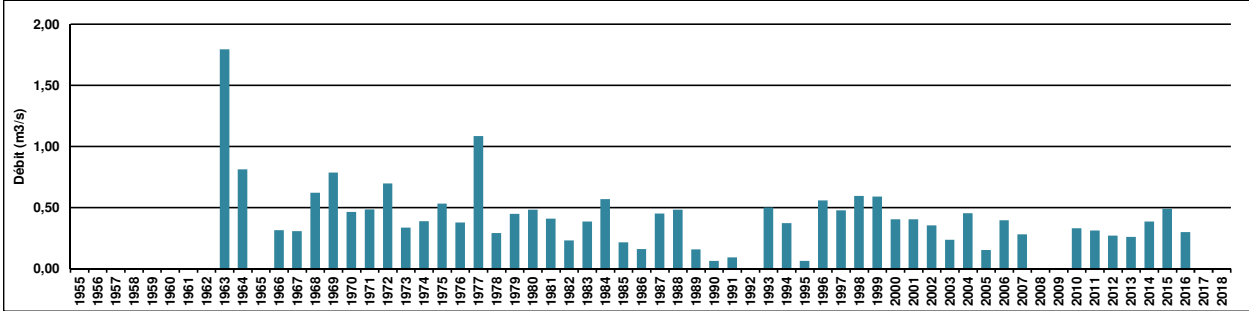
Code station : V7124010
Données disponibles : 1965-2017

Bassin versant : Gardons
Superficie contrôlée (km²) : 240

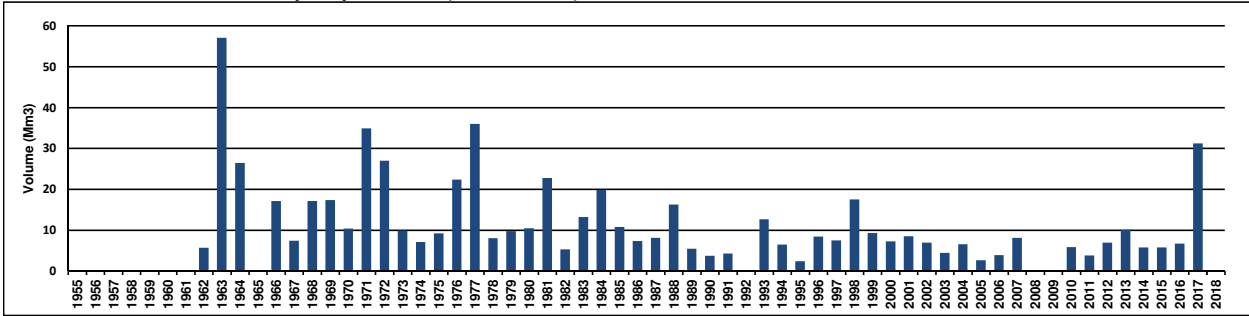
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



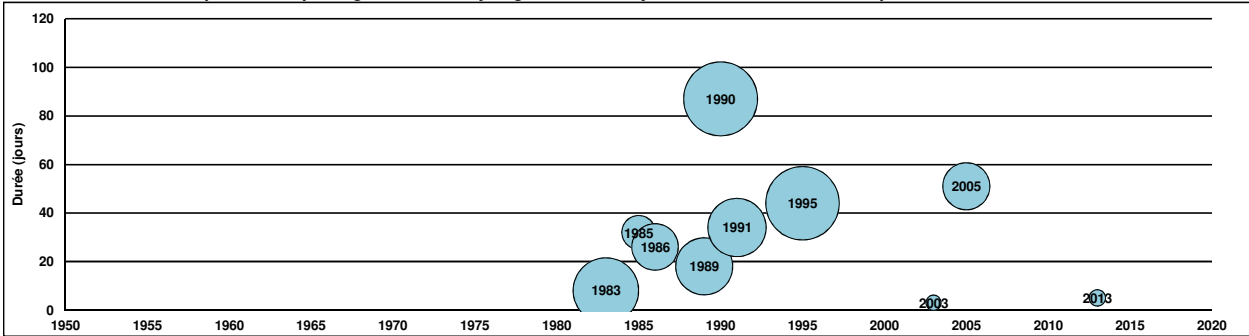
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



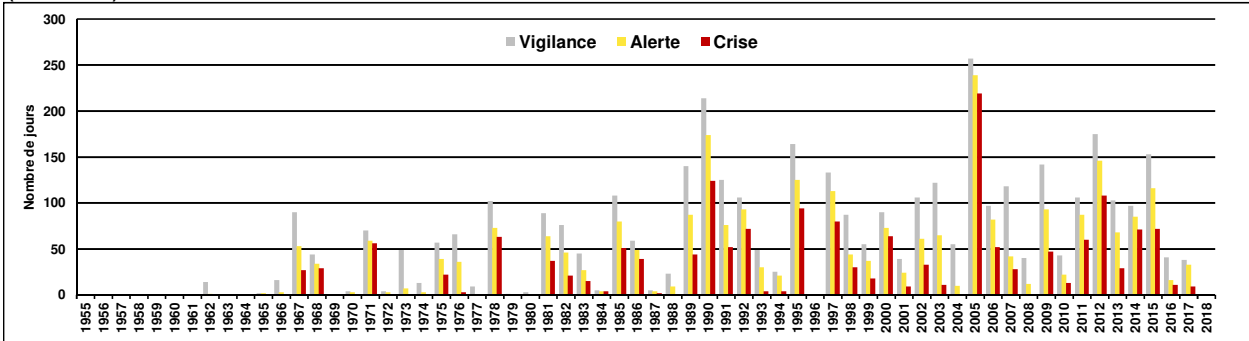
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

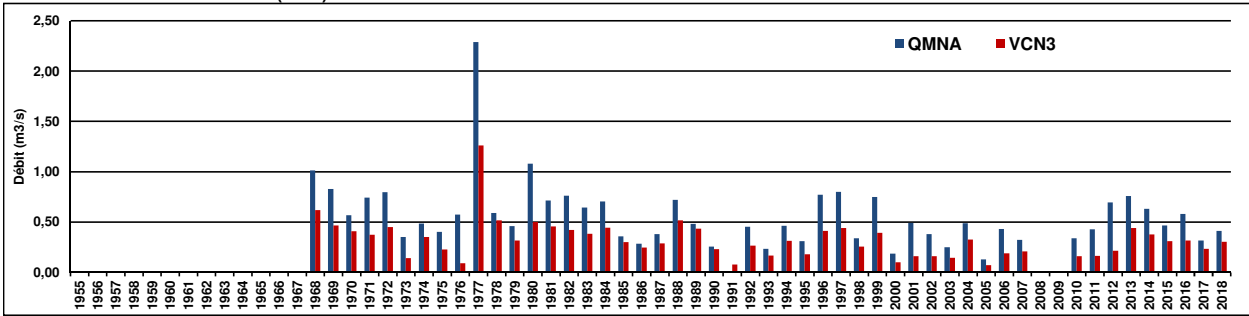


Le Gardon de Saint-Jean à Corbès [Roc Courbe]

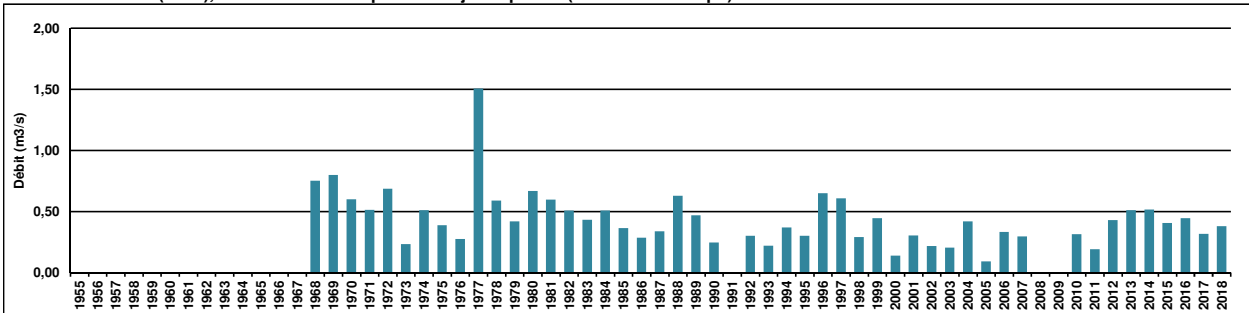
Code station : V7135010
Données disponibles : 1968-2019

Bassin versant : Gardons
Superficie contrôlée (km²) : 263

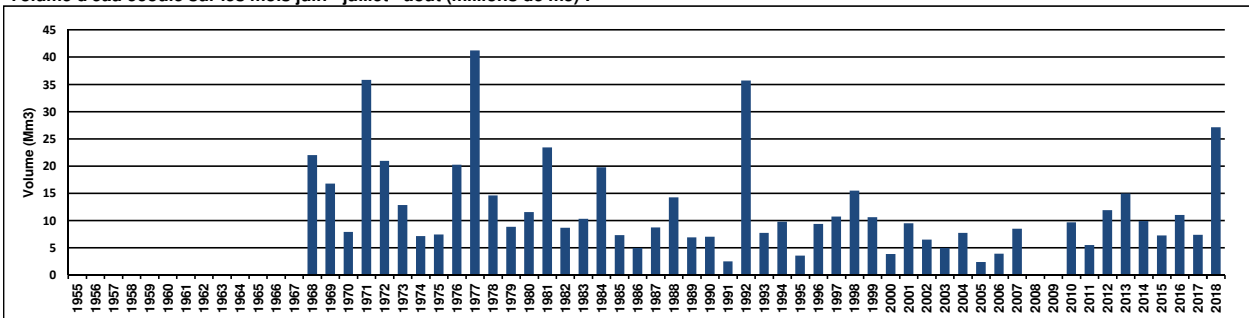
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



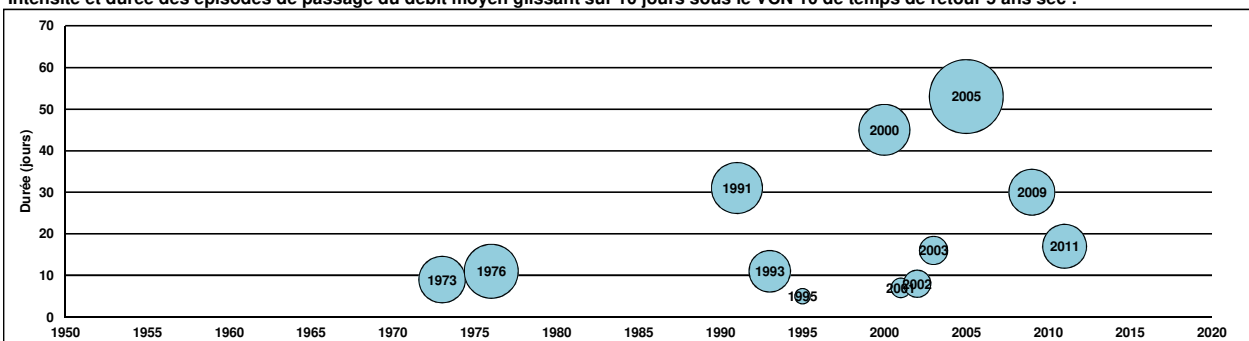
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



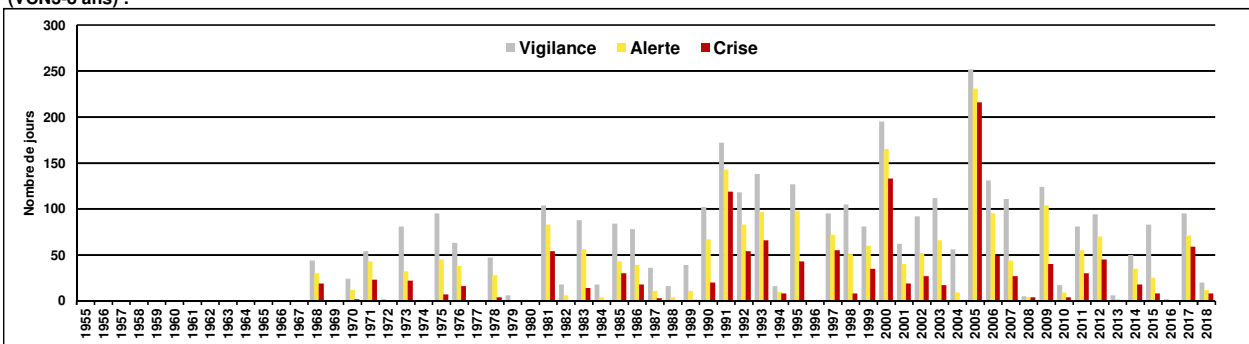
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

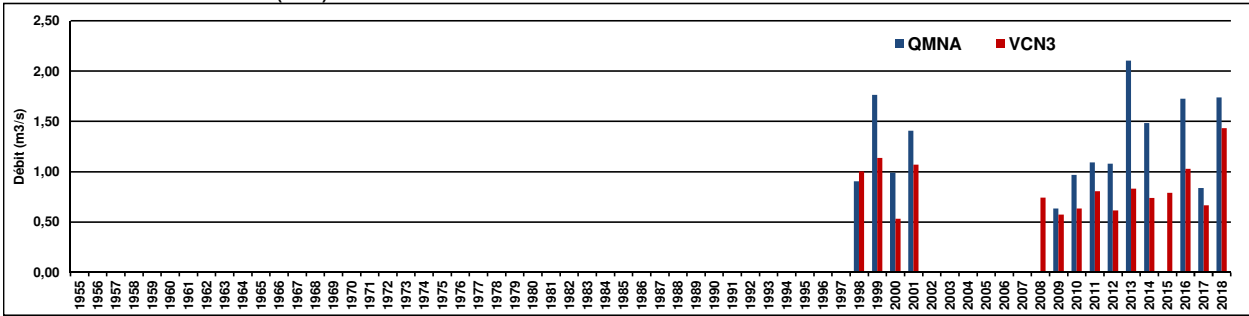


Le Gardon à Boucoiran-et-Nozières [Pont de Ners] et Gardon a Ners [dans le pont RN 106]

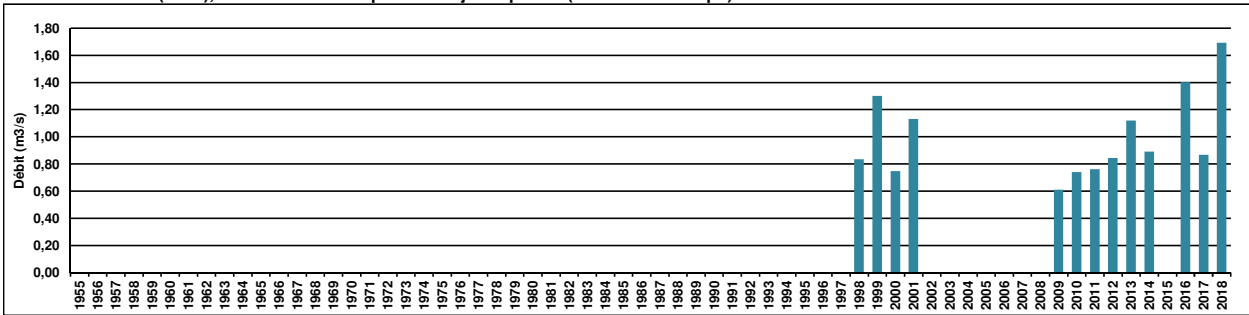
Code station : V7164010 et V7164015
Données disponibles : 1998-2002 et 2008-2019

Bassin versant : Gardons
Superficie contrôlée (km²) : 1100

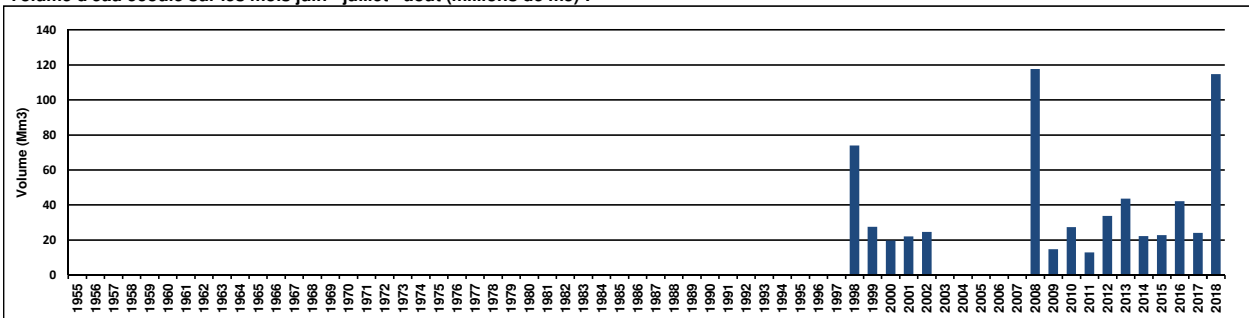
Evolution du QMNA et du VCN3 (m3/s) :



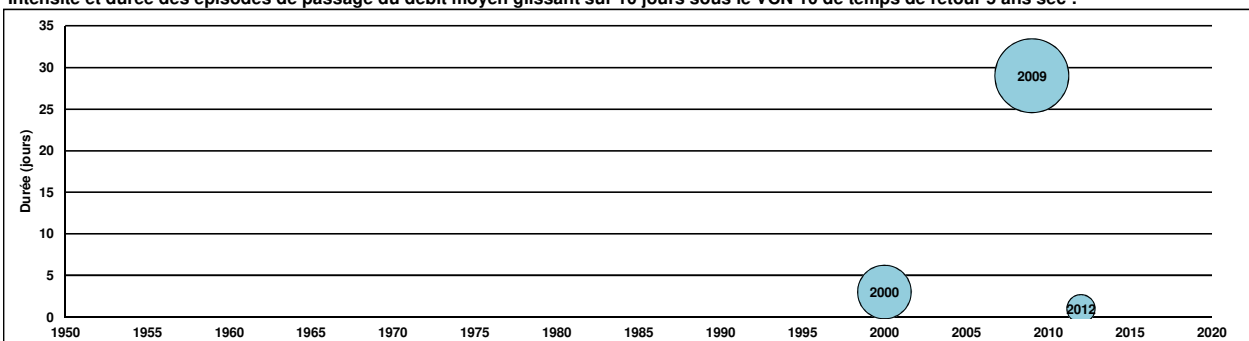
Evolution du Q95 (m3/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



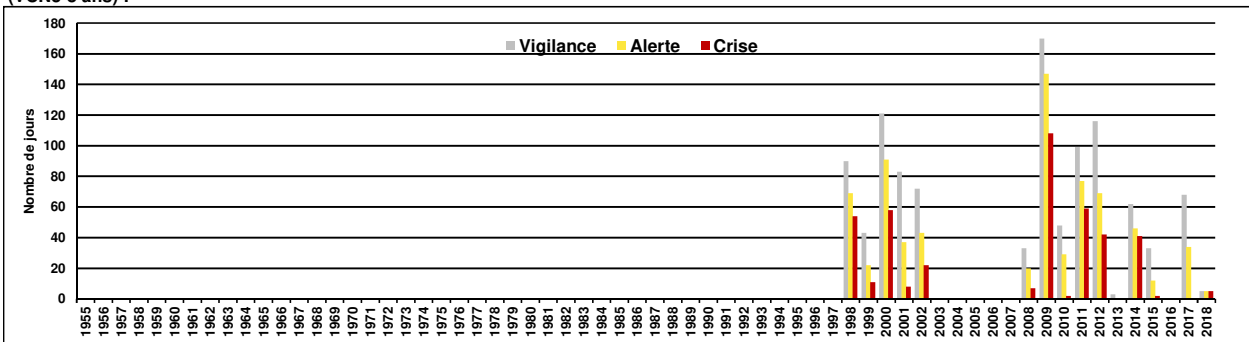
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m3) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

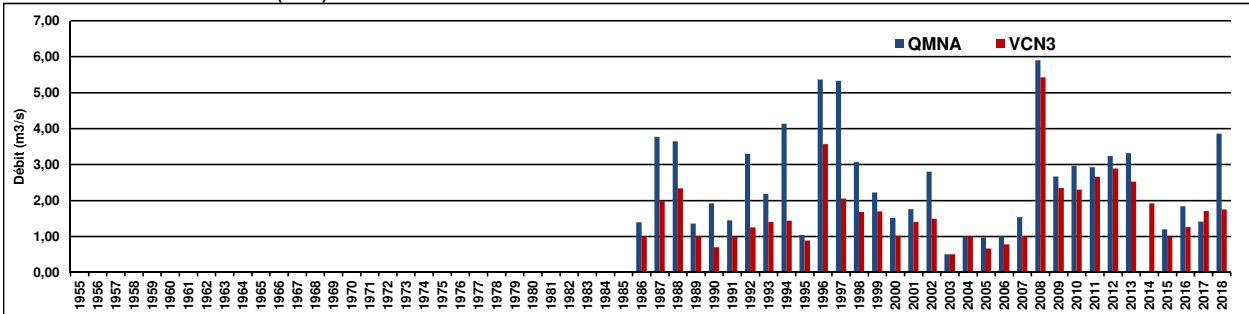


Le Gardon [Gardon réunis] à Remoulins [Etiage (CNR)]

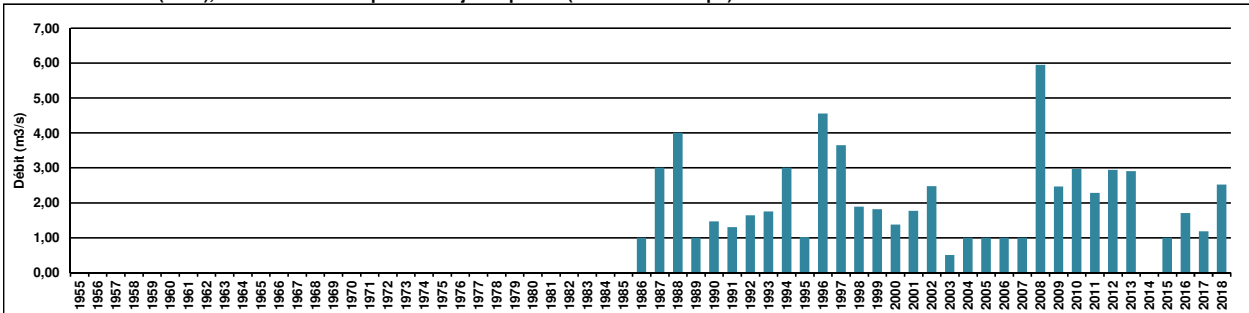
Code station : V7194005
Données disponibles : 1986-2019

Bassin versant : Gardons
Superficie contrôlée (km²) : 1855

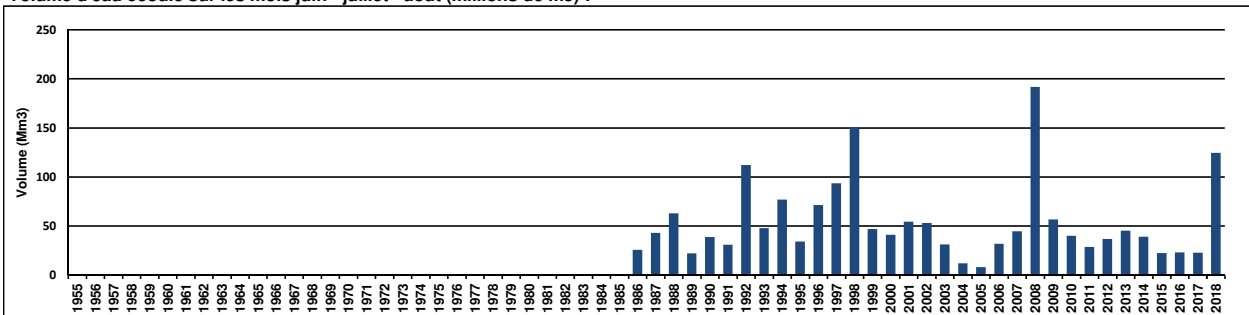
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



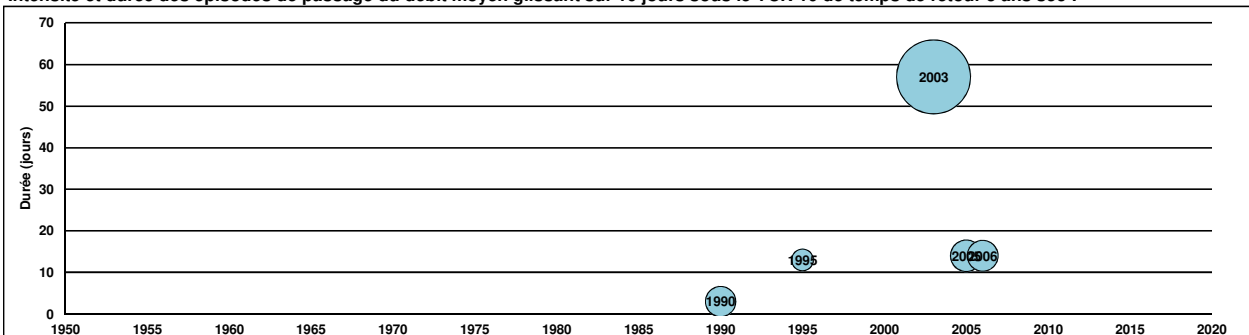
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



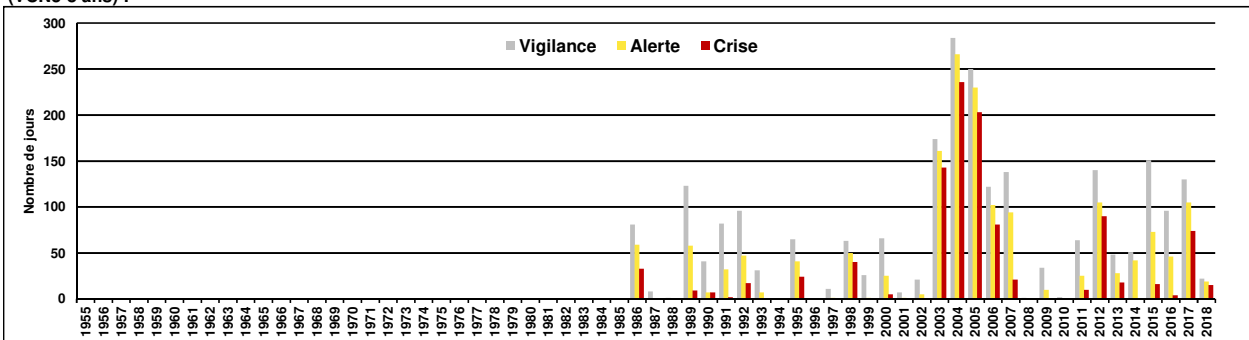
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

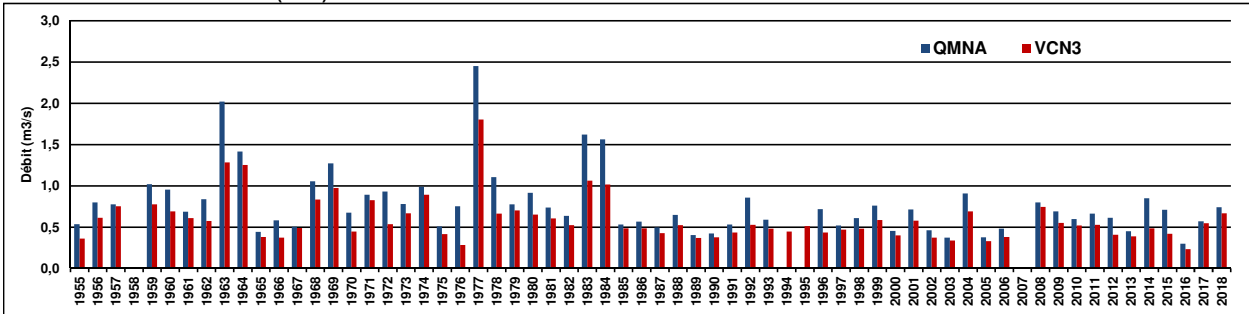


L'Arre au Vigan [La Terrasse]

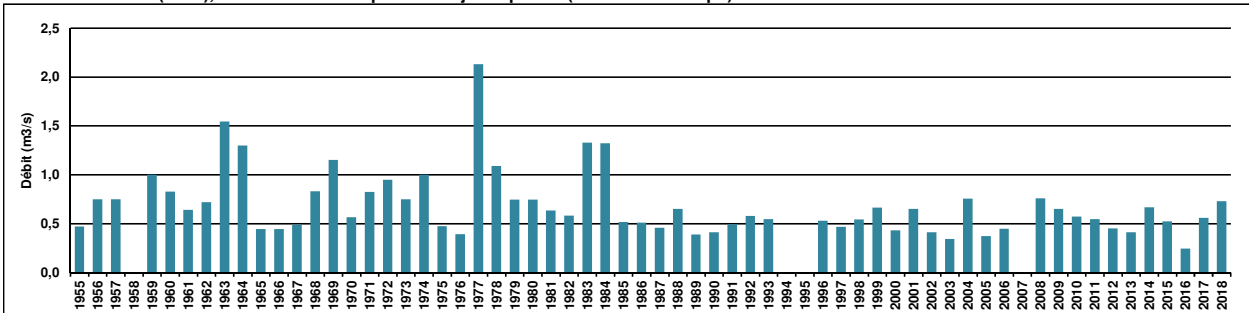
Code station : Y2015010
Données disponibles : 1953-2019

Bassin versant : Hérault
Superficie contrôlée (km²) : 155

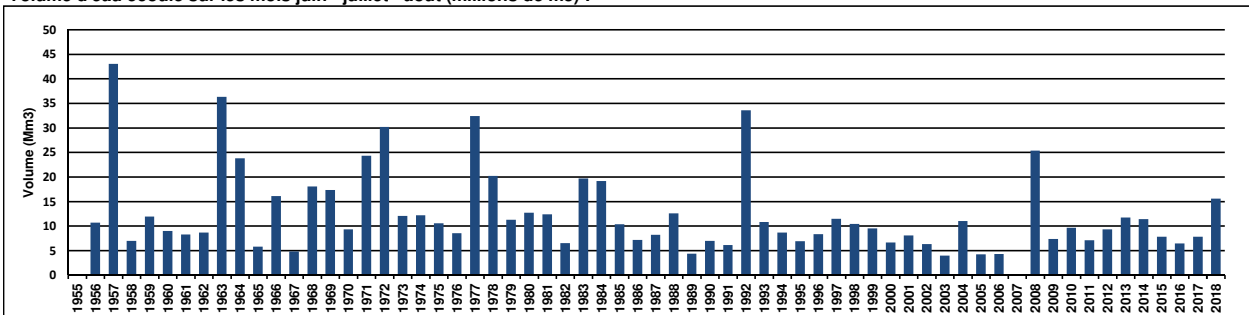
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



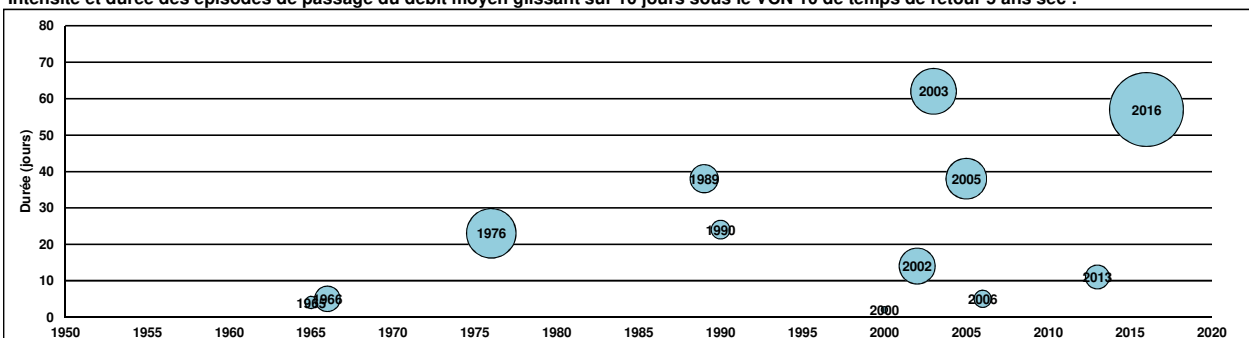
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



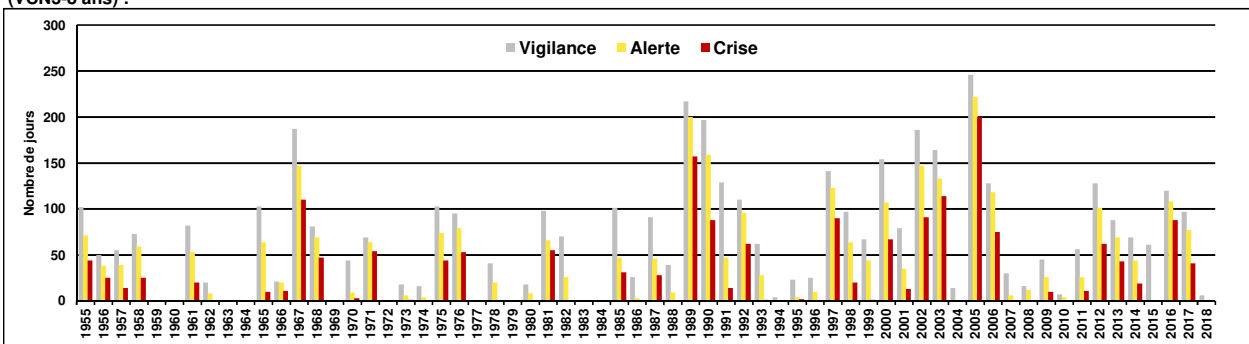
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

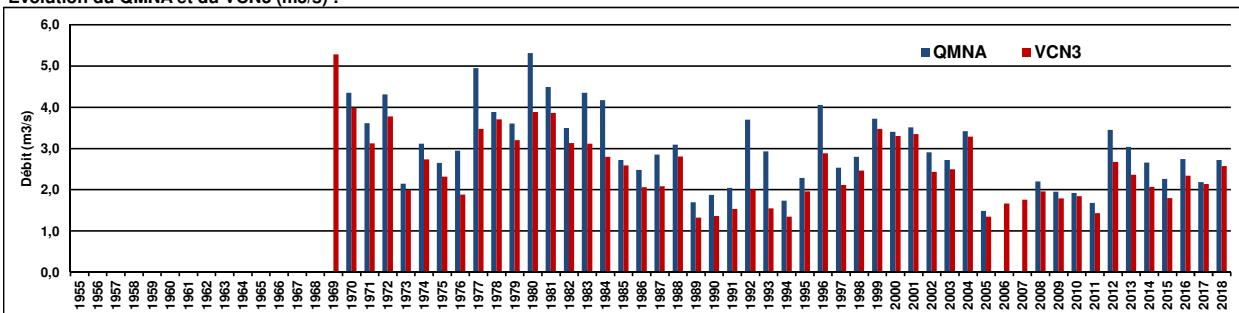


L'Hérault à Laroque

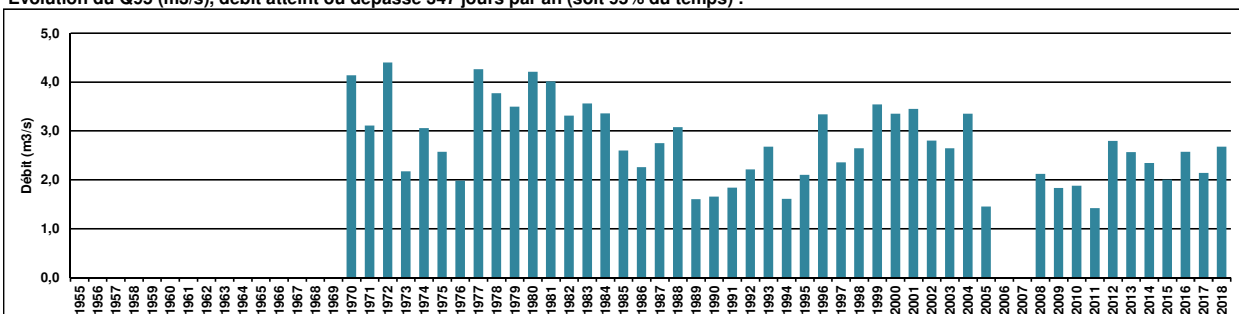
Code station : Y2102010
Données disponibles : 1969-2019

Bassin versant : Hérault
Superficie contrôlée (km²) : 912

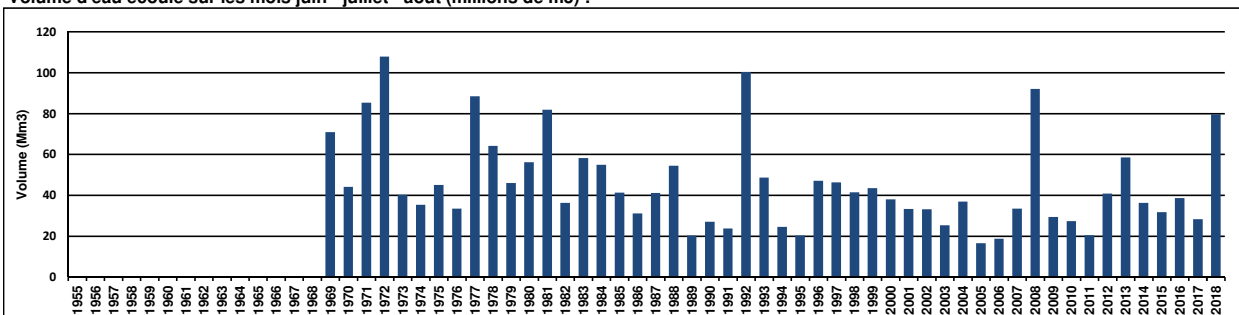
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



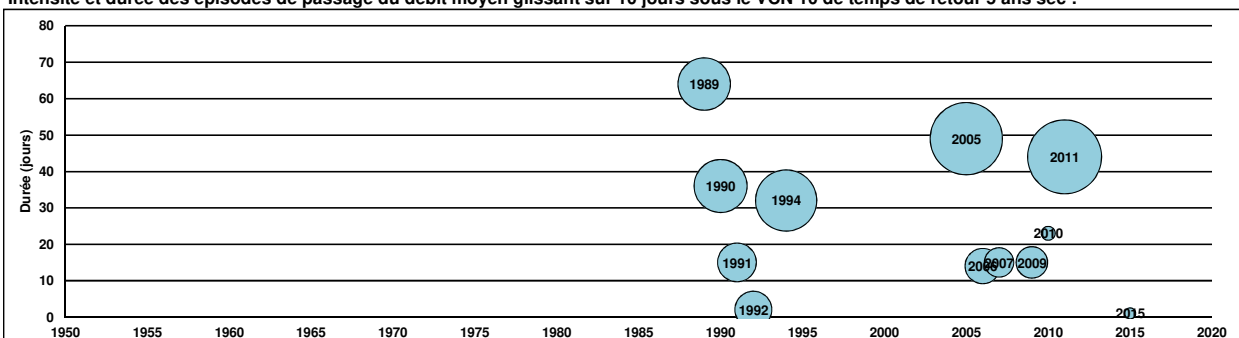
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



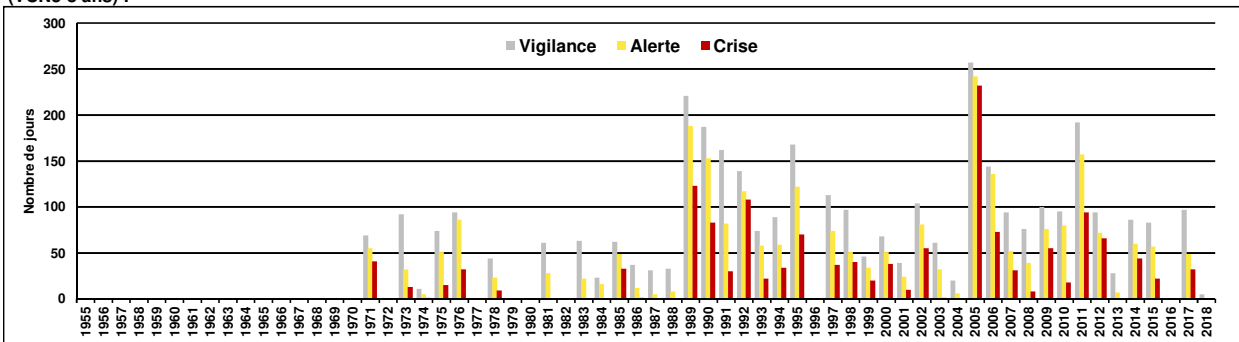
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

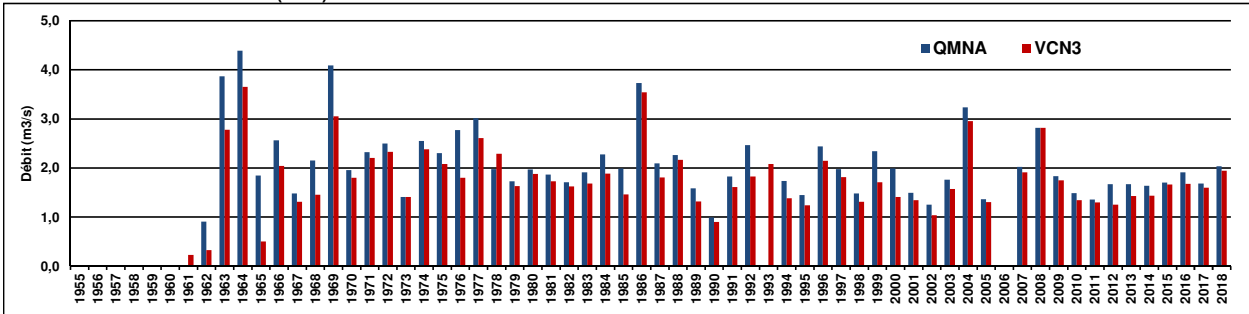


La Vis à Saint-Laurent-le-Minier

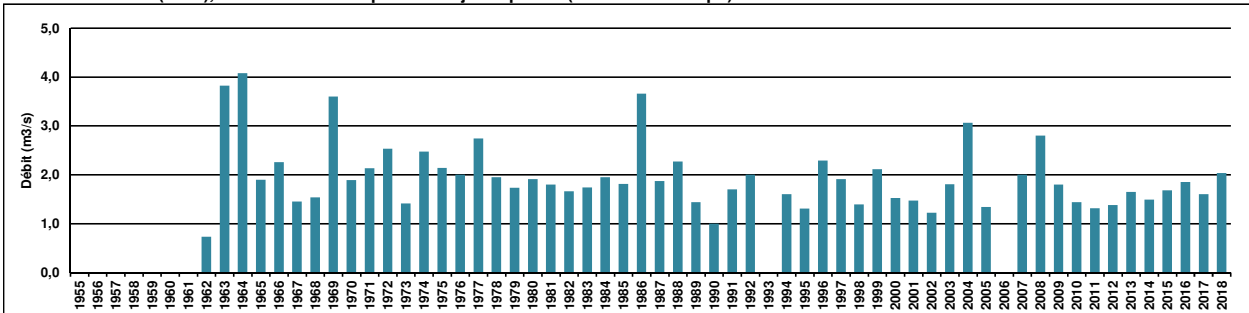
Code station : Y2035010
Données disponibles : 1961-2019

Bassin versant : Hérault
Superficie contrôlée (km²) : 499

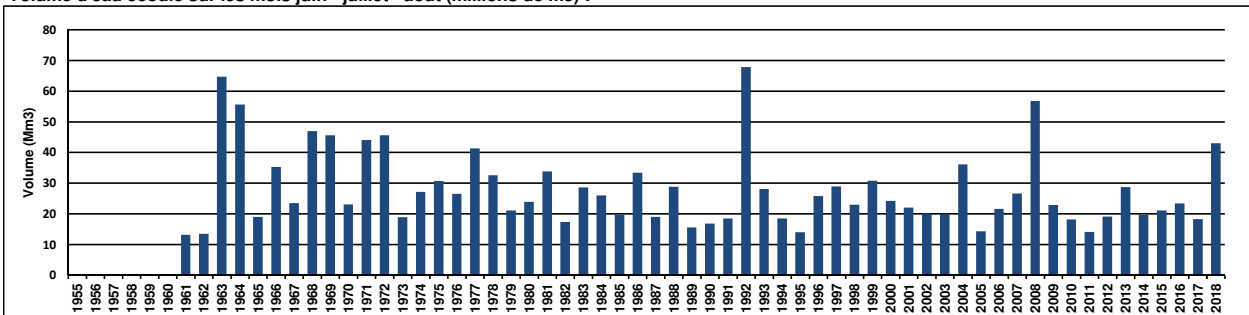
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



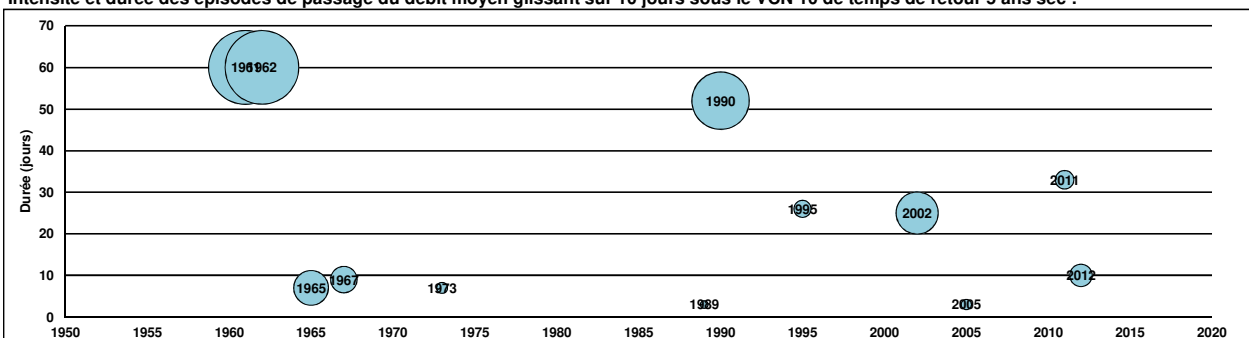
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



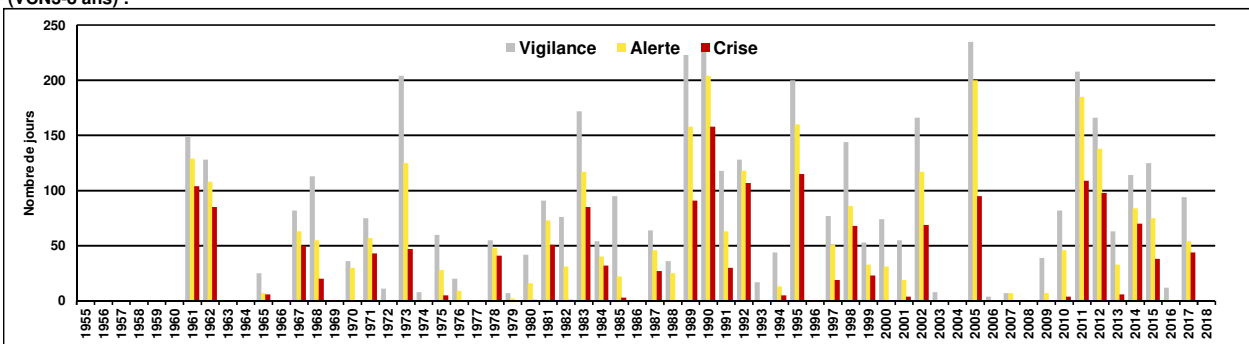
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

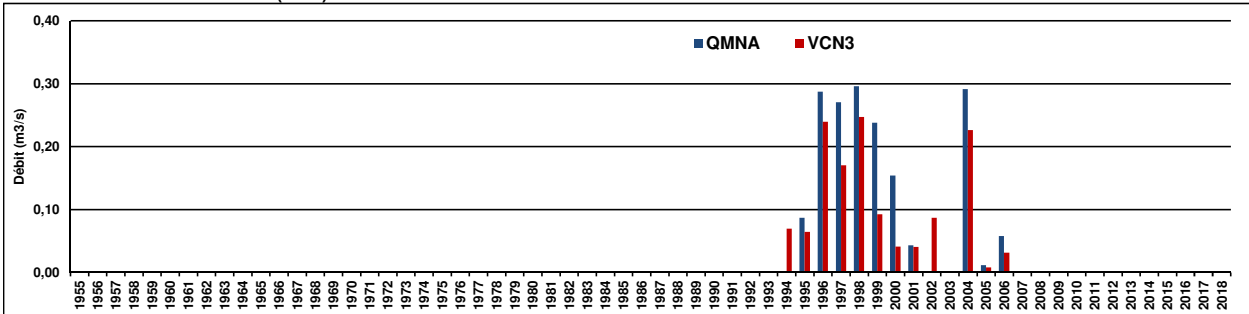


Vidourle à Salinelles (Moulin de Runel)

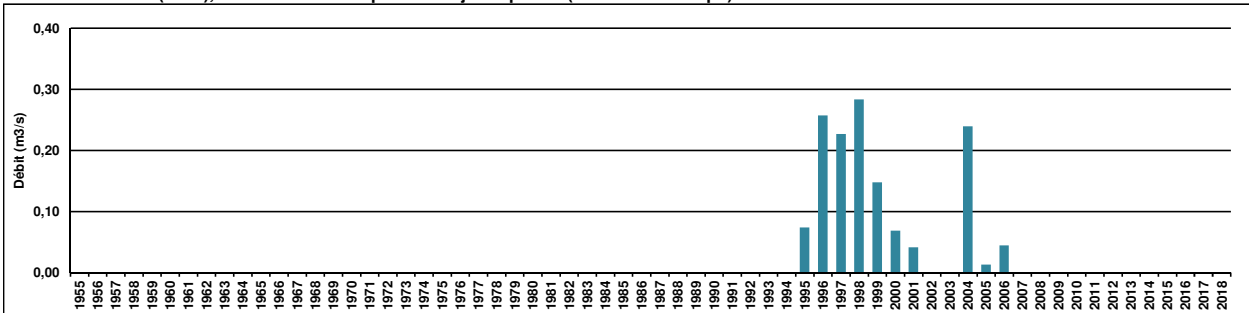
Code station : Y3444010
Données disponibles : 1994-2007

Bassin versant : Vidourle
Superficie contrôlée (km²) : 539

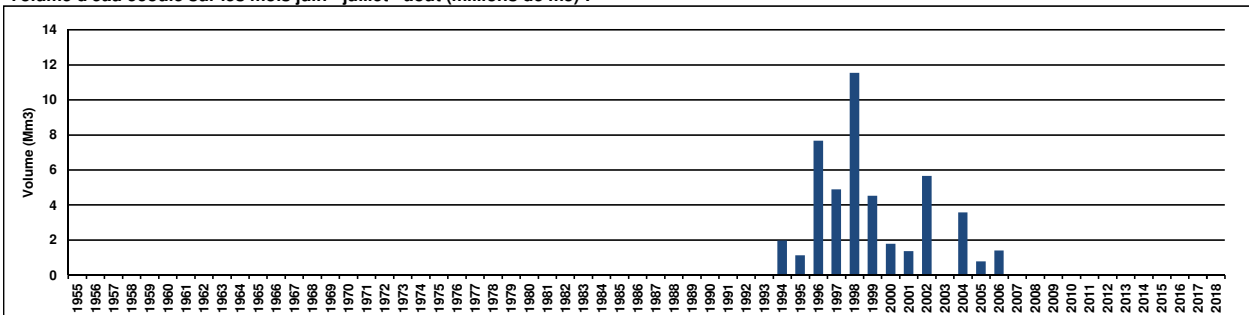
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



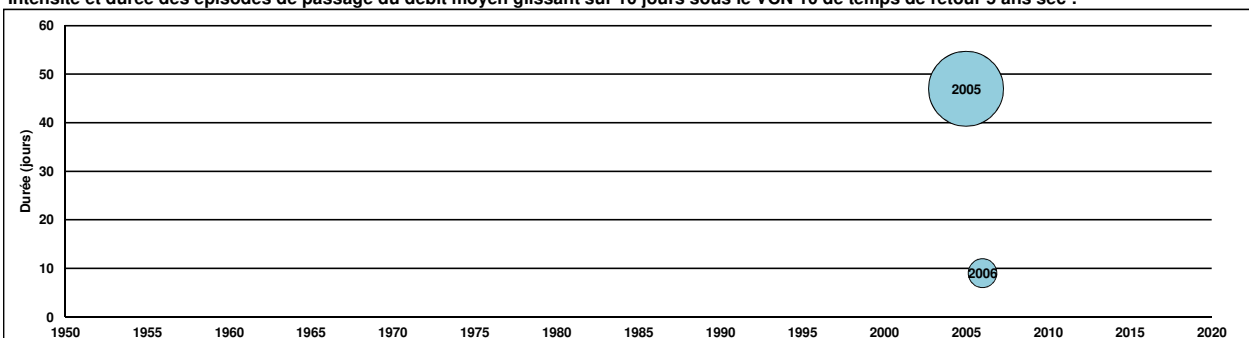
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



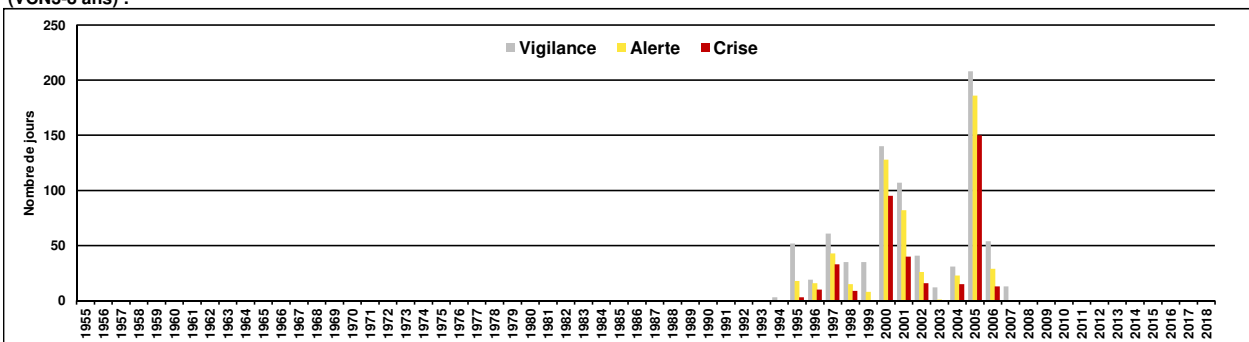
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

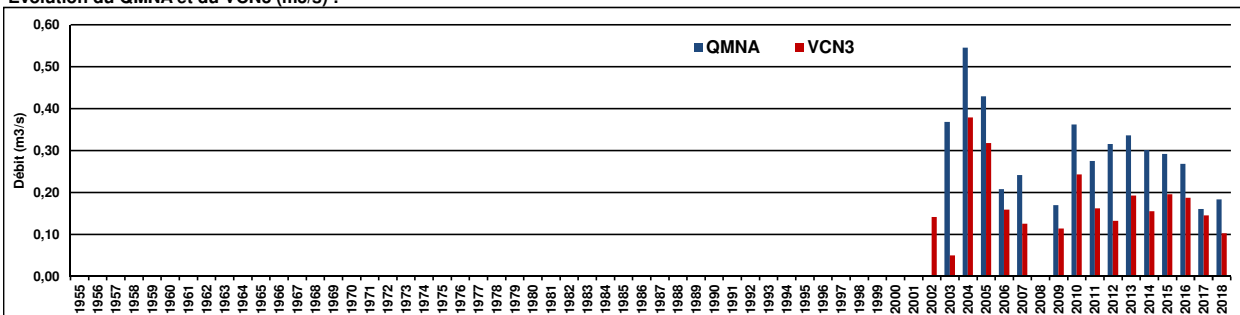


Vidourle à Sommières

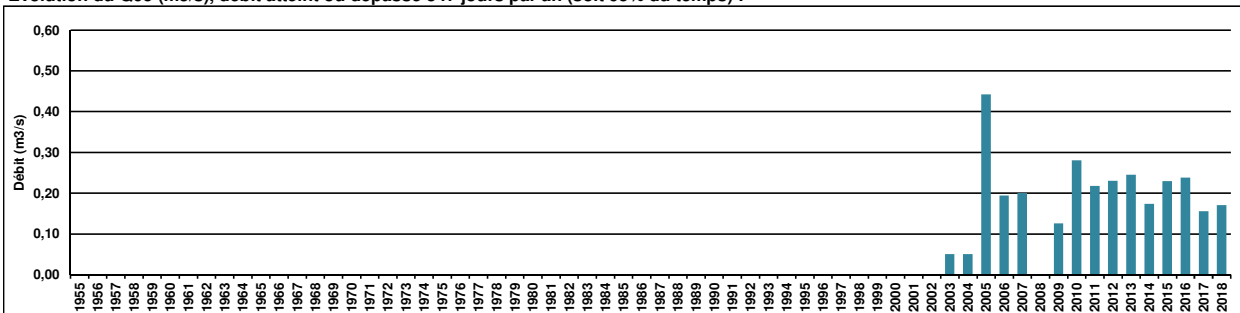
Code station : Y3454010
Données disponibles : 2002-2019

Bassin versant : Vidourle
Superficie contrôlée (km²) : 650

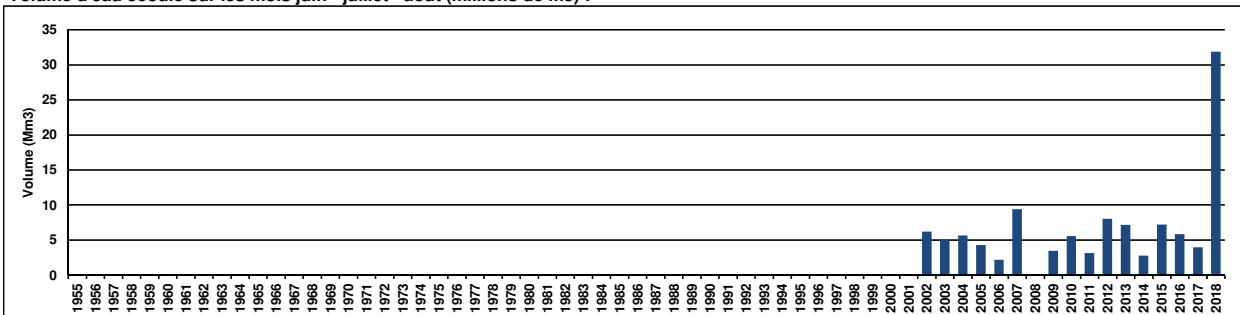
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



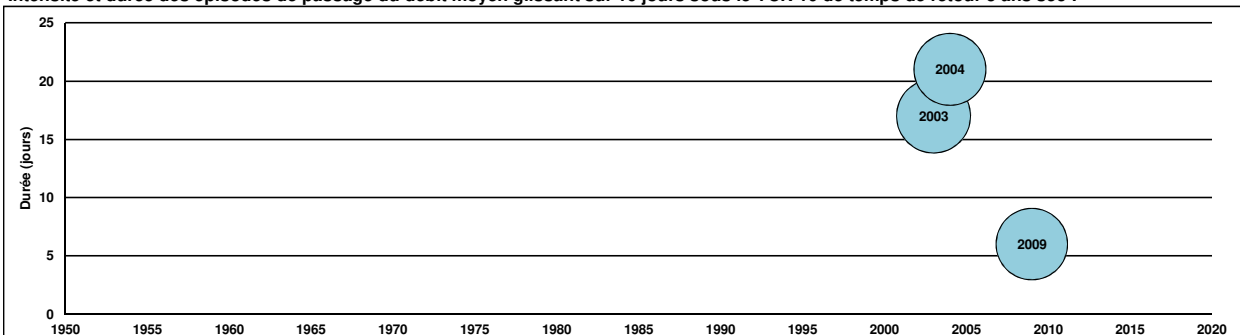
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



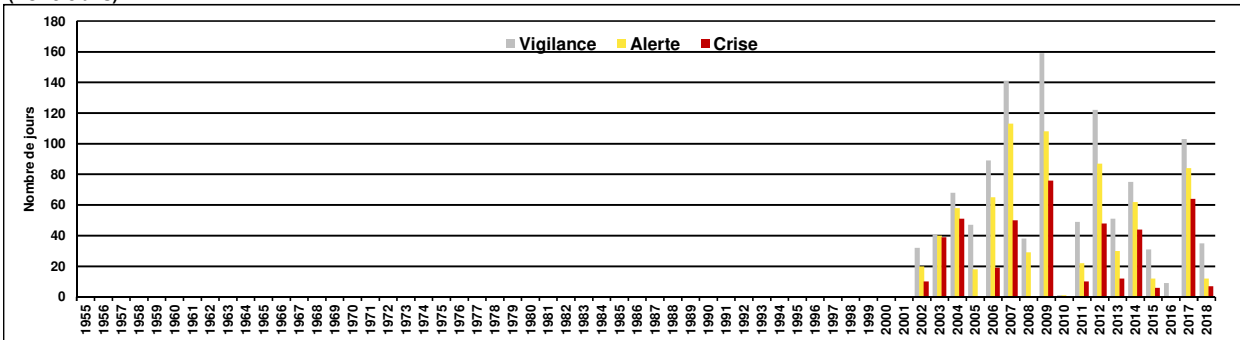
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :

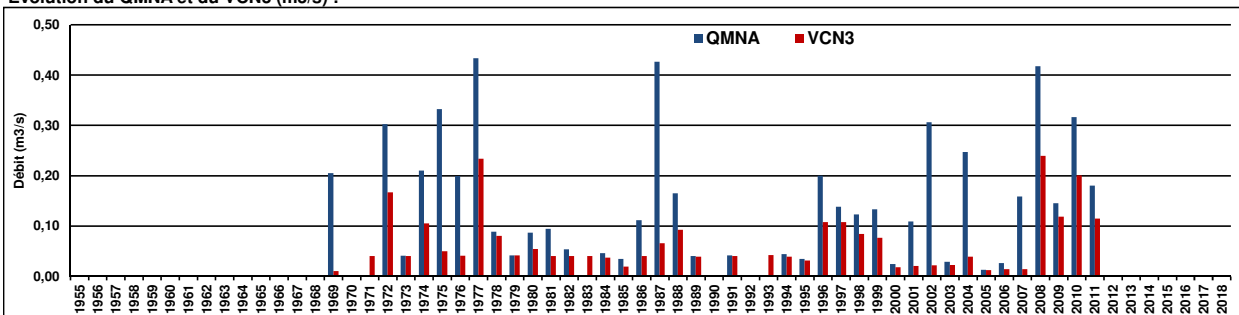


Vidourle à Marsillargues

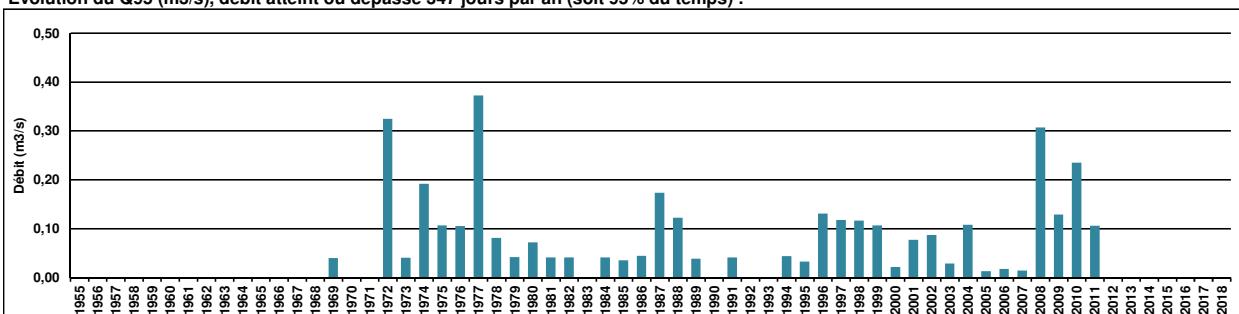
Code station : Y3464010
Données disponibles : 1969-2011

Bassin versant : Vidourle
Superficie contrôlée (km²) : 798

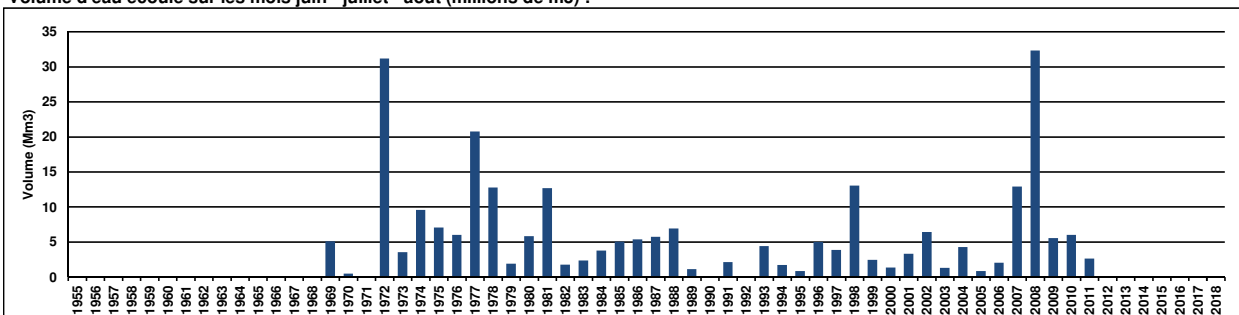
Evolution du QMNA et du VCN3 (m³/s) :



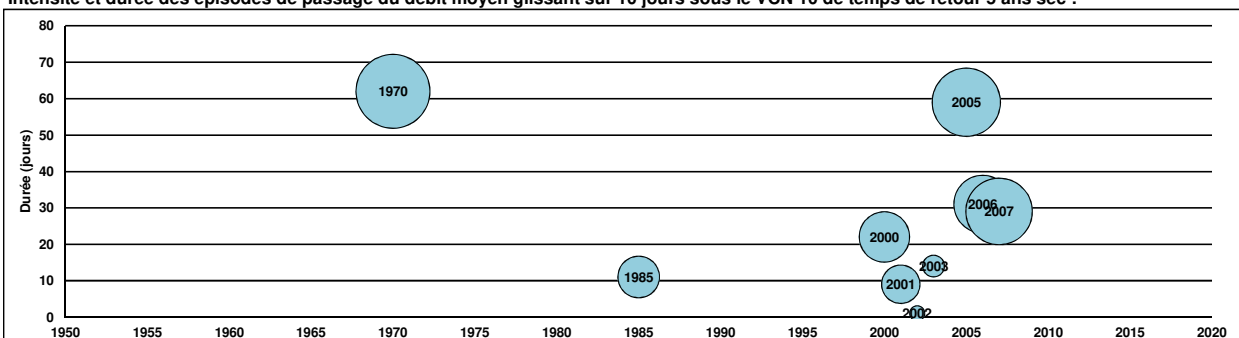
Evolution du Q95 (m³/s), débit atteint ou dépassé 347 jours par an (soit 95% du temps) :



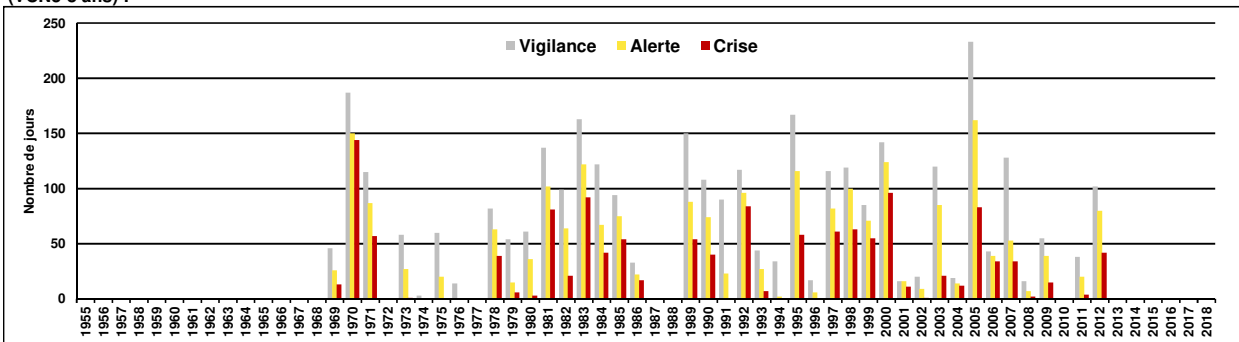
Volume d'eau écoulé sur les mois juin - juillet - août (millions de m³) :



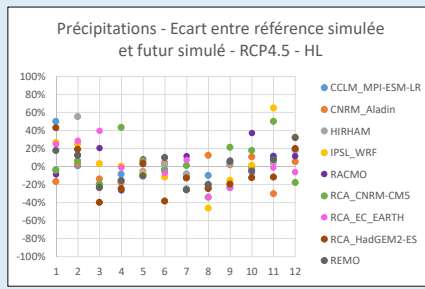
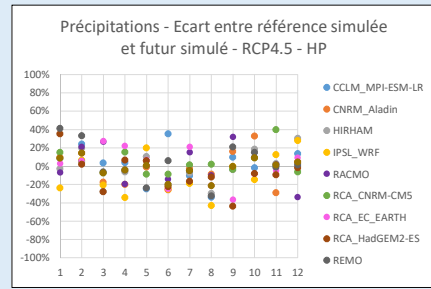
Intensité et durée des épisodes de passage du débit moyen glissant sur 10 jours sous le VCN 10 de temps de retour 5 ans sec :



Nombre de jours de souppassement du débit moyen glissant sur 3 jours sous les seuils de vigilance (VCN3-3,5 ans), d'alerte (VCN3-5 ans) et de crise (VCN3-8 ans) :



Annexe 7. Synthèse des projections climatiques et hydrologiques par bassin versant

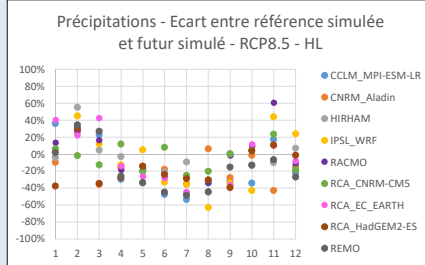
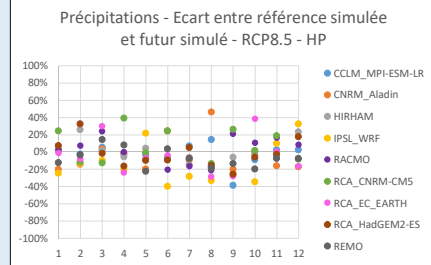


Evolutions possibles du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)

Précipitations - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		147	104	93	124	120	82	46	76	159	221	161	161	1494
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	9%	24%	3%	4%	-25%	35%	-11%	-34%	10%	-2%	1%	13%	2%
	CNRM_Aladin	9%	14%	-18%	-20%	-1%	-26%	-3%	-9%	16%	33%	-29%	4%	-2%
	HIRHAM	-3%	20%	-28%	-7%	10%	-20%	-8%	-30%	-4%	18%	3%	30%	2%
	IPSL_WRF	-24%	6%	-21%	-34%	20%	-25%	-19%	-43%	-1%	-15%	12%	28%	-9%
	RACMO	-7%	21%	26%	-20%	0%	-14%	15%	-10%	32%	10%	2%	-34%	1%
	RCA_CNRM-CM5	15%	5%	-7%	15%	-9%	-1%	2%	-4%	9%	40%	-6%	5%	5%
	RCA_EC_EARTH	3%	6%	27%	22%	7%	-25%	21%	-21%	-37%	-8%	-5%	9%	-2%
	RCA_HadGEM2-ES	35%	2%	-28%	6%	6%	-22%	-16%	-12%	-44%	-8%	-10%	-2%	-7%
	REMO	41%	33%	-7%	-4%	-24%	6%	-5%	-33%	21%	15%	-1%	1%	6%
	min	-24%	2%	-28%	-34%	-25%	-26%	-19%	-43%	-44%	-15%	-29%	-34%	-9%
med	9%	14%	-7%	-4%	0%	-20%	-5%	-21%	-1%	9%	1%	4%	1%	
max	41%	33%	27%	22%	20%	35%	21%	2%	32%	33%	40%	30%	6%	

Précipitations - 4.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (mm)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		147	104	93	124	120	82	46	76	159	221	161	161	1494
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	50%	1%	-20%	-9%	-9%	-3%	-25%	-10%	-24%	-1%	11%	19%	1%
	CNRM_Aladin	-17%	3%	-14%	-18%	-11%	4%	-11%	12%	4%	-11%	12%	5%	-7%
	HIRHAM	-3%	55%	-24%	-16%	-5%	2%	-8%	-20%	3%	-3%	4%	18%	0%
	IPSL_WRF	26%	25%	3%	0%	-9%	-12%	-26%	-46%	-15%	1%	65%	33%	9%
	RACMO	-9%	13%	20%	-26%	8%	-5%	11%	-23%	6%	37%	11%	11%	7%
	RCA_CNRM-CM5	-4%	6%	-20%	43%	6%	-5%	1%	-34%	21%	18%	50%	-18%	7%
	RCA_EC_EARTH	25%	28%	39%	-1%	2%	-7%	7%	-34%	-24%	-7%	-2%	-6%	1%
	RCA_HadGEM2-ES	43%	19%	-40%	-24%	3%	-39%	-13%	-25%	-20%	-13%	-12%	20%	-10%
	REMO	18%	12%	-23%	-16%	-10%	10%	-26%	-20%	5%	-5%	8%	32%	1%
	min	-17%	1%	-40%	-26%	-11%	-39%	-26%	-46%	-24%	-13%	-30%	-18%	-10%
med	18%	13%	-20%	-16%	-5%	-5%	-11%	-23%	2%	-1%	8%	18%	1%	
max	50%	55%	39%	43%	8%	10%	11%	12%	21%	37%	65%	33%	9%	

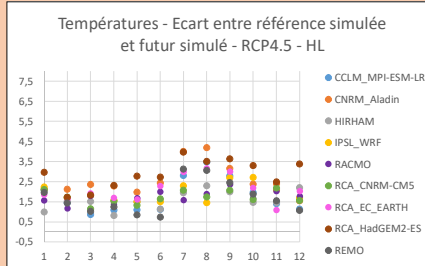
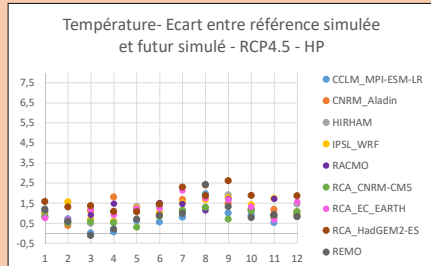


Précipitations - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		147	104	93	124	120	82	46	76	159	221	161	161	1494
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	3%	-2%	6%	-2%	-3%	-7%	7%	15%	-39%	-9%	3%	3%	-4%
	CNRM_Aladin	-20%	-14%	4%	-1%	-20%	25%	-9%	46%	-20%	1%	-16%	-17%	-8%
	HIRHAM	2%	26%	2%	6%	4%	6%	-15%	-18%	6%	-2%	6%	23%	1%
	IPSL_WRF	-25%	-13%	-10%	-20%	22%	-40%	-28%	-33%	-26%	-34%	10%	33%	-13%
	RACMO	3%	7%	24%	0%	-7%	-20%	-16%	-21%	11%	17%	9%	6%	6%
	RCA_CNRM-CM5	24%	-12%	-13%	39%	-1%	24%	-7%	-13%	26%	2%	19%	-8%	6%
	RCA_EC_EARTH	-1%	-8%	30%	-24%	-7%	-3%	-6%	-28%	39%	1%	-16%	-3%	-3%
	RCA_HadGEM2-ES	7%	33%	-2%	-16%	-10%	-9%	5%	-15%	-25%	-6%	-3%	18%	-3%
	REMO	-12%	-3%	14%	8%	-22%	4%	-7%	-19%	-13%	-20%	-7%	-8%	-9%
	min	-25%	-14%	-13%	-24%	-22%	-40%	-28%	-33%	-39%	-34%	-16%	-17%	-13%
med	2%	-3%	4%	-2%	-7%	-6%	-7%	-18%	-20%	-2%	1%	3%	-3%	
max	24%	33%	30%	39%	22%	25%	7%	46%	26%	39%	19%	33%	6%	

Précipitations - 8.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (mm)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		147	104	93	124	120	82	46	76	159	221	161	161	1494
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	36%	28%	23%	-30%	-20%	-47%	-53%	-31%	-32%	-34%	17%	-22%	-10%
	CNRM_Aladin	-10%	26%	-36%	-16%	-15%	-18%	-35%	6%	-28%	-1%	-43%	-15%	-17%
	HIRHAM	-4%	55%	5%	-3%	-34%	-21%	-9%	-34%	1%	-13%	-10%	7%	-5%
	IPSL_WRF	3%	45%	12%	-12%	5%	-33%	-36%	-63%	-34%	-43%	44%	24%	-4%
	RACMO	14%	28%	17%	-18%	-18%	-27%	-45%	-33%	-1%	10%	61%	-11%	4%
	RCA_CNRM-CM5	6%	-2%	-12%	12%	-20%	8%	-25%	-20%	0%	4%	24%	-18%	-2%
	RCA_EC_EARTH	40%	22%	43%	-14%	-26%	-28%	-45%	-45%	-36%	12%	10%	-8%	-2%
	RCA_HadGEM2-ES	37%	31%	-24%	-28%	-14%	-24%	-29%	-30%	-39%	4%	11%	-1%	-17%
	REMO	2%	35%	27%	-26%	-33%	-45%	-49%	-44%	-15%	-13%	-7%	-27%	-14%
	min	-37%	-7%	-36%	-30%	-34%	-47%	-53%	-63%	-39%	-43%	-43%	-27%	-17%
med	3%	28%	12%	-16%	-20%	-27%	-36%	-33%	-28%	-1%	11%	-11%	-5%	
max	40%	55%	43%	12%	5%	8%	8%	6%	1%	12%	61%	24%	4%	

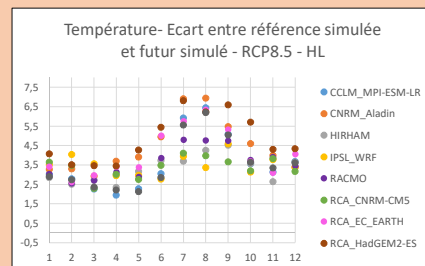
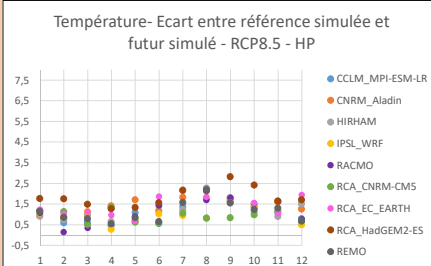


T° - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°C)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)		3	4	6	8	13	17	20	19	15	11	6	4	10
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°C)	CCLM_MPI-ESM-LR	1,1	0,7	0,0	0,0	0,6	0,6	0,8	2,0	1,0	0,9	0,5	0,9	0,8
	CNRM_Aladin	0,8	0,4	1,1	1,8	1,3	1,4	1,7	2,4	1,5	1,2	1,2	1,1	1,3
	HIRHAM	0,8	0,6	0,5	0,6	1,3	1,3	1,1	1,3	1,9	1,2	0,8	1,4	1,1
	IPSL_WRF	1,0	1,5	0,7	0,6	1,2	1,0	1,5	1,7	1,8	1,4	1,7	0,9	1,3
	RACMO	1,1	0,6	0,9	1,5	1,2	1,5	1,5	1,1	1,7	1,2	1,7	0,8	1,2
	RCA_CNRM-CM5	0,9	0,5	0,6	0,5	0,3	0,8	1,1	1,3	0,7	1,1	0,8	1,1	0,8
	RCA_EC_EARTH	0,7	0,7	1,2	0,9	1,2	1,2	1,1	1,7	1,7	1,3	0,7	1,6	1,3
	RCA_HadGEM2-ES	1,6	1,3	1,4	1,1	1,1	1,4	2,3	1,9	2,6	1,9	0,9	1,9	1,6
	REMO	1,2	0,6	-0,1	0,2	0,7	0,9	1,0	2,4	1,3	0,8	0,9	0,8	0,9
	min	0,7	0,4	-0,1	0,0	0,3	0,6	0,8	1,1	0,7	0,8	0,5	0,8	0,8
med	1,0	0,6	0,7	0,6	1,2	1,2	1,5	1,7	1,7	1,2	0,9	1,1	1,2	
max	1,6	1,5	1,4	1,8	1,3	1,5	2,3	2,4	2,6	1,9	1,7	1,9	1,6	

T° - 4.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (°C)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)		3	4	6	8	13	17	20	19	15	11	6	4	10
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°C)	CCLM_MPI-ESM-LR	2,1	1,4	0,9	1,1	1,1	1,1	2,8	3,5	2,8	2,0	1,4	1,1	1,8
	CNRM_Aladin	2,1	2,1	2,3	2,3	2,0	2,4	4,0	4,2	3,1	2,4	2,4	1,5	2,6
	HIRHAM	1,0	1,5	1,5	0,8	1,5	1,1	1,9	2,3	2,0	1,5	1,5	2,2	1,6
	IPSL_WRF	2,2	1,7	1,8	1,6	1,5	1,5	2,3	1,4	2,7	2,7	2,1	1,7	1,9
	RACMO	1,6	1,2	1,8	1,4	1,7	2,0	1,6	1,9	2,4	1,7	2,0	1,8	1,7
	RCA_CNRM-CM5	2,1	1,7	1,1	1,5	1,3	1,6	2,1	1,7	2,1	1,6	2,2	1,5	1,7
	RCA_EC_EARTH	1,8	1,6	1,9	1,7	1,6	2,3	3,0	3,2	3,0	2,2	1,1	2,0	2,1
	RCA_HadGEM2-ES	3,0	1,7	1,8	2,3	2,8	2,7	4,0	3,5	3,6	3,3	2,5	3,4	2,9
	REMO	2,0	1,4	1,0	1,2	0,8	0,7	3,1	3,0	2,4	1,9	1,5	1,1	1,7
	min	1,0	1,2	0,9	0,8	0,8	0,7	1,6	1,4	2,0	1,5	1,1	1,1	1,6
med	2,1	1,6	1,8	1,5	1,5	1,6	2,8	3,0	2,7	2,0	2,0	1,7	1,8	
max	3,0	2,1	2,3	2,3	2,8	2,7	4,0	4,2	3,6	3,3	2,5	3,4	2,9	



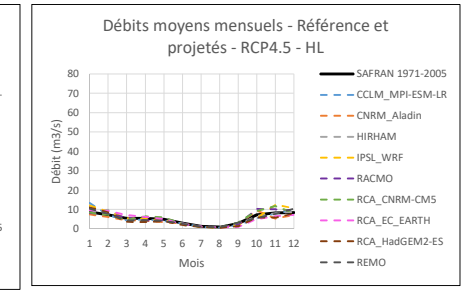
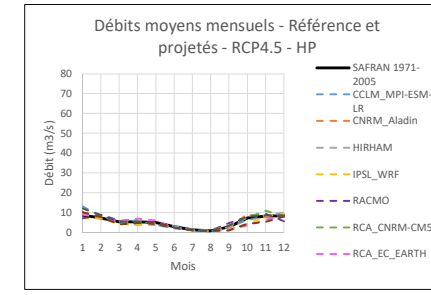
T° - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°C)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)		3	4	6	8	13	17	20	19	15	11	6	4	10
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°C)	CCLM_MPI-ESM-LR	1,2	0,6	0,6	0,4	1,1	0,5	1,4	2,3	1,7	1,3	1,1	0,8	1,1
	CNRM_Aladin	0,9	0,8	1,0	1,4	1,7	1,2	1,8	2,2	1,8	1,5	1,6	1,2	1,4
	HIRHAM	0,9	0,7	1,0	0,6	0,6	1,4	1,2	1,7	1,8	1,1	0,9	1,5	1,1
	IPSL_WRF	1,1	0,9	1,1	0,3	0,7	1,0	0,9	0,8	1,6	1,4	1,6	0,5	1,0
	RACMO	1,1	0,1	0,3	1,3	0,9	1,4	2,1	1,7	1,8	1,5	1,6	0,8	1,2
	RCA_CNRM-CM5	1,2	1,1	0,5	1,3	0,6	0,6	1,1	0,8	0,8	1,0	1,1	0,7	0,9
	RCA_EC_EARTH	1,2	1,0	1,1	1,0	0,7	1,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,1	1,9	1,4
	RCA_HadGEM2-ES	1,8	1,7	1,5	1,3	1,3	1,6	2,2	2,1					

Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

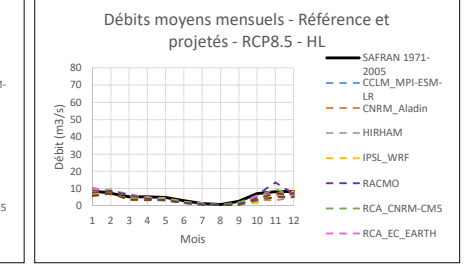
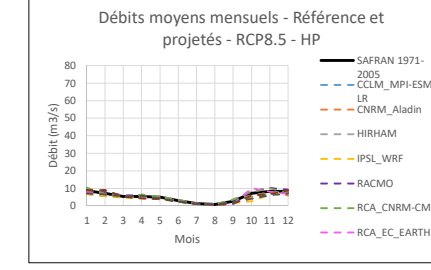
Moyennes - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		9	7	5	5	5	3	1	1	3	7	8	8	5	1	2
Δ entre Qsim (climat futur) et Qsim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	50%	13%	1%	14%	-28%	9%	5%	-13%	-7%	-12%	-4%	14%	2%	-22%	3%
	CNRM Aladin	6%	-3%	-9%	-20%	-24%	-30%	-25%	-21%	-12%	26%	-9%	6%	-6%	-23%	-6%
	HIRHAM	2%	17%	-20%	-16%	5%	-18%	-17%	-39%	-31%	16%	2%	20%	1%	-20%	-5%
	IPSL_WRF	-18%	-4%	-16%	-32%	-5%	-12%	-28%	-37%	-50%	-39%	-2%	13%	-15%	-37%	-11%
	RACMO	-18%	22%	10%	-6%	-12%	-20%	2%	3%	72%	8%	14%	-33%	-1%	-9%	1%
	RCA_CNRM-CM5	11%	9%	-5%	6%	-7%	-14%	6%	17%	23%	4%	32%	0%	6%	-6%	-4%
	RCA_EC_EARTH	7%	3%	9%	30%	22%	-22%	-12%	-7%	-54%	-50%	-21%	-6%	-5%	-4%	-11%
	RCA_HadGEM2-ES	18%	6%	-24%	-12%	5%	-17%	-21%	-18%	-65%	-40%	-36%	-5%	-14%	-24%	-12%
	REMO	39%	20%	0%	4%	-19%	-17%	-4%	-19%	22%	12%	2%	0%	7%	-13%	2%
	min	-18%	-4%	-24%	-32%	-28%	-30%	-28%	-39%	-65%	-50%	-36%	-33%	-15%	-37%	-12%
med	7%	9%	-5%	-6%	-7%	-17%	-17%	-4%	-19%	22%	12%	2%	0%	7%	-13%	
max	50%	22%	10%	30%	22%	9%	6%	17%	72%	26%	32%	20%	7%	-4%	3%	

Moyennes - 4.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		9	7	5	5	5	3	1	1	3	7	8	8	5	1	2
Δ entre Qsim (climat futur) et Qsim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	53%	0%	-21%	-8%	-20%	-9%	-25%	-20%	-36%	-25%	-5%	15%	-1%	-24%	-8%
	CNRM Aladin	-16%	-16%	-18%	-25%	-32%	-6%	-18%	-21%	-26%	31%	-36%	-14%	-17%	-32%	-17%
	HIRHAM	-3%	36%	-10%	-20%	-9%	-12%	-9%	-32%	-14%	-9%	-3%	4%	-3%	-19%	-4%
	IPSL_WRF	38%	22%	5%	-1%	-9%	-12%	-27%	-36%	-36%	-26%	49%	29%	12%	-37%	0%
	RACMO	-7%	8%	9%	-20%	-10%	-9%	-8%	-8%	-22%	42%	20%	14%	5%	-17%	1%
	RCA_CNRM-CM5	-3%	0%	-14%	21%	20%	-19%	-16%	-21%	19%	28%	42%	-4%	7%	-27%	1%
	RCA_EC_EARTH	10%	26%	33%	12%	4%	-23%	1%	-21%	-65%	-29%	-22%	-14%	-3%	-21%	-10%
	RCA_HadGEM2-ES	27%	19%	-32%	-37%	-19%	-37%	-33%	-37%	-56%	-18%	-30%	-5%	-15%	-34%	-17%
	REMO	19%	6%	-19%	-18%	-16%	-12%	-14%	-17%	18%	-24%	-7%	24%	-2%	-21%	-4%
	min	-16%	-16%	-32%	-37%	-32%	-37%	-33%	-37%	-65%	-29%	-36%	-14%	-17%	-37%	-17%
med	10%	8%	-14%	-18%	-10%	-12%	-16%	-12%	-21%	-26%	-18%	-5%	-2%	-24%	-4%	
max	53%	36%	33%	21%	20%	-6%	1%	-8%	19%	42%	49%	29%	12%	-17%	1%	



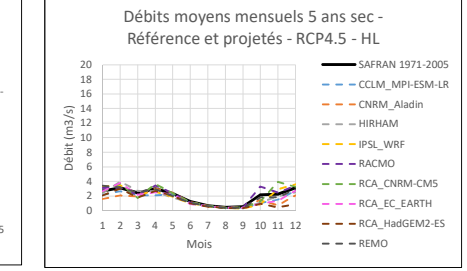
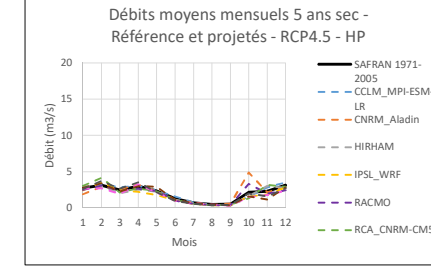
Moyennes - 8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		9	7	5	5	5	3	1	1	3	7	8	8	5	1	2
Δ entre Qsim (climat futur) et Qsim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	-1%	-4%	4%	-8%	-9%	-4%	-8%	45%	-32%	-40%	-15%	1%	-8%	-10%	-8%
	CNRM Aladin	-24%	-23%	-9%	-3%	-23%	8%	-13%	7%	-37%	-24%	-10%	-30%	-17%	-25%	-13%
	HIRHAM	-4%	23%	1%	-8%	11%	-11%	7%	-38%	39%	-17%	-10%	-2%	-1%	-17%	-7%
	IPSL_WRF	-21%	-20%	-10%	-21%	2%	-15%	-29%	-29%	-41%	-64%	-24%	3%	-20%	-29%	-17%
	RACMO	2%	10%	11%	13%	-11%	-15%	-26%	-24%	-14%	15%	23%	10%	6%	-29%	4%
	RCA_CNRM-CM5	19%	-3%	-14%	22%	7%	19%	-6%	3%	32%	13%	21%	-9%	7%	13%	3%
	RCA_EC_EARTH	-9%	-8%	18%	-21%	-18%	-9%	-14%	-2%	-65%	41%	-2%	-18%	-7%	-20%	-15%
	RCA_HadGEM2-ES	2%	25%	-1%	-20%	-21%	-18%	-13%	-22%	-56%	-17%	-18%	5%	-8%	-28%	-9%
	REMO	-18%	-9%	4%	8%	-15%	-11%	-7%	8%	-27%	-43%	-27%	-17%	-15%	0%	-11%
	min	-24%	-23%	-14%	-21%	-23%	-18%	-29%	-38%	-65%	-64%	-27%	-30%	-20%	-29%	-17%
med	-4%	-4%	1%	-8%	-11%	-11%	-13%	-22%	-32%	-17%	-10%	-2%	-8%	-25%	-9%	
max	19%	25%	18%	22%	11%	19%	7%	45%	39%	41%	23%	10%	7%	13%	4%	

Moyennes - 8.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		9	7	5	5	5	3	1	1	3	7	8	8	5	1	2
Δ entre Qsim (climat futur) et Qsim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	20%	16%	14%	-20%	-27%	-35%	-48%	-48%	-59%	-68%	-34%	-29%	-18%	-50%	-22%
	CNRM Aladin	-29%	6%	-37%	-27%	-39%	-31%	-48%	-35%	-62%	-48%	-62%	-39%	-34%	-45%	-32%
	HIRHAM	-12%	36%	5%	-13%	-25%	-38%	26%	-59%	-27%	-40%	-30%	-14%	-13%	-40%	-13%
	IPSL_WRF	1%	21%	16%	-1%	-8%	-15%	-32%	-41%	-71%	-76%	-17%	2%	-10%	-46%	-10%
	RACMO	-1%	16%	19%	-14%	-28%	-39%	-42%	-41%	-43%	-12%	63%	-14%	0%	-45%	-7%
	RCA_CNRM-CM5	-4%	-8%	-14%	-3%	-20%	-20%	-23%	-29%	-21%	-19%	15%	-23%	-11%	-16%	-11%
	RCA_EC_EARTH	19%	19%	32%	-1%	-29%	-40%	-42%	-45%	-80%	-21%	-12%	-2%	-9%	-51%	-19%
	RCA_HadGEM2-ES	-35%	0%	-31%	-40%	-34%	-41%	-41%	-44%	-80%	-38%	-16%	-14%	-29%	-48%	-25%
	REMO	-14%	20%	16%	-22%	-35%	-43%	-46%	-50%	-61%	-54%	-38%	-37%	-24%	-45%	-20%
	min	-35%	-8%	-37%	-40%	-39%	-43%	-48%	-59%	-80%	-76%	-62%	-39%	-34%	-51%	-32%
med	-4%	16%	14%	-14%	-28%	-38%	-42%	-44%	-61%	-40%	-17%	-23%	-13%	-45%	-19%	
max	20%	36%	32%	-3%	-8%	-15%	26%	-29%	-21%	-12%	63%	2%	0%	-16%	-7%	



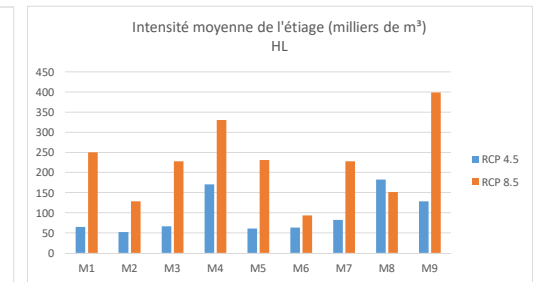
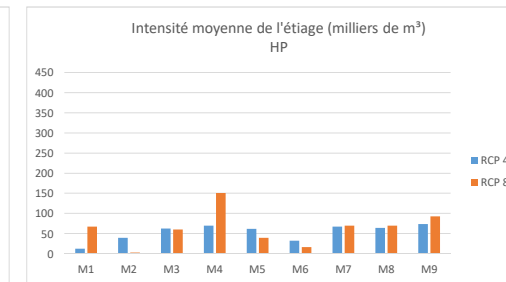
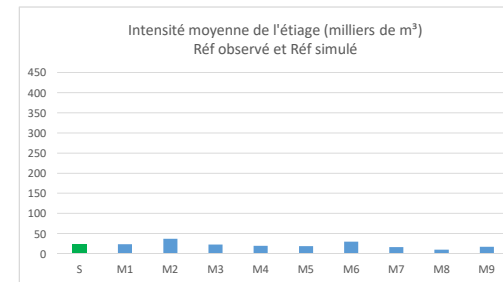
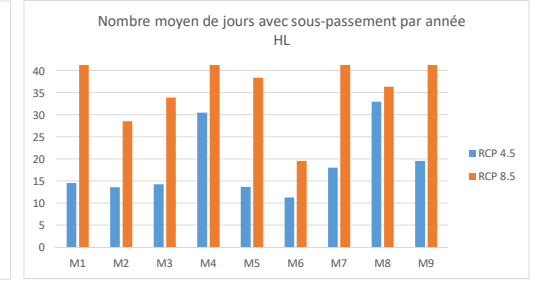
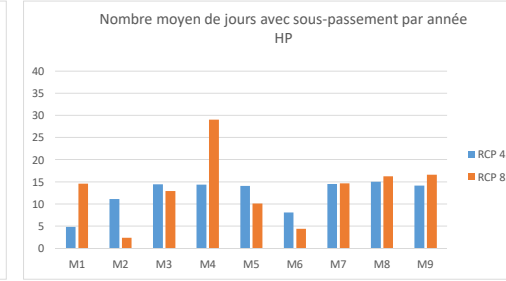
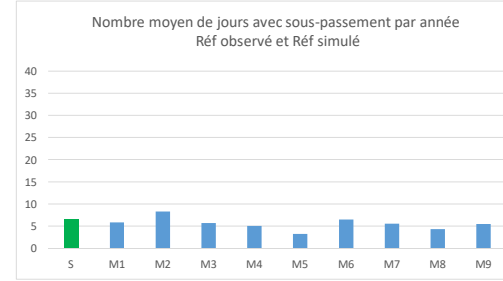
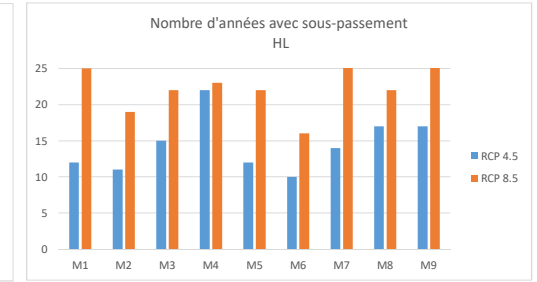
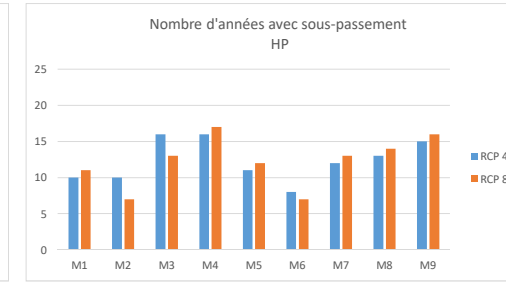
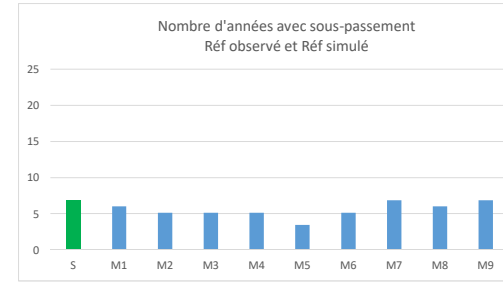
5 ans sec - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN 10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		3	3	2	3	2	1	1	0	1	2	2	3	3	0	1
Δ entre Q5secsim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	-6%	3%	16%	1%	3%	26%	10%	-10%	-14%	-29%	25%	12%	8%	-5%	-15%
	CNRM Aladin	-30%	-7%	5%	7%	1%	-20%	9%	-10%	7%	125%	-5%	-7%	-1%	-10%	-14%
	HIRHAM	10%	-5%	-17%	-17%	-3%	-10%	-12%	-16%	-39%	-25%	33%	-11%	-5%	-23%	-27%
	IPSL_WRF	-11%	12%	3%	-26%	-25%	-16%	-22%	-21%	-31%	-27%	-18%	-9%	-2%	-22%	-29%
	RACMO	-9%	-2%	-3%	-12%	0%	-21%	-19%	-16%	-26%	53%	-13%	-22%	17%	-19%	-18%
	RCA_CNRM-CM5	11%	32%	-14%	-10%	-1%	-10%	-18%	-18%	-15%	-39%	40%	-7%	-4%	-9%	-16%
	RCA_EC_EARTH	-3%	-15%	-21%	8%	-9%	-20%	-2%	-7%	-37%	-32%	-23%	-24%	-15%	-21%	-9%
	RCA_HadGEM2-ES	3%	8%	-9%	0%	24%	-11%	-6%	-11%	-28%	-27%	-49%	-10%	-9%	-19%	-23%
	REMO	-5%	18%	7%	16%	-7%	-22%	-16%	-19%	-15%	-7%	-30%	-14%	1%	-20%	-11%
	min	-30%	-15%	-21%	-26%	-25%	-22%	-22%	-21%	-39%	-39%	-49%	-24%	-15%	-23%	-29%
med	-5%	3%	-3%	0%	-1%	-16%	-12%	-16%	-26%	-27%	-13%	-10%	-2%	-19%	-16%	
max	11%	32%	16%	16%	24%	26%	10%	-7%	7%	125%	40%	12%	17%	-5%	-9%	

5 sec - 4.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN 10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		3	3	2	3	2	1	1	0	1	2	2	3	3	0	1
Δ entre Q5secsim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	-21%	-16%	-14%	-32%	-1%	-8%	-11%	-24%	-39%	-52%	-33%	-13%	13%	-17%	-26%
	CNRM Aladin	-41%	-34%	-21%	1%	5%	-7%	1%	-11%	-13%	-31%	-69%	-33%	-25%	-15%	-26%
	HIRHAM	-13%	27%	10%	-12%	-23%	-15%	-18%	-14%	-28%	-49%	-15%	-20%	-10%	-17%	-22%
	IPSL_WRF	22%	11%	-5%	-15%	-18%	-17%	-15%	-26%	-45%	-61%	29%	15%	38%	-34%	-36%
	RACMO	14%	0%	-11%	14%	3%	-13%	-14%	-17%	-21%	52%	9%	9%	19%	-16%	-20%
	RCA_CNRM-CM5	-3%	18%	-29%	21%	2%	-6%	-5%	-16%	-12%	-42%	73%	5%	-17%	-13%	-20%
	RCA_EC_EARTH	-3%	21%	-12%	-16%	-5%	-28%	-15%	-16%	-27%	-57%	-41%	-13%	-27%	-22%	-21%
	RCA_HadGEM2-ES	-24%	-4%	-27%	-11%	-13%	-22%	-22%	-22%	-36%	-57%	-81%	-71%	-30%	-31%	-41%
	REMO	25%	1%	1%	-3%	-14%	-15%	-7%	-19%	-29%	-16%	-21%	-7%	2%	-27%	-23%
	min	-41%	-34%	-29%	-32%	-23%	-28%	-22%	-26%	-45%	-61%	-81%	-71%	-30%	-34%	-41%
med	-3%	1%	-12%	-11%	-5%	-15%	-14%	-17%	-28%	-49%	-21%	-13%	-10%	-17%	-23%	
max	25%	27%	10%	21%	5%	-6%	1%	-11%	-12%	52%	73%	15%	38%	-13%	-20%	



5 ans sec - 8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN 10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		3	3	2	3	2	1	1	0	1	2	2	3			

	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Scénario - Période	Climat obs (1971-2005)	Sim climat obs (1971-2005)											
Modèle	SAFRAN	CCLM_MP I-ESM-LR	CNRM_Aladin	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNRM-CM5	RCA_EC_ARTH	RCA_HadGEM2-ES	REMO	min	med	max
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	7	6	5	5	5	3	5	7	6	7	3	5	7
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	6	6	8	6	5	3	6	5	4	5	3	5	8
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	23	23	37	23	20	19	30	16	10	17	10	20	37
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		10	10	16	16	11	8	12	13	15	8	12	16
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		5	11	14	14	14	8	14	15	14	5	14	15
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		12	39	62	70	61	32	67	64	74	12	62	74
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2071-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		12	11	15	22	12	10	14	17	17	10	14	22
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		15	14	14	30	14	11	18	33	20	11	15	33
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³)		65	52	66	171	61	63	82	183	129	52	66	183
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		11	7	13	17	12	7	13	14	16	7	13	17
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		15	2	13	29	10	4	15	16	17	2	15	29
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		67	3	60	151	40	17	69	69	93	3	67	151
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		25	19	22	23	22	16	28	22	26	16	22	28
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		43	29	34	49	38	20	44	36	51	20	38	51
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		250	129	228	331	231	94	228	152	399	94	228	399



Evolutions possibles du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)

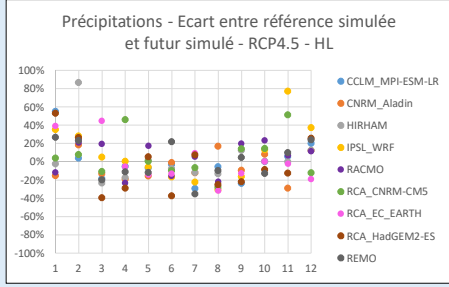
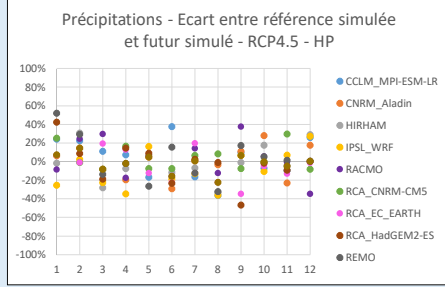


Table of precipitation deviations for RCP4.5 - HP scenario across months and models.

Table of precipitation deviations for RCP4.5 - HL scenario across months and models.

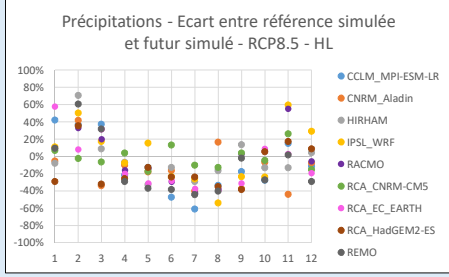
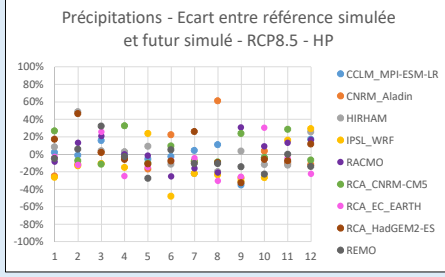


Table of precipitation deviations for RCP8.5 - HP scenario across months and models.

Table of precipitation deviations for RCP8.5 - HL scenario across months and models.

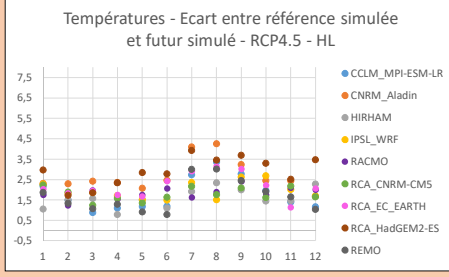
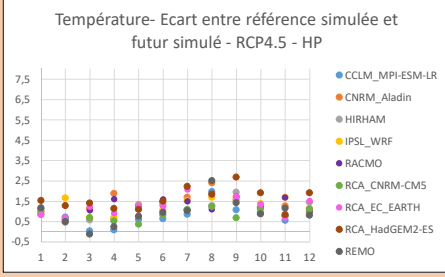


Table of temperature deviations for RCP4.5 - HP scenario across months and models.

Table of temperature deviations for RCP4.5 - HL scenario across months and models.

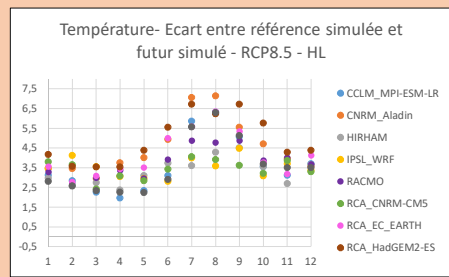
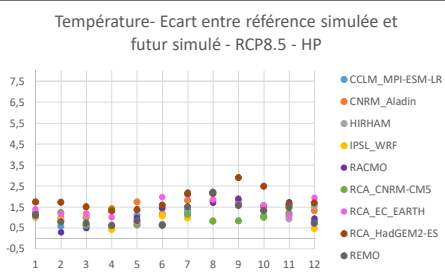


Table of temperature deviations for RCP8.5 - HP scenario across months and models.

Table of temperature deviations for RCP8.5 - HL scenario across months and models.

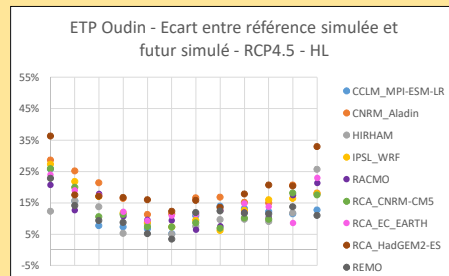
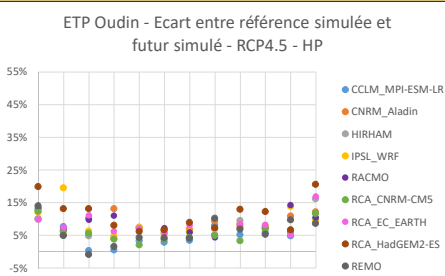


Table of ETP deviations for RCP4.5 - HP scenario across months and models.

Table of ETP deviations for RCP4.5 - HL scenario across months and models.

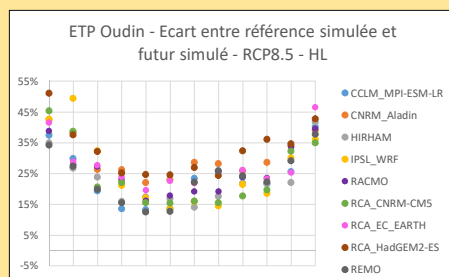
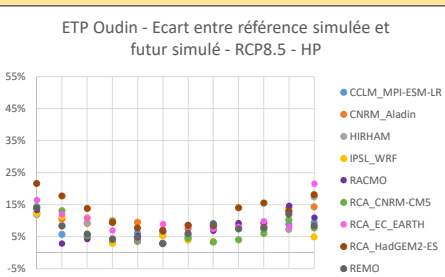


Table of ETP deviations for RCP8.5 - HP scenario across months and models.

Table of ETP deviations for RCP8.5 - HL scenario across months and models.



Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

Table with 14 columns (months) and 14 rows (models) for Moyennes - 4.5 - HP. Includes data for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO models.

Table with 14 columns (months) and 14 rows (models) for Moyenne - 4.5 - HL. Includes data for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO models.

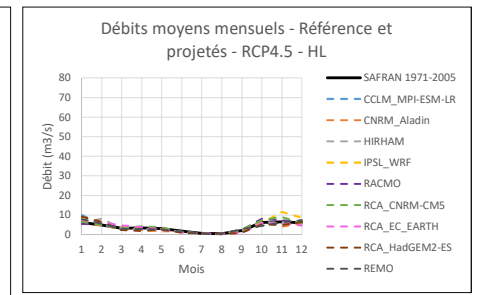
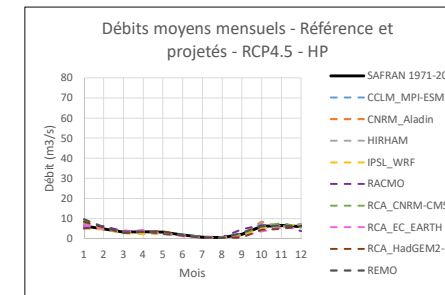


Table with 14 columns (months) and 14 rows (models) for Moyennes - 8.5 - HP. Includes data for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO models.

Table with 14 columns (months) and 14 rows (models) for Moyennes - 8.5 - HL. Includes data for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO models.

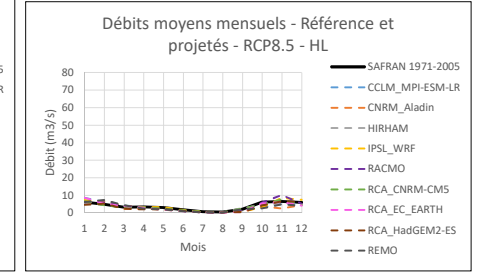
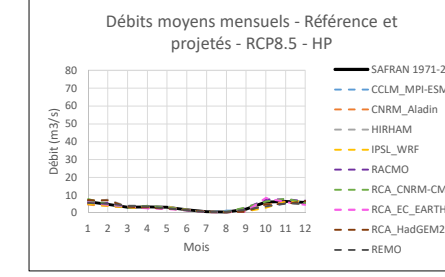


Table with 14 columns (months) and 14 rows (models) for 5 ans sec - 4.5 - HP. Includes data for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO models.

Table with 14 columns (months) and 14 rows (models) for 5 sec - 4.5 - HL. Includes data for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO models.

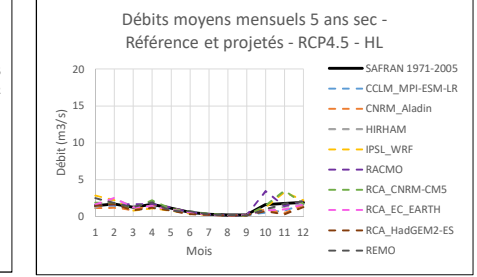
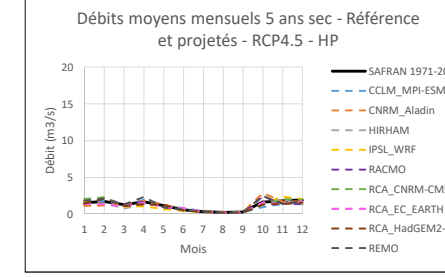
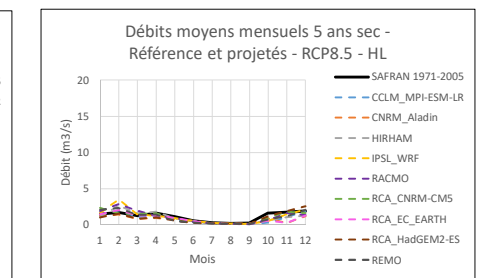
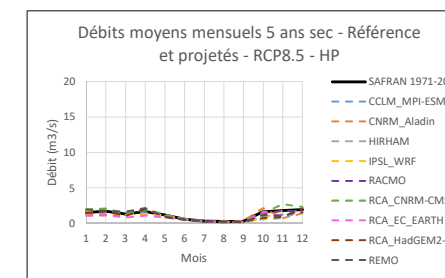
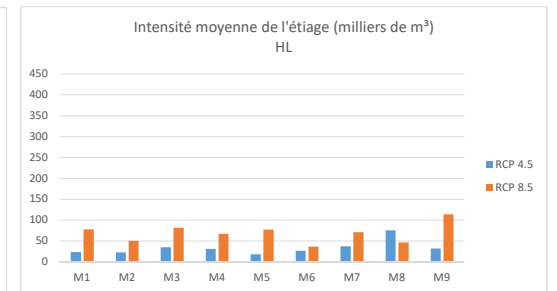
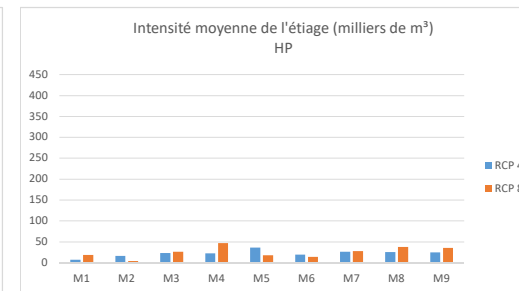
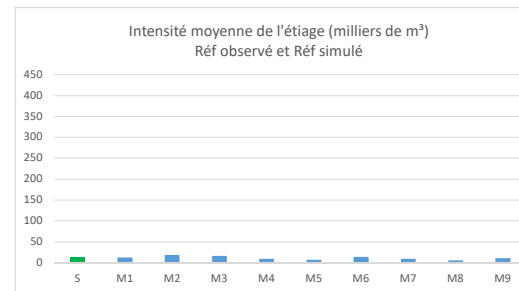
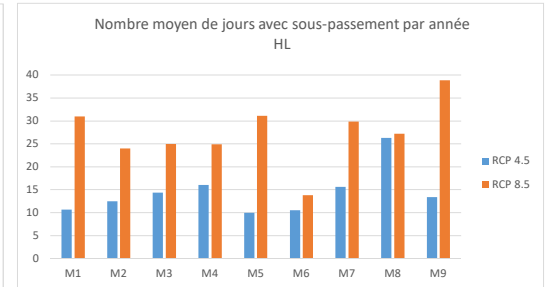
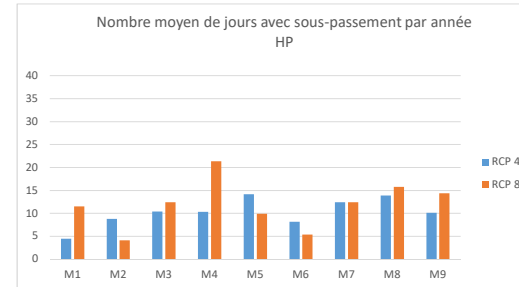
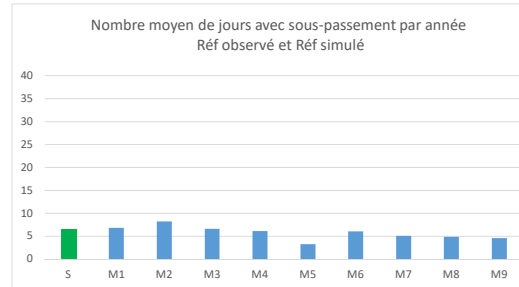
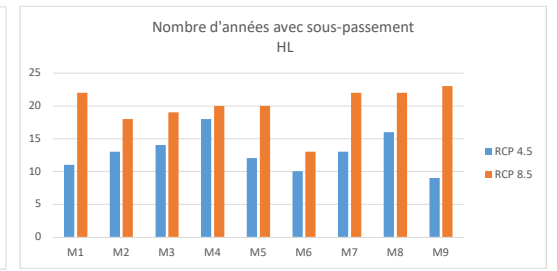
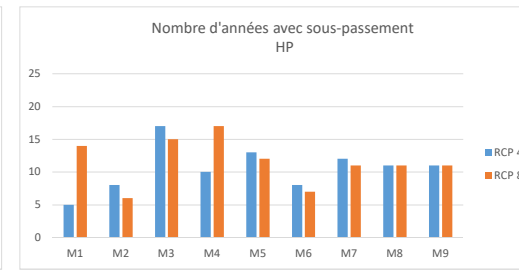
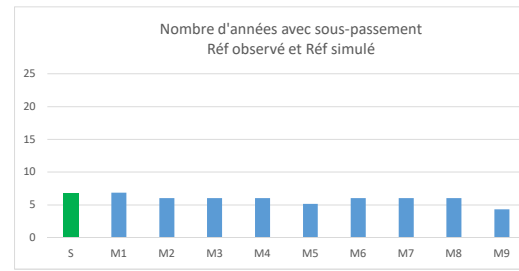


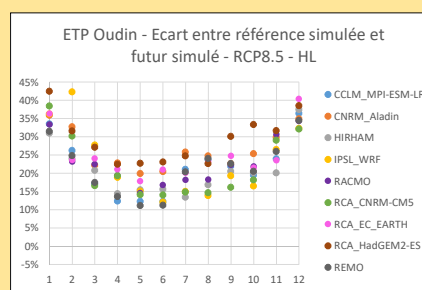
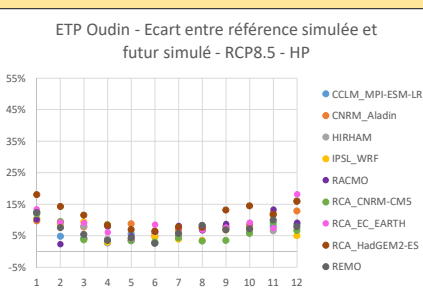
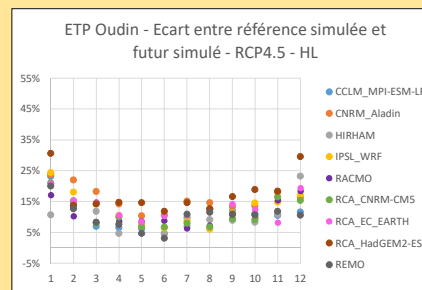
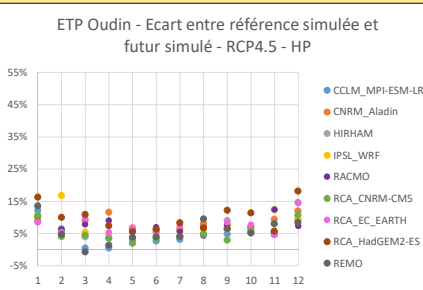
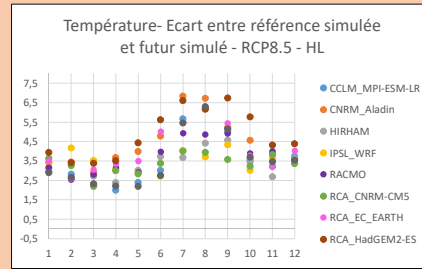
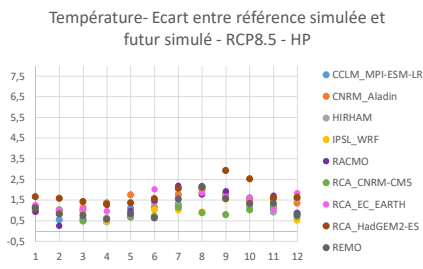
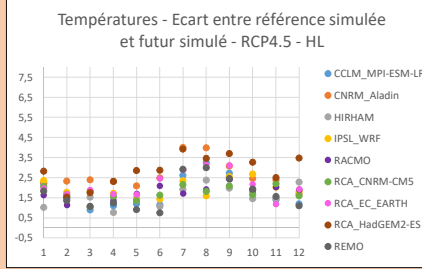
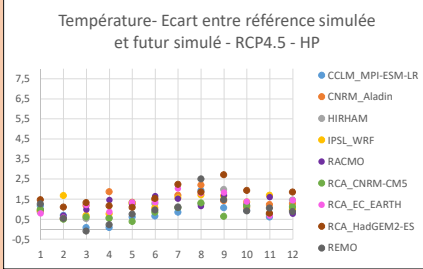
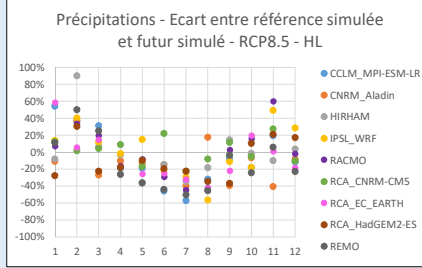
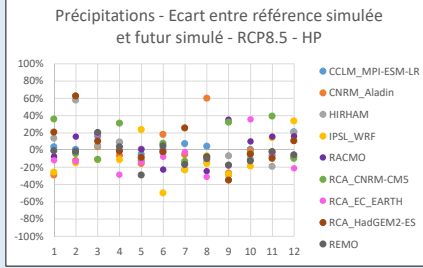
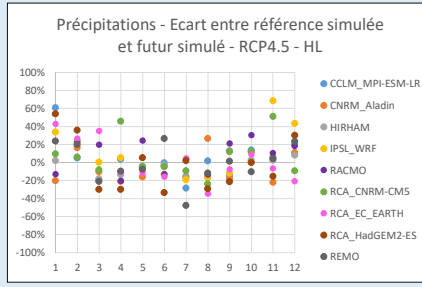
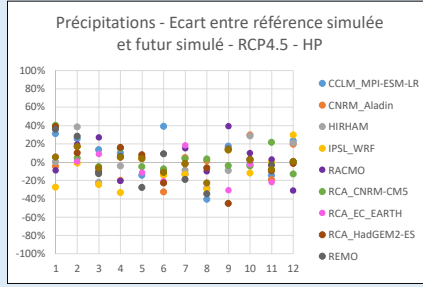
Table with 14 columns (months) and 14 rows (models) for 5 ans sec - 8.5 - HP. Includes data for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO models.

Table with 14 columns (months) and 14 rows (models) for 5 ans sec - 8.5 - HL. Includes data for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO models.



	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Scénario - Période	Climat obs (1971-2005)	Sim climat obs (1971-2005)											
Modèle	SAFRAN	CCLM_MP I-ESM-LR	CNRM_Ala din	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNRM-CM5	RCA_EC_ARTH	RCA_HadGEM2-ES	REMO	min	med	max
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	7	7	6	6	6	5	6	6	6	4	4	6	7
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	7	7	8	7	6	3	6	5	5	5	3	6	8
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	13	12	18	16	9	7	14	9	6	11	6	11	18
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		5	8	17	10	13	8	12	11	11	5	11	17
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		4	9	10	10	14	8	12	14	10	4	10	14
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		7	16	23	22	36	19	26	25	25	7	23	36
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2071-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		11	13	14	18	12	10	13	16	9	9	13	18
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		11	12	14	16	10	11	16	26	13	10	13	26
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³)		24	23	35	31	19	26	37	76	32	19	31	76
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		14	6	15	17	12	7	11	11	11	6	11	17
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		12	4	12	21	10	5	12	16	14	4	12	21
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		18	4	26	47	18	14	27	37	35	4	26	47
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		22	18	19	20	20	13	22	22	23	13	20	23
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		31	24	25	25	31	14	30	27	39	14	27	39
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		78	50	82	67	77	36	71	47	114	36	71	114





Evolution possible du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)

Précipitations - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)	107	76	71	95	96	63	41	65	132	184	117	113	1160
CCLM_MPI-ESM-LR	31%	25%	14%	10%	-15%	39%	-13%	-41%	17%	-3%	-14%	23%	5%
CNRM Aladin	-5%	17%	-6%	-20%	4%	-33%	5%	1%	14%	29%	-19%	20%	1%
HIRHAM	0%	38%	-22%	-4%	5%	-11%	-9%	-28%	-9%	29%	-8%	21%	2%
IPSL_WRF	-27%	-1%	-25%	-33%	5%	-15%	-13%	-30%	13%	-12%	0%	29%	-8%
RACMO	-9%	19%	27%	-21%	5%	-9%	15%	-10%	39%	10%	3%	-31%	3%
RCA_CNRM-CMS	40%	4%	-5%	15%	-5%	-8%	4%	3%	-4%	-4%	22%	-13%	3%
RCA_EC_EARTH	6%	1%	9%	5%	-12%	-21%	18%	-23%	-31%	-2%	-22%	0%	-8%
RCA_HadGEM2-ES	39%	10%	-10%	16%	8%	-23%	-2%	-6%	-45%	3%	-9%	-2%	-4%
REMO	36%	28%	-13%	6%	-28%	9%	-19%	-35%	14%	2%	-3%	0%	1%
min	-27%	-1%	-25%	-33%	-28%	-33%	-19%	-41%	-45%	-12%	-22%	-31%	-8%
med	6%	17%	-4%	5%	4%	-11%	-2%	-23%	13%	2%	0%	1%	1%
max	40%	38%	27%	16%	8%	39%	18%	3%	39%	29%	22%	29%	5%

Précipitations - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)	107	76	71	95	96	63	41	65	132	184	117	113	1160
CCLM_MPI-ESM-LR	4%	1%	16%	9%	-5%	0%	7%	4%	-19%	1%	-7%	21%	0%
CNRM Aladin	-29%	-12%	4%	-6%	-16%	18%	-5%	60%	-27%	0%	-2%	-7%	-6%
HIRHAM	14%	58%	5%	9%	1%	-3%	-23%	-14%	-7%	-10%	-19%	20%	1%
IPSL_WRF	-26%	-15%	-11%	-1%	24%	-50%	-23%	-16%	-28%	-19%	14%	34%	-10%
RACMO	-7%	16%	19%	0%	1%	-22%	-16%	-24%	36%	10%	16%	16%	7%
RCA_CNRM-CMS	36%	-4%	-1%	31%	-12%	8%	-13%	-7%	32%	-4%	39%	-10%	7%
RCA_EC_EARTH	-12%	-13%	19%	-28%	-14%	-8%	-3%	-31%	-18%	36%	-5%	-21%	-6%
RCA_HadGEM2-ES	21%	63%	10%	-1%	-9%	-2%	26%	-8%	-35%	-5%	-10%	11%	-1%
REMO	-1%	-1%	20%	4%	-29%	5%	-17%	-10%	-18%	-13%	-2%	-6%	-7%
min	-29%	-15%	-11%	-28%	-29%	-50%	-23%	-31%	-35%	-19%	-19%	-21%	-10%
med	-1%	-1%	10%	0%	-9%	-2%	-13%	-10%	-18%	-4%	-2%	11%	-1%
max	36%	63%	20%	31%	24%	18%	26%	60%	36%	36%	39%	34%	7%

T° - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°C)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)	4	5	8	10	15	19	22	21	17	13	8	5	12
CCLM_MPI-ESM-LR	1,2	0,7	0,1	0,1	0,6	0,6	0,8	1,9	1,1	0,9	0,6	1,0	0,8
CNRM Aladin	0,9	0,5	1,2	1,9	1,3	1,5	1,7	2,2	1,4	1,1	1,2	1,3	1,3
HIRHAM	0,8	0,5	0,5	0,6	1,3	1,3	1,1	1,3	2,0	1,2	0,8	1,4	1,1
IPSL_WRF	0,9	1,7	0,7	0,8	1,3	1,1	1,6	1,7	1,7	1,3	1,7	1,0	1,3
RACMO	1,0	0,7	1,0	1,5	1,2	1,7	1,5	1,2	1,7	1,2	1,6	0,8	1,2
RCA_CNRM-CMS	1,0	0,5	0,6	0,5	0,4	0,8	1,1	1,3	0,6	1,2	0,7	1,1	0,8
RCA_EC_EARTH	1,8	0,6	1,2	0,9	1,3	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4	0,7	1,4	1,3
RCA_HadGEM2-ES	1,5	1,1	1,3	1,2	1,1	1,5	2,2	1,8	2,7	1,9	0,8	1,8	1,6
REMO	1,3	0,5	-0,1	0,2	1,0	1,0	1,1	2,5	1,5	0,9	1,0	0,9	1,0
min	0,8	0,5	-0,1	0,1	0,4	0,6	0,8	1,2	0,6	0,9	0,6	0,8	0,8
med	1,0	0,6	0,7	0,8	1,2	1,3	1,5	1,8	1,7	1,2	0,8	1,1	1,2
max	1,5	1,7	1,3	1,9	1,3	1,7	2,2	2,5	2,7	1,9	1,7	1,8	1,6

T° - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°C)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)	4	5	8	10	15	19	22	21	17	13	8	5	12
CCLM_MPI-ESM-LR	1,2	0,5	0,6	0,4	1,1	0,6	1,3	2,1	1,6	1,4	1,1	0,9	1,1
CNRM Aladin	0,9	1,0	1,0	1,3	1,7	1,1	1,8	2,0	1,8	1,5	1,6	1,3	1,4
HIRHAM	1,0	0,9	1,0	0,6	0,7	1,4	1,2	1,8	1,8	1,2	0,9	1,6	1,2
IPSL_WRF	1,0	0,8	1,2	0,5	0,7	1,0	0,9	1,5	1,3	1,5	0,5	1,0	
RACMO	0,9	0,2	0,5	1,3	1,0	1,5	2,2	1,8	1,9	1,6	1,7	0,9	1,3
RCA_CNRM-CMS	1,1	1,0	0,5	1,3	0,7	0,7	1,1	0,9	0,8	1,0	1,2	0,7	0,9
RCA_EC_EARTH	1,2	1,0	1,1	1,0	0,8	2,0	1,8	1,7	1,6	1,1	1,8	1,4	
RCA_HadGEM2-ES	1,6	1,6	1,4	1,3	1,4	1,6	2,1	2,1	2,9	2,5	1,6	1,6	1,8
REMO	1,1	0,8	0,8	0,6	0,8	0,6	1,5	2,1	1,6	1,3	1,3	0,8	1,1
min	0,9	0,2	0,5	0,4	0,7	0,6	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,5	0,9
med	1,1	0,9	1,0	1,0	0,8	1,1	1,5	1,8	1,7	1,4	1,3	0,9	1,2
max	1,6	1,6	1,4	1,3	1,7	2,0	2,2	2,1	2,9	2,5	1,7	1,8	1,8

ETP - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)	15	21	43	64	100	124	140	121	78	46	22	14	790
CCLM_MPI-ESM-LR	12%	6%	0%	0%	3%	3%	3%	7%	5%	5%	5%	9%	4%
CNRM Aladin	9%	5%	9%	12%	7%	6%	6%	8%	6%	6%	9%	12%	7%
HIRHAM	9%	5%	4%	4%	7%	5%	4%	5%	9%	7%	5%	15%	6%
IPSL_WRF	10%	17%	5%	5%	7%	5%	6%	6%	8%	7%	12%	9%	7%
RACMO	10%	6%	8%	9%	6%	7%	6%	4%	8%	7%	12%	7%	7%
RCA_CNRM-CMS	11%	4%	4%	3%	2%	4%	4%	5%	3%	7%	5%	11%	4%
RCA_EC_EARTH	8%	5%	10%	5%	7%	6%	7%	8%	8%	5%	14%	7%	
RCA_HadGEM2-ES	16%	10%	11%	7%	6%	6%	8%	7%	12%	11%	6%	18%	8%
REMO	14%	5%	-1%	1%	4%	4%	4%	10%	7%	5%	8%	8%	5%
min	8%	4%	-1%	0%	2%	3%	3%	4%	3%	5%	5%	7%	4%
med	10%	5%	5%	5%	6%	5%	6%	7%	8%	7%	6%	11%	7%
max	16%	17%	11%	12%	7%	7%	8%	10%	12%	11%	12%	18%	8%

ETP - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)	15	21	43	64	100	124	140	121	78	46	22	14	790
CCLM_MPI-ESM-LR	13%	5%	4%	3%	6%	3%	5%	8%	7%	8%	8%	9%	6%
CNRM Aladin	10%	9%	8%	8%	9%	5%	7%	7%	8%	8%	12%	13%	8%
HIRHAM	10%	9%	8%	4%	3%	6%	5%	7%	8%	7%	6%	16%	6%
IPSL_WRF	10%	9%	9%	3%	4%	5%	4%	3%	7%	7%	11%	5%	5%
RACMO	10%	2%	4%	8%	5%	6%	8%	7%	9%	9%	13%	9%	7%
RCA_CNRM-CMS	12%	9%	4%	8%	3%	3%	4%	3%	3%	6%	9%	7%	5%
RCA_EC_EARTH	13%	9%	9%	6%	4%	8%	7%	7%	8%	9%	7%	18%	8%
RCA_HadGEM2-ES	18%	14%	11%	8%	7%	6%	8%	8%	13%	14%	12%	16%	9%
REMO	12%	8%	5%	3%	4%	3%	6%	8%	7%	7%	10%	8%	6%
min	10%	2%	4%	3%	3%	3%	4%	3%	3%	6%	6%	5%	5%
med	12%	9%	8%	6%	4%	5%	6%	7%	8%	8%	10%	9%	6%
max	18%	14%	11%	8%	9%	8%	8%	8%	13%	14%	13%		



Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

Table with 13 columns: Moyennes -4.5-HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models (CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA) for future and observed climate.

Table with 13 columns: moyenne -4.5-HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for future and observed climate.

Table with 13 columns: Moyennes -8.5-HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for future and observed climate.

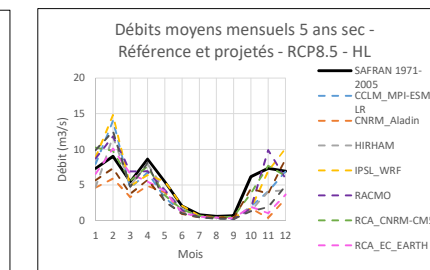
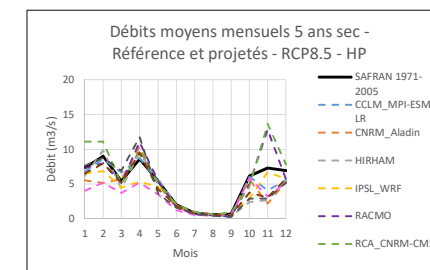
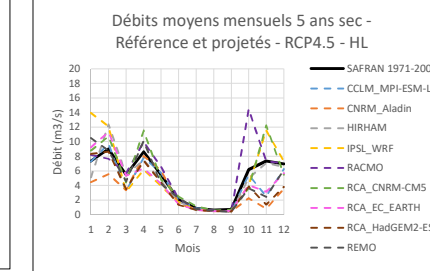
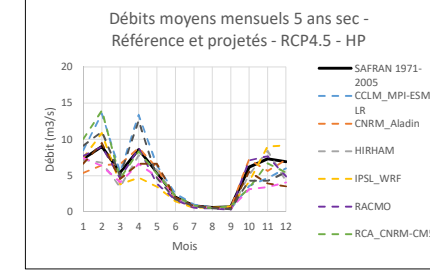
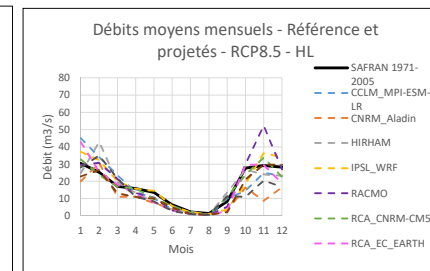
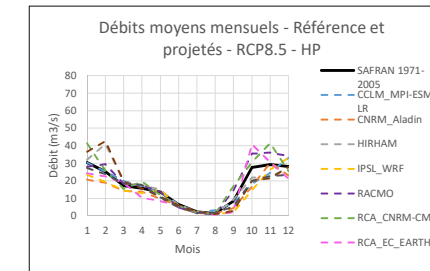
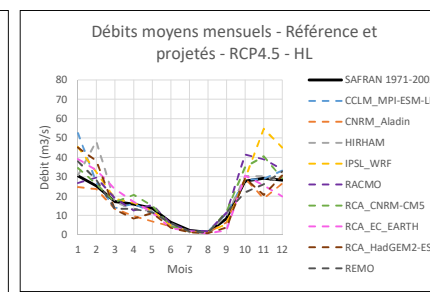
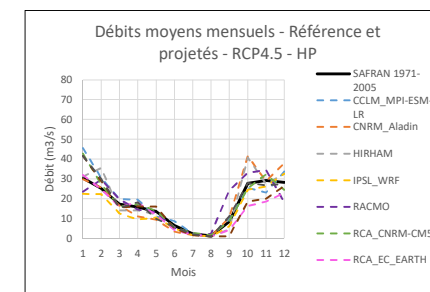
Table with 13 columns: Moyennes -8.5-HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for future and observed climate.

Table with 13 columns: 5 ans sec -4.5-HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for future and observed climate.

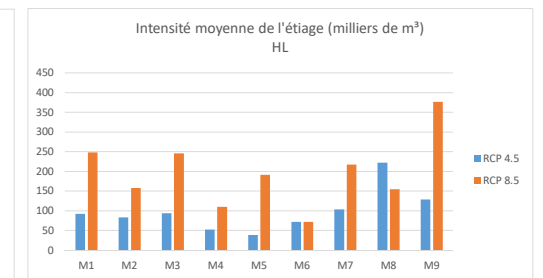
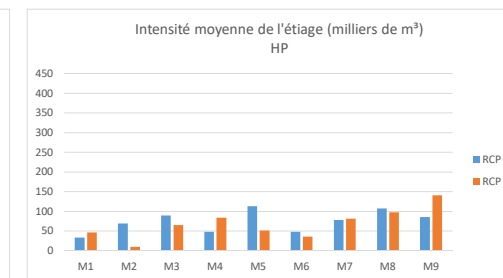
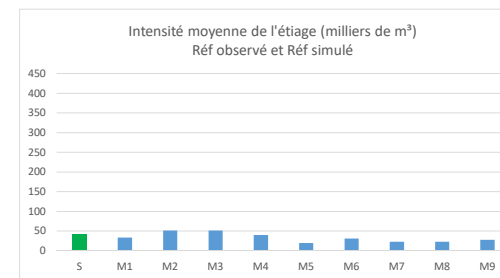
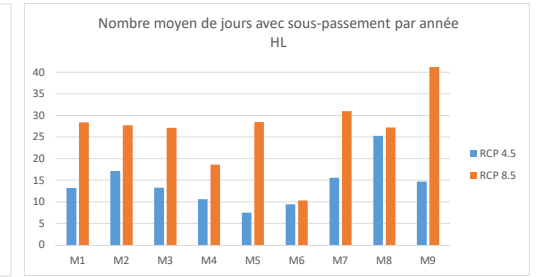
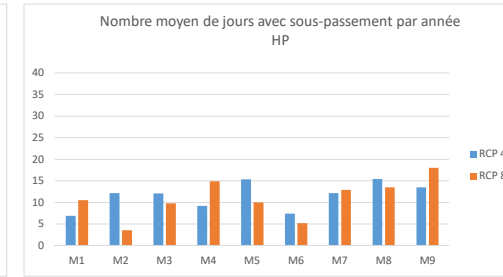
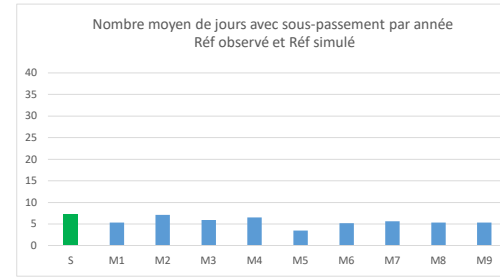
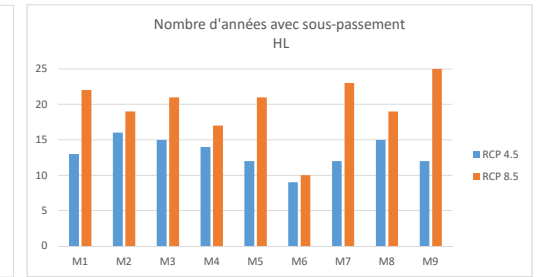
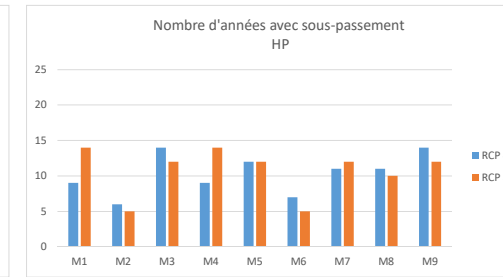
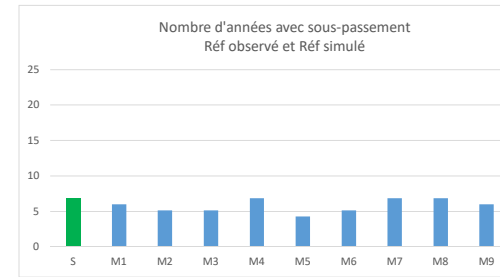
Table with 13 columns: 5 sec -4.5-HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for future and observed climate.

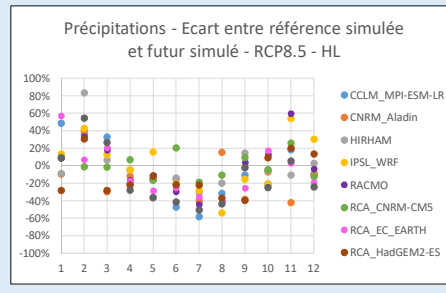
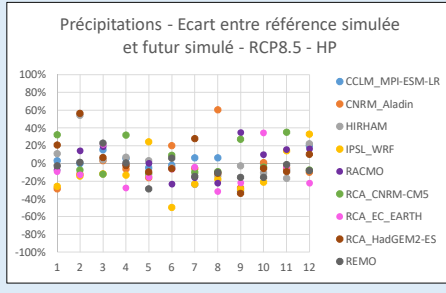
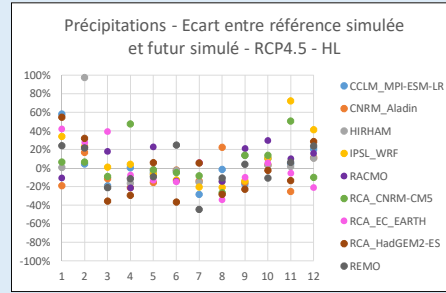
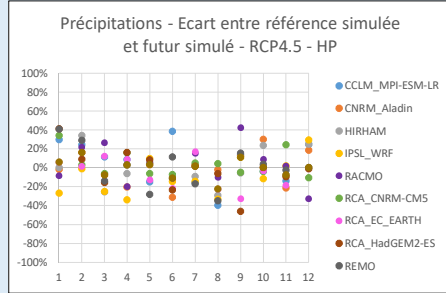
Table with 13 columns: 5 ans sec -8.5-HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for future and observed climate.

Table with 13 columns: 5 ans sec -8.5-HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for future and observed climate.



	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Scénario - Période	Climat obs (1971-2005)	Sim climat obs (1971-2005)											
Modèle	SAFRAN	CCLM_MPI ESM-LR	CNRM_Ala din	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNR M-CM5	RCA_EC_E ARTH	RCA_HadG EM2-ES	REMO	min	med	max
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	7	6	5	5	7	4	5	7	7	6	4	6	7
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	7	5	7	6	7	3	5	6	5	5	3	5	7
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	41	34	52	52	40	20	32	23	23	28	20	32	52
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		9	6	14	9	12	7	11	11	14	6	11	14
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		7	12	12	9	15	7	12	15	13	7	12	15
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		34	69	89	48	114	48	78	108	85	34	78	114
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2071-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		13	16	15	14	12	9	12	15	12	9	13	16
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		13	17	13	11	7	9	16	25	15	7	13	25
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³)		92	84	94	53	39	71	104	222	129	39	92	222
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		14	5	12	14	12	5	12	10	12	5	12	14
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		11	4	10	15	10	5	13	13	18	4	11	18
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		47	10	66	84	52	36	82	98	141	10	66	141
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		22	19	21	17	21	10	23	19	25	10	21	25
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		28	28	27	19	28	10	31	27	41	10	28	41
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		248	158	246	110	191	72	217	155	376	72	191	376





Evolutions possibles du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)

Précipitations - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		122	85	78	105	104	69	42	70	144	200	134	132	1286
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	30%	24%	12%	9%	-15%	38%	-16%	-40%	14%	-4%	-14%	25%	5%
	CNRM Aladin	-2%	16%	-8%	-21%	3%	-31%	3%	-2%	13%	30%	-21%	19%	0%
	HIRHAM	0%	34%	-25%	-6%	4%	-11%	-9%	-29%	-6%	24%	-8%	25%	1%
	IPSL_WRF	-27%	-1%	-25%	-34%	10%	-15%	-14%	-33%	11%	-12%	2%	29%	-8%
	RACMO	-8%	22%	26%	-20%	6%	-11%	15%	-10%	42%	9%	2%	-33%	3%
	RCA_CNRM-CM5	34%	3%	-6%	16%	-6%	-7%	5%	4%	-5%	-4%	24%	-11%	3%
	RCA_EC_EARTH	6%	2%	12%	9%	-13%	-22%	17%	-23%	-33%	-3%	-19%	-1%	-8%
	RCA_HadGEM2-ES	41%	9%	-16%	16%	8%	-23%	1%	-6%	-46%	0%	-10%	-1%	-4%
	REMO	41%	29%	-14%	3%	-28%	11%	-17%	-35%	15%	4%	-2%	0%	2%
	min	-27%	-1%	-25%	-34%	-28%	-31%	-17%	-40%	-46%	-12%	-21%	-33%	-8%
med	6%	16%	-8%	3%	3%	-11%	1%	-23%	11%	0%	-8%	0%	1%	
max	41%	34%	26%	16%	10%	38%	17%	4%	42%	30%	24%	29%	5%	

Précipitations - 4.5 - HL

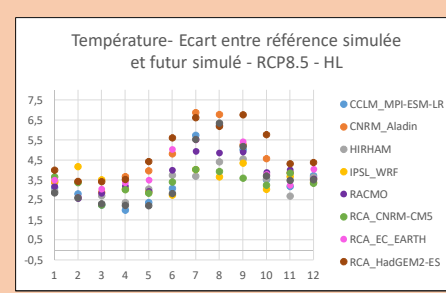
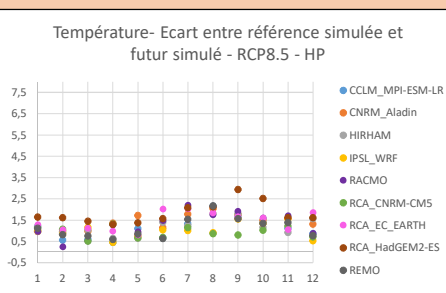
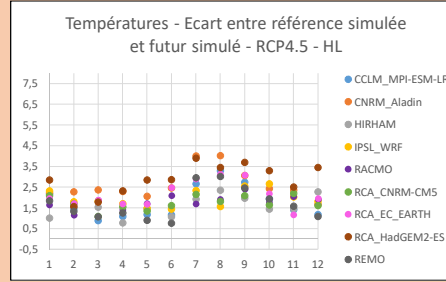
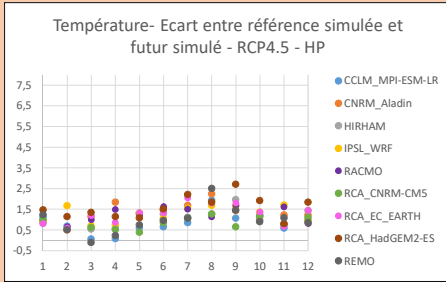
SAFRAN 1971-2005 (mm)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		122	85	78	105	104	69	42	70	144	200	134	132	1286
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	58%	4%	-19%	0%	-6%	-3%	-29%	-2%	-17%	10%	5%	20%	4%
	CNRM Aladin	-19%	17%	-12%	-21%	-16%	-2%	-14%	22%	-16%	3%	-25%	11%	-8%
	HIRHAM	1%	97%	-21%	-16%	-3%	-3%	-15%	-14%	14%	3%	2%	10%	4%
	IPSL_WRF	34%	23%	1%	4%	-7%	-13%	-21%	-14%	11%	72%	41%	14%	
	RACMO	-11%	22%	18%	-21%	23%	-14%	6%	-15%	21%	29%	10%	16%	9%
	RCA_CNRM-CM5	6%	6%	-9%	47%	-2%	-5%	-9%	-27%	13%	13%	50%	-10%	8%
	RCA_EC_EARTH	42%	28%	39%	-8%	-13%	-15%	6%	-34%	10%	6%	-6%	-21%	0%
	RCA_HadGEM2-ES	54%	32%	-36%	-30%	6%	-37%	5%	-29%	-23%	-3%	-14%	28%	-8%
	REMO	24%	21%	-21%	-12%	-10%	24%	-45%	-11%	4%	-11%	6%	24%	0%
	min	-19%	4%	-36%	-30%	-16%	-37%	-45%	-34%	-23%	-11%	-25%	-21%	-8%
med	24%	22%	-12%	-12%	-6%	-5%	-14%	-15%	-10%	6%	5%	16%	4%	
max	58%	97%	39%	47%	23%	24%	6%	22%	21%	21%	41%	14%	4%	

Précipitations - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		122	85	78	105	104	69	42	70	144	200	134	132	1286
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	3%	0%	15%	6%	-5%	-2%	6%	6%	-31%	0%	-7%	20%	-1%
	CNRM Aladin	-29%	-12%	3%	-6%	-16%	20%	6%	60%	-28%	1%	-5%	-10%	-7%
	HIRHAM	11%	55%	4%	7%	3%	-5%	-24%	-14%	-3%	-11%	-17%	22%	1%
	IPSL_WRF	-26%	-14%	-12%	-13%	24%	-49%	-23%	-18%	-29%	-21%	14%	33%	-10%
	RACMO	-7%	14%	19%	-1%	0%	-23%	-16%	-22%	35%	10%	16%	17%	7%
	RCA_CNRM-CM5	32%	8%	-12%	32%	-12%	9%	-10%	-9%	27%	-4%	35%	-8%	6%
	RCA_EC_EARTH	-9%	-12%	22%	-27%	-15%	-6%	-4%	-32%	-22%	34%	-4%	-22%	-7%
	RCA_HadGEM2-ES	21%	56%	7%	-2%	-10%	-6%	28%	-11%	-34%	-6%	-9%	10%	-1%
	REMO	-3%	1%	23%	1%	-29%	6%	-15%	-10%	-16%	-16%	-1%	-8%	-7%
	min	-29%	-14%	-12%	-27%	-29%	-49%	-24%	-32%	-34%	-21%	-17%	-22%	-10%
med	-3%	0%	7%	-1%	-10%	-5%	-10%	-11%	-2%	-4%	-4%	10%	-1%	
max	32%	56%	23%	32%	24%	20%	28%	60%	35%	34%	35%	33%	7%	

Précipitations - 8.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (mm)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		122	85	78	105	104	69	42	70	144	200	134	132	1286
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	48%	36%	33%	-21%	-16%	-47%	-58%	-32%	-11%	-21%	18%	-10%	-3%
	CNRM Aladin	-10%	40%	-30%	-12%	-15%	-40%	-15%	-40%	15%	-38%	-7%	-42%	-9%
	HIRHAM	-9%	83%	7%	-5%	-37%	-14%	-31%	-20%	15%	-6%	-11%	3%	-2%
	IPSL_WRF	14%	43%	13%	-5%	16%	-21%	-28%	-54%	-15%	-21%	54%	30%	6%
	RACMO	9%	34%	18%	-16%	-11%	-30%	-44%	-41%	4%	13%	60%	-4%	5%
	RCA_CNRM-CM5	10%	-1%	-1%	7%	-17%	20%	-19%	-11%	9%	-4%	26%	-13%	1%
	RCA_EC_EARTH	57%	7%	21%	-18%	-29%	-25%	-36%	-41%	-26%	17%	3%	-19%	-5%
	RCA_HadGEM2-ES	-28%	31%	-28%	-22%	-12%	-22%	-22%	-37%	-40%	9%	20%	13%	-13%
	REMO	9%	54%	27%	-28%	-36%	-41%	-50%	-44%	-2%	-25%	5%	-24%	-12%
	min	-28%	-1%	-30%	-28%	-37%	-47%	-58%	-54%	-40%	-25%	-42%	-24%	-16%
med	9%	36%	13%	-16%	-16%	-22%	-36%	-37%	-11%	6%	18%	-9%	-3%	
max	57%	83%	33%	7%	16%	20%	-19%	15%	15%	17%	60%	30%	6%	



T° - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°)		4	5	8	10	14	18	21	21	17	12	7	5	12
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°)	CCLM MPI-ESM-LR	1,1	0,7	0,1	0,1	0,6	0,6	0,9	1,2	1,1	1,0	0,6	1,0	0,8
	CNRM Aladin	0,9	0,5	1,1	1,8	1,3	1,5	1,7	2,2	1,4	1,1	1,2	1,2	1,3
	HIRHAM	0,8	0,6	0,5	0,6	1,3	1,3	1,1	1,3	2,0	1,2	0,8	1,4	1,1
	IPSL_WRF	1,0	1,7	0,7	0,7	1,3	1,1	1,6	1,7	1,7	1,4	1,7	1,0	1,3
	RACMO	1,0	0,6	1,0	1,5	1,2	1,6	1,5	1,1	1,7	1,2	1,6	0,8	1,3
	RCA_CNRM-CM5	1,0	0,5	0,6	0,5	0,4	0,8	1,1	1,3	0,6	1,2	0,7	1,1	0,8
	RCA_EC_EARTH	0,8	0,6	1,2	0,9	1,3	1,3	2,0	1,8	1,8	1,4	0,7	1,5	1,3
	RCA_HadGEM2-ES	1,5	1,1	1,3	1,1	1,1	1,5	2,2	1,8	2,7	1,9	0,8	1,8	1,6
	REMO	1,2	0,5	-0,1	0,2	0,7	1,0	1,1	2,5	1,5	0,9	1,1	0,8	1,0
	min	0,8	0,5	-0,1	0,1	0,4	0,6	0,9	1,1	0,6	0,9	0,6	0,8	0,8
med	1,0	0,6	0,7	0,7	1,2	1,3	1,5	1,8	1,7	1,2	0,8	1,1	1,3	
max	1,5	1,7	1,3	1,8	1,3	1,6	2,2	2,5	2,7	1,9	1,7	1,8	1,6	

T° - 4.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (°)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°)		4	5	8	10	14	18	21	21	17	12	7	5	12
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°)	CCLM MPI-ESM-LR	2,2	1,4	0,9	1,1	1,2	1,2	2,6	3,3	2,7	1,9	1,4	1,2	1,8
	CNRM Aladin	2,2	2,3	2,4	2,3	2,0	2,5	4,0	4,0	3,1	2,4	2,4	1,7	2,6
	HIRHAM	1,0	1,5	1,5	0,8	1,5	1,1	1,9	2,3	2,0	1,4	1,4	2,3	1,6
	IPSL_WRF	2,3	1,8	1,8	1,7	1,5	1,4	2,3	1,6	2,5	2,7	2,0	1,8	2,0
	RACMO	1,6	1,1	1,9	1,4	1,7	2,1	1,7	1,9	2,4	1,8	2,0	1,9	1,8
	RCA_CNRM-CM5	2,1	1,7	1,1	1,5	1,3	1,6	2,1	1,8	2,1	1,6	2,2	1,6	1,7
	RCA_EC_EARTH	2,0	1,7	1,9	1,7	1,7	2,5	2,9	3,1	3,1	2,2	1,2	1,9	2,1
	RCA_HadGEM2-ES	2,8	1,6	1,8	2,3	2,8	2,9	3,9	3,4	3,7	3,3	2,5	3,4	2,9
	REMO	1,8	1,3	1,1	1,2	0,9	0,8	2,9	3,0	2,4	1,9	1,6	1,1	1,7
	min	1,0	1,1	0,9	0,8	0,9	0,8	1,7	1,6	2,0	1,4	1,2	1,1	1,6
med	2,1	1,6	1,8	1,5	1,5	1,6	2,6	3,0	2,5	1,9	2,0	1,8	1,8	
max	2,8	2,3	2,4	2,3	2,8	2,9	4,0	4,0	3,7	3,3	2,5	3,4	2,9	

T° - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°)		4	5											



Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

Table with 14 columns: Moyennes -4.5- HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include CCLM MPI-ESM-LR, CNRM Aladin, HIRHAM, IPSL WRF, RACMO, RCA CNRM-CM5, RCA EC EARTH, RCA HadGEM2-ES, REMO, and min/med/max values.

Table with 14 columns: Moyennes -4.5- HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include CCLM MPI-ESM-LR, CNRM Aladin, HIRHAM, IPSL WRF, RACMO, RCA CNRM-CM5, RCA EC EARTH, RCA HadGEM2-ES, REMO, and min/med/max values.

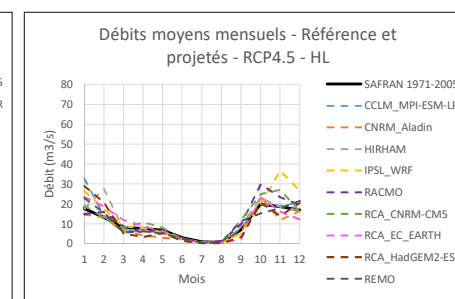
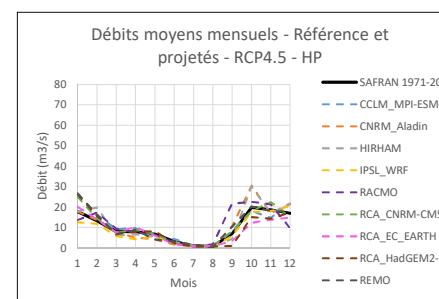


Table with 14 columns: Moyennes -8.5- HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include CCLM MPI-ESM-LR, CNRM Aladin, HIRHAM, IPSL WRF, RACMO, RCA CNRM-CM5, RCA EC EARTH, RCA HadGEM2-ES, REMO, and min/med/max values.

Table with 14 columns: Moyennes -8.5- HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include CCLM MPI-ESM-LR, CNRM Aladin, HIRHAM, IPSL WRF, RACMO, RCA CNRM-CM5, RCA EC EARTH, RCA HadGEM2-ES, REMO, and min/med/max values.

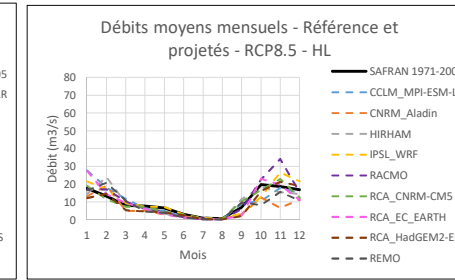
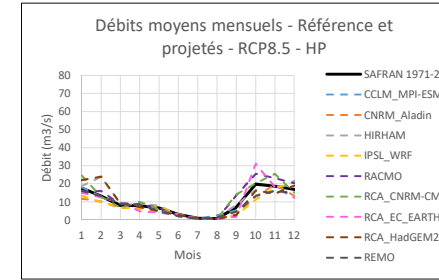


Table with 14 columns: 5 ans sec -4.5- HP, months (janv to déc), annuel, VCN 10, QMNA. Rows include CCLM MPI-ESM-LR, CNRM Aladin, HIRHAM, IPSL WRF, RACMO, RCA CNRM-CM5, RCA EC EARTH, RCA HadGEM2-ES, REMO, and min/med/max values.

Table with 14 columns: 5 ans sec -4.5- HL, months (janv to déc), annuel, VCN 10, QMNA. Rows include CCLM MPI-ESM-LR, CNRM Aladin, HIRHAM, IPSL WRF, RACMO, RCA CNRM-CM5, RCA EC EARTH, RCA HadGEM2-ES, REMO, and min/med/max values.

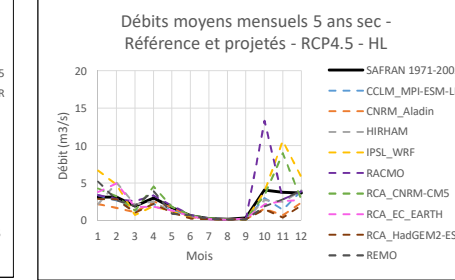
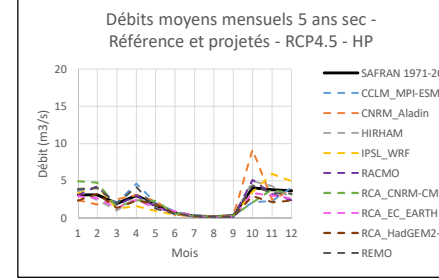
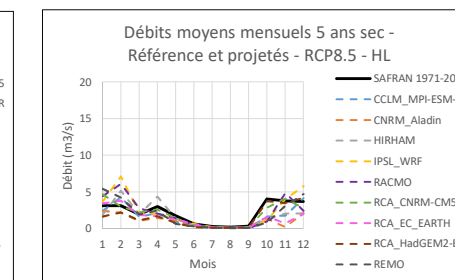
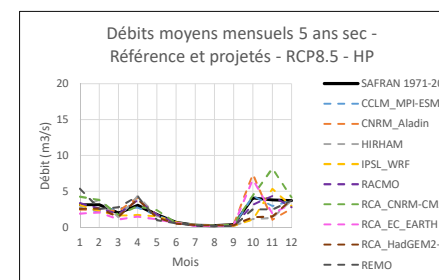
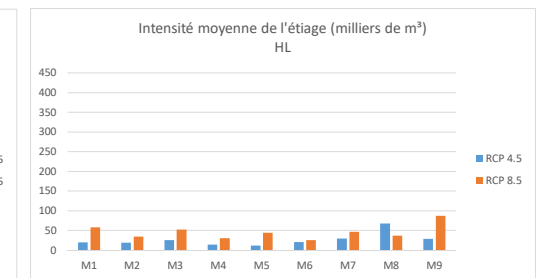
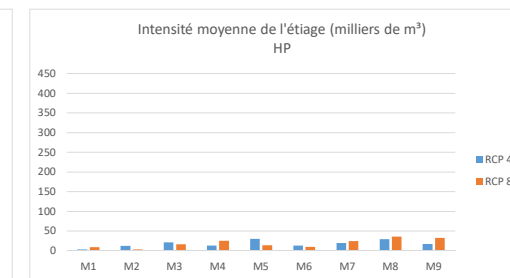
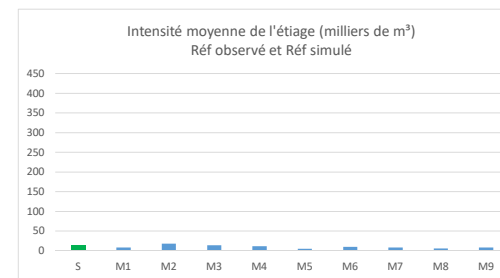
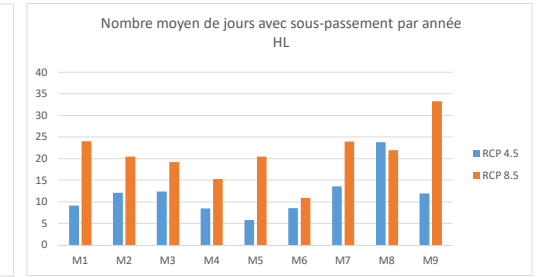
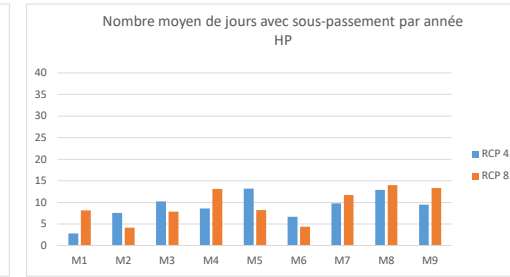
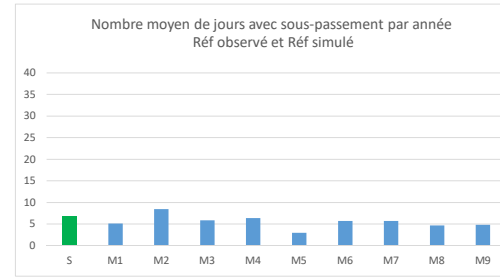
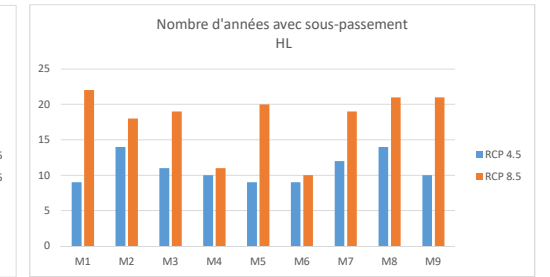
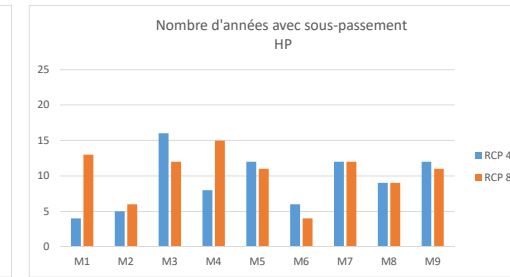
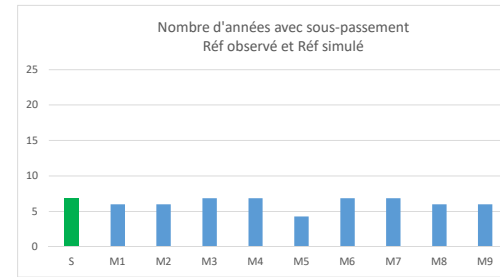


Table with 14 columns: 5 ans sec -8.5- HP, months (janv to déc), annuel, VCN 10, QMNA. Rows include CCLM MPI-ESM-LR, CNRM Aladin, HIRHAM, IPSL WRF, RACMO, RCA CNRM-CM5, RCA EC EARTH, RCA HadGEM2-ES, REMO, and min/med/max values.

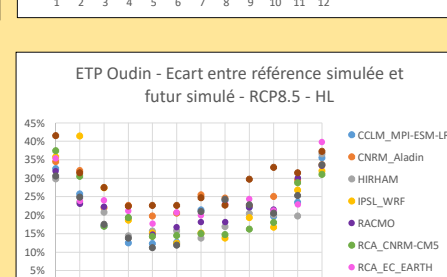
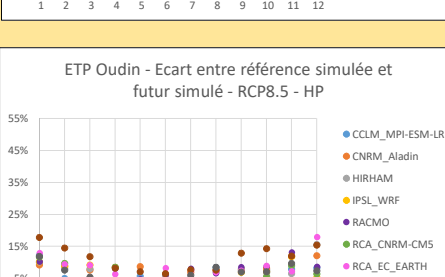
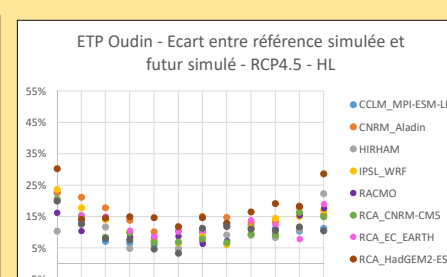
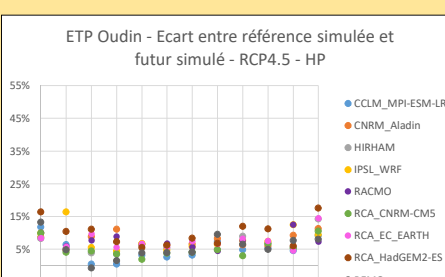
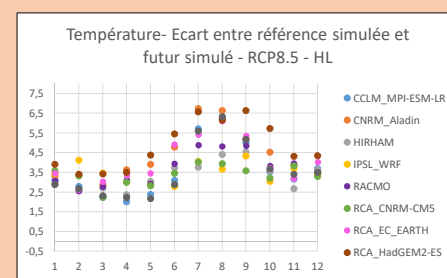
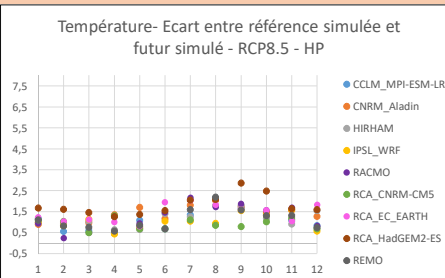
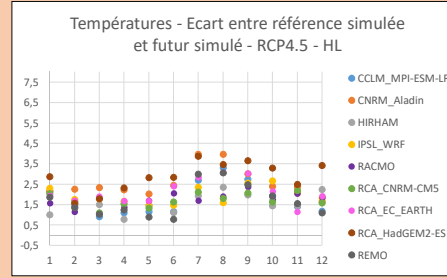
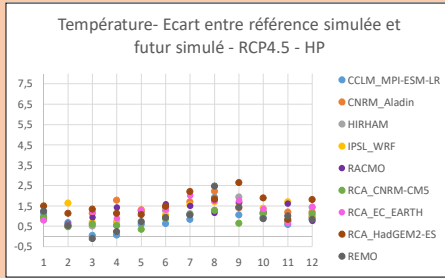
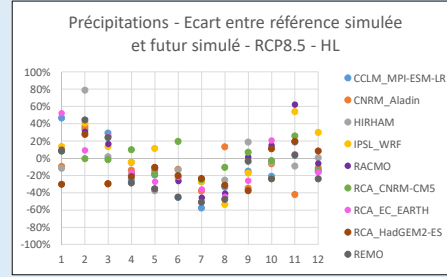
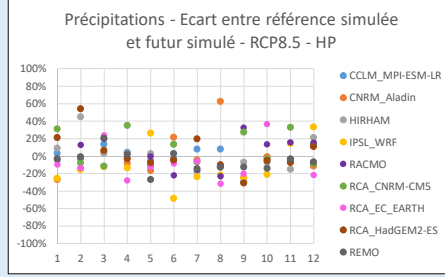
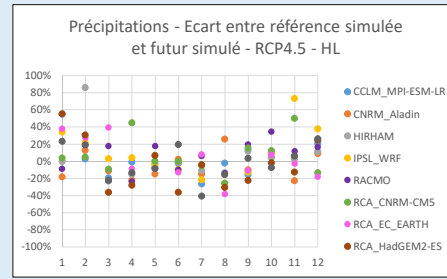
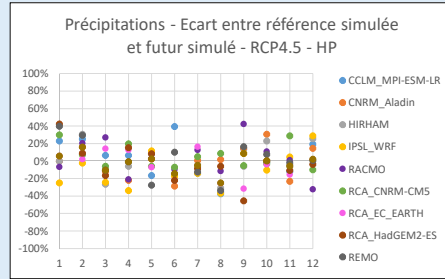
Table with 14 columns: 5 ans sec -8.5- HL, months (janv to déc), annuel, VCN 10, QMNA. Rows include CCLM MPI-ESM-LR, CNRM Aladin, HIRHAM, IPSL WRF, RACMO, RCA CNRM-CM5, RCA EC EARTH, RCA HadGEM2-ES, REMO, and min/med/max values.



	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Scénario - Période	Climat obs (1971-2005)												
Modèle	SAFRAN	CCLM_MPI-ESM-LR	CNRM_Ala-din	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNRM-CMS	RCA_EC_EARTH	RCA_HadGEM2-ES	REMO	min	med	max
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	7	6	6	7	7	4	7	7	6	6	4	6	7
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	7	5	8	6	6	3	6	6	5	5	3	6	8
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	13	9	18	15	12	5	10	8	6	9	5	9	18
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		4	5	16	8	12	6	12	9	12	4	9	16
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		3	8	10	9	13	7	10	13	9	3	9	13
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		4	12	21	13	30	14	20	29	18	4	18	30
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2071-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		9	14	11	10	9	9	12	14	10	9	10	14
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		9	12	12	8	6	9	14	24	12	6	12	24
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³)		20	19	25	14	11	21	30	67	29	11	21	67
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		13	6	12	15	11	4	12	9	11	4	11	15
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		8	4	8	13	8	4	12	14	13	4	8	14
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		10	4	17	26	14	10	25	36	33	4	17	36
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		22	18	19	11	20	10	19	21	21	10	19	22
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		24	20	19	15	20	11	24	22	33	11	20	33
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		58	34	52	30	44	25	47	37	87	25	44	87



Evolutions possibles du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)



Précipitations - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel		
SAFRAN 1971-2005 (mm)		121	85	76	104	97	104	97	65	39	65	144	191	130	131	1247
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	23%	25%	6%	6%	-17%	39%	-14%	-38%	14%	-2%	-12%	19%	4%		
	CNRM Aladin	0%	16%	-12%	-22%	2%	-29%	0%	1%	14%	31%	-24%	14%	0%		
	HIRHAM	0%	30%	-27%	-6%	8%	-15%	-5%	-31%	-6%	23%	-6%	25%	1%		
	IPSL_WRF	-25%	-3%	-25%	-34%	11%	-17%	-14%	-37%	8%	-11%	4%	29%	-8%		
	RACMO	-7%	20%	27%	-21%	3%	-10%	12%	-12%	42%	11%	1%	-33%	3%		
	RCA_CNRM-CMS	29%	7%	-6%	19%	-6%	-7%	5%	8%	-6%	-3%	28%	-10%	4%		
	RCA_EC_EARTH	6%	2%	14%	13%	-7%	-22%	16%	-25%	-32%	-4%	-15%	2%	-6%		
	RCA_HadGEM2-ES	42%	9%	-17%	15%	8%	-22%	-9%	-6%	-46%	0%	-11%	-4%	-5%		
	REMO	40%	29%	-11%	-1%	-28%	10%	-13%	-34%	16%	7%	-2%	0%	3%		
	min	-25%	-3%	-27%	-34%	-28%	-29%	-14%	-38%	-46%	-11%	-24%	-33%	-8%		
med	6%	16%	-11%	-1%	2%	-15%	-5%	-25%	8%	0%	-6%	2%	1%			
max	42%	30%	27%	19%	11%	39%	16%	8%	42%	31%	28%	29%	4%			

Précipitations - 8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		121	85	76	104	97	65	39	65	144	191	130	131	1247
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	3%	-3%	14%	4%	-6%	-3%	8%	8%	-30%	-1%	-4%	14%	-1%
	CNRM Aladin	-27%	-14%	4%	-8%	-17%	22%	4%	62%	-25%	-1%	-6%	-12%	-7%
	HIRHAM	9%	45%	3%	3%	3%	-5%	-18%	-13%	-7%	-7%	-15%	21%	1%
	IPSL_WRF	-25%	-16%	-12%	-14%	26%	-48%	-23%	-22%	-25%	-21%	14%	33%	-10%
	RACMO	-4%	13%	20%	-2%	0%	-22%	-16%	-23%	33%	14%	16%	15%	7%
	RCA_CNRM-CMS	31%	-8%	-11%	35%	-11%	13%	-7%	-12%	27%	-4%	33%	-9%	6%
	RCA_EC_EARTH	-9%	-14%	24%	-28%	-13%	-8%	-6%	-32%	-20%	37%	-3%	-22%	-6%
	RCA_HadGEM2-ES	21%	54%	7%	-3%	-7%	-5%	20%	-10%	-31%	-5%	-7%	11%	-1%
	REMO	-3%	-1%	20%	2%	-27%	3%	-15%	-13%	-13%	-14%	-3%	-7%	-7%
	min	-27%	-16%	-12%	-28%	-27%	-48%	-23%	-32%	-31%	-21%	-15%	-22%	-10%
med	-3%	-3%	7%	-2%	-7%	-5%	-7%	-13%	-20%	-4%	-3%	11%	-1%	
max	31%	54%	24%	35%	26%	22%	20%	62%	33%	37%	33%	33%	7%	

T° - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°)		5	5	8	10	15	19	22	21	17	13	8	5	12
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°)	CCLM MPI-ESM-LR	1,1	0,7	0,1	0,1	0,6	0,6	0,8	1,9	1,1	0,9	0,6	0,9	0,8
	CNRM Aladin	0,9	0,5	1,1	1,8	1,3	1,4	1,7	2,2	1,4	1,1	1,2	1,2	1,3
	HIRHAM	0,8	0,5	0,5	0,6	1,3	1,3	1,1	1,3	1,9	1,2	0,8	1,4	1,1
	IPSL_WRF	1,0	1,6	0,7	0,7	1,3	1,1	1,5	1,7	1,7	1,4	1,7	1,0	1,3
	RACMO	1,0	0,6	0,9	1,4	1,2	1,6	1,5	1,2	1,7	1,2	1,6	0,8	1,2
	RCA_CNRM-CMS	0,9	0,5	0,6	0,5	0,4	0,9	1,1	1,3	0,6	1,1	0,7	1,1	0,8
	RCA_EC_EARTH	0,8	0,6	1,2	0,9	1,3	1,3	2,0	1,7	1,8	1,3	0,7	1,5	1,3
	RCA_HadGEM2-ES	1,5	1,1	1,3	1,1	1,1	1,5	2,2	1,8	2,7	1,9	0,8	1,8	1,6
	REMO	1,3	0,5	-0,1	0,2	0,7	0,9	1,1	2,5	1,4	0,9	1,0	0,8	0,9
	min	0,8	0,5	-0,1	0,1	0,4	0,6	0,8	1,2	0,6	0,9	0,6	0,8	0,8
med	1,0	0,6	0,7	0,7	1,2	1,3	1,5	1,7	1,7	1,2	0,8	1,1	1,2	
max	1,5	1,6	1,3	1,8	1,3	1,6	2,2	2,5	2,7	1,9	1,7	1,8	1,6	

T° - 8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°)		5	5	8	10	15	19	22	21	17	13	8	5	12
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°)	CCLM MPI-ESM-LR	1,2	0,6	0,6	0,5	1,1	0,7	1,3	2,2	1,6	1,4	1,1	0,8	1,1
	CNRM Aladin	0,9	0,9	1,0	1,3	1,7	1,2	1,8	2,0	1,7	1,5	1,6	1,3	1,4
	HIRHAM	1,0	0,9	1,0	0,6	0,6	1,4	1,2	1,8	1,8	1,2	0,9	1,5	1,2
	IPSL_WRF	1,0	0,8	1,1	0,4	0,7	1,0	1,0	0,9	1,6	1,3	1,6	0,6	1,0
	RACMO	0,9	0,2	0,5	1,3	0,9	1,5	2,2	1,7	1,9	1,6	1,7	0,8	1,3
	RCA_CNRM-CMS	1,1	1,0	0,5	1,3	0,7	0,7	1,1	0,8	0,8	1,0	1,2	0,7	0,9
	RCA_EC_EARTH	1,2	1,0	1,1	1,0	0,8	2,0	2,0	1,8	1,6	1,6	1,1	1,8	1,4
	RCA_HadGEM2-ES	1,7	1,6	1,5	1,3	1,4	1,5	2,0	2,1	2,9	2,5	1,6	1,6	1,8
	REMO	1,1	0,8	0,7	0,6	0,8	0,7	1,6	2,2	1,6	1,3	1,3	0,7	1,1
	min	0,9	0,2	0,5	0,4	0,6	0,7	1,0	0,8	0,8	1,0	0,9	0,6	0,9
med	1,1	0,9	1,0	1,0	0,8	1,2	1,6	1,8	1,6	1,4	1,3	0,8	1,2	
max	1,7	1,6	1,5	1,3	1,7	2,0	2,2	2,2	2,9	2,5	1,7	1,8	1,8	

ETP - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		16	22	43	65	100	124	140	121	79	47	23	15	795
Δ entre ETPsim (climat futur) et ETPsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	12%	6%	0%	0%	3%	3%	3%	7%	5%	4%	4%	9%	4%
	CNRM Aladin	9%	5%	9%	11%	7%	6%	6%	8%	6%	6%	9%	11%	7%
	HIRHAM	8%	5%	4%	3%	6%	5%	4%	5%	9%	7%	5%	14%	6%
	IPSL_WRF	10%	16%	5%	4%	7%	5%	6%	6%	8%	7%	12%	9%	7%
	RACMO	10%	6%	8%	9%	6%	7%	6%	4%	8%	7%	12%	7%	7%
	RCA_CNRM-CMS	10%	4%	4%	3%	2%	4%	4%	5%	3%	7%	5%	10%	4%
	RCA_EC_EARTH	8%	6%	10%	6%	7%	6%	7%	7%	8%	7%	4%	14%	7%
	RCA_HadGEM2-ES	16%	10%	11%	7%	5%	6%	8%	7%	12%	11%	6%	17%	8%
	REMO	13%	5%	-1%	1%	4%	4%	4%	9%	6%	5%	8%	8%	5%
	min	8%	4%	-1%	0%	2%	3%	3%	4%	3%	5%	4%	7%	4%
med	10%	6%	5%	4%	6%	5%	6%	7%	8%	7%	6%	10%	7%	
max	16%	16%	11%	11%	7%	7%	8%	9%	12%	11%	12%	17%	8%	

ETP - 8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		16	22	43	65	100	124	140	121	79	47	23	15	795
Δ entre ETPsim (climat futur) et ETPsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	12%	5%	4%	3%	6%	3%	5%	8%	7%	8%	8%	6%	6%
	CNRM Aladin	9%	9%	8%	8%	9%	5%	7%	8%	8%	8%	12%	12%	8%
	HIRHAM	10%	8%	8%	4%	3%	6%	5%	7%	8%	7%	6%	16%	6%
	IPSL_WRF	10%	9%	9%	3%	4%	5%	4%	4%	7%	7%	12%	5%	5%
	RACMO	10%	2%	4%	8%	5%	6%	8%	7%	9%	9%	13%	9%	7%
	RCA_CNRM-CMS	12%	10%	4%	8%	3%	3%	4%	3%	4%	6%	9%	6%	5%
	RCA_EC_EARTH	13%	9%	9%	6%	4%	8%	7%	7%	9%	7%	7%	10%	7%
	RCA_HadGEM2-ES	18%	14%	12%	8%	7%	6%	8%	8%	13%	14%	12%	15%	9%
	REMO	12%	8%	5%	4%	4%	3%	6%	8%	7%	7%	10%	7%	6%
	min	9%	2%	4%	3%	3%	3%	4%	3%	4%	6%	6%	5%	5%
med	12%	9%	8%	6%	4%	5%	6%	7%	7%	8%	10%	9%	6%	
max	18%	14%	12%	8%	9%	8%	8%	8%	13%	14%	13%	18%	9%	

Précipitations - 4.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		121	85	76	104	97	65	39	65	144	191	130	131	1247
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	55%	2%	-20%	-1%	-8%	-3%	-27%	-2%	-16%	10%	6%	20%	4%
	CNRM Aladin	-18%	13%	-12%	-22%	-15%	2%	-15%	26%	-10%	4%	-23%	9%	-7%
	HIRHAM	-1%	86%	-23%	-16%	-4%	-2%	-11%	-14%	11%	4%	3%	11%	3%
	IPSL_WRF	34%	22%	3%	4%	-4%	-10%	-22%	-26%	-13%	9%	73%	17%	13%
	RACMO	-9%	19%	18%	-24%	18%	-10%	6%	-14%	20%	34%	12%	16%	10%
	RCA_CNRM-CMS	4%	5%	-10%	45%	0%	0%	-5%	-26%	15%	12%	50%	-14%	8%
	RCA_EC_EARTH	38%	27%	39%	-9%	-9%	-13%	8%	-38%	-11%	7%	-3%	-18%	1%
	RCA_HadGEM2-ES	55%												



Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for Moyennes - 4.5 - HP. Includes rows for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO.

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for Moyennes - 4.5 - HL. Includes rows for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO.

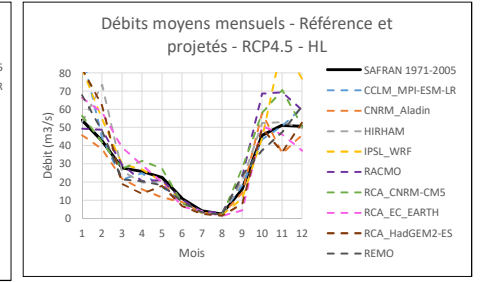
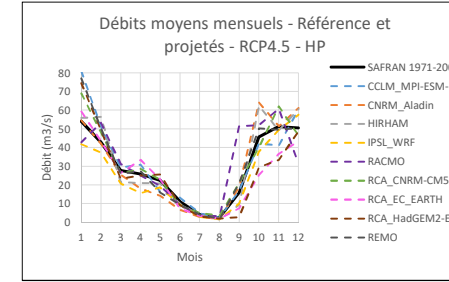


Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for Moyennes - 8.5 - HP. Includes rows for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO.

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for Moyennes - 8.5 - HL. Includes rows for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO.

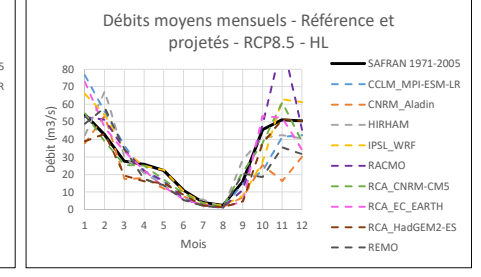
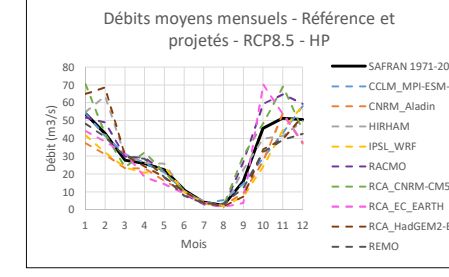


Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for 5 ans sec - 4.5 - HP. Includes rows for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO.

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for 5 ans sec - 4.5 - HL. Includes rows for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO.

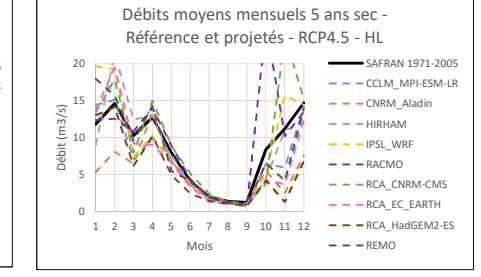
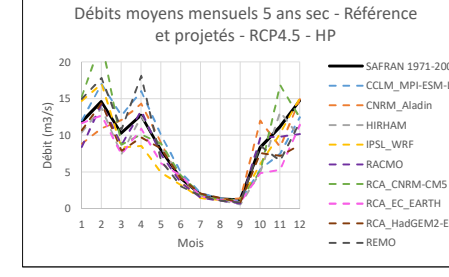
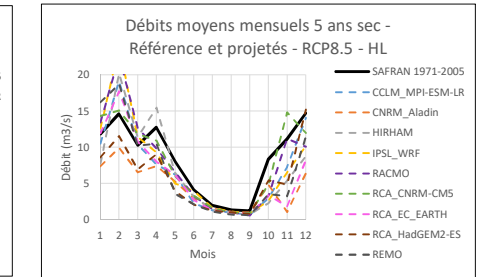
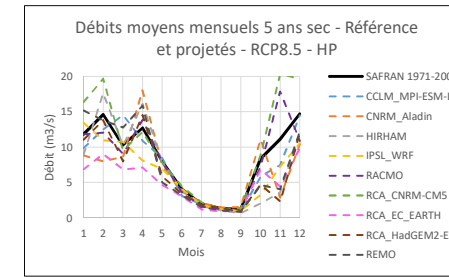
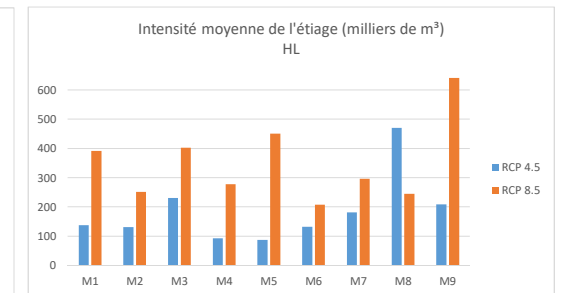
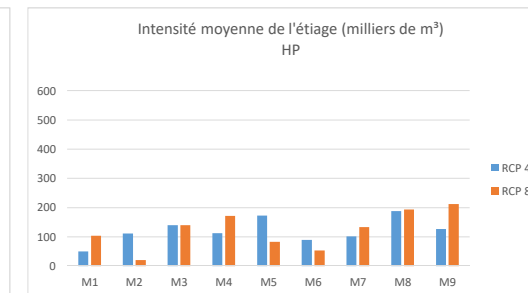
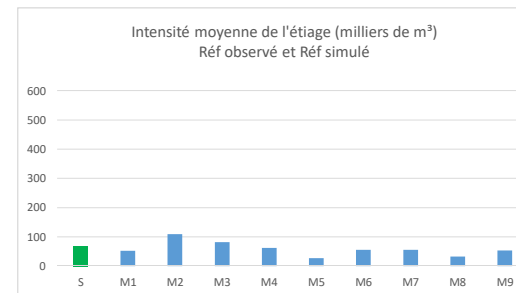
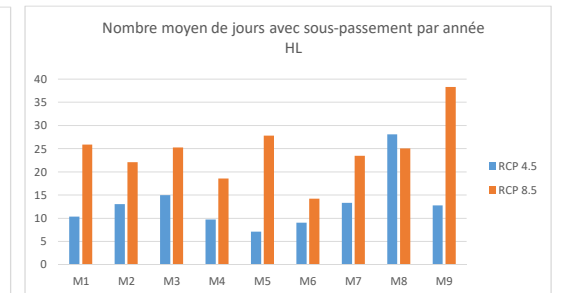
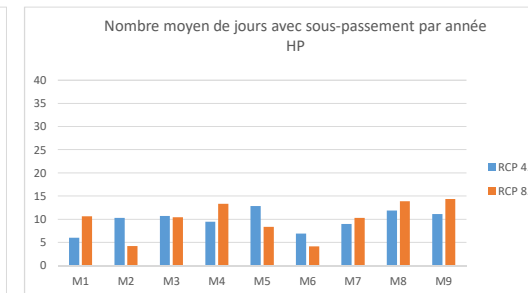
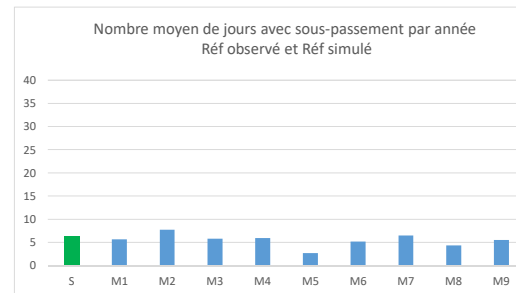
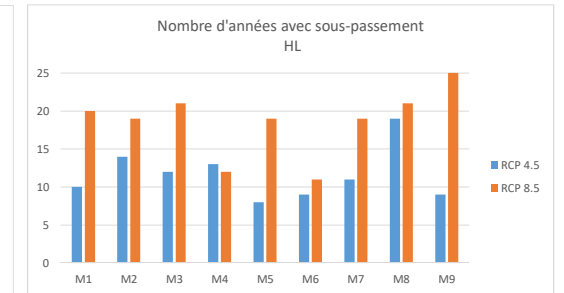
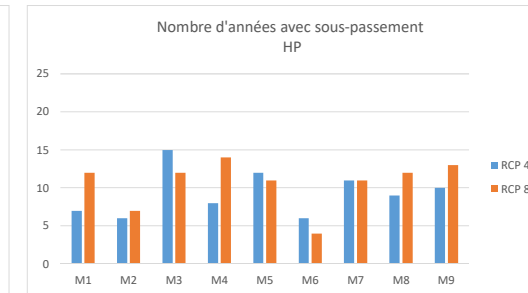
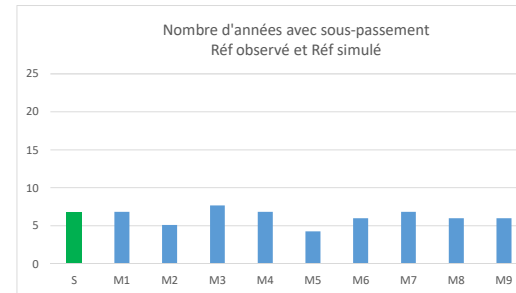


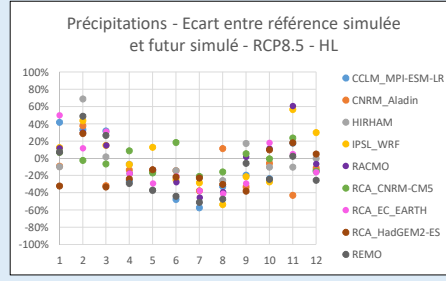
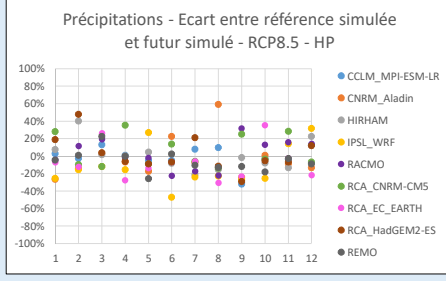
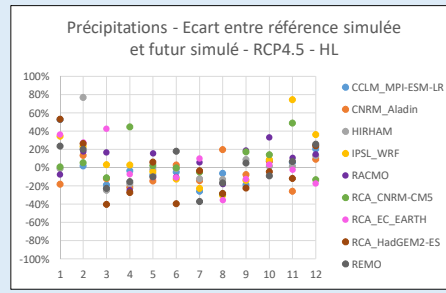
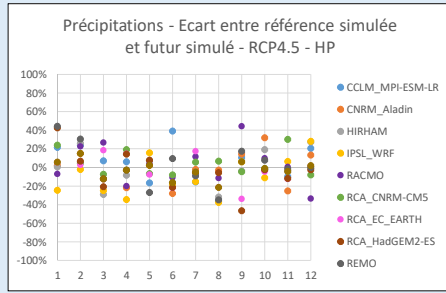
Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for 5 ans sec - 8.5 - HP. Includes rows for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO.

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for 5 ans sec - 8.5 - HL. Includes rows for CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, and REMO.



	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Scénario - Période	Climat obs (1971-2005)	Sim climat obs (1971-2005)											
Modèle	SAFRAN	CCLM_MP I-ESM-LR	CNRM_Aladin	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNRM-CM5	RCA_EC_ARTH	RCA_HadGEM2-ES	REMO	min	med	max
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	7	7	5	8	7	4	6	7	6	6	4	6	8
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	6	6	8	6	6	3	5	7	4	6	3	6	8
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	69	52	109	82	62	27	56	56	32	54	27	56	109
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		7	6	15	8	12	6	11	9	10	6	9	15
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		6	10	11	9	13	7	9	12	11	6	10	13
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		50	111	140	113	173	90	101	188	126	50	113	188
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2071-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		10	14	12	13	8	9	11	19	9	8	11	19
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		10	13	15	10	7	9	13	28	13	7	13	28
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³)		137	131	230	93	87	132	181	471	208	87	137	471
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		12	7	12	14	11	4	11	12	13	4	12	14
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		11	4	10	13	8	4	10	14	14	4	10	14
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		104	21	140	171	82	53	133	193	212	21	133	212
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		20	19	21	12	19	11	19	21	25	11	19	25
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		26	22	25	19	28	14	23	25	38	14	25	38
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		392	251	402	277	450	207	297	245	641	207	297	641





Evolutions possibles du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)

Précipitations - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM MPI-ESM-LR	22%	24%	7%	6%	-17%	39%	-16%	-36%	10%	-2%	-10%	20%	4%
CNRM Aladin	2%	15%	-13%	-22%	2%	-28%	-2%	-3%	14%	32%	-25%	13%	0%
HIRHAM	0%	26%	-29%	-8%	7%	-16%	-5%	-32%	-4%	19%	-4%	27%	1%
IPSL WRF	-25%	-2%	-25%	-35%	15%	-18%	-15%	-38%	6%	-11%	6%	28%	-8%
RACMO	-7%	23%	27%	-20%	4%	-11%	12%	-12%	45%	10%	1%	-33%	3%
RCA_CNRM-CM5	24%	5%	-7%	19%	-7%	-8%	6%	7%	-5%	-1%	30%	-8%	4%
RCA_EC_EARTH	6%	3%	18%	15%	-8%	-22%	18%	-21%	-34%	-5%	-13%	2%	-5%
RCA_HadGEM2-ES	42%	7%	-21%	14%	8%	-22%	-6%	-6%	-47%	-2%	-12%	-3%	-5%
REMO	44%	30%	-12%	3%	-27%	9%	-9%	-35%	17%	8%	-2%	0%	3%
min	-25%	-2%	-29%	-35%	-27%	-28%	-16%	-38%	-47%	-11%	-25%	-3%	-8%
med	6%	15%	-3%	2%	-16%	-5%	21%	6%	-1%	-4%	2%	1%	1%
max	44%	30%	27%	19%	15%	39%	18%	7%	45%	32%	30%	28%	4%

Précipitations - 4.5 - HL

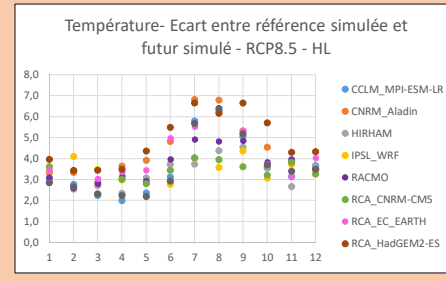
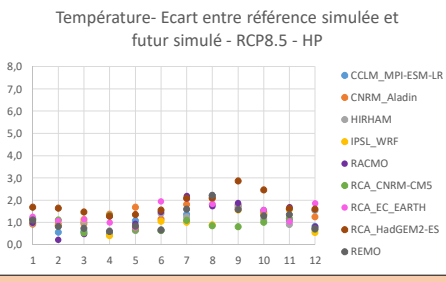
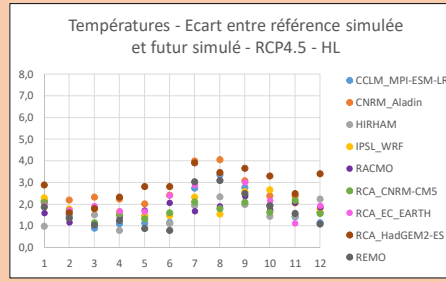
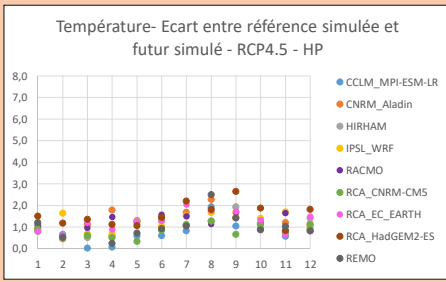
SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM MPI-ESM-LR	53%	2%	-19%	-4%	-5%	-26%	-6%	-19%	7%	6%	20%	3%	3%
CNRM Aladin	-18%	13%	-12%	-22%	-15%	3%	-14%	20%	-8%	7%	6%	9%	-7%
HIRHAM	-1%	77%	-25%	-18%	-2%	-1%	-12%	-13%	9%	1%	1%	13%	2%
IPSL WRF	34%	23%	3%	3%	-5%	-13%	-23%	-30%	-14%	9%	74%	36%	13%
RACMO	-8%	18%	16%	-25%	15%	-10%	6%	-18%	19%	33%	11%	15%	9%
RCA_CNRM-CM5	1%	5%	-11%	44%	2%	0%	-5%	-29%	17%	14%	49%	-13%	8%
RCA_EC_EARTH	36%	28%	43%	-7%	-10%	-11%	10%	-35%	-13%	3%	-2%	-17%	1%
RCA_HadGEM2-ES	53%	26%	-40%	-27%	6%	-40%	-3%	-28%	-22%	-5%	-12%	24%	-8%
REMO	23%	20%	-23%	-15%	-10%	18%	-17%	5%	-9%	7%	26%	0%	0%
min	-18%	2%	-40%	-27%	-15%	-40%	-37%	-35%	-22%	-9%	-26%	-17%	-8%
med	23%	20%	-12%	-15%	-5%	-5%	-12%	-18%	-8%	7%	6%	15%	2%
max	53%	77%	43%	44%	15%	18%	10%	20%	19%	33%	74%	36%	13%

Précipitations - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM MPI-ESM-LR	3%	-3%	13%	1%	-5%	8%	10%	-32%	-3%	-4%	13%	-2%	-2%
CNRM Aladin	-27%	-14%	3%	-7%	-17%	23%	-7%	59%	-24%	1%	-9%	-13%	-7%
HIRHAM	8%	40%	2%	0%	5%	-8%	-21%	-15%	-2%	-8%	-23%	23%	1%
IPSL WRF	-25%	-15%	-12%	-16%	27%	-47%	-24%	-23%	-27%	-25%	14%	32%	-11%
RACMO	-4%	12%	20%	-1%	-2%	-22%	-17%	-22%	32%	13%	16%	14%	7%
RCA_CNRM-CM5	28%	-10%	-12%	35%	-9%	14%	-6%	14%	25%	-3%	28%	-7%	6%
RCA_EC_EARTH	-7%	-12%	26%	-27%	-13%	-6%	-6%	-30%	-23%	35%	-2%	-22%	-6%
RCA_HadGEM2-ES	19%	48%	4%	-6%	-9%	-7%	21%	-12%	-29%	-5%	-7%	12%	-1%
REMO	-4%	1%	22%	0%	-26%	2%	-10%	-13%	-12%	-18%	-3%	-9%	-7%
min	-27%	-15%	-12%	-27%	-6%	-4%	-24%	-30%	-23%	-13%	-22%	-11%	-1%
med	-4%	-3%	4%	-1%	-9%	-6%	-7%	-14%	-23%	-3%	-3%	12%	-2%
max	28%	48%	26%	35%	27%	23%	21%	59%	32%	35%	28%	32%	7%

Précipitations - 8.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM MPI-ESM-LR	42%	3%	32%	-27%	-16%	-48%	-57%	-33%	-19%	-24%	17%	-14%	-5%
CNRM Aladin	-9%	37%	-32%	-14%	-15%	-14%	-38%	11%	-33%	-6%	-43%	-1%	-16%
HIRHAM	-10%	6%	2%	-7%	-37%	-14%	-22%	-26%	17%	-10%	-10%	0%	-4%
IPSL WRF	12%	44%	15%	-7%	13%	-25%	-28%	-54%	-21%	-27%	57%	30%	4%
RACMO	12%	30%	15%	-17%	-13%	-28%	-45%	-39%	2%	11%	61%	-6%	5%
RCA_CNRM-CM5	7%	-3%	-6%	9%	-17%	18%	-21%	-16%	5%	-1%	24%	-15%	-1%
RCA_EC_EARTH	50%	12%	31%	-17%	-29%	-21%	-37%	-41%	-29%	18%	5%	-16%	-4%
RCA_HadGEM2-ES	-32%	29%	-33%	-24%	-13%	-22%	-30%	-38%	10%	18%	5%	-14%	-14%
REMO	7%	49%	27%	-29%	-37%	-44%	-51%	-47%	-6%	-24%	2%	-26%	-13%
min	-32%	-3%	-33%	-29%	-37%	-48%	-57%	-54%	-38%	-27%	-43%	-26%	-16%
med	7%	33%	15%	-17%	-16%	-22%	-37%	-33%	-19%	-6%	17%	-11%	-4%
max	50%	69%	32%	9%	13%	18%	-21%	11%	17%	18%	61%	30%	5%



T° - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°C)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM MPI-ESM-LR	1,1	0,7	0,0	1,0	0,6	0,6	0,8	1,9	1,1	0,9	0,6	0,9	0,8
CNRM Aladin	0,8	0,5	1,1	1,8	1,3	1,4	1,7	2,3	1,5	1,1	1,2	1,2	1,3
HIRHAM	0,8	0,5	0,5	0,6	1,3	1,3	1,1	1,3	1,9	1,2	0,8	1,4	1,1
IPSL WRF	1,0	1,6	0,7	0,7	1,2	1,0	1,5	1,7	1,7	1,4	1,7	1,0	1,3
RACMO	1,0	0,6	1,0	1,5	1,2	1,6	1,5	1,1	1,7	1,2	1,6	0,8	1,2
RCA_CNRM-CM5	0,9	0,5	0,6	0,5	0,3	0,9	1,1	1,3	0,7	1,1	0,7	1,1	0,8
RCA_EC_EARTH	0,8	0,6	1,2	0,9	1,3	2,1	1,8	1,7	1,3	0,6	1,5	1,3	1,3
RCA_HadGEM2-ES	1,5	1,2	1,4	1,1	1,1	1,5	2,2	1,8	2,7	1,9	0,8	1,8	1,6
REMO	1,2	0,5	-0,1	0,3	0,7	0,9	1,1	2,5	1,4	0,9	1,0	0,8	0,9
min	0,8	0,5	-0,1	0,1	0,3	0,6	0,8	1,1	0,7	0,9	0,6	0,8	0,8
med	1,0	0,6	0,7	0,7	1,2	1,3	1,5	1,8	1,7	1,2	0,8	1,1	1,2
max	1,5	1,6	1,4	1,8	1,3	1,6	2,2	2,5	2,7	1,9	1,7	1,8	1,6

T° - 4.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (°C)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM MPI-ESM-LR	2,1	1,4	0,9	1,1	1,2	2,1	2,7	3,3	2,8	1,9	1,4	1,1	1,8
CNRM Aladin	2,2	2,2	2,3	2,2	2,0	2,4	4,0	4,1	3,1	2,4	2,4	1,6	2,6
HIRHAM	1,0	1,5	1,5	0,8	1,5	1,1	1,9	2,3	2,0	1,4	1,5	2,2	1,6
IPSL WRF	2,3	1,8	1,8	1,6	1,5	1,5	2,3	1,5	2,6	2,7	2,0	1,8	1,9
RACMO	1,6	1,2	1,9	1,4	1,7	2,1	1,7	1,9	2,4	1,7	2,1	1,9	1,8
RCA_CNRM-CM5	2,1	1,7	1,1	1,5	1,3	1,6	2,1	1,8	2,1	1,6	2,2	1,6	1,7
RCA_EC_EARTH	1,9	1,7	1,9	1,7	1,7	2,4	2,9	3,1	3,0	2,2	1,1	1,9	2,1
RCA_HadGEM2-ES	2,9	1,6	1,8	2,3	2,8	2,8	3,9	3,5	3,7	3,3	2,5	3,4	2,9
REMO	1,9	1,3	1,0	1,2	0,9	0,8	3,0	3,1	2,5	1,9	1,6	1,1	1,7
min	1,0	1,2	0,9	0,8	0,9	0,8	1,7	1,5	2,0	1,4	1,1	1,1	1,6
med	2,1	1,6	1,8	1,5	1,5	1,6	2,7	3,1	2,6	1,9	2,0	1,8	1,8
max	2,9	2,2	2,3	2,3	2,8	2,8	4,0	4,1	3,7	3,3	2,5	3,4	2,9

T° - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°C)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM MPI-ESM-LR	1,2	0,6	0,6	0,5	1,1	0,6	1,4	2,2	1,7	1,4	1,1	0,8	1,1
CNRM Aladin	0,9	0,9	1,0	1,4	1,7	1,2	1,8	2,1	1,8	1,5	1,6	1,3	1,4
HIRHAM	1,0	0,8	1,0	0,6	0,6	1,4	1,2	1,8	1,1	0,9	1,5	1,2	1,2
IPSL WRF	1,0	0,9	1,1	0,4	0,7	1,0	1,0	0,9	1,6	1,3	1,6	0,6	1,0
RACMO	1,0	0,2	0,5	1,3	0,9	1,5	2,2	1,7	1,9	1,6	1,7	0,8	1,3
RCA_CNRM-CM5	1,1	1,1	0,5	1,3	0,7	0,6	1,1	0,8	0,8	1,0	1,2	0,7	0,9
RCA_EC_EARTH	1,3	1,1	1,1	1,0	0,8	1,9	2,1	1,8	1,6	1,6	1,0	1,9	1,4
RCA_HadGEM2-ES	1,7	1,6	1,5	1,3	1,4	1,5	2,1	2,9	2,5				



Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for Moyennes - 4.5 - HP. Includes models like CCLM, CNRM, HIRHAM, etc.

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for Moyennes - 4.5 - HL. Includes models like CCLM, CNRM, HIRHAM, etc.

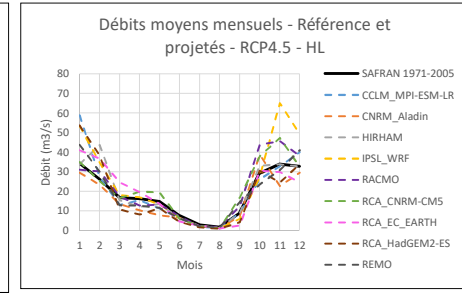
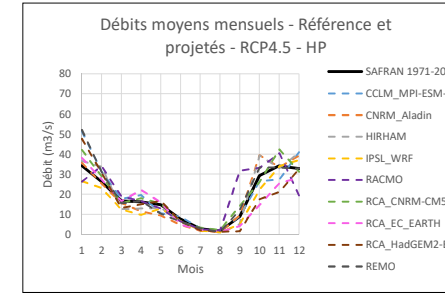


Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for Moyennes - 8.5 - HP. Includes models like CCLM, CNRM, HIRHAM, etc.

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for Moyennes - 8.5 - HL. Includes models like CCLM, CNRM, HIRHAM, etc.

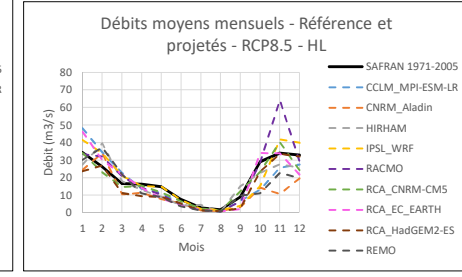
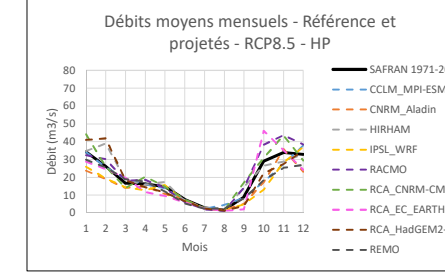


Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for 5 ans sec - 4.5 - HP. Includes models like CCLM, CNRM, HIRHAM, etc.

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for 5 ans sec - 4.5 - HL. Includes models like CCLM, CNRM, HIRHAM, etc.

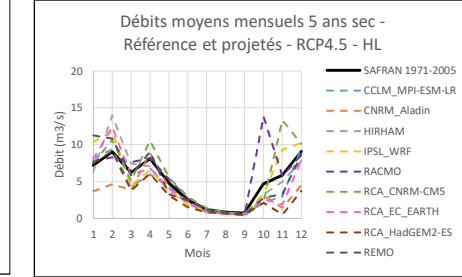
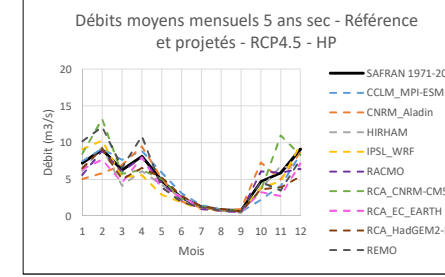
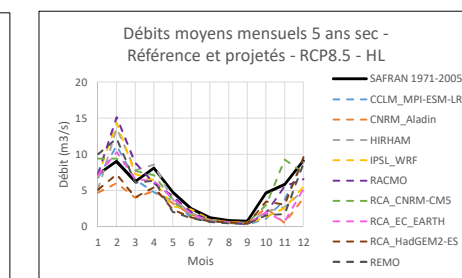
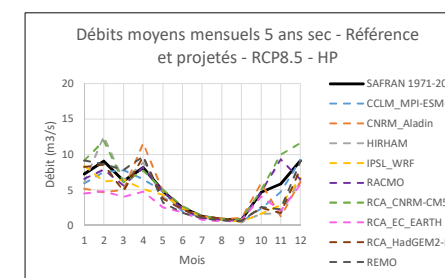
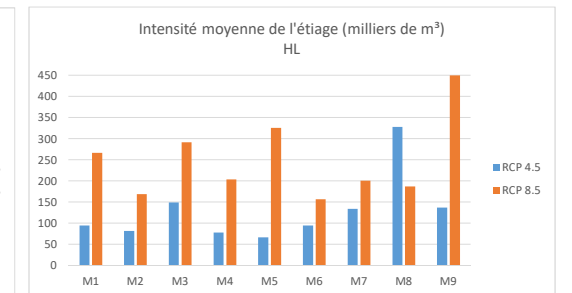
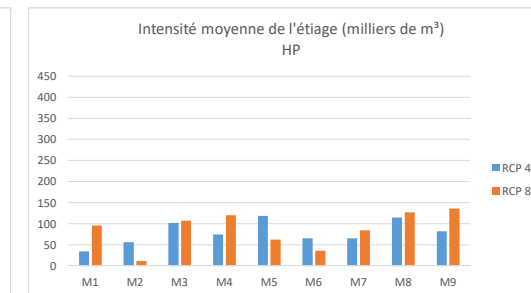
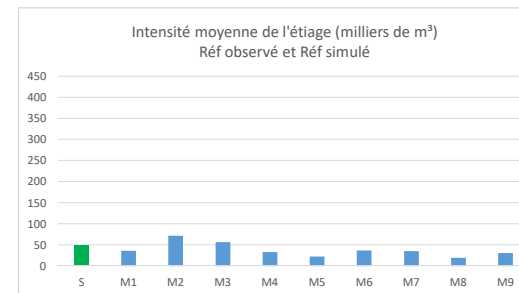
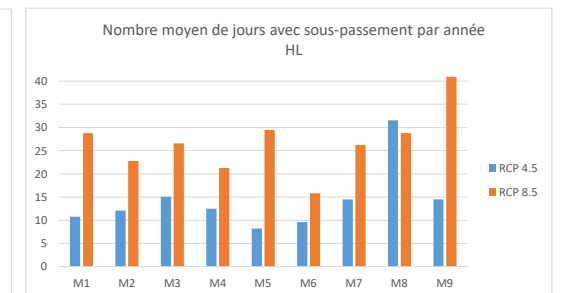
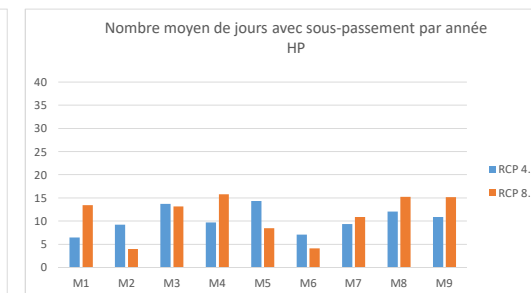
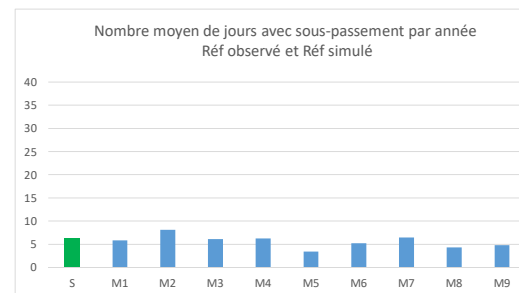
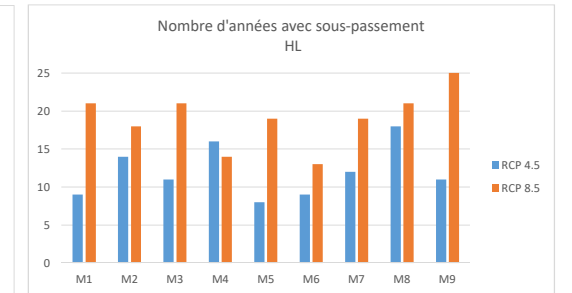
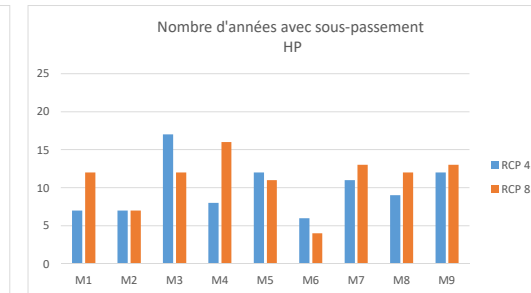
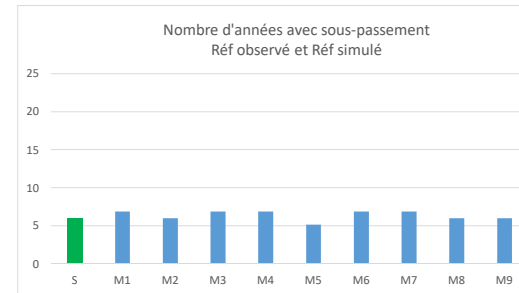


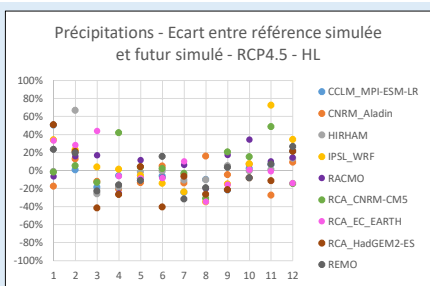
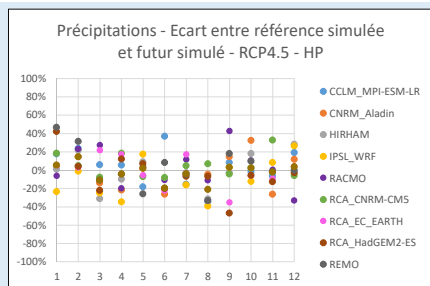
Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for 5 ans sec - 8.5 - HP. Includes models like CCLM, CNRM, HIRHAM, etc.

Table with 13 columns (months) and 13 rows (models) for 5 ans sec - 8.5 - HL. Includes models like CCLM, CNRM, HIRHAM, etc.



	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Scénario - Période	Climat obs (1971-2005)	Sim climat obs (1971-2005)											
Modèle	SAFRAN	CCLM_MP I-ESM-LR	CNRM_AI adin	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNRM-CM5	RCA_EC_E ARTH	RCA_Had GEM2-ES	REMO	min	med	max
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	6	7	6	7	7	5	7	7	6	6	5	7	7
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	6	6	8	6	6	3	5	6	4	5	3	6	8
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	49	36	72	57	33	23	37	36	19	31	19	36	72
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		7	7	17	8	12	6	11	9	12	6	9	17
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		6	9	14	10	14	7	9	12	11	6	10	14
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		35	57	102	75	119	66	66	115	82	35	75	119
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2021-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		9	14	11	16	8	9	12	18	11	8	11	18
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		11	12	15	12	8	10	15	32	15	8	12	32
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		95	82	149	78	66	94	134	328	137	66	95	328
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		12	7	12	16	11	4	13	12	13	4	12	16
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		13	4	13	16	8	4	11	15	15	4	13	16
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		96	12	108	120	63	36	85	127	136	12	96	136
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		21	18	21	14	19	13	19	21	25	13	19	25
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		29	23	27	21	30	16	26	29	41	16	27	41
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		267	168	292	204	325	157	201	187	450	157	204	450





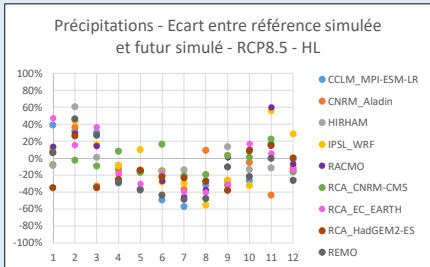
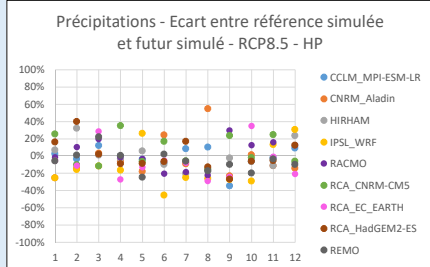
Evolution possible du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)

Précipitations - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)	144	100	88	120	117	77	44	75	157	217	158	158	1455
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)													
CCLM MPI-ESM-LR	18%	24%	6%	5%	-18%	37%	-16%	-34%	8%	-2%	-6%	19%	3%
CNRM Aladin	4%	15%	-14%	-22%	2%	-26%	-4%	5%	14%	32%	-26%	12%	-1%
HIRHAM	1%	22%	-31%	-10%	9%	-20%	-3%	-32%	-3%	18%	-2%	28%	1%
IPSL WRF	-23%	-1%	-25%	-35%	17%	-20%	-16%	-39%	3%	-12%	8%	27%	-9%
RACMO	-6%	23%	27%	-20%	4%	-11%	12%	-11%	43%	10%	0%	-33%	3%
RCA CNRM-CMS	18%	5%	-8%	18%	-7%	-8%	5%	7%	-4%	2%	33%	-6%	4%
RCA EC_EARTH	5%	3%	22%	17%	-5%	-22%	17%	-21%	-35%	-6%	-10%	4%	-4%
RCA HadGEM2-ES	42%	4%	-22%	12%	7%	-20%	-7%	-7%	-47%	-6%	-13%	-3%	-6%
REMO	47%	31%	-11%	-4%	-26%	8%	-5%	-33%	18%	10%	-2%	0%	4%
min	-23%	-1%	-31%	-35%	-26%	-26%	-16%	-39%	-47%	-12%	-26%	-33%	-9%
med	5%	15%	-11%	-4%	2%	-20%	-4%	2%	2%	2%	-2%	4%	1%
max	47%	31%	27%	18%	17%	37%	17%	7%	43%	32%	33%	28%	4%

Précipitations - 4.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)	144	100	88	120	117	77	44	75	157	217	158	158	1455
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)													
CCLM MPI-ESM-LR	50%	1%	-18%	-6%	-9%	-6%	-24%	-10%	-22%	3%	7%	22%	2%
CNRM Aladin	-18%	13%	-12%	-21%	-14%	5%	-14%	16%	-5%	7%	-27%	9%	-6%
HIRHAM	-1%	67%	-26%	-19%	-1%	-1%	-11%	-11%	5%	0%	1%	13%	1%
IPSL WRF	34%	23%	4%	1%	-6%	-14%	-24%	-35%	-15%	7%	72%	34%	12%
RACMO	-7%	16%	17%	-26%	12%	-8%	6%	-20%	17%	34%	10%	14%	8%
RCA CNRM-CMS	-2%	5%	-13%	42%	4%	2%	-3%	-31%	21%	15%	49%	-15%	8%
RCA EC_EARTH	33%	28%	44%	-6%	-9%	-8%	10%	-35%	-16%	1%	-1%	-14%	1%
RCA HadGEM2-ES	51%	21%	-42%	-27%	4%	-40%	-6%	-26%	-21%	3%	-8%	7%	-9%
REMO	23%	19%	-23%	-16%	-11%	-11%	-16%	-32%	-19%	3%	8%	7%	27%
min	-18%	1%	-42%	-27%	-14%	-40%	-32%	-35%	-22%	8%	-27%	-15%	-9%
med	23%	19%	-13%	-16%	-6%	-6%	-11%	-20%	-5%	3%	7%	14%	1%
max	51%	67%	44%	42%	12%	16%	10%	16%	21%	34%	72%	34%	12%

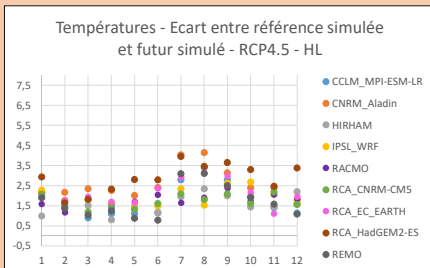
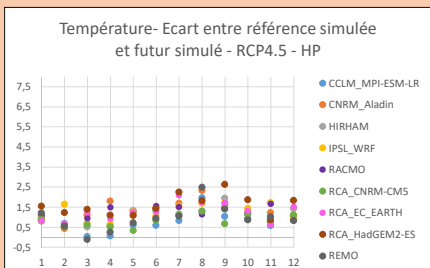


Précipitations - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)	144	100	88	120	117	77	44	75	157	217	158	158	1455
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)													
CCLM MPI-ESM-LR	2%	-3%	12%	0%	-4%	-8%	9%	10%	-34%	-6%	-2%	9%	-3%
CNRM Aladin	-25%	-14%	3%	-6%	-18%	25%	-9%	55%	-23%	1%	-11%	-14%	-8%
HIRHAM	7%	32%	1%	-3%	6%	-10%	-20%	-17%	-2%	6%	-11%	24%	1%
IPSL WRF	-25%	-16%	-11%	-16%	26%	-45%	-25%	-26%	-27%	-29%	13%	31%	-12%
RACMO	-1%	10%	20%	-1%	-3%	-20%	-18%	-3%	30%	13%	16%	13%	7%
RCA CNRM-CMS	25%	-10%	-11%	35%	-6%	17%	-6%	-15%	24%	-2%	25%	-6%	6%
RCA EC_EARTH	-5%	-11%	29%	-27%	-13%	-5%	-8%	-29%	-24%	35%	-1%	-20%	-5%
RCA HadGEM2-ES	16%	40%	2%	-9%	-8%	-6%	17%	-13%	-27%	-6%	-5%	13%	-2%
REMO	-6%	1%	22%	1%	-25%	2%	-6%	-17%	-10%	-20%	-3%	-10%	-7%
min	-25%	-16%	-11%	-27%	-25%	-45%	-25%	-29%	-34%	-29%	-11%	-20%	-12%
med	-1%	-3%	3%	-3%	-6%	-6%	-8%	-17%	-23%	-6%	-2%	9%	-3%
max	25%	40%	29%	35%	26%	25%	17%	55%	30%	35%	25%	31%	7%

Précipitations - 8.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)	144	100	88	120	117	77	44	75	157	217	158	158	1455
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)													
CCLM MPI-ESM-LR	39%	31%	30%	-29%	-16%	-49%	-57%	-31%	-27%	-26%	17%	16%	-7%
CNRM Aladin	-8%	36%	-33%	-13%	-15%	-15%	-37%	9%	-32%	-5%	-43%	-11%	-15%
HIRHAM	-8%	61%	1%	-8%	-36%	-16%	-14%	-27%	13%	-14%	-12%	-1%	-6%
IPSL WRF	11%	44%	16%	-9%	10%	-28%	-29%	-55%	-26%	-32%	56%	29%	2%
RACMO	14%	29%	15%	-15%	-15%	-27%	-46%	-37%	1%	10%	60%	7%	4%
RCA CNRM-CMS	7%	-2%	-9%	8%	-17%	16%	-21%	-19%	3%	1%	22%	-16%	-1%
RCA EC_EARTH	47%	15%	37%	-18%	-30%	-20%	-39%	-40%	-31%	17%	6%	-14%	-3%
RCA HadGEM2-ES	-35%	26%	-35%	-25%	-14%	-22%	-23%	-38%	8%	15%	0%	-15%	-1%
REMO	7%	46%	27%	-28%	-38%	-43%	-48%	-10%	-22%	0%	26%	-13%	1%
min	-35%	-2%	-35%	-29%	-38%	-49%	-57%	-55%	-38%	-32%	-43%	-26%	-15%
med	7%	31%	15%	-18%	-16%	-22%	-37%	-31%	-26%	-5%	15%	-11%	-6%
max	47%	61%	37%	8%	10%	16%	-14%	9%	13%	17%	60%	29%	4%



T° - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°C)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)	4	4	7	9	14	18	21	20	16	12	7	5	11
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°C)													
CCLM MPI-ESM-LR	1.1	0.7	0.0	0.1	0.6	0.6	0.8	2.0	1.0	0.9	0.6	0.9	0.8
CNRM Aladin	0.8	0.4	1.1	1.8	1.3	1.4	1.7	2.3	1.5	1.2	1.2	1.1	1.3
HIRHAM	0.8	0.5	0.5	0.6	1.3	1.3	1.1	1.3	1.9	1.2	0.8	1.4	1.1
IPSL WRF	1.0	1.6	0.7	0.7	1.2	1.0	1.5	1.7	1.4	1.7	1.0	1.3	1.3
RACMO	1.1	0.6	0.9	1.5	1.2	1.5	1.5	1.1	1.7	1.2	1.7	0.8	1.2
RCA CNRM-CMS	0.9	0.5	0.6	0.5	0.3	0.8	1.1	1.3	0.7	1.1	0.7	1.1	0.8
RCA EC_EARTH	0.8	0.7	1.2	0.9	1.2	1.3	2.1	1.7	1.7	1.3	0.6	1.5	1.3
RCA HadGEM2-ES	1.5	1.2	1.4	1.1	1.1	1.4	2.2	1.8	2.6	1.9	0.9	1.8	1.6
REMO	1.2	0.5	-0.1	0.2	0.7	0.9	1.0	2.5	1.4	0.8	1.0	0.8	0.9
min	0.8	0.4	-0.1	0.1	0.3	0.6	0.8	1.1	0.7	0.8	0.6	0.8	0.8
med	1.0	0.6	0.7	0.7	1.2	1.3	1.5	1.7	1.7	1.2	0.9	1.1	1.2
max	1.5	1.6	1.4	1.8	1.3	1.5	2.2	2.5	2.6	1.9	1.7	1.8	1.6

T° - 4.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (°C)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)	4	4	7	9	14	18	21	20	16	12	7	5	11
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°C)													
CCLM MPI-ESM-LR	2.1	1.4	0.9	1.1	1.1	1.2	2.8	3.4	2.8	2.0	1.4	1.1	1.8
CNRM Aladin	2.2	2.2	2.3	2.2	2.0	2.4	4.0	4.1	3.1	2.4	2.4	1.6	2.6
HIRHAM	1.0	1.5	1.5	0.8	1.5	1.1	1.9	2.3	2.0	1.4	1.4	2.2	1.6
IPSL WRF	2.3	1.8	1.8	1.6	1.5	1.5	2.3	1.5	2.6	2.7	2.1	1.8	1.9
RACMO	1.6	1.2	1.8	1.4	1.7	2.0	1.6	1.9	2.4	1.7	2.1	1.8	1.8
RCA CNRM-CMS	2.1	1.7	1.2	1.5	1.3	1.6	2.1	1.8	2.1	1.6	2.2	1.6	1.7
RCA EC_EARTH	1.9	1.8	1.9	1.7	1.7	2.4	2.9	3.1	3.0	2.2	1.1	1.9	2.1
RCA HadGEM2-ES	2.9	1.6	1.8	2.3	2.8	3.9	3.4	3.6	3.3	2.5	3.4	2.9	
REMO	1.9	1.4	1.0	1.2	0.9	0.8	3.1	3.1	2.5	1.9	1.6	1.1	1.7
min	1.0</												



Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

Table with 13 columns: Moyennes - 4.5 - HP, janv, févr, mars, avr, mai, juin, juil, août, sept, oct, nov, déc, annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models (CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA, REMO).

Table with 13 columns: moyenne - 4.5 - HL, janv, févr, mars, avr, mai, juin, juil, août, sept, oct, nov, déc, annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models.

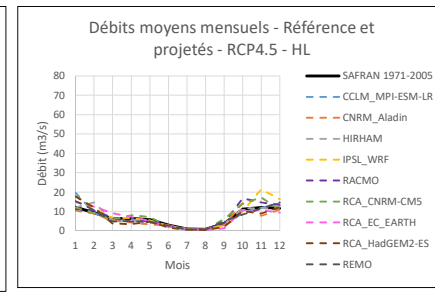
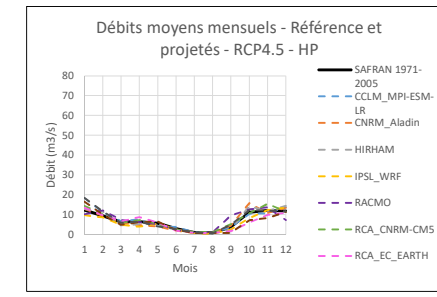


Table with 13 columns: Moyennes - 8.5 - HP, janv, févr, mars, avr, mai, juin, juil, août, sept, oct, nov, déc, annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models.

Table with 13 columns: Moyennes - 8.5 - HL, janv, févr, mars, avr, mai, juin, juil, août, sept, oct, nov, déc, annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models.

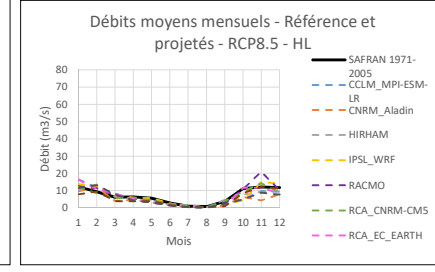
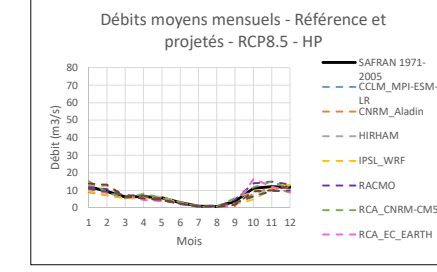


Table with 13 columns: 5 ans sec - 4.5 - HP, janv, févr, mars, avr, mai, juin, juil, août, sept, oct, nov, déc, annuel, VCN 10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models.

Table with 13 columns: 5 sec - 4.5 - HL, janv, févr, mars, avr, mai, juin, juil, août, sept, oct, nov, déc, annuel, VCN 10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models.

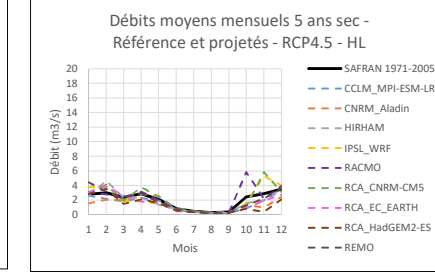
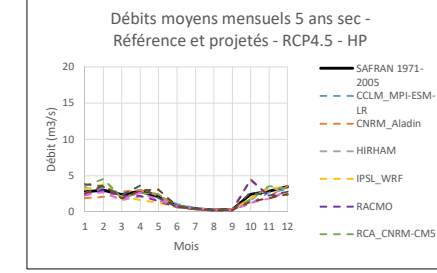
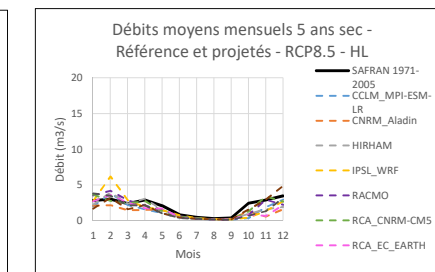
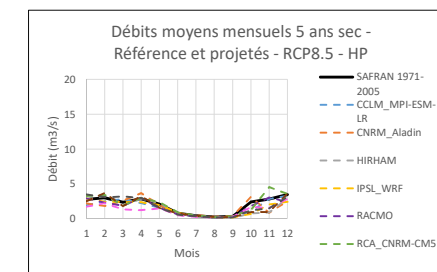
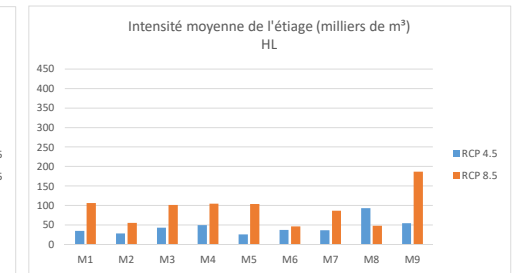
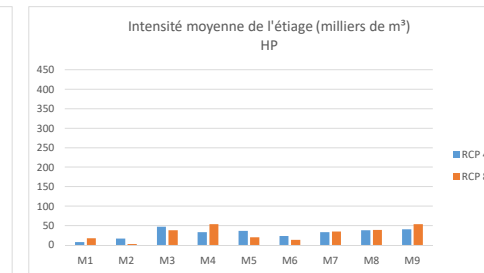
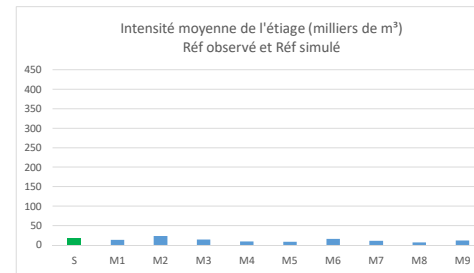
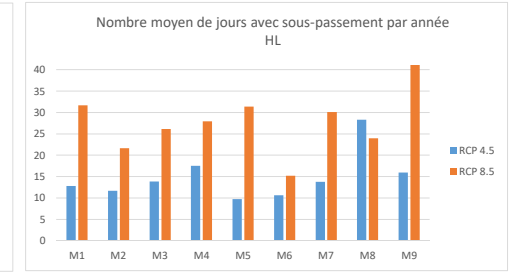
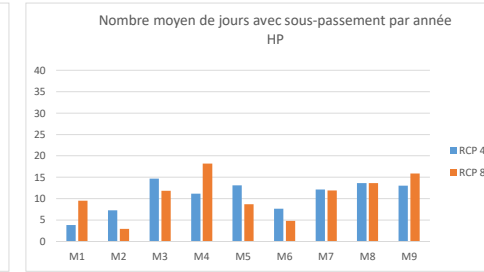
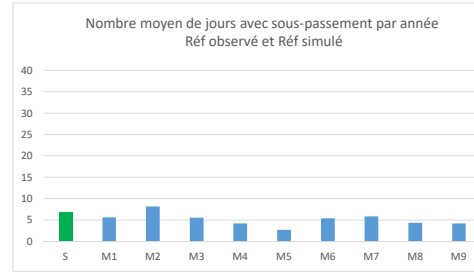
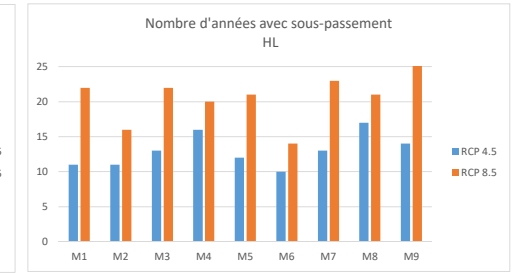
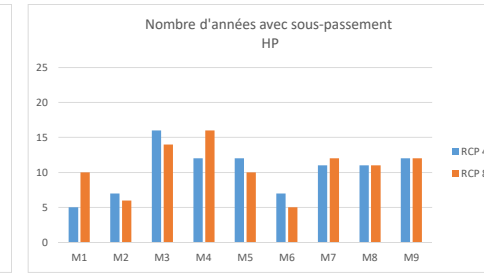
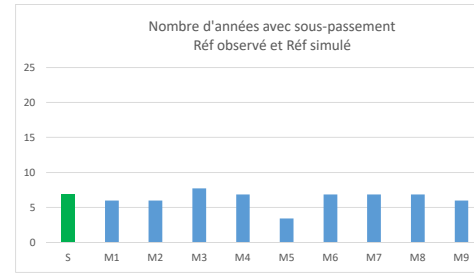


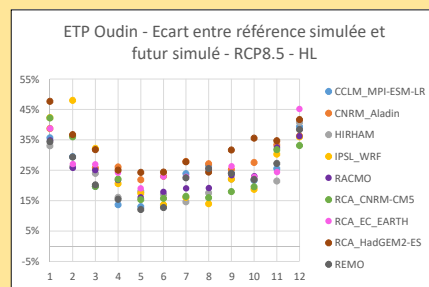
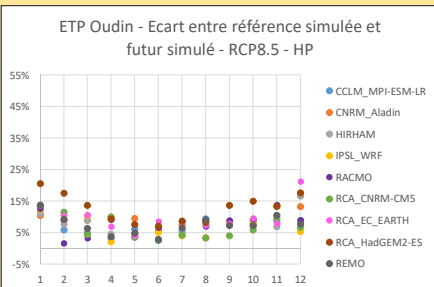
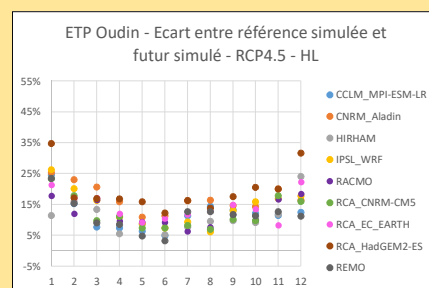
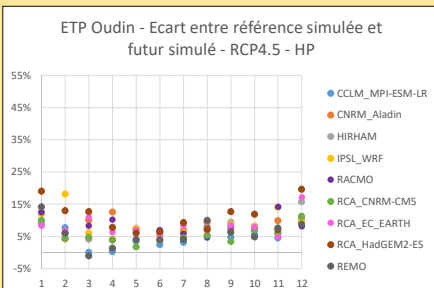
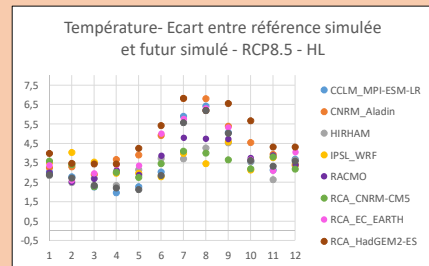
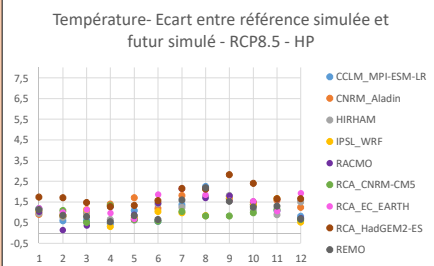
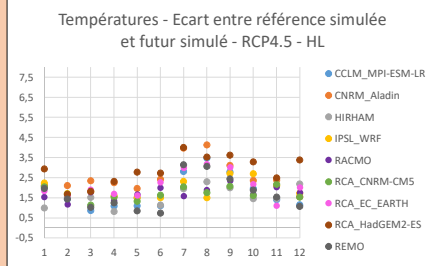
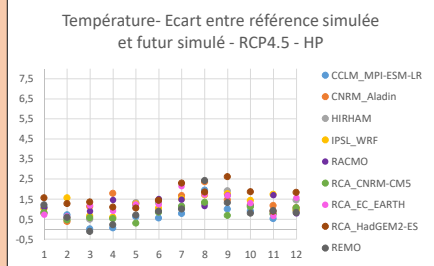
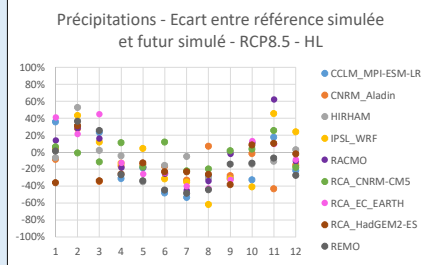
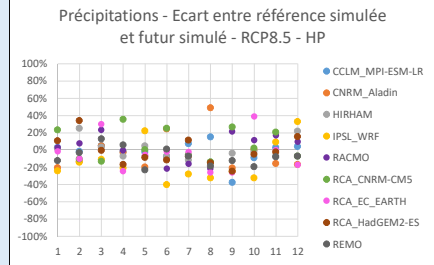
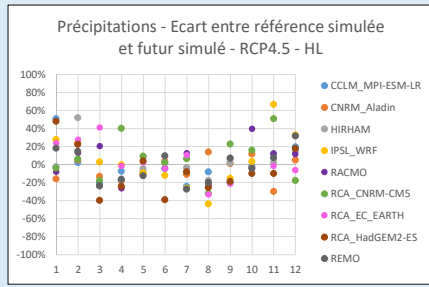
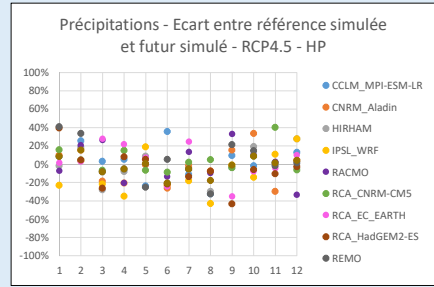
Table with 13 columns: 5 ans sec - 8.5 - HP, janv, févr, mars, avr, mai, juin, juil, août, sept, oct, nov, déc, annuel, VCN 10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models.

Table with 13 columns: 5 ans sec - 8.5 - HL, janv, févr, mars, avr, mai, juin, juil, août, sept, oct, nov, déc, annuel, VCN 10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models.



	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Scénario - Période	Climat obs (1971-2005)												
Modèle	SAFRAN	CCLM_MP I-ESM-LR	CNRM_Ai adin	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNRM-CM5	RCA_EC_EARTH	RCA_HadGEM2-ES	REMO	min	med	max
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	7	6	6	8	7	3	7	7	7	6	3	7	8
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	7	6	8	6	4	3	5	6	4	4	3	5	8
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	16	13	23	14	9	9	16	11	7	11	7	11	23
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		5	7	16	12	12	7	11	11	12	5	11	16
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		4	7	15	11	13	8	12	14	13	4	12	15
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		8	16	47	33	36	23	33	38	41	8	33	47
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2071-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		11	11	13	16	12	10	13	17	14	10	13	17
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		13	12	14	18	10	11	14	28	16	10	14	28
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		34	28	43	50	25	37	37	93	55	25	37	93
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		10	6	14	16	10	5	12	11	12	5	11	16
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		10	3	12	18	9	5	12	14	16	3	12	18
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		18	3	38	54	20	14	35	39	54	3	35	54
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		22	16	22	20	21	14	23	21	26	14	21	26
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		32	22	26	28	31	15	30	24	44	15	28	44
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		106	55	101	105	104	46	87	48	187	46	101	187





Evolutions possibles du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)

Précipitations - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM_MPI-ESM-LR	8%	25%	3%	5%	-24%	36%	-11%	-33%	9%	-2%	2%	13%	3%
CNRM Aladin	10%	15%	-19%	-21%	-1%	-26%	-2%	-7%	15%	34%	-30%	4%	-2%
HIRHAM	-2%	18%	-28%	-8%	9%	-21%	-6%	-30%	-4%	19%	1%	28%	1%
IPSL_WRF	-23%	4%	-22%	-35%	19%	-23%	-18%	-43%	-1%	-14%	11%	27%	-9%
RACMO	-7%	21%	26%	-20%	0%	-14%	13%	-10%	33%	11%	3%	-33%	1%
RCA_CNRM-CMS	16%	4%	-7%	15%	-7%	-9%	2%	5%	-4%	9%	40%	-6%	5%
RCA_EC_EARTH	1%	3%	28%	22%	7%	-24%	25%	-18%	-35%	-8%	-4%	10%	-1%
RCA_HadGEM2-ES	39%	4%	-26%	8%	5%	-22%	-14%	-8%	-43%	-6%	-10%	-3%	-6%
REMO	41%	33%	-9%	-5%	-25%	5%	-5%	-33%	21%	15%	-2%	1%	5%
min	-23%	3%	-28%	-35%	-25%	-26%	-18%	-43%	-4%	-30%	-33%	-9%	
med	8%	15%	-9%	-5%	0%	-21%	-5%	-18%	-1%	9%	1%	4%	1%
max	41%	33%	28%	22%	19%	36%	25%	5%	33%	34%	40%	28%	5%

Précipitations - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM_MPI-ESM-LR	3%	-1%	5%	-2%	-2%	-8%	7%	15%	-37%	-9%	3%	4%	-3%
CNRM Aladin	-20%	-13%	5%	-2%	-20%	25%	-7%	49%	-21%	0%	-16%	11%	-8%
HIRHAM	2%	25%	3%	-7%	5%	-7%	-12%	-14%	-4%	-2%	-7%	22%	1%
IPSL_WRF	-24%	-14%	-11%	-21%	22%	-40%	-28%	-32%	-25%	-32%	9%	33%	-13%
RACMO	3%	8%	24%	0%	-7%	-21%	-16%	-21%	12%	22%	17%	10%	6%
RCA_CNRM-CMS	23%	-11%	-13%	36%	1%	25%	-6%	-14%	27%	2%	21%	-7%	7%
RCA_EC_EARTH	-1%	-10%	30%	-24%	-5%	-2%	-2%	-26%	-26%	39%	0%	-17%	-2%
RCA_HadGEM2-ES	11%	34%	0%	-17%	-9%	-11%	11%	-15%	-25%	-5%	-2%	15%	-2%
REMO	-12%	-3%	13%	6%	-23%	1%	-7%	-19%	-12%	-19%	-8%	-7%	-9%
min	-24%	-14%	-13%	-24%	-23%	-40%	-28%	-32%	-37%	-32%	-16%	-17%	-13%
med	2%	-3%	5%	-2%	-5%	-7%	-7%	-15%	-21%	-2%	0%	4%	-2%
max	23%	34%	30%	36%	22%	25%	11%	49%	27%	39%	21%	33%	7%

T° - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM_MPI-ESM-LR	1,1	0,7	0,0	0,1	0,6	0,6	0,8	1,9	1,0	0,9	0,5	0,9	0,8
CNRM Aladin	0,8	0,4	1,1	1,8	1,3	1,4	1,7	2,3	1,5	1,2	1,2	1,1	1,3
HIRHAM	0,8	0,6	0,5	0,6	1,3	1,3	1,1	1,3	1,9	1,2	0,8	1,4	1,1
IPSL_WRF	1,0	1,6	0,7	0,6	1,2	1,0	1,5	1,7	1,8	1,4	1,7	0,9	1,3
RACMO	1,1	0,6	0,9	1,5	1,2	1,5	1,5	1,1	1,7	1,2	1,7	0,8	1,2
RCA_CNRM-CMS	0,8	0,5	0,6	0,5	0,3	0,8	1,1	1,3	0,7	1,1	0,8	1,1	0,8
RCA_EC_EARTH	0,7	0,6	1,2	0,9	1,2	1,2	2,1	1,7	1,7	1,3	0,6	1,6	1,3
RCA_HadGEM2-ES	1,6	1,3	1,4	1,1	1,1	1,4	2,3	1,8	2,6	1,9	0,9	1,8	1,6
REMO	1,2	0,6	-0,1	0,2	0,7	0,9	1,0	2,4	1,3	0,8	0,9	0,8	0,9
min	0,7	0,4	-0,1	0,1	0,3	0,6	0,8	1,1	0,7	0,8	0,5	0,8	0,8
med	1,0	0,6	0,7	0,6	1,2	1,2	1,5	1,7	1,7	1,2	0,9	1,1	1,2
max	1,6	1,6	1,4	1,8	1,3	1,5	2,3	2,4	2,6	1,9	1,7	1,8	1,6

T° - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM_MPI-ESM-LR	1,2	0,6	0,6	0,4	1,1	0,6	1,4	2,2	1,6	1,3	1,1	0,8	1,1
CNRM Aladin	0,9	0,8	1,0	1,4	1,7	1,2	1,8	2,1	1,8	1,5	1,6	1,2	1,4
HIRHAM	0,9	0,8	1,0	0,6	0,6	1,4	1,2	1,7	1,8	1,1	0,9	1,5	1,1
IPSL_WRF	1,0	0,8	1,1	0,3	0,7	1,0	1,0	0,8	1,6	1,4	1,6	0,5	1,0
RACMO	1,0	0,1	0,4	1,3	0,9	1,4	2,1	1,7	1,8	1,5	1,6	0,7	1,2
RCA_CNRM-CMS	1,1	1,1	0,5	1,3	0,6	0,6	1,0	0,8	0,8	1,0	1,1	0,6	0,9
RCA_EC_EARTH	1,2	1,0	1,1	1,0	0,7	1,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,1	1,9	1,4
RCA_HadGEM2-ES	1,7	1,7	1,5	1,3	1,3	1,6	2,1	2,1	2,8	2,4	1,7	1,7	1,8
REMO	1,1	0,8	0,8	0,5	0,8	0,6	1,6	2,2	1,5	1,2	1,3	0,7	1,1
min	0,9	0,1	0,4	0,3	0,6	0,6	1,0	0,8	0,8	1,0	0,9	0,5	0,9
med	1,1	0,8	1,0	1,0	0,8	1,2	1,6	1,8	1,6	1,4	1,3	0,8	1,1
max	1,7	1,7	1,5	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,8	2,4	1,7	1,9	1,8

ETP - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM_MPI-ESM-LR	12%	8%	0%	0%	3%	2%	3%	8%	5%	6%	4%	10%	4%
CNRM Aladin	9%	4%	10%	13%	7%	7%	7%	9%	7%	7%	10%	11%	8%
HIRHAM	9%	6%	4%	4%	7%	6%	4%	5%	9%	7%	6%	16%	6%
IPSL_WRF	12%	18%	6%	4%	7%	5%	6%	7%	9%	8%	14%	10%	7%
RACMO	12%	6%	8%	10%	7%	7%	6%	5%	8%	7%	14%	8%	7%
RCA_CNRM-CMS	10%	4%	5%	4%	2%	4%	5%	3%	7%	6%	11%	4%	4%
RCA_EC_EARTH	8%	7%	11%	6%	7%	6%	8%	7%	8%	8%	5%	17%	8%
RCA_HadGEM2-ES	19%	13%	13%	8%	6%	6%	9%	7%	13%	12%	7%	20%	9%
REMO	14%	6%	-1%	1%	4%	4%	4%	10%	6%	5%	8%	9%	5%
min	8%	4%	-1%	0%	2%	2%	3%	5%	3%	5%	4%	8%	4%
med	12%	6%	6%	4%	7%	6%	6%	7%	8%	7%	7%	11%	7%
max	19%	18%	13%	13%	7%	7%	9%	10%	13%	12%	14%	20%	9%

ETP - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM_MPI-ESM-LR	13%	6%	5%	3%	6%	5%	9%	8%	8%	9%	9%	9%	6%
CNRM Aladin	10%	9%	9%	10%	9%	6%	7%	9%	8%	9%	13%	13%	8%
HIRHAM	11%	8%	9%	4%	3%	6%	5%	7%	9%	7%	7%	17%	6%
IPSL_WRF	12%	11%	10%	2%	4%	5%	4%	3%	8%	8%	13%	5%	6%
RACMO	13%	2%	3%	9%	5%	7%	9%	7%	9%	9%	14%	9%	7%
RCA_CNRM-CMS	13%	12%	4%	10%	4%	3%	4%	3%	4%	6%	9%	7%	5%
RCA_EC_EARTH	14%	10%	10%	7%	4%	8%	8%	7%	8%	9%	8%	21%	8%
RCA_HadGEM2-ES	20%	17%	14%	9%	8%	7%	9%	8%	14%	15%	13%	18%	10%
REMO	14%	9%	6%	4%	5%	3%	6%	9%	7%	7%	10%	8%	6%
min	10%	2%	3%	2%	3%	2%	4%	3%	4%	6%	7%	5%	5%
med	13%	9%	9%	7%	5%	6%	6%	7%	8%	8%	10%	9%	6%
max	20%	17%	14%	10%	9%	8%	9%	9%	14%	15%	14%	21%	10%

Précipitations - 4.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (mm)	janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
CCLM_MPI-ESM-LR	51%	2%	-20%	-8%	-8%	-5%	-24%	-8%	-21%	-2%	12%	19%	2%
CNRM Aladin	-16%	5%	-13%	-19%	-11%	4%	-11%	14%	1%	12%	-30%	5%	-6%
HIRHAM	-3%	52%	-24%	-17%	-5%	2%	-4%	-18%	2%	3%	2%	15%	0%
IPSL_WRF	28%	24%	3%	0%	-9%	-12%	-26%	-44%	-15%	3%	67%	33%	9%
RACMO	-8%	13%	20%	-27%	9%	-4%	13%	-23%	7%	40%	12%	11%	7%
RCA_CNRM-CMS	-4%	6%	-18%	40%	9%	2%	6%	-32%	23%	16%	51%	-18%	8%
RCA_EC_EARTH	23%	28%	41%	-2%	3%	-5%	10%	-33%	-21%	-5%	-2%	-6%	2%

L'Hérault à Laroque

Surface : 878 km²

Référence : 1976 - 2005

HP (Horizon Proche) : 2021-2050

HL (Horizon Lointain) : 2071-2100

Les résultats présentés sur cette fiche présentent de très fortes incertitudes. Il ne s'agit pas de prévisions mais d'indications d'évolutions possibles.

Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

Moyennes -4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		35	29	20	20	17	9	4	2	8	25	31	34	19	2	6
Δ entre Q5sim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	50%	17%	0%	17%	-33%	11%	7%	-15%	-10%	-13%	-4%	16%	2%	-26%	4%
	CNRM Aladin	9%	-1%	-12%	-24%	-28%	-33%	-29%	-26%	-15%	23%	-10%	7%	-6%	-27%	-6%
	HIRHAM	3%	21%	-24%	-19%	3%	-22%	-19%	-43%	-36%	25%	3%	22%	2%	-21%	-5%
	IPSL_WRF	-22%	-7%	-20%	-37%	-5%	-13%	-32%	-41%	-56%	-43%	-1%	14%	-17%	-42%	-13%
	RACMO	-21%	26%	12%	-9%	-13%	-22%	5%	7%	103%	7%	18%	-36%	-1%	-11%	2%
	RCA_CNRM-CMS	12%	10%	-5%	9%	-6%	-15%	8%	35%	43%	4%	41%	3%	9%	-4%	-4%
	RCA_EC_EARTH	7%	2%	9%	38%	30%	-25%	-10%	-3%	-55%	-53%	-22%	-5%	-4%	-1%	-12%
	RCA_HadGEM2-ES	26%	10%	-25%	-11%	6%	-20%	-25%	-17%	-71%	-41%	-39%	-7%	-14%	-26%	-13%
	REMO	45%	22%	-4%	1%	-23%	-21%	-7%	-23%	34%	18%	4%	0%	9%	-17%	2%
	min	-22%	-7%	-25%	-37%	-33%	-33%	-32%	-43%	-71%	-53%	-39%	-36%	-17%	-42%	-13%
med	9%	10%	-5%	-9%	-6%	-21%	-10%	-17%	-15%	4%	-1%	3%	-1%	-21%	-5%	
max	50%	26%	12%	38%	30%	11%	8%	35%	103%	25%	41%	22%	9%	-1%	4%	

moyenne -4.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		35	29	20	20	17	9	4	2	8	25	31	34	19	2	6
Δ entre Q5sim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	67%	3%	-24%	-7%	-22%	-13%	-29%	-22%	-36%	-28%	-4%	19%	2%	-28%	-8%
	CNRM Aladin	-16%	-17%	-20%	-29%	-35%	-5%	-20%	-24%	-28%	41%	-37%	-15%	-18%	-38%	-18%
	HIRHAM	-3%	39%	-12%	23%	-8%	-15%	-7%	-31%	-14%	-5%	-5%	1%	-3%	-19%	-4%
	IPSL_WRF	47%	27%	6%	0%	-11%	-14%	-33%	-39%	-41%	-24%	67%	33%	17%	-42%	2%
	RACMO	-7%	9%	10%	-24%	-9%	-7%	-7%	-5%	-21%	54%	26%	16%	8%	-19%	3%
	RCA_CNRM-CMS	-3%	-1%	-12%	23%	31%	-14%	-11%	-20%	38%	31%	51%	-3%	11%	-26%	4%
	RCA_EC_EARTH	11%	32%	41%	16%	7%	-24%	7%	-24%	70%	-25%	-23%	-15%	0%	-24%	-10%
	RCA_HadGEM2-ES	40%	30%	-35%	-42%	-21%	-42%	-38%	-44%	-59%	-10%	-28%	-5%	-13%	-39%	-17%
	REMO	22%	9%	-23%	-23%	-21%	-16%	-18%	-20%	38%	-21%	-7%	29%	-1%	-26%	-4%
	min	-16%	-17%	-35%	-42%	-35%	-42%	-38%	-44%	-70%	-28%	-37%	-15%	-18%	-42%	-18%
med	11%	9%	-12%	-23%	-11%	-14%	-18%	-24%	-28%	-10%	-5%	1%	0%	-26%	-4%	
max	67%	39%	41%	23%	31%	-5%	7%	-5%	38%	54%	67%	33%	17%	-19%	4%	

Moyennes -8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		35	29	20	20	17	9	4	2	8	25	31	34	19	2	6
Δ entre Q5sim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	0%	-2%	5%	-7%	-9%	-5%	-11%	66%	-31%	-42%	-17%	2%	-8%	-13%	-8%
	CNRM Aladin	-26%	-26%	-10%	-6%	-27%	10%	-15%	14%	-43%	-31%	-10%	-33%	-20%	-29%	-15%
	HIRHAM	-4%	26%	4%	-10%	13%	-12%	18%	-38%	80%	-6%	-4%	-5%	2%	-17%	-7%
	IPSL_WRF	-26%	-25%	-13%	-25%	3%	-16%	-31%	-30%	-37%	-16%	24%	2%	-23%	-33%	-19%
	RACMO	3%	12%	14%	14%	-12%	-19%	-30%	-27%	-15%	16%	12%	8%	-3%	-51%	-6%
	RCA_CNRM-CMS	22%	-4%	-14%	24%	9%	25%	-6%	3%	46%	17%	26%	-9%	9%	18%	4%
	RCA_EC_EARTH	-10%	-9%	-24%	-18%	-8%	-13%	-24%	-17%	60%	1%	-19%	-5%	-27%	-17%	-17%
	RCA_HadGEM2-ES	6%	33%	4%	-23%	-22%	-23%	-14%	-25%	-59%	-15%	-16%	4%	-7%	-32%	-8%
	REMO	-22%	-10%	3%	8%	-18%	-17%	-8%	19%	23%	-43%	-30%	-19%	-17%	-1%	-12%
	min	-26%	-26%	-14%	-25%	-27%	-23%	-31%	-38%	-71%	-66%	-30%	-33%	-23%	-35%	-19%
med	-4%	-4%	4%	-7%	-12%	-12%	-13%	-24%	-31%	-15%	-10%	-5%	-7%	-27%	-8%	
max	22%	33%	22%	24%	13%	25%	18%	66%	80%	60%	26%	12%	9%	18%	6%	

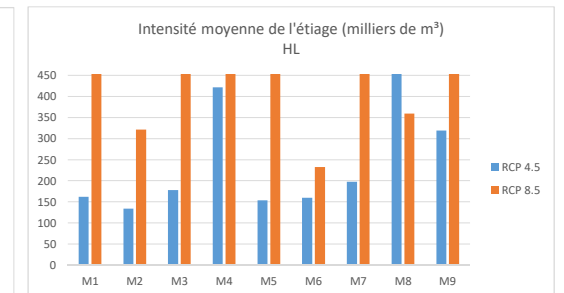
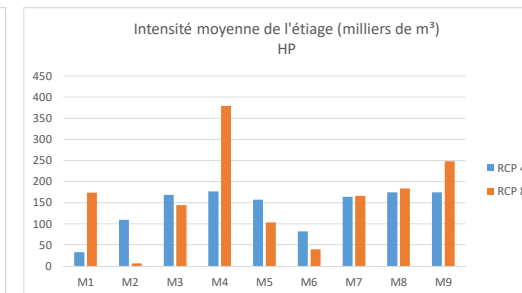
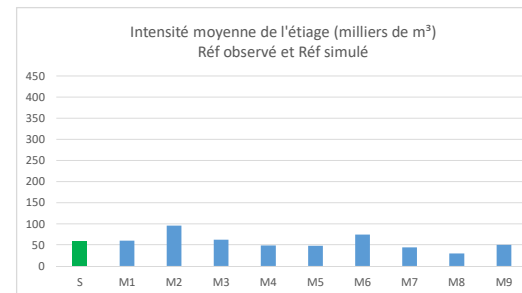
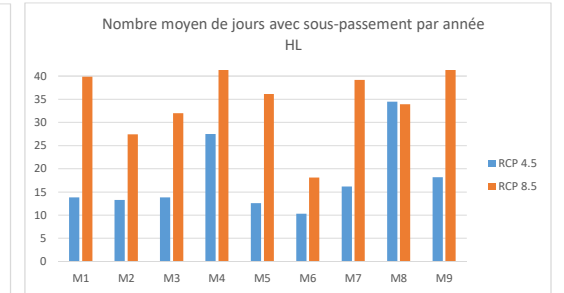
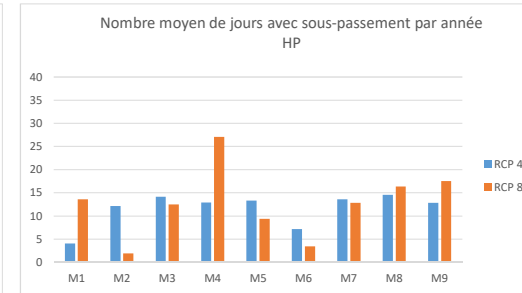
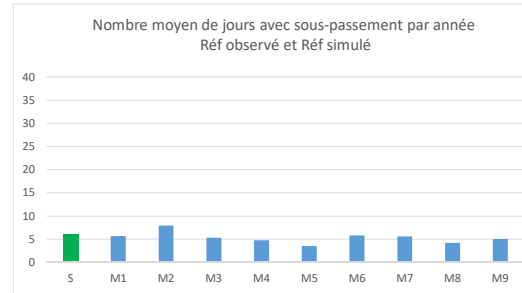
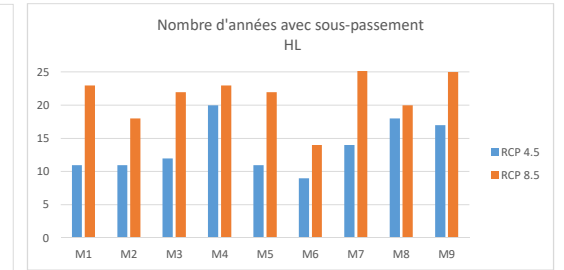
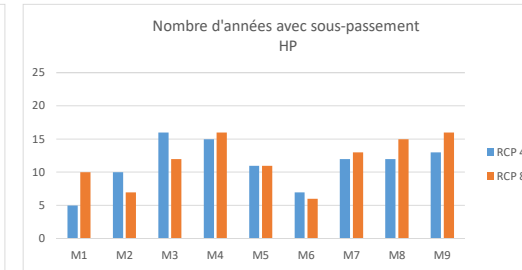
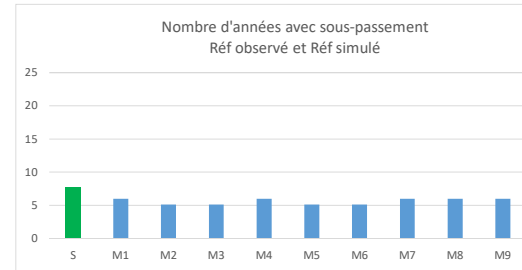
Moyennes -8.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		35	29	20	20	17	9	4	2	8	25	31	34	19	2	6
Δ entre Q5sim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	25%	21%	19%	-22%	-27%	-38%	-53%	-54%	-63%	-71%	-36%	-31%	-17%	-58%	-23%
	CNRM Aladin	-32%	11%	-40%	-30%	-43%	-28%	-53%	-39%	-69%	-54%	-68%	-43%	-36%	-51%	-35%
	HIRHAM	-18%	38%	2%	-17%	-30%	-41%	75%	-63%	-19%	-39%	-33%	-21%	-15%	-41%	-16%
	IPSL_WRF	4%	24%	18%	-13%	-9%	-15%	-34%	-44%	-73%	-77%	-11%	1%	-8%	-53%	-8%
	RACMO	1%	18%	22%	-14%	-30%	-41%	-47%	-46%	-10%	82%	12%	15%	3%	-51%	-6%
	RCA_CNRM-CMS	-6%	-9%	-15%	-3%	-19%	-15%	-22%	-33%	-16%	-22%	21%	-25%	-11%	-14%	-11%
	RCA_EC_EARTH	24%	23%	42%	-9%	-32%	-42%	-45%	-51%	-81%	-11%	-10%	-28%	-6%	-57%	-19%
	RCA_HadGEM2-ES	-37%	2%	-34%	-42%	-35%	-44%	-46%	-51%	-85%	-30%	-15%	-19%	-30%	-54%	-27%
	REMO	-19%	24%	18%	-27%	-39%	-48%	-52%	-55%	-63%	-56%	-41%	-43%	-26%	-51%	-22%
	min	-37%	-9%	-40%	-42%	-43%	-48%	-53%	-63%	-85%	-77%	-68%	-43%	-36%	-58%	-35%
med	-6%	21%	18%	-17%	-30%	-41%	-46%	-51%	-63%	-39%	-15%	-25%	-15%	-51%	-19%	
max	25%	38%	42%	-3%	-9%	-15%	75%	-33%	-16%	-10%	82%	1%	3%	-14%	-6%	

5 ans sec -4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		9	11	9	10	7	4	2	1	5	6	9	12	1	2	2
Δ entre Q5secsim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	-22%	6%	17%	0%	2%	34%	17%	-10%	-13%	-32%	28%	15%	12%	-5%	-13%
	CNRM Aladin	-32%	-8%	7%	11%	0%	-20%	11%	-10%	5%	150%	1%	-19%	4%	-13%	-15%
	HIRHAM	0%	-11%	-21%	-21%	-2%	-15%	-12%	-22%	-46%	-33%	38%	-17%	-6%	-27%	-30%
	IPSL_WRF	-5%	6%	7%	-29%	-32%	-21%	-24%	-21%	-24%	-40%	-25%	-4%	-2%	-26%	-34%
	RACMO	-14%	-5%	-1%	-13%	2%	-27%	-22%	-20%	-30%	71%	-15%	-25%	16%	-23%	-16%
	RCA_CNRM-CMS	9%	30%	-16%	-15%	-1%	-13%	-24%	-16%	-20%	-46%	42%	-5%	-11%	-10%	-18%
	RCA_EC_EARTH	-3%	-20%	-22%	10%	-10%	-19%	-3%	-12%	-41%	-42%	-34%	-32%	-17%	-24%	-10%
	RCA_HadGEM2-ES	-3%	4%	-11%	6%	29%	-9%	-1%	-13%	-31%	-31%	-56%	-7%	-7%	-24%	-27%
	REMO	-2%	24%	8%	25%	-7%	-21%	-17%	-22%	-9%	-7%	-36%	-17%	8%	-24%	-15%
	min	-32%	-20%	-22%	-29%	-32%	-27%	-24%	-22%	-46%	-46%	-56%	-32%	-17%	-27%	-34%
med	-3%	4%	-1%	0%	-1%	-19%	-12%	-16%	-24%	-32%	-15%	-17%	-2%	-24%	-16%	
max	9%	30%	17%	25%	29%	34%	17%	-10%	5%	150%	42%	15%	16%	-5%	-10%	

5 sec -4.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		9	11	9	10	7	4	2	1	5	6	9	12	1	2	2
Δ entre Q5secsim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	-22%	-17%	-16%	-35%	-5%	-7%	-10%	-26%	-43%	-50%	-38%	-16%	17%	-21%	-30%
	CNRM Aladin	-47%	-33%	-22%	7%	5%	-7%	2%	-10%	-16%	-33%	-73%	-37%	-24%	-21%	-32%
	HIRHAM	-17%	20%	6%	-13%	-27%	-16%	-19%	-20%	-33%	-53%	-22%	-30%	-9%	-21%	-22%
	IPSL_WRF	37%	9%	-6%	-17%	-20%	-22%	-15%	-34%	-47%	-64%	28%	11%	57%	-40%	-41%
	RACMO	11%	2%	-14%	17%	1%	-17%	-16%	-18%	-26%	70%	12%	12%	31%	-20%	-21%
	RCA_CNRM-CMS	-4%	16%	-31%	21%	3%	-6%	-10%	-15%	1%	-32%	113%	3%	-21%	-14%	-19%
	RCA_EC_EARTH	-2%	19%	-13%	-17%	-11%	-35%	-14%	-21%	-27%	-70%	-39%	-22%	-31%	-26%	-25%
	RCA_HadGEM2-ES	-34%	9%	-32%	-12%	-21%	-27%	-24%	-29%	-41%	-64%	-87%	-77%	-29%	-41%	-48%
	REMO	38%	6%	-3%	2%	-15%	-16%	-8%	-23%	-27%	-15%	-22%	-15%	7%	-32%	-26%
	min	-47%	-33%	-32%	-35%	-27%	-35%	-24%	-34%	-47%	-70%	-87%	-77%	-31%	-41%	-48%
med	-4%	6%	-14%	-12%	-11%	-16%	-14%	-21%	-27%	-50%	-22%	-16%	-9%	-21%	-26%	
max	38%	20%	6%	21%	5%	-6%	2%	-10%	1%	70%	113%	12%	57%	-14%	-19%	

5 ans sec -8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		9	11	9	10	7	4	2	1	5	6	9	12	1	2	2
Δ entre Q5secsim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	-31%	-18%	8%	-37%	-25%	-21%	-1%	-22%	-30%	-48%	-54%	-6%	-21%	-18%	-24%
	CNRM Aladin	-39%	-37%	-25%	44%	-6%	-13%	27%	12%	11%	39%	-71%	-30%	-21%	5%	-12%
	HIRHAM	1%	-9%	-13%	-10%	5%	-18%	-25%	-22%	-44%	-69%	-67%	-23%	-12%	-23%	-32%
	IPSL_WRF	4%	-23%	16%	-2%	-13%	-5%	-16%	-31%	-49%	-69%	-56%	-25%	7%	-36%	-42%
	RACMO	14%	5%	-22%	5%	-9%	-26%	-17%	-15%	-6%	-34%	13%	-6%	19%	-20%	-29%
	RCA_CNRM-CMS	11%	17%	-12%	1%	22%	10%	4%	-6%	17%	-9%	35%	18%	1%	1%	-1%
	RCA_EC_EARTH	-34%	-25%	-41%	-44%	-37%	-33%	-24%	-26%	-40%	-51%	-38%	-30%	-23%	-27%	-27%
	RCA_HadGEM2-ES	-14%	21%	-18%	11%	-27%	0%	6%	-12%	-28%	-56%	-60%	-8%	7%	-24%	-34%
	REMO	-5%	-													

	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Scénario - Période	Climat obs (1971-2005)	Sim climat obs (1971-2005)											
		SAFRAN	CCLM_MP I-ESM-LR	CNRM_AI adin	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNR M-CM5	RCA_EC_E ARTH	RCA_Had GEM2-ES	REMO	min	med
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	8	6	5	5	6	5	5	6	6	6	5	6	6
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	6	6	8	5	5	4	6	6	4	5	4	5	8
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	58	60	96	62	49	48	75	45	30	50	30	50	96
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		5	10	16	15	11	7	12	12	13	5	12	16
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		4	12	14	13	13	7	14	15	13	4	13	15
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		33	110	169	177	157	82	164	174	175	33	164	177
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2071-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		11	11	12	20	11	9	14	18	17	9	12	20
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		14	13	14	28	13	10	16	35	18	10	14	35
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³)		162	135	178	422	154	161	198	525	320	135	178	525
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		10	7	12	16	11	6	13	15	16	6	12	16
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		14	2	13	27	9	4	13	16	18	2	13	27
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		174	6	144	380	103	39	166	184	248	6	166	380
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		23	18	22	23	22	14	27	20	25	14	22	27
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		40	27	32	47	36	18	39	34	49	18	36	49
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		614	321	592	824	598	233	532	360	1006	233	592	1006

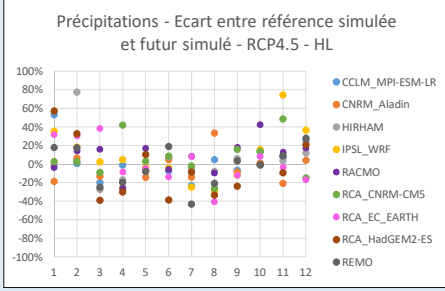
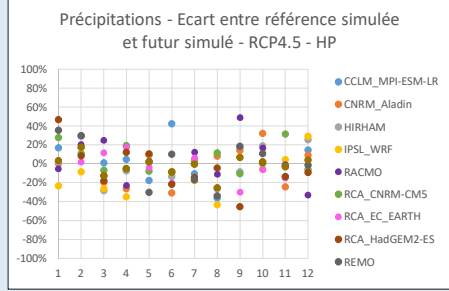


Référence : 1976 - 2005

HP (Horizon Proche) : 2021-2050

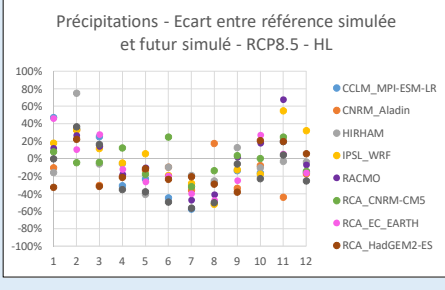
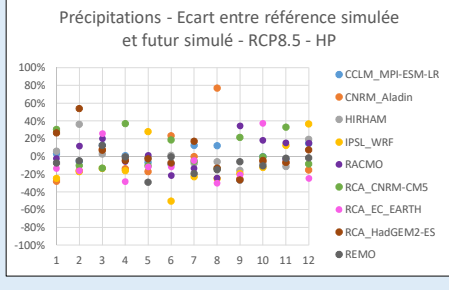
HL (Horizon Lointain) : 2071-2100

Evolutions possibles du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)



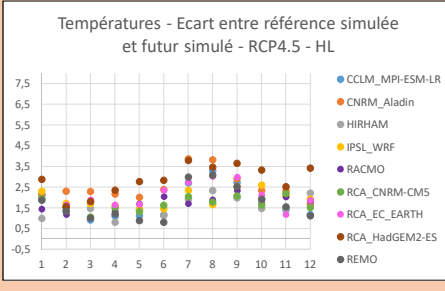
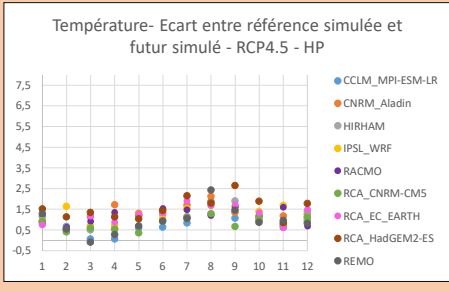
Précipitations - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		96	70	64	83	74	51	31	54	125	152	96	106	1001
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	17%	29%	1%	5%	-18%	42%	-11%	-36%	17%	2%	-14%	14%	3%
	CNRM Aladin	0%	18%	-20%	-26%	2%	-31%	0%	8%	14%	32%	-24%	9%	-1%
	HIRHAM	1%	29%	-28%	-7%	9%	-14%	0%	-26%	-8%	19%	-3%	25%	1%
	IPSL WRF	-24%	-8%	-26%	-35%	10%	-8%	-18%	-44%	7%	-5%	4%	29%	-9%
	RACMO	-5%	20%	25%	-23%	3%	-8%	12%	-11%	49%	17%	-1%	-33%	4%
	RCA CNRM-CMS	28%	11%	-7%	19%	-8%	-9%	4%	11%	-11%	0%	31%	-6%	4%
	RCA EC EARTH	3%	2%	12%	17%	-4%	-21%	6%	-25%	-30%	-6%	-15%	4%	-6%
	RCA HadGEM2-ES	47%	8%	-18%	12%	10%	-22%	-15%	-4%	-45%	2%	-14%	-9%	-6%
	REMO	35%	30%	-12%	-5%	-30%	10%	-17%	-34%	19%	11%	-2%	-1%	2%
	min	-24%	-8%	-28%	-35%	-30%	-31%	-18%	-44%	-6%	-24%	-33%	-9%	-9%
med	3%	18%	-12%	5%	2%	-9%	0%	-25%	7%	2%	-3%	4%	1%	
max	47%	30%	25%	19%	10%	42%	12%	11%	49%	32%	31%	29%	4%	

Précipitations - 4.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		96	70	64	83	74	51	31	54	125	152	96	106	1001
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	53%	0%	-20%	-1%	-7%	-7%	-23%	5%	-7%	14%	7%	25%	6%
	CNRM Aladin	-19%	6%	-13%	-26%	-14%	5%	-14%	33%	-9%	1%	-21%	4%	-8%
	HIRHAM	-1%	77%	-27%	-17%	-7%	8%	-5%	-8%	6%	0%	3%	12%	2%
	IPSL WRF	35%	18%	2%	5%	-4%	-4%	-25%	-29%	-12%	15%	74%	36%	13%
	RACMO	-4%	14%	16%	-26%	17%	-6%	8%	-10%	18%	42%	13%	17%	11%
	RCA CNRM-CMS	2%	2%	-9%	42%	3%	8%	-2%	-17%	16%	13%	49%	-15%	8%
	RCA EC EARTH	32%	30%	-38%	-9%	-5%	-14%	8%	-41%	-12%	8%	-3%	-17%	1%
	RCA HadGEM2-ES	57%	33%	-39%	-30%	10%	-39%	-9%	-34%	-24%	-1%	-9%	21%	-8%
	REMO	18%	17%	-25%	-20%	-8%	19%	-43%	-21%	3%	-1%	9%	28%	0%
	min	-19%	0%	-39%	-30%	-14%	-39%	-43%	-41%	-24%	-1%	-21%	-17%	-8%
med	18%	17%	-13%	-17%	-5%	-4%	-9%	-21%	-7%	8%	7%	17%	2%	
max	57%	33%	42%	42%	17%	19%	19%	33%	18%	42%	74%	36%	13%	



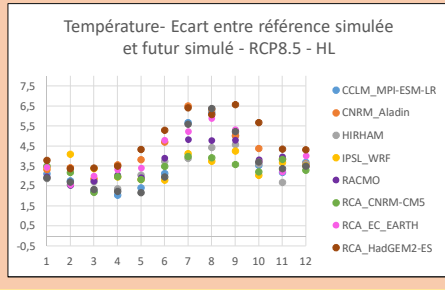
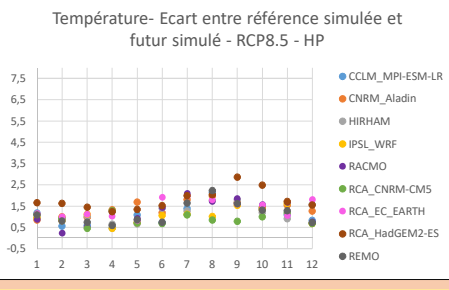
Précipitations - 8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		96	70	64	83	74	51	31	54	125	152	96	106	1001
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	3%	-6%	12%	1%	-6%	-9%	13%	12%	-26%	0%	-3%	14%	-1%
	CNRM Aladin	-28%	-16%	8%	-14%	-17%	23%	0%	77%	-25%	-5%	-7%	-15%	-8%
	HIRHAM	6%	36%	3%	-1%	-1%	1%	-8%	-6%	-16%	-8%	-11%	19%	0%
	IPSL WRF	-25%	-17%	-13%	-16%	28%	-50%	-23%	-25%	-19%	-12%	37%	-9%	-9%
	RACMO	-2%	12%	20%	-5%	2%	-21%	-13%	-24%	35%	19%	16%	15%	8%
	RCA CNRM-CMS	30%	-10%	-13%	37%	-11%	19%	-5%	-14%	21%	-1%	33%	-8%	6%
	RCA EC EARTH	-13%	-16%	26%	-28%	-12%	-11%	-4%	-30%	-21%	37%	-3%	-25%	-7%
	RCA HadGEM2-ES	26%	54%	7%	-5%	-3%	-7%	17%	-13%	-26%	-4%	-7%	8%	0%
	REMO	-7%	-5%	13%	0%	-29%	-1%	-19%	-15%	-6%	-10%	-2%	-2%	-7%
	min	-28%	-17%	-13%	-28%	-29%	-50%	-23%	-30%	-26%	-12%	-11%	-25%	-9%
med	-2%	-6%	8%	-5%	-6%	-7%	-5%	-14%	-19%	-4%	-3%	8%	-1%	
max	30%	54%	26%	37%	28%	23%	17%	77%	35%	37%	33%	37%	8%	

Précipitations - 8.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		96	70	64	83	74	51	31	54	125	152	96	106	1001
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	47%	34%	25%	-31%	-23%	-45%	-58%	-28%	-14%	-16%	20%	-16%	-4%
	CNRM Aladin	-10%	33%	-31%	-20%	-13%	-10%	-36%	18%	-34%	-8%	-44%	-17%	-17%
	HIRHAM	-16%	75%	-6%	-6%	-41%	-10%	-19%	-25%	13%	-10%	-3%	4%	-5%
	IPSL WRF	18%	33%	12%	-5%	6%	-19%	-28%	-52%	-13%	-18%	-5%	-32%	5%
	RACMO	12%	27%	15%	-18%	-10%	-20%	-47%	-41%	2%	18%	68%	-7%	6%
	RCA CNRM-CMS	8%	-4%	-4%	12%	-18%	25%	-32%	-13%	4%	0%	25%	-15%	0%
	RCA EC EARTH	46%	11%	28%	-12%	-26%	-20%	-40%	-48%	-25%	27%	5%	-16%	-2%
	RCA HadGEM2-ES	-33%	22%	-31%	-21%	-12%	-24%	-21%	-29%	-38%	21%	20%	6%	-13%
	REMO	0%	36%	16%	-35%	-38%	-50%	-56%	-50%	-6%	-23%	4%	-25%	-16%
	min	-33%	4%	-31%	-35%	-41%	-50%	-58%	-52%	-38%	-23%	-44%	-25%	-17%
med	8%	33%	12%	-18%	-18%	-20%	-36%	-29%	-13%	8%	20%	-15%	-4%	
max	47%	34%	28%	12%	6%	25%	-19%	18%	13%	27%	68%	32%	6%	



T° - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°)		6	7	9	12	16	20	23	22	18	14	9	6	14
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°)	CCLM MPI-ESM-LR	1,2	0,7	0,1	0,1	0,6	0,6	0,8	1,9	1,1	0,9	0,6	0,9	0,8
	CNRM Aladin	0,9	0,6	1,1	1,7	1,3	1,4	1,7	2,1	1,3	1,0	1,2	1,3	1,3
	HIRHAM	0,8	0,5	0,5	0,5	1,2	1,3	1,1	1,3	1,9	1,2	0,8	1,4	1,0
	IPSL WRF	0,9	1,6	0,7	0,7	1,2	1,0	1,5	1,7	1,6	1,4	1,7	1,1	1,3
	RACMO	0,9	0,6	0,9	1,3	1,2	1,5	1,5	1,2	1,6	1,2	1,6	0,7	1,2
	RCA CNRM-CMS	0,9	0,4	0,6	0,5	0,4	0,9	1,1	1,3	0,7	1,1	0,7	1,1	0,8
	RCA EC EARTH	0,7	0,6	1,2	0,9	1,2	1,3	1,9	1,7	1,7	1,3	0,6	1,5	1,2
	RCA HadGEM2-ES	1,5	1,1	1,3	1,1	1,0	1,4	2,1	1,8	2,6	1,9	0,8	1,8	1,6
	REMO	1,3	0,5	-0,1	0,3	0,7	0,9	1,1	2,4	1,4	0,9	1,0	0,8	0,9
	min	0,7	0,4	-0,1	0,1	0,4	0,6	0,8	1,2	0,7	0,9	0,6	0,7	0,8
med	0,9	0,6	0,7	0,7	1,2	1,3	1,5	1,7	1,6	1,2	0,8	1,1	1,2	
max	1,5	1,6	1,3	1,7	1,3	1,5	2,1	2,4	2,6	1,9	1,7	1,8	1,6	

T° - 4.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°)		6	7	9	12	16	20	23	22	18	14	9	6	14
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°)	CCLM MPI-ESM-LR	2,1	1,4	0,9	1,1	1,1	1,2	2,7	3,3	2,7	1,9	1,4	1,2	1,8
	CNRM Aladin	2,1	2,3	2,3	2,2	2,0	2,4	3,9	3,8	2,9	2,3	2,3	1,7	2,5
	HIRHAM	1,0	1,5	1,5	0,8	1,4	1,1	1,9	2,3	2,0	1,5	1,5	2,2	1,6
	IPSL WRF	2,3	1,7	1,7	1,6	1,4	1,4	2,3	1,6	2,5	2,6	2,1	1,9	1,9
	RACMO	1,4	1,2	1,8	1,3	1,7	2,0	1,7	1,9	2,3	1,7	2,0	1,8	1,8
	RCA CNRM-CMS	1,9	1,5	1,0	1,5	1,3	1,6	2,0	1,8	2,1	1,6	2,2	1,5	1,7
	RCA EC EARTH	1,9	1,6	1,9	1,6	1,7	2,4	2,7	3,0	3,0	2,1	1,2	1,9	2,1
	RCA HadGEM2-ES	2,9	1,6	1,8	2,3	2,8	2,8	3,8	3,5	3,6	3,3	2,5	3,4	2,9
	REMO	1,9	1,3	1,0	1,2	0,9	0,8	3,0	3,1	2,5	1,9	1,5	1,1	1,7
	min	1,0	1,2	0,9	0,8	0,9	0,8	1,7	1,6	2,0	1,5	1,2	1,1	1,6
med	1,9	1,5	1,7	1,5	1,4	1,6	2,7	3,0	2,5	1,9	2,0	1,8	1,8	
max	2,9	2,3	2,3	2,3	2,8	2,8	3,9	3,8	3,6	3,3	2,5	3,4	2,9	



Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

Moyennes -4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		15	12	7	6	4	2	1	0	5	11	11	15	7	0	2
Δ entre Qsim (climat futur) et Qsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	50%	30%	-3%	17%	-42%	56%	36%	22%	4%	7%	-22%	18%	5%	-31%	5%
	CNRM Aladin	1%	6%	-19%	-42%	-46%	-51%	-44%	-25%	64%	29%	1%	19%	-3%	-36%	-2%
	HIRHAM	6%	38%	-30%	-24%	-8%	-1%	-7%	-47%	-35%	33%	4%	27%	6%	-20%	-3%
	IPSL_WRF	-25%	-19%	-32%	-46%	-15%	-17%	-45%	-46%	-38%	-10%	3%	16%	-18%	-38%	-15%
	RACMO	-20%	31%	13%	-14%	-11%	-18%	-2%	66%	310%	21%	21%	-41%	7%	-13%	7%
	RCA_CNRM-CM5	28%	18%	-5%	20%	-6%	-24%	39%	116%	24%	-6%	32%	0%	10%	-7%	-7%
	RCA_EC_EARTH	4%	3%	-6%	4%	17%	-38%	-21%	-21%	-54%	-44%	-30%	-11%	-19%	-18%	-18%
	RCA_HadGEM2-ES	54%	14%	-18%	-6%	11%	-18%	-38%	3%	-79%	-30%	-41%	-14%	-12%	-29%	-13%
	REMO	40%	21%	-13%	-2%	-42%	0%	1%	-15%	24%	23%	6%	-2%	10%	-28%	2%
	min	-25%	-19%	-32%	-46%	-46%	-51%	-45%	-47%	-79%	-44%	-41%	-41%	-18%	-38%	-18%
med	6%	18%	-13%	-6%	-11%	-18%	-7%	-15%	4%	7%	3%	0%	5%	-28%	-3%	
max	54%	38%	13%	4%	17%	56%	39%	116%	310%	33%	32%	27%	10%	7%	7%	

Moyenne -4.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		15	12	7	6	4	2	1	0	5	11	11	15	7	0	2
Δ entre Qsim (climat futur) et Qsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	79%	4%	-26%	-7%	-29%	-19%	-37%	113%	36%	17%	4%	34%	17%	-29%	-2%
	CNRM Aladin	-19%	-15%	-29%	-52%	-58%	-16%	-25%	0%	30%	15%	-24%	-13%	-21%	-37%	-24%
	HIRHAM	-3%	78%	-16%	-33%	-10%	-15%	10%	-33%	54%	10%	4%	0%	6%	-5%	3%
	IPSL_WRF	62%	29%	9%	8%	-5%	-15%	-45%	-4%	-26%	9%	118%	55%	35%	-39%	15%
	RACMO	-2%	13%	4%	-31%	-5%	-3%	-11%	134%	56%	70%	46%	22%	21%	-18%	10%
	RCA_CNRM-CM5	4%	-7%	3%	29%	35%	-18%	-17%	-46%	119%	37%	46%	-5%	16%	-30%	5%
	RCA_EC_EARTH	20%	48%	49%	19%	-6%	-46%	8%	-60%	-77%	27%	-11%	-28%	4%	-27%	-11%
	RCA_HadGEM2-ES	67%	58%	-38%	-57%	-15%	-46%	-51%	-55%	-47%	26%	-24%	6%	-2%	-43%	-15%
	REMO	20%	11%	-33%	-35%	-22%	-22%	-25%	-32%	47%	-2%	4%	30%	3%	-20%	-3%
	min	-19%	-15%	-38%	-57%	-58%	-46%	-51%	-60%	-77%	-2%	-24%	-28%	-21%	-43%	-24%
med	20%	13%	-16%	-31%	-10%	-18%	-25%	-32%	36%	17%	4%	6%	6%	-29%	-2%	
max	79%	78%	49%	29%	35%	-3%	10%	134%	119%	70%	118%	55%	35%	-5%	15%	

Moyennes -8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		15	12	7	6	4	2	1	0	5	11	11	15	7	0	2
Δ entre Qsim (climat futur) et Qsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	1%	-4%	14%	-3%	-12%	-14%	-21%	162%	4%	-25%	-15%	16%	-2%	-33%	-6%
	CNRM Aladin	-36%	-32%	-15%	-24%	-38%	-1%	-3%	60%	-39%	-55%	2%	-31%	-26%	-23%	-19%
	HIRHAM	-2%	44%	13%	-7%	9%	-9%	32%	-45%	50%	-9%	-6%	-6%	4%	-4%	-8%
	IPSL_WRF	-28%	-29%	-19%	-27%	16%	-12%	-15%	-36%	-24%	-23%	-7%	19%	-16%	-32%	-15%
	RACMO	-1%	18%	8%	9%	-3%	-23%	-36%	-44%	93%	38%	33%	22%	19%	-32%	14%
	RCA_CNRM-CM5	35%	-7%	-16%	36%	10%	-7%	-20%	-29%	79%	12%	45%	-13%	11%	-2%	0%
	RCA_EC_EARTH	-26%	-16%	22%	-33%	-40%	-22%	-15%	-50%	-80%	71%	9%	-30%	-9%	-28%	-20%
	RCA_HadGEM2-ES	31%	78%	17%	-10%	-13%	-13%	-2%	-37%	-31%	-22%	-18%	-3%	2%	-27%	-7%
	REMO	-17%	-12%	-2%	7%	-28%	-39%	-22%	124%	-16%	-18%	-16%	-13%	-13%	-11%	-7%
	min	-36%	-32%	-19%	-33%	-40%	-39%	-36%	-50%	-80%	-55%	-18%	-31%	-26%	-33%	-20%
med	-2%	-7%	8%	-7%	-12%	-13%	-15%	-36%	-16%	-18%	-6%	-2%	-2%	-27%	-7%	
max	35%	78%	22%	36%	16%	7%	32%	162%	93%	71%	45%	22%	19%	-2%	14%	

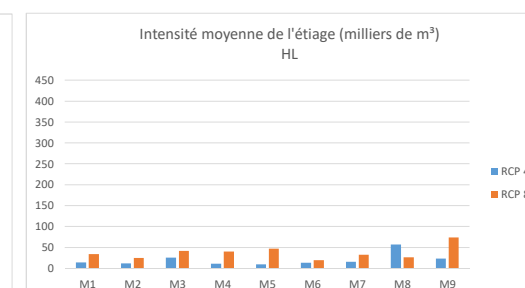
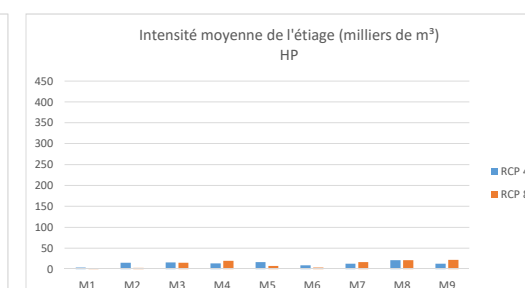
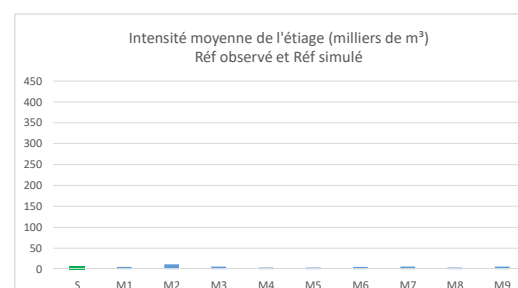
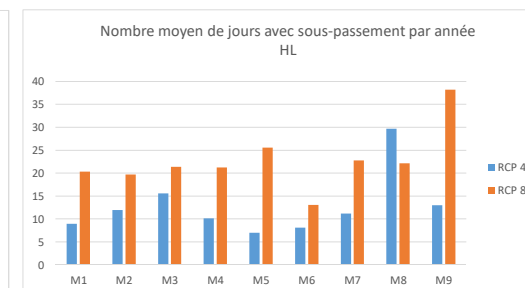
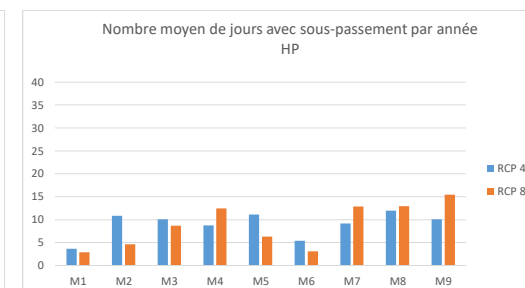
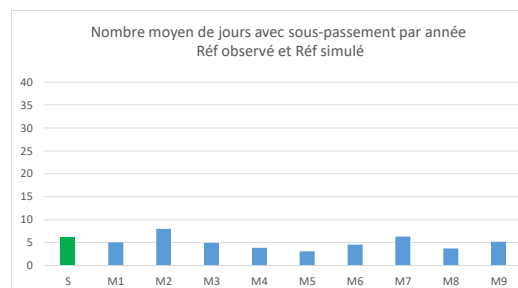
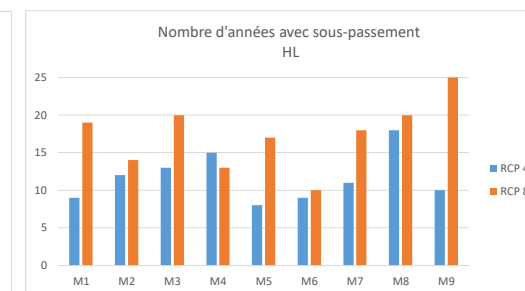
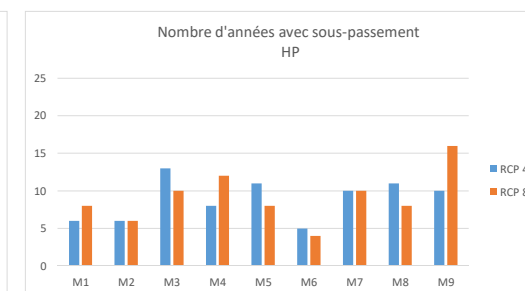
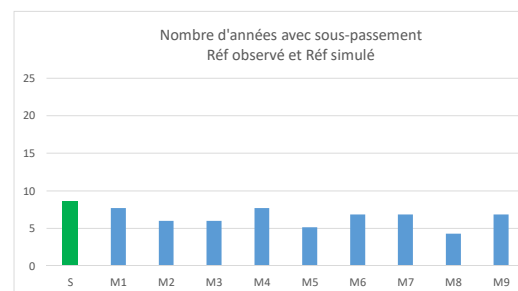
Moyennes -8.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		15	12	7	6	4	2	1	0	5	11	11	15	7	0	2
Δ entre Qsim (climat futur) et Qsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	49%	37%	36%	-31%	-37%	-45%	-57%	-73%	16%	-50%	-12%	-17%	-1%	-56%	-16%
	CNRM Aladin	-37%	26%	-42%	-41%	-53%	-13%	-57%	-27%	-46%	-51%	-73%	-45%	-36%	-48%	-38%
	HIRHAM	-29%	65%	-5%	-27%	-54%	-48%	283%	-80%	73%	-16%	-4%	-27%	-8%	-30%	-11%
	IPSL_WRF	31%	24%	21%	-8%	-4%	-8%	-18%	67%	-29%	-19%	38%	21%	14%	-41%	7%
	RACMO	3%	18%	20%	-16%	-29%	-47%	-49%	-60%	-23%	15%	120%	-13%	16%	-52%	3%
	RCA_CNRM-CM5	-1%	-17%	-13%	1%	26%	1%	-24%	-50%	32%	-17%	25%	-26%	-8%	-17%	-12%
	RCA_EC_EARTH	36%	11%	27%	-7%	-48%	-51%	-39%	-67%	-58%	52%	8%	-35%	0%	-51%	-18%
	RCA_HadGEM2-ES	-35%	-5%	-34%	-41%	-38%	-36%	-54%	-56%	-67%	16%	9%	-7%	-19%	-49%	-14%
	REMO	-24%	28%	12%	-48%	-49%	-61%	-59%	-63%	23%	-56%	-25%	-44%	-25%	-57%	-20%
	min	-37%	-17%	-42%	-48%	-54%	-61%	-59%	-80%	-67%	-56%	-73%	-45%	-36%	-57%	-38%
med	-1%	24%	12%	-27%	-38%	-45%	-49%	-60%	-23%	-17%	8%	-26%	-8%	-49%	-14%	
max	49%	65%	36%	1%	-4%	1%	283%	67%	73%	52%	120%	21%	16%	-17%	7%	

5 ans sec -4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		3	3	2	2	1	1	0	0	0	1	2	3	4	0	0
Δ entre Q5secsim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	11%	9%	62%	33%	12%	24%	18%	4%	-5%	-37%	-3%	-22%	9%	1%	-15%
	CNRM Aladin	-41%	-30%	21%	16%	16%	-14%	-12%	-11%	6%	100%	-21%	-6%	-4%	-9%	-16%
	HIRHAM	-11%	-13%	-32%	-4%	-6%	2%	-16%	-16%	-40%	20%	19%	-38%	-1%	-24%	-21%
	IPSL_WRF	19%	8%	-13%	-47%	-48%	-28%	-27%	-10%	-28%	-10%	14%	32%	-6%	-16%	-21%
	RACMO	-36%	5%	-23%	10%	-32%	-18%	-22%	-24%	-26%	94%	20%	-47%	12%	-21%	-19%
	RCA_CNRM-CM5	21%	56%	-7%	-32%	18%	15%	23%	-9%	3%	-40%	19%	-37%	-6%	-2%	-8%
	RCA_EC_EARTH	-9%	-21%	-29%	-23%	-35%	20%	-10%	-9%	-27%	-53%	-45%	-32%	-30%	-17%	-21%
	RCA_HadGEM2-ES	-14%	-11%	-36%	-30%	59%	-6%	7%	7%	-29%	15%	-43%	-37%	0%	-26%	-14%
	REMO	33%	24%	-9%	18%	-6%	-24%	-9%	-24%	-20%	40%	-32%	-13%	8%	-17%	-26%
	min	-41%	-30%	-36%	-47%	-48%	-28%	-27%	-24%	-40%	-53%	-45%	-47%	-30%	-26%	-26%
med	-9%	5%	-13%	-4%	-6%	-6%	-10%	-10%	-26%	15%	-3%	-32%	-1%	-17%	-19%	
max	33%	56%	62%	33%	59%	24%	23%	7%	6%	100%	20%	32%	12%	1%	-8%	

5 ans sec -4.5 - HL		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		3	3	2	2	1	1	0	0	0	1	2	3	4	0	0
Δ entre Q5secsim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	33%	-4%	-22%	-32%	3%	-6%	-3%	-1%	-32%	40%	-26%	-17%	19%	-13%	-10%
	CNRM Aladin	-65%	-52%	-46%	17%	-7%	14%	-11%	-7%	-22%	-48%	-72%	-51%	-41%	-20%	-20%
	HIRHAM	-33%	36%	7%	13%	-33%	-18%	-21%	-23%	-52%	-29%	-23%	-32%	1%	-27%	-27%
	IPSL_WRF	125%	34%	-28%	-44%	-20%	-24%	-11%	-16%	-45%	-47%	32%	18%	90%	-20%	-29%
	RACMO	13%	-10%	-7%	29%	-10%	1%	2%	-9%	0%	260%	-7%	6%	25%	-12%	-13%
	RCA_CNRM-CM5	6%	35%	-37%	26%	11%	34%	49%	3%	-16%	-60%	76%	-24%	-20%	-6%	-25%
	RCA_EC_EARTH	23%	38%	-18%	-45%	-20%	-20%	-36%	-24%	-2%	-61%	-35%	-28%	-35%	-17%	-34%
	RCA_HadGEM2-ES	-29%	-9%	-52%	-28%	-43%	-49%	-32%	-24%	-43%	-71%	-94%	-63%	-40%	-42%	-44%
	REMO	58%	8%	-4%	-12%	-20%	-6%	-1%	-17%	-27%	0%	-53%	-14%	-18%	-28%	-27%
	min	-65%	-52%	-46%	-45%	-43%	-49%	-36%	-24%	-52%	-71%	-94%	-63%	-41%	-42%	-44%
med	13%	8%	-22%	-12%	-20%	-6%	-11%	-16%	-27%	-47%	-26%	-24%	-18%	-20%	-27%	
max	125%	38%	7%	29%	11%	34%	49%	3%	0%	260%	76%	18%	90%	-6%	-10%	

5 ans sec -8.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel	VCN10	QMNA
SAFRAN 1971-2005 (m3/s)		3	3	2	2	1	1	0	0	0	1	2	3	4	0	0
Δ entre Q5secsim (climat futur) et Q5secsim (climat obs) (%)	CCLM MPI-ESM-LR	-21%	-6%	90%	-32%	-7%	-27%	5%	10%	-36%	-39%	-19%	0%	-30%	-5%	-19%
	CNRM Aladin	-51%	-35%	-10%	51%	-9%	-7%	13%	21%	14%	17%	-68%	-40%	-26%	5%	2%
	HIRHAM	-26%	4%	-19%	23%	1%	-3%	-18%	-19%	-31%	-76%	-76%	-27%	-17%	-16%	-24%
	IPSL_WRF	-13%	-22%	15%	-35%	2%	2%	-1%	-14%	-44%	-73%	-29%	-41%	-10%	-23%	-31%
	RACMO	14%	-13%	-17%	-2%	-28%	-15%	-12%	5%	-9%	-8%	93%	-36%	34%	-16%	-24%
	RCA_CNRM-CM5	39%	13%	-8%	-3%	10%	20%	47%	7%	32%	28%	63%	18%	-1%	12%	-7%
	RCA_EC_EARTH	-46%	-29%	-35%	-66%	-32%	-21%	-35%	-25%	-5%	33%	-42%	-53%	-40%	-18%	-33%
	RCA_HadGEM2-ES	0%	-17%	-32%	4%	-27%										

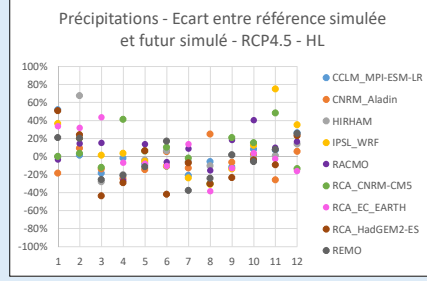
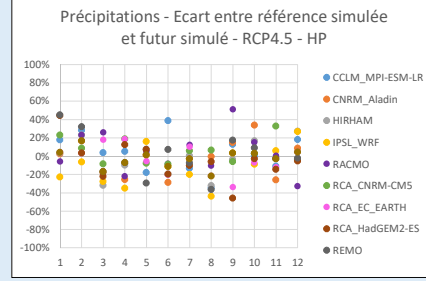
	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Scénario - Période	Climat obs (1971-2005)	Sim climat obs (1971-2005)											
Modèle	SAFRAN	CCLM_MP I-ESM-LR	CNRM_Ala din	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNR M-CMS	RCA_EC_E ARTH	RCA_HadG EM2-ES	REMO	min	med	max
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	9	8	6	6	8	5	7	7	4	7	4	7	8
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	6	5	8	5	4	3	5	6	4	5	3	5	8
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	7	5	11	6	3	3	5	6	4	6	3	5	11
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		6	6	13	8	11	5	10	11	10	5	10	13
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		4	11	10	9	11	5	9	12	10	4	10	12
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		4	15	16	14	17	9	13	21	13	4	14	21
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2071-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		9	12	13	15	8	9	11	18	10	8	11	18
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		9	12	16	10	7	8	11	30	13	7	11	30
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		14	12	26	11	10	13	15	57	24	10	14	57
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		8	6	10	12	8	4	10	8	16	4	8	16
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		3	5	9	12	6	3	13	13	15	3	9	15
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		1	3	15	20	7	3	16	21	22	1	15	22
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		19	14	20	13	17	10	18	20	25	10	18	25
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		20	20	21	21	26	13	23	22	38	13	21	38
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		34	25	42	40	47	20	33	27	74	20	34	74



Référence : 1976 - 2005

HP (Horizon Proche) : 2021-2050

HL (Horizon Lointain) : 2071-2100

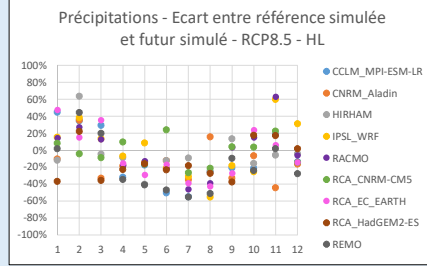
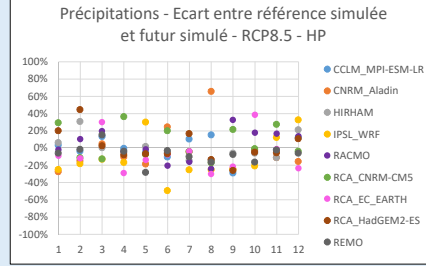


Evolutions possibles du climat du bassin versant (Précipitations, Température, ETP)

Précipitations - 4.5 - HP		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		113	81	74	96	89	60	35	61	139	175	116	126	1164
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	18%	28%	4%	5%	-18%	39%	-13%	-35%	13%	0%	-11%	18%	4%
	CNRM_Aladin	2%	17%	-18%	-25%	1%	-29%	-3%	0%	15%	34%	-26%	9%	-1%
	HIRHAM	3%	23%	-32%	-10%	8%	-20%	1%	-32%	-3%	17%	-2%	27%	0%
	IPSL_WRF	-23%	-6%	-28%	-35%	16%	-11%	-20%	-44%	4%	-9%	6%	27%	-9%
	RACMO	-6%	23%	26%	-22%	5%	-8%	12%	-10%	51%	15%	0%	-33%	4%
	RCA_CNRM-CM5	23%	9%	-8%	19%	-8%	-9%	6%	6%	-6%	3%	33%	-4%	5%
	RCA_EC_EARTH	4%	3%	18%	18%	-5%	-20%	10%	-22%	-34%	-7%	-12%	5%	-5%
	RCA_HadGEM2-ES	44%	3%	-22%	12%	7%	-20%	-10%	-6%	-46%	-3%	-14%	-5%	-6%
	REMO	45%	32%	-17%	-7%	-30%	7%	-8%	-36%	17%	9%	-3%	-2%	3%
	min	-23%	6%	-32%	-35%	-30%	-29%	-20%	-44%	-46%	-9%	-26%	-33%	-9%
med	4%	-17%	-17%	-7%	1%	-11%	-3%	-22%	4%	3%	-3%	5%	0%	
max	45%	32%	26%	19%	16%	39%	12%	6%	51%	34%	33%	27%	5%	

Précipitations - 4.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (mm)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		113	81	74	96	89	60	35	61	139	175	116	126	1164
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	52%	1%	-19%	-2%	-8%	-11%	-21%	-6%	-12%	8%	7%	26%	4%
	CNRM_Aladin	-19%	9%	-14%	-24%	-15%	5%	-13%	25%	-7%	2%	-26%	6%	-8%
	HIRHAM	0%	67%	-28%	-20%	-4%	6%	-6%	-10%	2%	-2%	1%	14%	1%
	IPSL_WRF	36%	20%	1%	4%	-5%	-11%	-24%	-31%	-14%	12%	75%	35%	13%
	RACMO	-4%	14%	15%	-27%	14%	-6%	8%	-15%	18%	40%	10%	16%	10%
	RCA_CNRM-CM5	0%	3%	-12%	41%	6%	10%	-2%	-30%	21%	15%	48%	-14%	9%
	RCA_EC_EARTH	33%	32%	44%	-7%	-8%	-10%	14%	-39%	-13%	4%	-3%	-16%	1%
	RCA_HadGEM2-ES	51%	24%	-44%	-29%	6%	-42%	-7%	-30%	-24%	-4%	-9%	23%	-9%
	REMO	21%	20%	-26%	-21%	17%	-38%	-24%	2%	-6%	8%	26%	-1%	-1%
	min	-19%	1%	-44%	-29%	-15%	-42%	-38%	-39%	-24%	-6%	-26%	-16%	-9%
med	21%	20%	-14%	-20%	-5%	-6%	-7%	-24%	-7%	4%	7%	16%	1%	
max	52%	67%	44%	41%	14%	17%	14%	25%	21%	40%	75%	35%	13%	

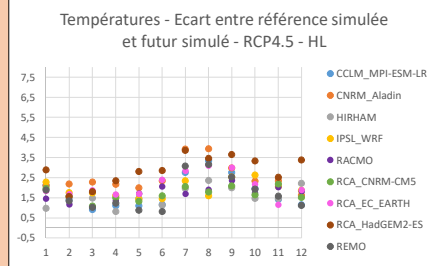
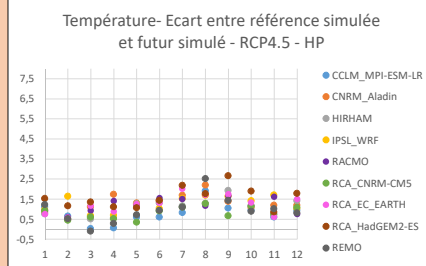


Précipitations - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (mm)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		113	81	74	96	89	60	35	61	139	175	116	126	1164
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	3%	-4%	13%	0%	-5%	-10%	10%	15%	-29%	-4%	-2%	12%	-1%
	CNRM_Aladin	-28%	-15%	5%	-10%	-18%	24%	-5%	66%	-2%	-11%	-16%	8%	0%
	HIRHAM	6%	31%	0%	-4%	2%	-5%	-14%	-6%	-6%	-11%	21%	0%	0%
	IPSL_WRF	-25%	-18%	-13%	-17%	30%	-49%	-25%	-25%	-21%	12%	33%	-11%	0%
	RACMO	-2%	11%	20%	-4%	-1%	-20%	-16%	-24%	33%	18%	17%	14%	8%
	RCA_CNRM-CM5	29%	-11%	-13%	36%	-8%	20%	-4%	-17%	22%	-1%	28%	-4%	6%
	RCA_EC_EARTH	-9%	-12%	30%	-29%	-13%	-7%	-4%	-30%	-22%	39%	-1%	23%	-5%
	RCA_HadGEM2-ES	20%	44%	2%	-8%	-7%	-7%	17%	-14%	-26%	-5%	-6%	11%	-1%
	REMO	-6%	-2%	15%	-4%	-28%	-3%	-10%	-16%	-7%	-16%	-2%	-6%	-8%
	min	-28%	-18%	-13%	-29%	-28%	-49%	-25%	-30%	-29%	-21%	-11%	-23%	-11%
med	-2%	-4%	5%	-4%	-7%	-7%	-5%	-16%	-22%	-4%	-2%	11%	-1%	
max	29%	44%	30%	36%	30%	24%	17%	66%	33%	39%	28%	33%	8%	

Précipitations - 8.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (mm)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (mm)		113	81	74	96	89	60	35	61	139	175	116	126	1164
Δ entre Psim (climat futur) et Psim (climat obs) (%)	CCLM_MPI-ESM-LR	45%	35%	29%	-32%	-17%	-50%	-55%	-25%	-21%	-21%	18%	-14%	-5%
	CNRM_Aladin	-10%	35%	-13%	-18%	-15%	-12%	-35%	16%	-33%	-6%	-44%	-17%	-17%
	HIRHAM	-12%	64%	-5%	-9%	-9%	-12%	-9%	-26%	14%	-15%	-6%	-4%	-6%
	IPSL_WRF	15%	38%	13%	-7%	9%	-21%	-31%	-55%	-1%	-25%	60%	31%	4%
	RACMO	14%	27%	13%	-18%	-13%	-22%	-46%	-39%	4%	15%	63%	-6%	6%
	RCA_CNRM-CM5	8%	-4%	-9%	10%	-16%	24%	-27%	-21%	4%	4%	22%	-15%	0%
	RCA_EC_EARTH	47%	15%	35%	-15%	-23%	-17%	-39%	-42%	-27%	24%	6%	-14%	-2%
	RCA_HadGEM2-ES	-37%	22%	-36%	-23%	-16%	-23%	-18%	-27%	-38%	17%	17%	2%	-15%
	REMO	2%	44%	20%	-34%	-41%	-47%	-55%	-51%	-10%	-24%	2%	28%	-16%
	min	-37%	-4%	-36%	-34%	-41%	-50%	-55%	-55%	-38%	-25%	-44%	-28%	-17%
med	8%	35%	13%	-18%	-16%	-21%	-35%	-27%	-18%	-6%	17%	-14%	-5%	
max	47%	64%	35%	10%	9%	24%	9%	24%	16%	14%	24%	63%	31%	6%

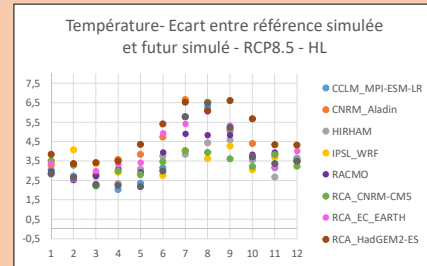
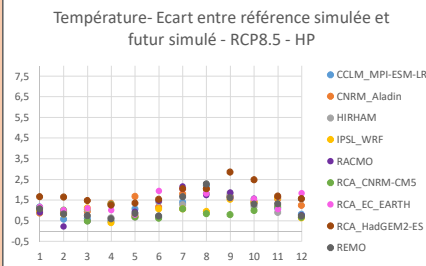


T° - 4.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°C)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)		5	6	8	11	15	19	22	22	18	13	8	6	13
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°C)	CCLM_MPI-ESM-LR	1,1	0,7	0,0	0,1	0,6	0,6	0,8	1,9	1,0	0,9	0,6	0,9	0,8
	CNRM_Aladin	0,8	0,5	1,1	1,7	1,3	1,4	1,7	2,2	1,4	1,1	1,2	1,2	1,3
	HIRHAM	0,8	0,5	0,5	0,5	1,3	1,3	1,2	1,3	1,9	1,2	0,8	1,4	1,1
	IPSL_WRF	1,0	1,6	0,7	0,7	1,2	1,0	1,5	1,7	1,6	1,4	1,7	1,0	1,3
	RACMO	0,9	0,6	0,9	1,4	1,2	1,5	1,5	1,2	1,7	1,2	1,6	0,8	1,2
	RCA_CNRM-CM5	0,9	0,4	0,6	0,5	0,4	0,9	1,1	1,3	0,7	1,1	0,7	1,1	0,8
	RCA_EC_EARTH	0,7	0,6	1,2	0,9	1,2	1,3	2,0	1,7	1,7	1,3	0,6	1,5	1,2
	RCA_HadGEM2-ES	1,5	1,2	1,4	1,1	1,1	1,4	2,2	1,8	2,7	1,9	0,9	1,8	1,6
	REMO	1,2	0,5	-0,1	0,3	0,7	0,9	1,1	2,5	1,4	0,9	1,0	0,8	0,9
	min	0,7	0,4	-0,1	0,1	0,4	0,6	0,8	1,2	0,7	0,9	0,6	0,8	0,8
med	0,9	0,6	0,7	0,7	1,2	1,3	1,5	1,7	1,6	1,2	0,9	1,1	1,2	
max	1,5	1,6	1,4	1,7	1,3	1,5	2,2	2,5	2,7	1,9	1,7	1,8	1,6	

T° - 4.5 - HL

SAFRAN 1971-2005 (°C)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)		5	6	8	11	15	19	22	22	18	13	8	6	13
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°C)	CCLM_MPI-ESM-LR	2,1	1,4	0,9	1,1	1,1	1,2	2,8	3,3	2,8	1,9	1,4	1,1	1,8
	CNRM_Aladin	2,1	2,2	2,3	2,2	2,0	2,3	3,9	3,9	3,0	2,3	1,6	2,5	2,5
	HIRHAM	1,0	1,5	1,5	0,8	1,5	1,1	1,9	2,3	2,0	1,5	1,5	2,2	1,6
	IPSL_WRF	2,3	1,7	1,7	1,6	1,4	1,4	2,3	1,6	2,5	2,6	2,0	1,8	1,9
	RACMO	1,4	1,2	1,8	1,4	1,7	2,1	1,7	1,9	2,4	1,7	2,0	1,8	1,8
	RCA_CNRM-CM5	2,0	1,6	1,1	1,5	1,3	1,6	2,0	1,8	2,1	1,6	2,2	1,5	1,7
	RCA_EC_EARTH	1,8	1,7	1,9	1,7	1,7	2,4	2,8	3,1	3,0	2,2	1,1	1,9	2,1
	RCA_HadGEM2-ES	2,9	1,6	1,8	2,3	2,8	2,8	3,8	3,4	3,6	3,3	2,5	3,4	2,9
	REMO	1,9	1,3	1,0	1,2	0,9	0,8	3,1	3,1	2,5	1,9	1,6	1,1	1,7
	min	1,0	1,2	0,9	0,8	0,9	0,8	1,7	1,6	2,0	1,5	1,1	1,1	1,6
med	2,0	1,6	1,7	1,5	1,5	1,6	2,8	3,1	2,5	1,9	2,0	1,8	1,8	
max	2,9	2,2	2,3	2,3	2,8	2,8	3,9	3,9	3,6	3,3	2,5	3,4	2,9	



T° - 8.5 - HP

SAFRAN 1971-2005 (°C)		janv	févr	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	annuel
SAFRAN 1971-2005 (°C)		5	6	8	11	15	19	22	22	18	13	8	6	13
Δ entre Tsim (climat futur) et Tsim (climat obs) (°C)	CCLM_MPI-ESM-LR	1,2	0,6	0,6	0,5	1,1	0,7	1,4	2,2	1,7	1,4	1,1	0,8</	



Evolutions possibles des débits du bassin versant (débits mensuels, annuel, QMNA, VCN10) moyens et quinquennaux secs

Table with 13 columns: Moyennes -4.5 - HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models (CCLM, CNRM, HIRHAM, IPSL, RACMO, RCA) for Qsim and Qsim (obs).

Table with 13 columns: Moyenne -4.5 - HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for Qsim and Qsim (obs).

Table with 13 columns: Moyennes -8.5 - HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for Qsim and Qsim (obs).

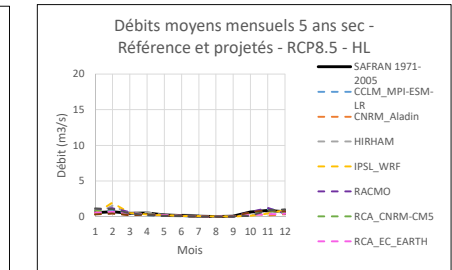
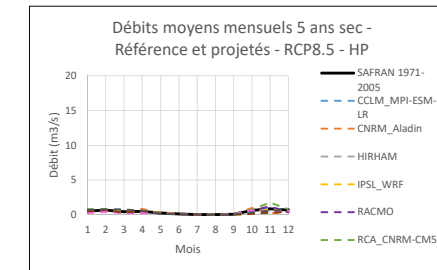
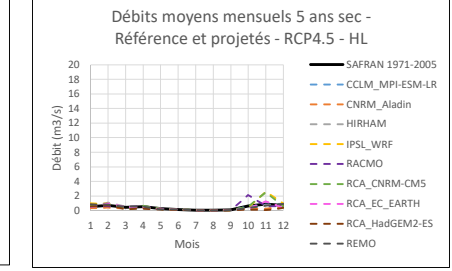
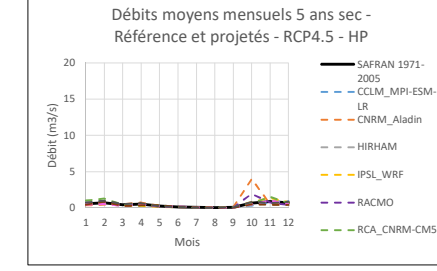
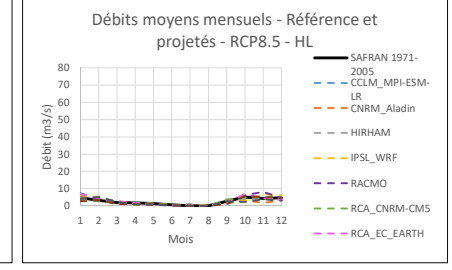
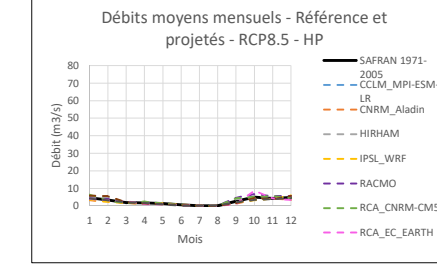
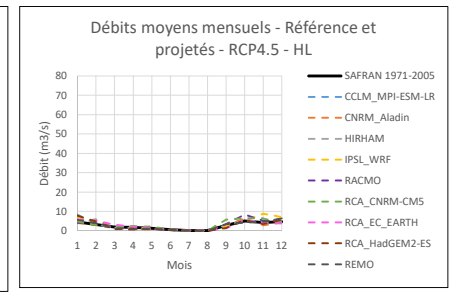
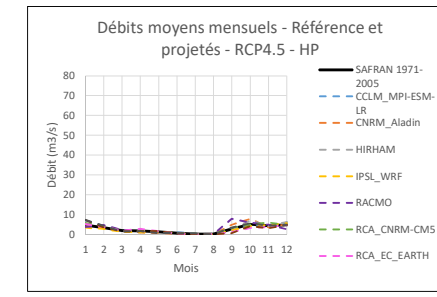
Table with 13 columns: Moyennes -8.5 - HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for Qsim and Qsim (obs).

Table with 13 columns: 5 ans sec -4.5 - HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for Q5secsim and Q5secsim (obs).

Table with 13 columns: 5 sec -4.5 - HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for Q5secsim and Q5secsim (obs).

Table with 13 columns: 5 ans sec -8.5 - HP, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for Q5secsim and Q5secsim (obs).

Table with 13 columns: 5 ans sec -8.5 - HL, months (janv to déc), annuel, VCN10, QMNA. Rows include SAFRAN 1971-2005 and various climate models for Q5secsim and Q5secsim (obs).



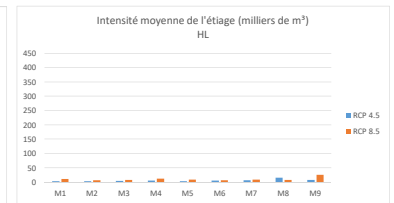
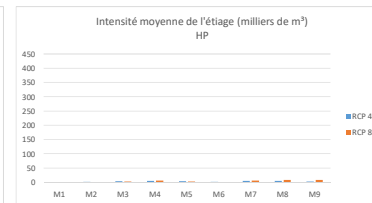
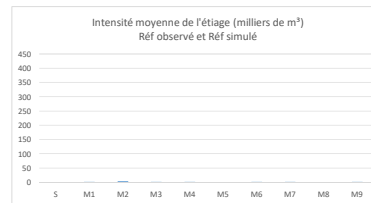
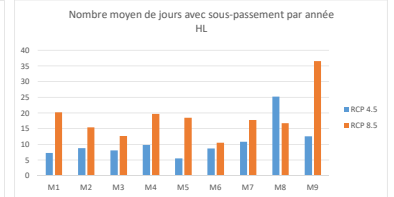
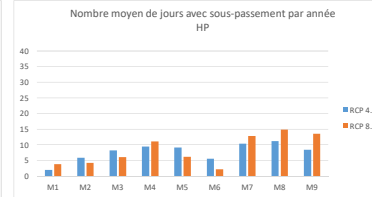
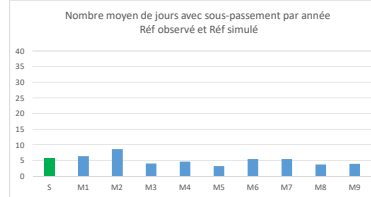
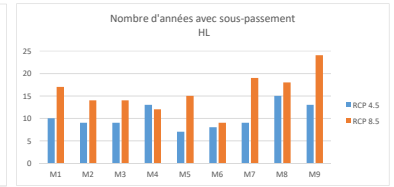
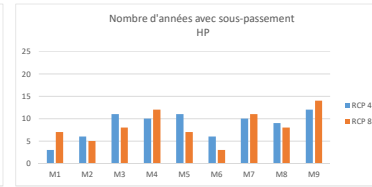
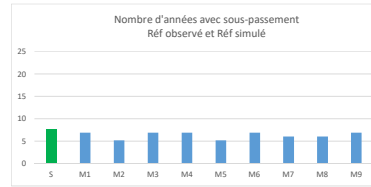


Le Vidourle à Sauve

Surface du bassin : 201 km²

Les résultats présentés sur cette fiche présentent de très fortes incertitudes
Il ne s'agit pas de prévisions mais d'indications d'évolutions possibles.

Scénario - Période	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
	Sim climat obs (1971-2005)												
Modèle	SAFRAN	CCLM_MP I-ESM-LR	CNRM_Ala din	HIRHAM	IPSL_WRF	RACMO	RCA_CNRM- CMS	RCA_EC_EARTH	RCA_HadGEM2-ES	REMO	min	med	max
Nombre d'années (ramené à 30 ans) avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec	8	7	5	7	7	5	7	6	6	7	5	7	7
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an	6	6	9	4	5	3	5	5	4	4	3	5	9
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)	2	2	4	2	2	1	2	2	1	2	1	2	4
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		3	6	11	10	11	6	10	9	12	3	10	12
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		2	6	8	9	9	6	10	11	8	2	8	11
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		1	2	4	5	4	2	6	6	3	1	4	6
Scénario - Période	Sim RCP4.5 - HL (2071-2100)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		10	9	9	13	7	8	9	15	13	7	9	15
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		7	9	8	10	5	9	11	25	13	5	9	25
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³)		3	3	4	5	2	5	6	16	7	2	5	16
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HP (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		7	5	8	12	7	3	11	8	14	3	8	14
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		4	4	6	11	6	2	13	15	14	2	6	15
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		1	1	3	7	3	1	6	8	8	1	3	8
Scénario - Période	Sim RCP8.5 - HL (2021-2050)												
Nombre d'années avec sous-passement du VCN 10 5 ans sec		17	14	14	12	15	9	19	18	24	9	15	24
Nombre moyen de jours de sous-passement du VCN 10 5 ans sec par an		20	15	13	20	18	10	18	17	37	10	18	37
Intensité moyenne de l'étiage (milliers de m ³ /an)		11	7	7	12	9	6	8	7	25	6	8	25



Annexe 8. Synthèse des analyses réalisées sous SIG sur les surfaces en vigne RPG 2017

Zone	Surface vigne RPG 2017 (ha)	Irrigation actuelle		Irrigation en projet			Vigne "non irriguée"					
		Surface vigne irriguée	Ressource mobilisée	Surface vigne avec projet d'irrigation	Nom	Ressources mobilisables	Vigne "non irriguée"	Volume annuel vigne non irriguée (m3/an)	Volume juin (m3)	Volume juillet (m3)	Volume août (m3)	Volume septembre (m3)
AC1 - Ardeche	2 400	200	Ardèche et Rhône (RHR)	400	3 Châteaux	Station Grand Pré (200ha) + nouvelle prise Rhône	2 200	2 200 000	440 000	880 000	660 000	220 000
AC2 - Ceze	3 271	-					3 300	3 271 000	654 000	1 309 000	981 000	327 000
AC3 - Laudun-L'Ardoise	3 373	-		demande non structurée		Rhône ?	3 400	3 373 000	675 000	1 349 000	1 012 000	337 000
AC4 - Bruguieres	244	-					200	244 000	49 000	98 000	73 000	24 000
AC5 - Roquemaure	2 748	-					2 700	2 748 000	550 000	1 099 000	824 000	275 000
Sous-total	12 037	200	-	400	-	-	11 800	11 836 000	2 368 000	4 735 000	3 550 000	1 183 000
BJ1 - Barjac	341	-					300	341 000	68 000	136 000	102 000	34 000
BJ2 - Piemonts Ceze	893	200	Cèze (ASA St Jean et Potelière)				700	693 000	139 000	277 000	208 000	69 000
Sous-total	1 234	200	-	-	-	-	1 000	1 034 000	207 000	413 000	310 000	103 000
CCS1 - Quissac	920	-		600	Nord Sommiérois Branche Ouest	Rhône	900	920 000	184 000	368 000	276 000	92 000
CCS2 - RHR Nord-Sommierois	2 168	1 100	Rhône (RHR)	-			1 100	1 068 000	214 000	427 000	320 000	107 000
CCS3 - Costieres RHR	11 457	5 000	Rhône + Gardons (RHR) + Vistrenque	600	Colline Costière	Rhône	6 500	6 457 000	1 291 000	2 583 000	1 937 000	646 000
CCS4 - Camargue	2 545	900	Rhône (RHR)				1 600	1 645 000	329 000	658 000	493 000	164 000
CCS5 - Beaucaire	693	100	Canal Beaucaire - estimation				600	593 000	119 000	237 000	178 000	59 000
Sous-total	17 784	7 100	-	1 200	-	-	10 700	10 683 000	2 137 000	4 273 000	3 204 000	1 068 000
GUR1 - SO Ales	3 955	-					4 000	3 955 000	791 000	1 582 000	1 186 000	395 000
GUR2 - Nord Gardonnenque	2 345	-					2 300	2 345 000	469 000	938 000	704 000	235 000
GUR3 - RHR Gardonnenque	512	400	Urgonien (RHR) + Gardon, Droude, karst				100	112 000	22 000	45 000	34 000	11 000
GUR4 - La Rouviere	1 154	-					1 200	1 154 000	231 000	462 000	346 000	115 000
GUR5 - Uzege	1 155	-					1 200	1 155 000	231 000	462 000	346 000	115 000
GUR6 - Est Gardonnenque	2 014	-					2 000	2 014 000	403 000	806 000	604 000	201 000
GUR7 - Nord Collias	539	-					500	539 000	108 000	216 000	162 000	54 000
GUR8 - SN A9 Remoulins	2 509	-		600	Domazan et Remoulins	Rhône ?	2 500	2 509 000	502 000	1 004 000	753 000	251 000
Sous-total	14 184	400	-	600	-	-	13 800	13 783 000	2 757 000	5 515 000	4 135 000	1 377 000
TOTAL	45 238	7 900		2 200			37 300	37 338 000	7 468 000	14 935 000	11 201 000	3 734 000

17%

Vignes RPG 2017 hors zones (ha)	2 262
Vignes totales Agreste 2019 (ha)	53 000

Hyp. Max irrigation	50 000	50 000 000	10 000 000	20 000 000	15 000 000	5 000 000
---------------------	--------	------------	------------	------------	------------	-----------



BRL
Ingénierie



www.brl.fr/brli

Société anonyme au capital de 3 183 349 euros
SIRET : 391 484 862 000 19 - RCS : NÎMES B 391 484 862
N° de TVA intracom : FR 35 391 484 862 000 19

1105, avenue Pierre Mendès-France
BP 94001 - 30 001 Nîmes Cedex 5
FRANCE
Tél. : +33 (0) 4 66 87 50 85
Fax : +33 (0) 4 66 87 51 09
e-mail : brli@brl.fr