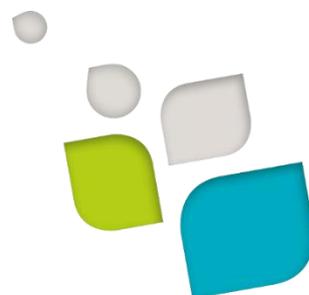


ARDECHE 2050

Stratégie d'adaptation aux changements climatiques et plan d'action sur le bassin versant de l'Ardèche

Diagnostic territorial et scénarios tendanciels (phase 1)

Version de travail soumise à la validation de la CLE en octobre 2021



V2 – Octobre 2021



BRL ingénierie

1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001
30001 NIMES CEDEX 5

Date du document	
Contact	sebastien.chazot@brl.fr

Titre du document	Rapport de phase 1
Référence du document :	A00762
Indice :	V1

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
23 avril 2021	V0	Version partielle et provisoire (diffusion limitée)	Bertille Puidebat, Marion Mahé	Marion Mahé,
15 Juil. 2021	V1	Version transmises pour relecture par EPTB et Agence de l'Eau, suite à la présentation des résultats au bureau de la CLE (10 juin 2021)	Bertille Puidebat, Marion Mahé, Frédéric Berge, Pascal Fenart (Hydrofisis), Eva Boyer (Biotope)	Marion Mahé, Sébastien Chazot
13 Oct 2021	V2	Prise en compte des remarques de l'Agence et de l'EPTB sur la version 1		

ARDECHE 2050

Stratégie d'adaptation aux changements climatiques et plan d'action sur le bassin versant de l'Ardèche

PRÉAMBULE	1
1 DEMARCHE PROSPECTIVE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ARDECHE	2
2 CHANGEMENTS CLIMATIQUES PASSES ET FUTURS POSSIBLES SUR LE BASSIN DE L'ARDECHE	6
2.1 LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : UN CONSTAT ALARMANT A L'ECHELLE MONDIALE.....	6
2.2 COMMENT LE CLIMAT A-T-IL EVOLUE DEPUIS 1960 SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ARDECHE?	7
2.2.1 Généralités sur le climat du bassin versant	8
2.2.2 Un climat qui se réchauffe, de manière plus ou moins forte selon les territoires et les saisons.....	13
2.2.3 Des vagues de chaleur de plus en plus fréquentes, longues et violentes	18
2.2.4 Des tendances difficiles à établir sur les précipitations	20
2.2.5 Des chutes de neige moins fréquentes	26
2.2.6 Une conséquence directe de la hausse des températures : l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle	27
2.2.7 L'augmentation du déficit hydrique et un assèchement des sols	27
2.2.8 Synthèse des évolutions climatiques constatées sur le bassin versant entre 1960 et 2019.....	28
2.3 COMMENT LE CLIMAT POURRAIT-IL EVOLUER A MOYEN OU LONG TERME ?	29
2.3.1 Généralités sur le changement climatique	29
2.3.2 Les modèles utilisés permettent de reproduire le climat local sur la période de référence	33
2.3.3 Tous les modèles anticipent une augmentation des températures	34
2.3.4 De fortes incertitudes sur l'évolution des précipitations	39
2.3.5 Synthèse des évolutions climatiques anticipées sur le bassin versant	40
3 QUELLES CONSEQUENCES SUR LES HYDRO-ECOSYSTEMES DU BASSIN-VERSANT ?.....	41
3.1 CONSEQUENCES SUR LES RESSOURCES SUPERFICIELLES	41
3.1.1 Caractéristiques hydrologiques du bassin versant de l'Ardèche.....	41
3.1.2 Comment ont évolué les débits depuis 1960 ?.....	50
3.1.3 Quel impact des changements climatiques à venir sur la disponibilité de la ressource ?	56
3.1.4 Synthèse des évolutions hydrologiques dans un contexte de changement climatique...	60
3.2 CONSEQUENCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES	61
3.2.1 Approche et méthodologie pour l'étude des ressources souterraines	61
3.2.2 Caractéristiques des principaux aquifères du bassin versant de l'Ardèche	62
3.2.3 L'analyse des chroniques passées montre-t-elle une évolution de la recharge des aquifères ?.....	85

3.2.4	Les impacts attendus du changement climatique sur les ressources en eau souterraine	88
3.3	CONSEQUENCES SUR L'HYDROMORPHOLOGIE ET ESPACES DE BON FONCTIONNEMENT	92
3.4	CONSEQUENCES SUR LA QUALITE DE L'EAU	93
3.4.1	Qualité des eaux et problématiques à l'échelle du bassin versant de l'Ardèche	93
3.4.2	Problématiques en lien avec la qualité des eaux de baignade	100
3.4.3	Quelles évolutions au cours des dernières années, quel lien avec le changement climatique ?	104
3.4.4	Impacts attendus du changement climatique sur la qualité des eaux	110
3.4.5	Conséquences sur la thermie des cours d'eau	112
3.5	CONSEQUENCES SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES ET HUMIDES	115
3.5.1	Des milieux naturels remarquables et globalement en très bon état	116
3.5.2	Quelles évolutions au cours des dernières années, quel lien avec le changement climatique ?	123
3.5.3	Synthèse des principales menaces et vulnérabilités identifiées	126
3.5.4	Impacts potentiels du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques	130
4	QUELLES CONSEQUENCES SOCIO-ECONOMIQUES POUR LE TERRITOIRE ?.....	136
4.1	DEMOGRAPHIE ET OCCUPATION DU TERRITOIRE	136
4.1.1	Occupation des sols : atout et faiblesse face au changement climatique	137
4.1.2	Répartition des activités et vulnérabilité au risque inondations et ruissellement	143
4.1.3	Dynamique démographique et variabilité spatio-temporelle de la fréquentation en période touristique	145
4.2	CONSEQUENCES POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE	152
4.2.1	Prélèvement actuel sur le bassin versant	152
4.2.2	Problématiques territoriales de l'alimentation en eau potable	154
4.2.3	Evolution attendue de la demande en eau potable	162
4.2.4	Impacts du changement climatique sur l'alimentation en eau potable	165
4.2.5	Synthèse de la vulnérabilité au changement climatique du système d'alimentation en eau potable	168
4.3	CONSEQUENCES POUR L'ACTIVITE TOURISTIQUE	169
4.3.1	Le tourisme, moteur de l'économie territoriale	169
4.3.2	Les enjeux de la filière touristique	171
4.3.3	Les impacts potentiels du changement climatique sur la filière	174
4.3.4	Synthèse de la vulnérabilité du secteur touristique au changement climatique	178
4.4	CONSEQUENCES POUR L'ACTIVITE AGRICOLE	178
4.4.1	Données mobilisées	179
4.4.2	Une agriculture éparse, peu intensive et diversifiée	180
4.4.3	Un recours croissant à l'irrigation organisé autour de ressources structurantes et sécurisées	183
4.4.4	Impact du changement climatique sur l'activité agricole	189
4.4.5	Perspective et projets hydro-agricoles sur le territoire	197
4.4.6	Synthèse de la vulnérabilité du secteur agricole au changement climatique	198
5	SYNTHESE DES ENJEUX, SENSIBILITE ET VULNERABILITE DES TERRITOIRES	199
5.1	BILAN GLOBAL	199
5.1.1	Changement climatique	199
5.1.2	Ressources en eaux	200

5.1.3	Qualité de l'eau et écosystèmes aquatiques et humides	202
5.1.4	Usages	204
5.2	BILAN PAR TERRITOIRES	206
5.2.1	Secteur Montagne	207
5.2.2	Bilan secteur Piémonts et pentes	209
5.2.3	Bilan secteur Confluence Plaines et Gorges	211
5.2.4	Bilan secteur Boucle albenassienne	213
5.2.5	Bilan secteur Ardèche aval.....	215
ANNEXES.....	217
ANNEXE 1.	LISTE DES ACTEURS INTERROGES	219
ANNEXE 2.	CARTES DE RECHAUFFEMENT MENSUEL ENTRE 1960 ET 2019 (TENDANCE LINEAIRE).....	221
ANNEXE 3.	COMPARAISONS EXPLORE 2070 ET GARD 3.0 POUR L'ÉVOLUTION DES DÉBITS D'ÉTIAGE	222
ANNEXE 4.	METHODES DE CORRECTION DE LA BASE DE DONNEES AGENCE DE L'EAU	224
ANNEXE 5.	COMPLEMENT D'INFORMATION SUR LES EAUX SOUTERRAINES	227
ANNEXE 6.	COMPLEMENTS D'INFORMATION SUR LES MILIEUX AQUATIQUES	257

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la température moyenne annuelle en France métropolitaine, de 1900 à 2019	7
Figure 2 : Que signifie un intervalle de confiance à 95 % ?	8
Figure 3 : Caractéristiques climatiques des territoires étudiés (moyenne 1960-2019)	8
Figure 4 : Température et précipitations (pluie et neige) mensuelles du bassin versant (moyenne 1960-2019)	12
Figure 5 : Déficit hydrique du bassin versant (moyenne 1960-2019).....	12
Figure 6 : Températures annuelles moyennes sur le bassin versant de l'Ardèche de 1960 à 2019	13
Figure 7 : Anomalies de température sur le bassin versant de l'Ardèche, par rapport à la température moyenne 1960-2019 (10,6°C)	13
Figure 8 : Résultats des régressions sur la température moyenne à l'échelle des sous-bassins (1960-2019).....	16
Figure 9 : Résultats des régressions sur la température saisonnières (1960-2019).....	16
Figure 10 : Nombre de jours par ans de températures négatives (moyennes décennales).....	17
Figure 11 : Vagues de chaleur sur le bassin versant de l'Ardèche (1960-2019)	19
Figure 12 : Cumul des précipitations annuelles sur le bassin versant (précipitations totales), de 1960 à 2019	20
Figure 13 : Anomalies de précipitations sur le bassin versant de l'Ardèche, par rapport au cumul annuel moyen 1960-2019 (1 280 mm).....	20
Figure 14 : Précipitation automnale moyenne sur le bassin versant de l'Ardèche (écart à la moyenne 1960-2019).....	21
Figure 15 : Précipitation quotidienne maximale enregistrée annuellement sur le bassin versant, moyennes décennales.....	22
Figure 16 : Nombre de jours par an où les précipitations dépassent 50 mm (1960-2019)	23
Figure 17 : Date des premières précipitations intenses et localisées après l'été.....	25
Figure 18 : Nombre de jours de neige sur le secteur Montagne	26
Figure 19 : Anomalies de chutes de neige sur le secteur Montagne, par rapport au cumul annuel moyen 1960-2019 (168 mm).....	26
Figure 20 : Anomalies d'ETP sur le bassin versant de l'Ardèche, par rapport à la moyenne 1960-2019 (926mm)	27
Figure 21 : Déficit hydrique entre mai et aout sur le bassin versant de l'Ardèche de 1960 à 2019, calculé par mois	28
Figure 22 : le principe de l'effet de serre	30
Figure 23 : Évolution du bilan radiatif ou « forçage radiatif » en W/m2 selon les différents scénarios du GIEC	31
Figure 24 : Eléments et interactions pris en compte dans les modèles climatiques	31
Figure 25 : Comparaison de la dispersion des simulations RCP8.5 issues de 4 sources de données différentes (CMIP5 = tous GCM, GCM forceurs d'EuroCordex, ensemble Euro-Cordex, sélection DRIAS), pour la température de 2 saisons (hiver et été).....	32
Figure 26 : Des projections climatiques globales aux projections locales	33
Figure 27 : Performance des modèles pour reproduire le climat observé sur la période 1970-2005.....	34
Figure 28 : Performance des modèles pour reproduire le climat observé sur la période 2006-2019.....	34
Figure 29 : Evolution de la température annuelle moyenne sur le bassin versant de l'Ardèche, 1970-2100.....	35
Figure 30 : Evolution des températures mensuelles par rapport à la période 1990-2019 : comparaison de 10 modèles de circulation atmosphérique.....	36
Figure 31 : Températures futures possibles sur le bassin versant de l'Ardèche.....	36
Figure 32 : Evolution de la température annuelle moyenne par secteur (°C)	37
Figure 33 : Evolution du nombre de jours de gel d'ici le milieu du siècle (RCP 8.5).....	38
Figure 34 : Evolution du nombre de jours de forte chaleur d'ici le milieu du siècle (RCP 8.5).....	38
Figure 35 : Evolution des précipitations mensuelles par rapport à la période 1990-2019 : comparaison de 10 modèles de circulation atmosphérique.....	39
Figure 36 : Débit inter-annuel moyen de l'Ardèche à Meyras et St Martin d'Ardèche en m³/s.....	45
Figure 37 : Vue d'ensemble de l'aménagement de Montpezat.....	46
Figure 38 : Volumes de soutien d'étiage attribués au bassin versant de la Loire depuis le complexe de Montpezat	47
Figure 39 : Volumes disponibles pour le soutien d'étiage de l'Ardèche par le complexe de Montpezat	47
Figure 40 : Vue d'ensemble des aménagements hydroélectriques sur le Chassezac.....	48
Figure 41 : Impact du soutien d'étiage à Saint-Martin d'Ardèche entre 1989 et 2010	49

Figure 42 : Evolution des hauts débits à Saint-Martin-d'Ardèche	51
Figure 43 : Plus petit débit mensuel moyen (QMNA) de l'Altier	53
Figure 44 : Anomalies moyennes des débits annuels moyens de 38 rivières françaises par rapport à leur module sur la durée de la chronique disponible (*).....	53
Figure 45 : Plus petit débit moyen glissant sur 3 jours consécutifs (VCN3) de l'Altier	54
Figure 46 : Plus petit débit moyen glissant sur 3 jours consécutifs – Chassezac.....	55
Figure 47 : 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	55
Figure 48 : Plus petit débit moyen glissant sur 3 jours consécutifs – Fontaulière.....	56
Figure 49 : Evolution possibles des débits mensuels moyens à la station de St Martin d'Ardèche à horizon 2046-2065, par rapport à la période de référence (1961-1990), selon 7 modèles climatiques.....	59
Figure 50 : Relations entre vides et type d'aquifères.....	62
Figure 51 : Géologie du bassin versant de l'Ardèche.....	63
Figure 52 : Localisation des grandes unités hydrogéologiques.....	66
Figure 53 : Principales modalités d'alimentation des masses d'eau souterraines du bassin versant de l'Ardèche	68
Figure 54 : Recharge moyenne interannuelle par infiltration des eaux de pluie estimée à partir des données SAFRAN pour les grands systèmes aquifères du bassin versant de l'Ardèche.....	70
Figure 55 : Volumes de recharge moyenne interannuelle par infiltration des eaux de pluie estimée à partir des données SAFRAN pour les grands systèmes aquifères du bassin versant de l'Ardèche.....	71
Figure 56 : Fonctionnement hydrogéologique du système karstique drainé par la Fontaine de Sauve (d'après Legay, 2013)	73
Figure 57 : Volume moyen annuel de recharge pour grandes masses d'eau du bassin versant.....	73
Figure 58 : Carte des zones humides du bassin versant de l'Ardèche (document SAGE).....	75
Figure 59 : Points de mesure de la qualité des eaux souterraines dans le bassin versant de l'Ardèche (ADES)...	81
Figure 60 : Schéma explicatif des contraintes sur la gestion active. Cas de l'aquifère urgonien en relation avec le Gardon.....	85
Figure 61 : Recharge annuelle de 1957 à 2007 et tendances pour la recharge des grandes masses d'eau du bassin versant.....	86
Figure 62 : Nombre de jours avec un sous-passement de la valeur seuil de 1 m ³ /s des venus d'eau en amont du barrage de Malarce.....	88
Figure 63 : Volumes AEP prélevés de 2008 à 2019.....	89
Figure 64 : Exemple d'aquifère fortement inertiel (source du Verdus, IDEESEAUX 2016).....	90
Figure 65 : Exemple d'aquifère fortement inertiel (source du Moulin de Pichegru, Guyot 1980).....	90
Figure 66 : Synthèse de l'état chimique du bassin versant de l'Ardèche-Données 2008 à 2014	94
Figure 67 : Synthèse de l'état écologique du bassin versant de l'Ardèche-Données 2008 à 2014	95
Figure 68 : Stations d'étude et état écologique en 2016-2018 sur le bassin versant du Chassezac	96
Figure 69 : Stations d'étude et état écologique en 2016-2017 sur le bassin versant Beaume-Drobie.....	97
Figure 70 : Classement sanitaire des sites de baignade (source : EPTB Ardèche).....	100
Figure 71 : Succession saisonnière des groupes d'algues.....	102
Figure 72 : Efflorescences de cyanobactéries	102
Figure 73 : Concentrations en orthophosphates en mg/l de 1976 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien	105
Figure 74 : Concentrations en phosphore total en mg/l de 1988 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien	106
Figure 75 : Concentrations en nitrates en mg/l de 1976 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien	107
Figure 76 : Conductivité mesurée en µS/cm de 1976 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien.....	107
Figure 77 : Concentration en chlorophylle A en µg/l de 1991 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien	108
Figure 78 : Croisement entre données de qualité des eaux et chroniques de débit de l'Ardèche aval (stations de Saint Julien de Peyrolas / Saint Martin d'Ardèche)	109
Figure 79 : Facteur de contrôle de la température de l'eau (Caissie, 2006)	113
Figure 80 : Effet d'ombrage et de protection d'un corridor boisé sur un cours d'eau (FDPPMA 81).....	114
Figure 81 : Carte d'occupation du sol détaillant les différents milieux naturels présents sur le bassin versant	117
Figure 82 : Répartition des types d'occupation du sol sur le bassin versant de l'Ardèche	118
Figure 83 : Domaines piscicoles et état actuels des cours d'eau sur le bassin versant de l'Ardèche, département ardéchois uniquement (Source : Fédération de Pêche de l'Ardèche, consultation du Web-PDPG en mai 2021)	122
Figure 84 : Evolution surfacique en ha de l'occupation du sol sur le bassin versant de l'Ardèche entre 1990 et 2018 (d'après la base de données géographique CORINE Land Cover).....	124
Figure 85 : Illustration du phénomène de déprise agricole sur la commune de Saint-Etienne-de-Fontbellon en 1955 (à gauche) et en 2020 (à droite) – Source : Remonter le temps ©IGN	125
Figure 86 : Tendances observées d'évolution de présence des cortèges d'avifaune en Auvergne-Rhône-Alpes (LPO, Bilan STOC 2019).....	126
Figure 87 : Occupation des sols par secteur (2018)	139
Figure 88 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Ardèche Aval entre 1990 et 2018	140

Figure 89 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Boucle Albenassienne entre 1990 et 2018	140
Figure 90 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Piémonts entre 1990 et 2018	141
Figure 91 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Confluences Plaines et Gorges entre 1990 et 2018	141
Figure 92 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Montagne entre 1990 et 2018	142
Figure 93 : Répartition de la population du bassin versant entre les différents secteurs d'étude	145
Figure 94 : Evolution démographique par sous bassin (1960-2017)	147
Figure 95 : Répartition intra-annuelle des nuitées touristiques (département de l'Ardèche, année 2019)	148
Figure 96 : Estimation de la population du bassin versant de l'Ardèche au mois d'août	149
Figure 97 : Courbes d'évolution démographique à horizon 2045 selon différents scénarios prospectifs	151
Figure 98 : Prélèvement pour l'alimentation en eau potable sur le bassin versant	152
Figure 99 : Volume mis en distribution au niveau des infrastructures principales du réseau du SEBA (Pont de Veyrières, Gerbial, La Beaume, Mazet)	152
Figure 100 : Prélèvement annuel moyen par secteur et par milieu (moyenne 2017-2019)	154
Figure 101 : Schéma des liens entre les principales unités de gestion et distribution d'eau potable	155
Figure 102 : Evolution des volumes facturés moyens sur 616 communes – Base 100 en 2008	163
Figure 103 : Part de résidences principales et secondaires dans le parc de logements en 2017	169
Figure 104 : Taxe de séjour perçue en Ardèche (2006-2019)	170
Figure 105 : Evolution des nuitées en camping entre avril et septembre (2010-2019)	171
Figure 106 : Structures d'hébergement marchand par sous bassin	173
Figure 107 : Evolution des nuitées en camping entre mai et septembre	174
Figure 108 : Part des surfaces agricoles en 2000 et 2010 par territoire	181
Figure 109 : Caractéristiques pédologiques du département de l'Ardèche	182
Figure 110 : Répartition des volumes entre préleveurs agricoles déclarés dans la base de redevances Agence de l'eau (moyenne 2017-2019)	185
Figure 111 : Cultures irriguées dans le bassin versant de l'Ardèche (estimations en 2010)	186
Figure 112 : Evolution des prélèvements pour l'irrigation	187
Figure 113 : Evolution du prélèvement des 8 principaux préleveurs au cours de la décennie passée	188
Figure 114 : Evolution des volumes prélevés par le SDEA	188
Figure 115 : Répartition par ressource des volumes déclarés dans la base de redevances Agence de l'Eau (moyenne 2017-2019)	189
Figure 116 : Rétrospective du déficit hydrique des vignobles par période du cycle végétatif	192
Figure 117 : Rétrospective du déficit hydrique des vergers entre juin et septembre	195
Figure 118 : Evolution possible des débits mensuels moyens de l'Ardèche et de la Cèze entre la fin du XXème et le milieu du XXIème siècle, selon 7 modèles de circulation atmosphérique (Explore 2070)	222

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classement des dix années les plus chaudes depuis 1880, à l'échelle globale	6
Tableau 2 : Evolution des températures moyennes par saison et par secteur (tendance linéaire entre 1960 et 2019)	17
Tableau 3 : nombre moyen de jours de neige sur les périodes 1960-1980 et 1990-2001, secteur Montagne	26
Tableau 4 : Objectifs de gestion quantitative des cours d'eau et marges de manœuvre pour les prélèvements ..	50
Tableau 5 : Evolutions possibles des débits moyens et d'étiage à l'horizon 2046-2065, par rapport à la période 1961-1990, selon un scénario d'émission SRES A1B	58
Tableau 6 : Evolutions possibles des modules à l'horizon 2046-2065, par rapport à la période 1961-1990, selon un scénario d'émission SRES A1B	59
Tableau 7 : Entités hydrogéologiques aquifères du bassin versant de l'Ardèche	64
Tableau 8 : Paramètres du modèle de calcul de la recharge à partir des données SAFRAN	70
Tableau 9 : Principales modalités d'exutoire des masses d'eau souterraine	76
Tableau 10 : Ordres de grandeur de la contribution des différents aquifères au soutien d'étiage	83
Tableau 11 : Hypothèses utilisées pour estimer la fréquentation touristique	148
Tableau 12 : Milieux impactés par les prélèvements AEP	153
Tableau 13 : Evolution possible du prélèvement annuel moyen sur le bassin versant	164
Tableau 14 : Evolution des débits d'étiage à la Roque su Cèze	223

PREAMBULE

La rivière est au centre de l'identité territoriale du bassin versant de l'Ardèche. Reconnue pour la richesse de ses espèces, habitats et paysages, elle participe à la qualité de vie et dynamise l'activité économique locale. Limiter l'impact des activités humaines sur le cours d'eau garantit la durabilité des services rendus par la rivière. C'est à la période où les débits sont les plus faibles que se concentrent les pressions sur les milieux aquatiques (augmentation des prélèvements pour l'eau potable et l'agriculture, des rejets d'eaux usées, de la fréquentation des plans d'eau). Caractérisée par la dualité entre des étiages sévères et des épisodes cévenols violents, l'Ardèche est particulièrement sensible au dérèglement climatique qui risque d'amplifier ces phénomènes.

Dans l'optique d'une révision des outils de la politique de l'eau, l'EPTB Ardèche et la commission locale de l'eau souhaitent aujourd'hui anticiper l'impact du changement climatique sur le territoire. Dans la lignée des objectifs régionaux de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, cette étude vise à produire une base méthodologique et des orientations stratégiques pour la compréhension, l'adaptation et l'atténuation des impacts du changement climatique à une échelle locale. Pour ce faire, la démarche est structurée en quatre phases :

- **Caractérisation du changement climatique passé et futur** sur le bassin versant et de son impact sur l'hydrologie, les milieux aquatiques et les usages de l'eau. Les usages et milieux les plus vulnérables pourront ainsi être identifiés à une échelle spatiale fine, de façon à anticiper les défis que pourrait rencontrer le territoire à horizon 2050
- **Évaluation des outils actuels de gestion de l'eau** sur le territoire pour déterminer si les objectifs sont adaptés aux enjeux du changement climatique et si les moyens proposés pour y répondre sont adéquats.
- **Élaboration d'une stratégie d'adaptation au changement climatique**, dans l'optique de limiter des facteurs de stress biophysiques et socioéconomiques. Celle-ci est définie sur la base d'ateliers collaboratifs impliquant élus, professionnels et citoyens dans l'avenir de leur territoire.
- **Proposition d'un plan d'actions** : des solutions techniques mais également institutionnelles et financières opérationnalisent la démarche.

Cette démarche prospective accorde un rôle central à l'appropriation du diagnostic par les acteurs du territoire : une approche participative est privilégiée à chaque phase. De nombreux entretiens, ateliers et réunions de concertations ont permis d'enrichir le diagnostic de savoirs locaux, de favoriser l'échange de connaissances et de mobiliser l'intelligence collective pour proposer des actions adaptées au contexte local.

Les éléments présentés dans le cadre de ce rapport constituent les résultats de la phase 1 de l'étude et visent à :

- Caractériser l'évolution passée et future des principaux paramètres climatiques (§2).
- Comprendre les impacts attendus du changement climatique sur :
 - L'environnement : niveaux d'eau, qualité des eaux, écosystèmes aquatiques et humides (§3).
 - Les usages et activités associées à la ressource en eau : alimentation en eau potable, agriculture, tourisme, hydroélectricité (§4).
 - La qualité de vie : loisirs, paysages, vulnérabilité aux inondations (§4).



1 DEMARCHE PROSPECTIVE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ARDECHE

Le bassin versant de l'Ardèche fait depuis longtemps l'objet d'une gestion pour protéger la rivière et s'en protéger. En 1984, il c'est le premier territoire à se doter d'un contrat de rivière en France. Depuis, des outils opérationnels ont été développés dans le but de préserver la qualité de l'eau et des écosystèmes, de se prémunir des crues et de garantir la disponibilité de la ressource. L'élaboration du SAGE en 2012 a donné un nouvel élan à la gestion de la ressource en eau et des milieux alluviaux, commune à l'ensemble du bassin versant. Les contrats de rivière et de protection contre les inondations arrivant à leur terme, la fin d'un cycle de gestion se profile. Les problématiques liées à chacune de ces stratégies évoluent à l'aune des changements climatiques.

L'EPTB Ardèche, désormais compétent à l'échelle du bassin versant, souhaite intégrer les enjeux du changement climatique à la rédaction des futurs documents de la politique de l'eau. Pour ce faire, un diagnostic est établi sur l'ensemble du territoire et décliné selon les enjeux spécifiques à certains sous territoires. Ces enjeux locaux sont identifiés à partir d'outils participatifs laissant une place importante à la concertation.

UNE APPROCHE TENANT COMPTE DES SPECIFICITES DE SOUS-TERRITOIRES DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant de l'Ardèche, du fait notamment de sa topographie présente des caractéristiques climatiques, naturelles mais aussi humaines qui varient fortement depuis les Cévennes et Montagnes Ardéchoises (1690 m au sommet du mont Lozère) jusqu'à la confluence avec le Rhône à Pont St-Esprit.

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

- *Les caractéristiques paysagères* orientant localement les rapports à la rivière : montagne, piémonts, plaines, gorges et plateaux calcaires.
- *Les caractéristiques climatiques*, définies dans le cadre de l'étude grâce aux données Météo France entre 1960 et 2019.
- *Les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques* : il s'agit autant que possible de privilégier des territoires cohérents en termes hydrologiques. En particulier :
 - Le découpage cherche à distinguer les secteurs bénéficiant d'un soutien d'étiage et ceux n'en bénéficiant pas.
 - L'intégrité des différents secteurs sensibles à l'enjeu inondation est préservée.
 - Le découpage tient également compte des secteurs de sauvegarde identifiés par l'étude ressources souterraines stratégiques.
- *La répartition des hommes et des activités* : le découpage tente de représenter des dynamiques démographiques et économiques contrastées sur le territoire.
 - Les données de l'INSEE ont été utilisées pour produire à l'échelle communale des indicateurs de densité et de dynamique démographique entre 1999 et 2017.
 - La structure de l'économie a été étudiée à partir des informations présentées dans le SCoT de l'Ardèche méridionale, en particulier la localisation des entreprises et des sites touristiques.
 - Les infrastructures routières existantes sont également considérées comme structurantes pour l'organisation du territoire.
- *Les secteurs prioritaires en termes de protection de la biodiversité* : La répartition des zones d'intérêt écologique a été un critère de distinction des différents secteurs.



■ **Secteur « Pentes et Piémonts » :**

- *Paysage* : Secteur Joyeuses - Les Vans, caractérisé par son relief, traversé en bas de pente par la D 104. Gorges de la Beume et du Chassezac
- *Climat* : Fort gradient de précipitations et de températures suivant l'altimétrie
- *Hydrologie* : Chassezac soutenu, Beume non soutenue identifiée comme secteur déficitaire mais présence de ressource souterraine stratégique (nappe du Trias)
- *Socio-économie* : Densité relativement importante, particulièrement le long de l'axe de la D104. Agriculture en terrasse dans les versants, castanéculture dans les hauts de pente, essor d'un tourisme diffus.
- *Biodiversité* : Extrémités des Parc National des Cévennes et Régional des Monts d'Ardèche. Séparé du secteur de plaine par les par plusieurs zones Natura 2000 (Gorges du Chassezac, bois de Paölive et d'Abeau, ...).
- *Territoires de projet* : Secteur à cheval sur plusieurs EPCI : Val de Ligne dans son intégralité, Pays Beume-Drobie et Pays des Vans en Cévennes

■ **Secteur « Confluences, Plaines et Gorges » :**

- *Paysage* : Plaine de confluence des principaux affluents : Auzon, Beume, Chassezac, Ibie. Gorges de l'Ardèche.
- *Climat* : Secteur aux températures plus élevées et recevant un cumul pluviométrique annuel faible.
- *Hydrologie* : Axes soutenus sur le secteur et accès localisé à plusieurs ressources souterraines stratégiques : Jurassique et Urgonien. Présence de l'enjeu inondation.
- *Socio-économie* : Densité moyenne, mais croissance significative. Centre touristique. Agriculture diversifiée mais centrée sur l'activité viticole (IGP Côtes du Vivarais), développement de l'irrigation (réseau Cornadon)
- *Biodiversité* : Large réseau Natura 2000, dont la Réserve des Gorges, joyaux touristique. Enjeux forts de continuité.
- *Territoires de projet* : Secteur centré sur l'EPCI CC des Gorges d'Ardèche

■ **Secteur « Boucle albenassienne » :**

- *Paysage* : Vallée de l'Ardèche et plateau du Coiron, pôle urbanisé.
- *Climat* : Secteur aux températures plus élevées et recevant un cumul pluviométrique annuel faible.
- *Hydrologie* : Axe Ardèche soutenu, enjeu quantitatif sur le secteur Auzon-Claduègne. Présence de l'enjeu inondation. Ressource souterraine stratégique localisée : Trias et Jurassique.
- *Socio-économie* : Secteur à forte densité, polarisé autour de l'agglomération d'Aubenas. Agriculture et activité économique diversifiées. Enjeux de mitage du territoire agricole, développement de l'irrigation (retenue de Darbes)
- *Biodiversité* : Quelques secteurs Natura 2000 à l'aval d'Aubenas.
- *Territoires de projet* : Secteur centré sur l'EPCI CC Bassin d'Aubenas

■ **Secteur « Ardèche Aval » :**

- *Paysage* : L'Ardèche de la sortie des Gorges aux plaines rhodaniennes.
- *Climat* : Secteur aux températures plus élevées et recevant un cumul pluviométrique annuel faible.
- *Hydrologie* : Axe Ardèche soutenu, accessibilité de la ressource Rhône, ressource souterraine stratégique (Urgonien)
- *Socio-économie* : Secteur démographiquement dynamique, économiquement tourné vers la vallée du Rhône, dominance du secteur agricole, arboriculture et viticulture (AOP Côtes du Rhône).
- *Biodiversité* : Extrémité de la réserve des Gorges
- *Territoires de projet* : 2 SCoT sur ce territoire à cheval sur plusieurs départements. 2 EPCI (CA du Gard Rhodanien et CC du Rhône aux Gorges de l'Ardèche).



GOVERNANCE ET PROCESSUS PARTICIPATIF MIS EN ŒUVRE

Différents processus ont été mis en place pour intégrer les connaissances et analyses des acteurs de terrain dans la démarche. Des entretiens ont été réalisés avec une trentaine d'acteurs locaux, représentatifs des différentes thématiques abordées dans le cadre de l'étude :

- EPTB
- Agence de l'Eau
- Syndicat de développement, d'équipement et d'aménagement (SDEA)
- EDF
- Ardèche Tourisme
- Syndicat des eaux du bassin de l'Ardèche (SEBA)
- Saur, exploitation du réseau d'irrigation de Cornadon
- Syndicat des irrigations de Cornadon
- Chambre d'Agriculture de l'Ardèche
- VivaCoop
- Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche
- Conservatoire des espaces naturels
- ETPB Loire Amont
- Communauté de Communes des Vans en Cévennes, pour la démarche territoire à énergie positive

Au total, 23 entretiens ont été réalisés pour alimenter les phases 1 et 2 de cette étude. L'Annexe 1 précise les interlocuteurs contactés.

Par ailleurs des échanges avec l'EPTB ont permis d'enrichir la méthode mobilisée et une présentation en CLE a facilité le partage, la critique et l'approfondissement du diagnostic. Des ateliers de concertation sont également prévus dans le cadre des phases 2 à 4 de l'étude).



2 CHANGEMENTS CLIMATIQUES PASSES ET FUTURS POSSIBLES SUR LE BASSIN DE L'ARDECHE

2.1 LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : UN CONSTAT ALARMANT A L'ECHELLE 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 : à l'échelle du globe, neuf des dix années les plus chaudes jamais enregistrées à l'échelle globale l'ont été depuis 2010 (Tableau 1).

Tableau 1 : Classement des dix années les plus chaudes depuis 1880, à l'échelle globale.

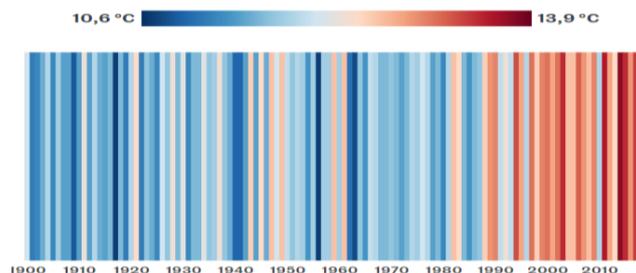
Année	Ecart à la moyenne 1901-2000
2016	1.00°C
2020	0.98°C
2019	0.95°C
2015	0.93°C
2017	0.91°C
2018	0.83°C
2014	0.74°C
2010	0.73°C
2013	0.68°C
2005	0.67°C

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



En France, 2020 a été l'année la plus chaude depuis 1900, la température annuelle moyenne dépassant pour la première fois la barre des 14°C. La Figure 1 présente l'évolution de la température moyenne annuelle en France métropolitaine, de 1900 à 2019.

Figure 1 : Evolution de la température moyenne annuelle en France métropolitaine, de 1900 à 2019



Source : lemonde.fr, article du 03/01/2020

2.2 COMMENT LE CLIMAT A-T-IL EVOLUE DEPUIS 1960 SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ARDECHE?

Le paragraphe suivant décrit les tendances d'évolution du climat dans le bassin versant de l'Ardèche au cours des dernières décennies. Ces résultats s'appuient sur l'analyse des **données climatiques SAFRAN**, produites par Météo France et mises à disposition de l'EPTB dans le cadre de cette 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. Ces données recouvrent la période allant du 1^{er} janvier 1960 au 31 décembre 2019. Elles possèdent une résolution temporelle (journalière) et spatiale (maille de 8 km de côté) fine. Les paramètres utilisés ci-après sont la température moyenne, 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. La variabilité saisonnière des changements climatiques a également été étudiée en considérant les périodes suivantes :

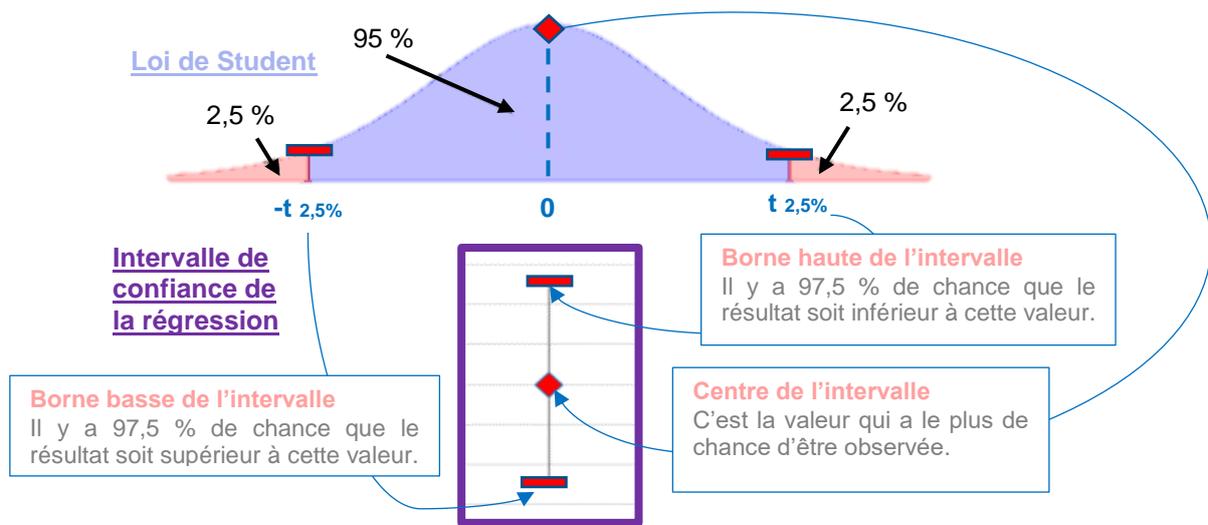
<u>PRINTEMPS</u>	<u>ETE</u>	<u>AUTOMNE</u>	<u>HIVER</u>
Mars	Juin	Septembre	Décembre
Avril	Juillet	Octobre	Janvier
Mai	Août	Novembre	Février

Toutes les valeurs d'évolution présentées dans cette section sont issues de l'exploitation de courbes de régression linéaire, calculées sur les années 1960 à 2019 :

- Hormis précision inverse, tous les résultats sont significatifs au seuil de confiance de 95%. Cela signifie qu'il y a au moins 95% de chances pour que l'hypothèse de l'existence d'une tendance soit avérée.
- Si l'hypothèse de l'existence d'une tendance est avérée, l'évolution annoncée correspond au coefficient de régression linéaire. Attention, les chiffres présentés sont dépendants de la période considérée pour la régression (1960-2019) : ils ne doivent pas être projetés comme une tendance.
- Néanmoins, il existe une incertitude sur ce coefficient de régression. Afin de rendre compte de cette incertitude, les résultats présentent un intervalle de confiance, représenté par des barres d'erreurs visibles sur les graphiques. La Figure 2 explique comment ces intervalles sont calculés à partir de la loi de Student. Les intervalles de confiance annoncés le sont au seuil de confiance de 95 %. Cela signifie qu'il y a 95% de chances pour que l'évolution observée soit comprise entre la valeur haute et la valeur basse de cet intervalle.



Figure 2 : Que signifie un intervalle de confiance à 95 % ?

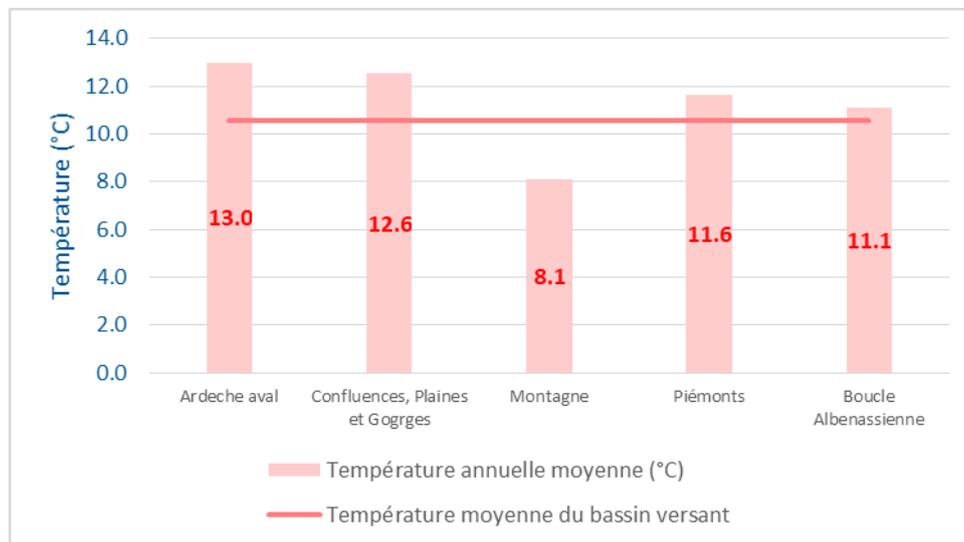


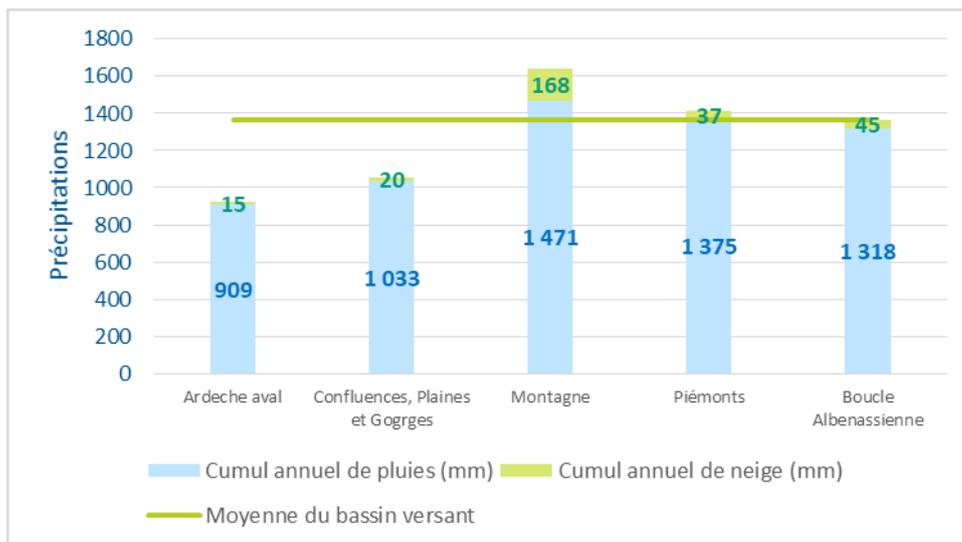
2.2.1 Généralités sur le climat du bassin versant

Il est important de déterminer spatialement l'évolution du climat car le bassin versant est composé d'une mosaïque de paysages caractérisés par des conditions climatiques hétérogènes, comme l'illustre les valeurs de précipitations et températures moyennes de chaque zone (Figure 3). Les secteurs Ardèche Aval et Confluences Plaines et Gorges se distinguent ainsi comme plus chauds et secs que la moyenne du bassin versant, tandis que le secteur de Montagne est plus frais et humide.

8

Figure 3 : Caractéristiques climatiques des territoires étudiés (moyenne 1960-2019)



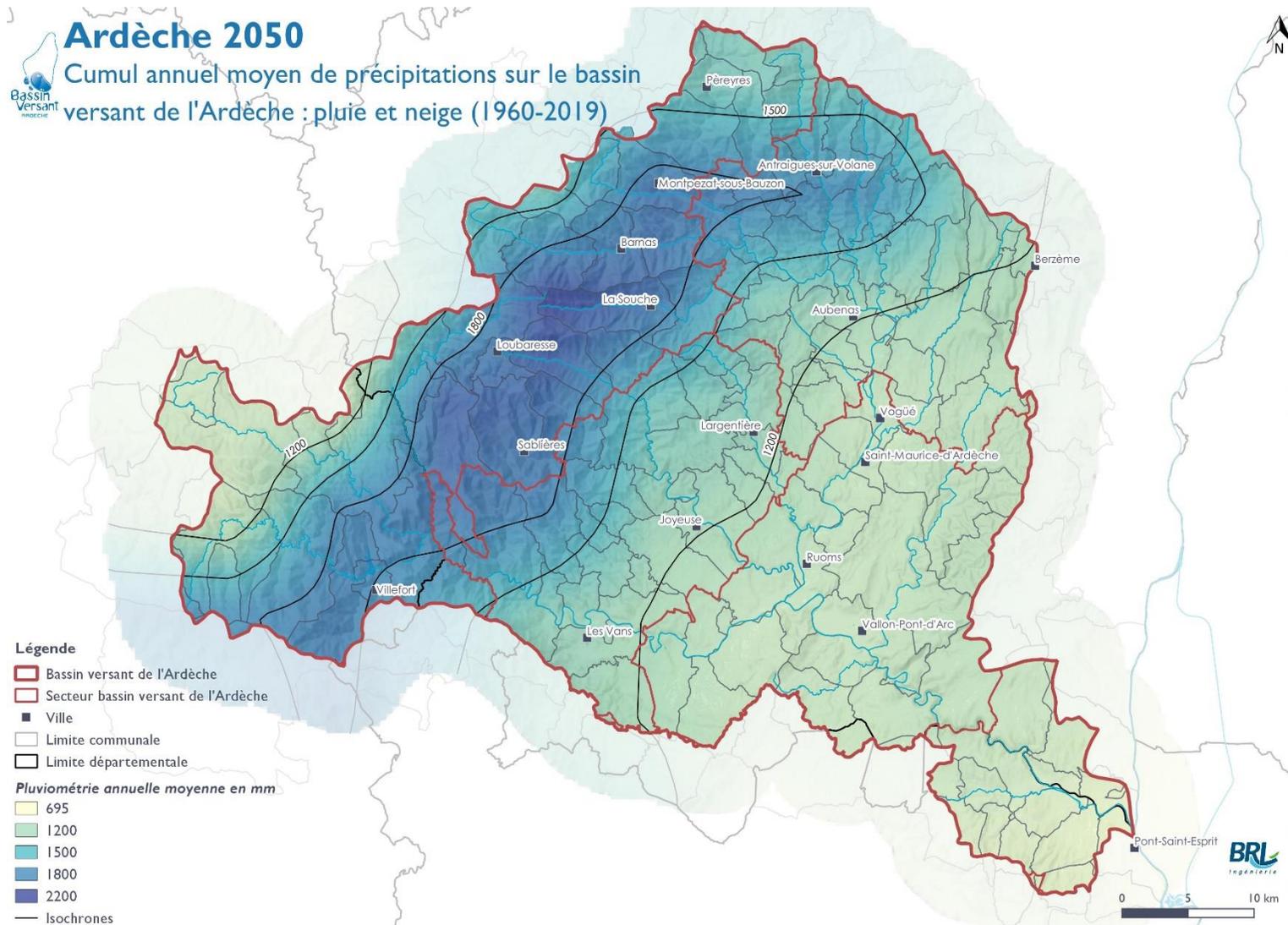


Exploitation de données SAFRAN

Les cartes ci-dessous ont été établies à partir des données météorologiques SAFRAN afin d'illustrer cette diversité des climats sur le bassin.



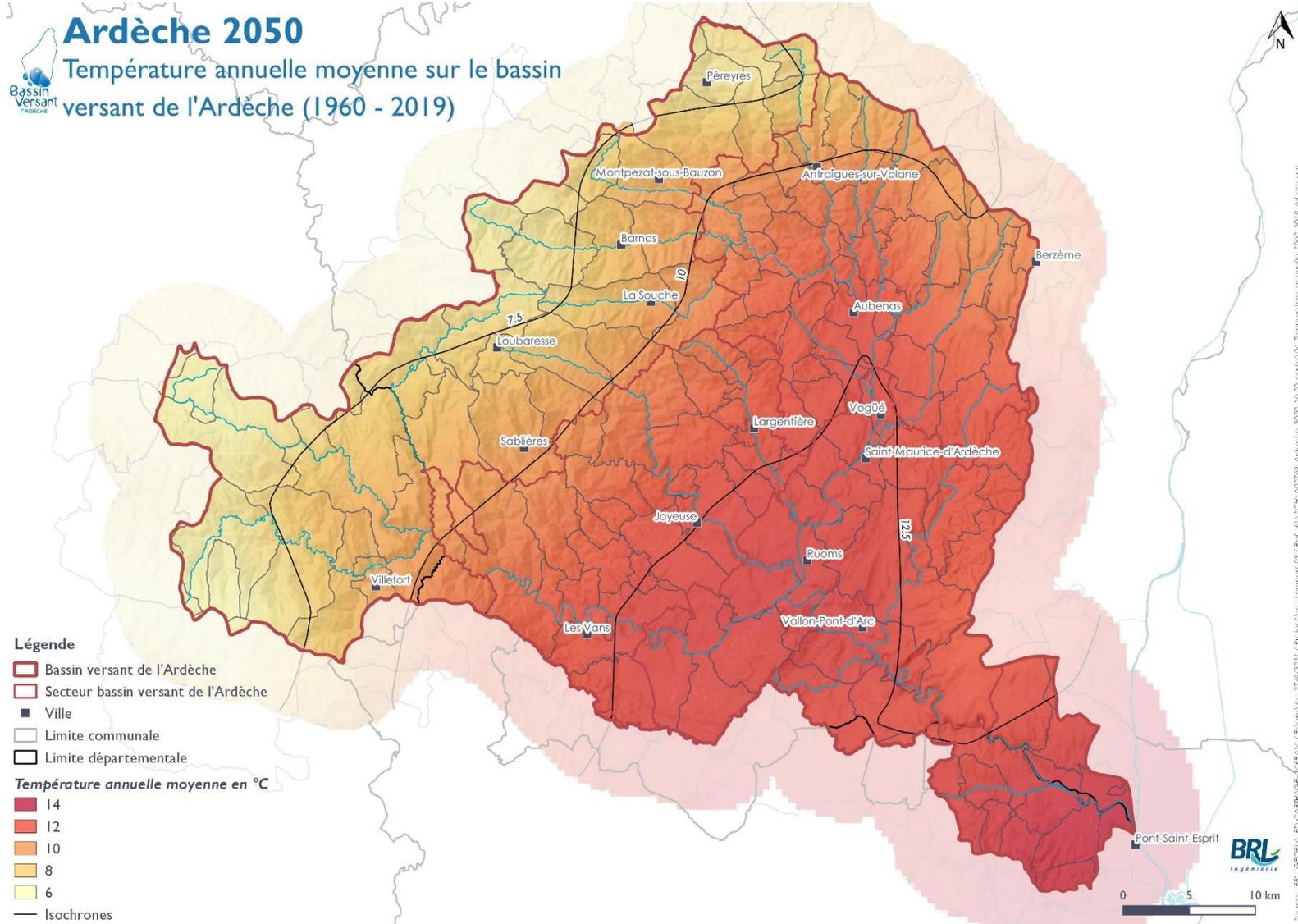
Carte 2 : Cumul annuel de précipitations sur le bassin versant de l'Ardèche (moyenne 1960-2019)



Traitement de données SAFRAN



Carte 3 : Température annuelle moyenne sur le bassin versant de l'Ardèche (moyenne 1960-2019)



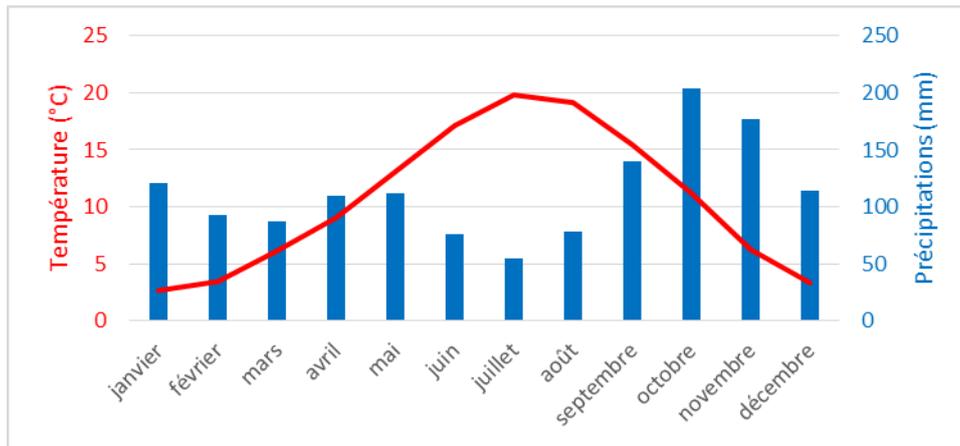
Traitement de données SAFRAN



Il est également intéressant d'étudier l'évolution des paramètres climatiques à une échelle infra-annuelle dans la mesure où les différentes saisons sont marquées par des caractéristiques climatiques hétérogènes à l'échelle du bassin versant (Figure 4) :

- Les étés sont chauds, avec un maximum de 19,8°C en moyenne au mois de juillet, et les hivers froids avec un minimum de 2,6°C en moyenne au mois de janvier.
- Les précipitations sont relativement similaires en hiver et au printemps (autour de 100 mm par mois), particulièrement faibles en été avec un minimum de 54 mm au mois de juillet et particulièrement importantes à l'automne avec un maximum de 204 mm en moyenne au mois d'octobre.

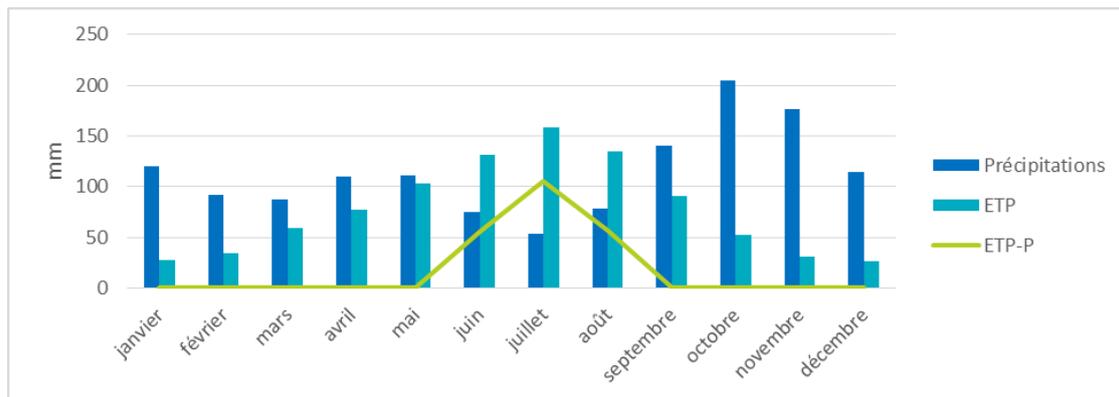
Figure 4 : Température et précipitations (pluie et neige) mensuelles du bassin versant (moyenne 1960-2019)



Traitement de données SAFRAN

Le déficit hydrique exprime la différence entre l'évapotranspiration potentielle et les précipitations pendant une période donnée. Cela correspond à un bilan entre ce qui rentre dans le système (les précipitations) et ce qui en sort (l'eau évapotranspirée). Si cette différence est négative cela signifie que les précipitations ont été suffisantes pour satisfaire la demande climatique en eau évapotranspirée. On indique alors un déficit hydrique nul. Au contraire si le cumul est positif cela signifie que les précipitations ont été insuffisantes.

Figure 5 : Déficit hydrique du bassin versant (moyenne 1960-2019)



Traitement de données SAFRAN

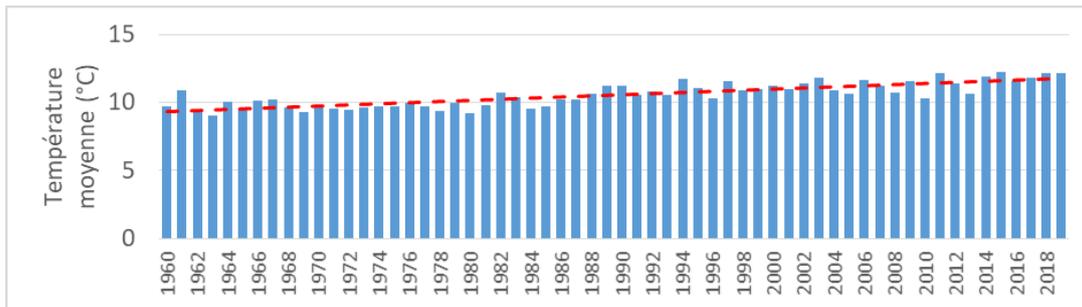
En moyenne sur la période 1960-2019, l'évapotranspiration potentielle est plus importante que le cumul des précipitations aux mois de juin, juillet et août. En cumulé sur ces trois mois, l'évapotranspiration potentielle est en moyenne de 425 mm sur la période 1960-2019 (925 mm à l'année) et les précipitations sont en moyenne de 208 mm (1 363 mm à l'année). Le déficit hydrique moyen est donc de 217 mm. Le déficit hydrique atteint son maximum au mois de juillet (105 mm en moyenne), quand les températures sont les plus élevées et les précipitations les plus faibles.



2.2.2 Un climat qui se réchauffe, de manière plus ou moins forte selon les territoires et les saisons

La Figure 6 présente la chronique des températures moyennes annuelles du bassin versant de l'Ardèche. La courbe rouge correspond à la droite de régression linéaire. Cette régression conclut à une **augmentation de la température de 2,5°C sur la période étudiée** (intervalle de +/- 0,4°C), **soit 0,4°C par décennie**. Le bassin versant Ardéchois apparaît donc particulièrement sensible aux tendances de réchauffement observées ces 60 dernières années.

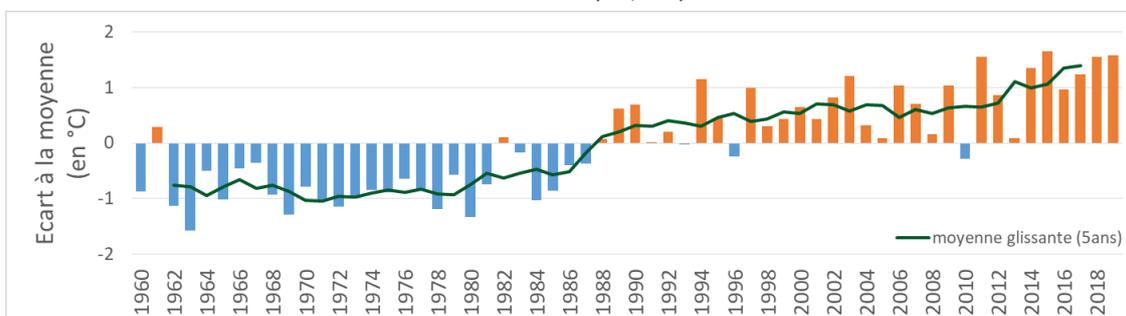
Figure 6 : Températures annuelles moyennes sur le bassin versant de l'Ardèche de 1960 à 2019



Traitement de données SAFRAN

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. La Figure 7 présente l'anomalie des températures par rapport à la température moyenne mesurée sur la période 1960-2019. La courbe représente la moyenne mobile calculée sur 5 ans. Après une période relativement stable, le réchauffement s'est réellement manifesté à partir du milieu des années 1980. Les 6 années les plus chaudes de ces 60 dernières années sont survenues au cours de la décennie passée.

Figure 7 : Anomalies de température sur le bassin versant de l'Ardèche, par rapport à la température moyenne 1960-2019 (10,6°C)



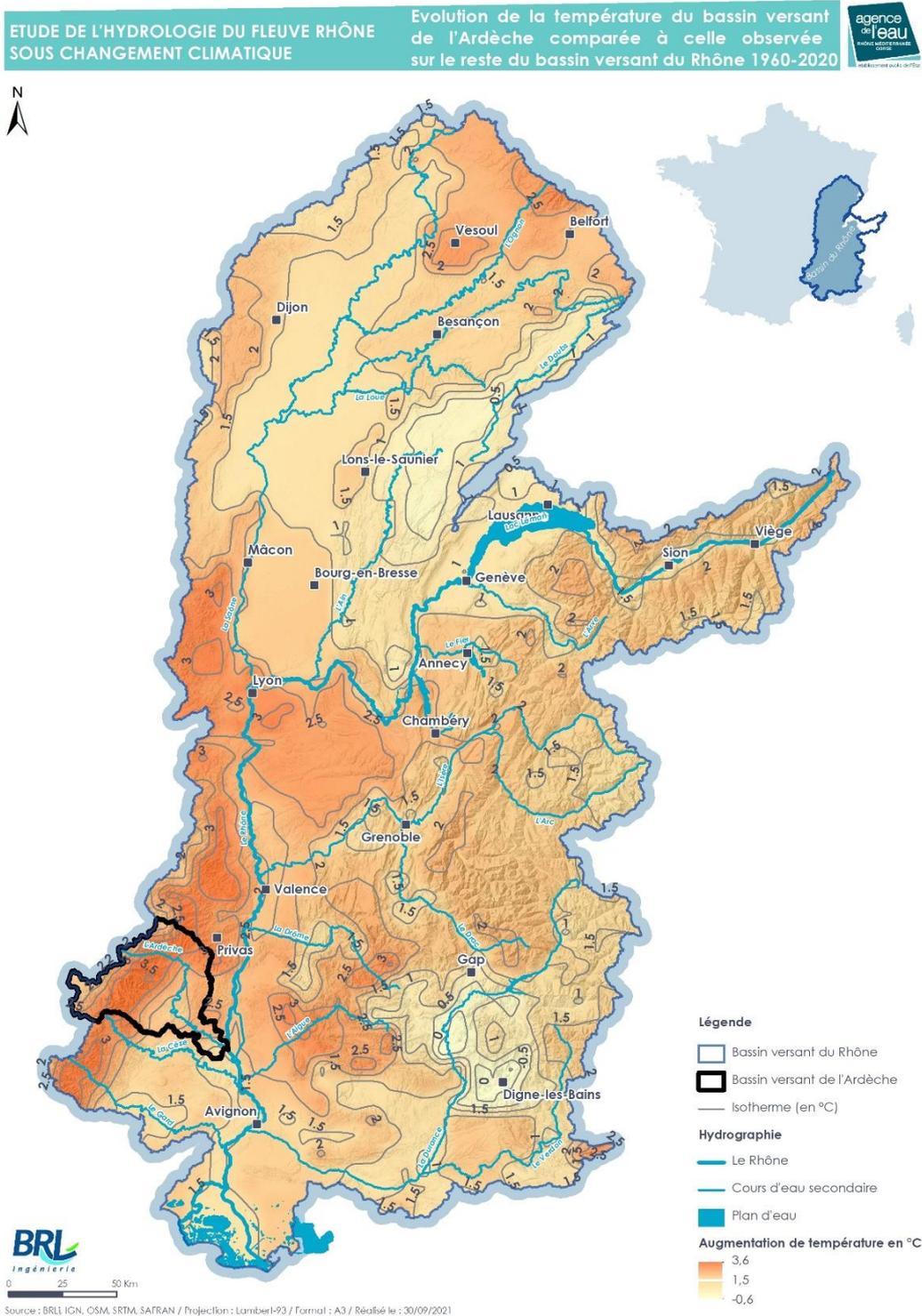
Traitement de données SAFRAN

Le réchauffement local est supérieur à la moyenne nationale (+0,3°C par décennie selon Météo France¹). La Carte 4 compare le réchauffement annuel moyen du bassin versant de l'Ardèche par rapport à celui constaté dans l'ensemble du bassin versant dans lequel il s'insère : celui du Rhône (BRLi, 2021). Les plus fortes hausses de températures sont constatées dans les Cévennes et les contreforts du massif central. En particulier, le bassin versant de l'Ardèche est le seul sous-bassin dans lequel certains secteurs connaissent un réchauffement supérieur à 3,5°C.

¹ <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>



Carte 4 : Evolution de la température du bassin versant de l'Ardèche comparée à celle observée sur le reste du bassin versant du Rhône



14

(BRLi, 2021)

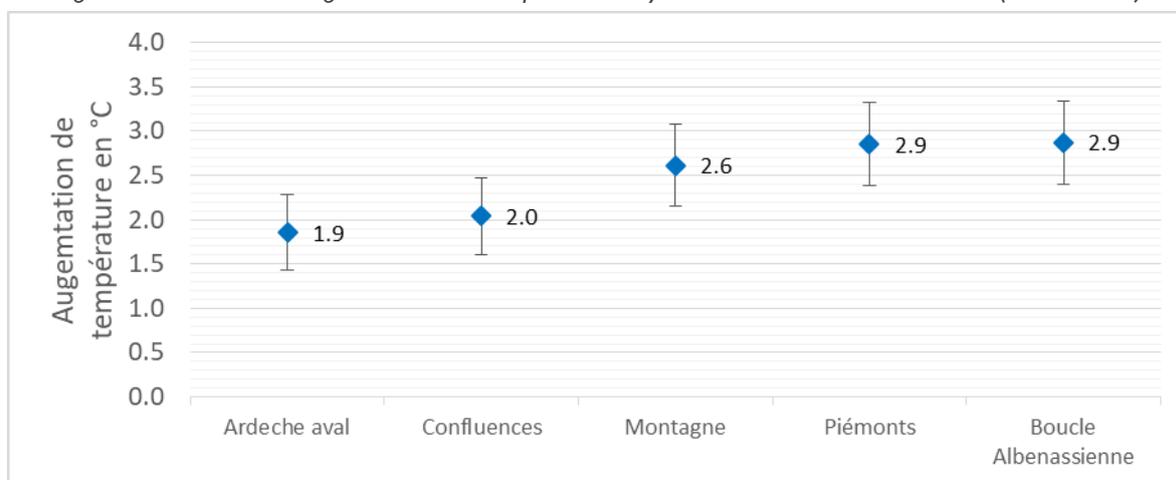
UN RECHAUFFEMENT DIFFERENT SELON LES TERRITOIRES

La Carte 5 illustre le réchauffement observé sur le bassin versant de l'Ardèche entre 1960 et 2019 (régression sur les températures annuelles moyennes). Elle permet de constater la variabilité spatiale de ce phénomène, **particulièrement plus marqué sur les versants que dans la plaine et sur le plateau ardéchois.**



Cette variabilité peut être constatée entre les différents secteurs étudiés : le réchauffement annuel moyen est par exemple significativement plus important sur les secteurs Piémont et Boucle Albenassienne qu'à l'aval des Gorges de l'Ardèche. Quel que soit le secteur considéré, l'augmentation de température est significative pour chaque secteur et chaque saison.

Figure 8 : Résultats des régressions sur la température moyenne à l'échelle des sous-bassins (1960-2019)

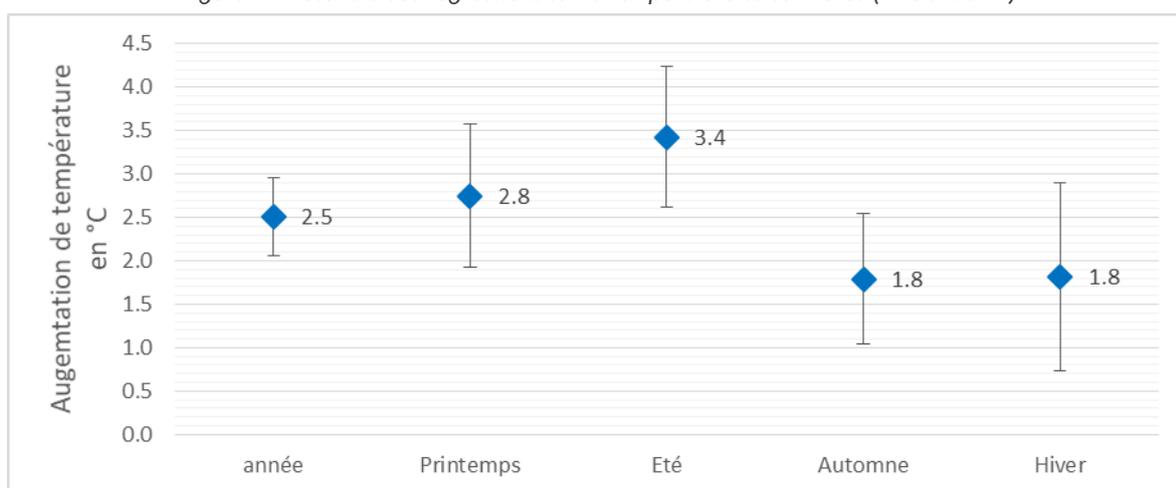


Traitement de données SAFRAN

UN RECHAUFFEMENT DIFFÉRENT SELON LES SAISONS

La Figure 9 donne les résultats des régressions réalisées sur les températures saisonnières moyennes entre 1960 et 2019. L'augmentation de la température est significative pour chaque saison. Cependant, **l'augmentation observée à l'échelle annuelle masque des amplitudes beaucoup plus fortes à l'échelle saisonnière** : le réchauffement estival est par exemple significativement plus important que le réchauffement automnal. **Le réchauffement est le plus fort sur les mois d'été, atteignant jusqu'à +3,4°C à l'échelle du bassin versant** (+/- 0,8°C au seuil de confiance de 95%), mais aussi au printemps (+2,8°C). Au contraire les mois d'automne et d'hiver semblent connaître un réchauffement moins important (+1,8°C).

Figure 9 : Résultats des régressions sur la température saisonnières (1960-2019)



Traitement de données SAFRAN

Les résultats de l'évolution des températures par saison et par secteur sont repris dans le tableau récapitulatif ci-dessous. Attention, à l'échelle saisonnière, le réchauffement observé n'est pas significativement différent entre les secteurs.



Tableau 2 : Evolution des températures moyennes par saison et par secteur (tendance linéaire entre 1960 et 2019)

	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE	HIVER	ANNEE
ARDECHE AVAL	2,0	2,9	1,3	1,3	1,9
CONFLUENCES, PLAINES ET GORGES	2,3	3,1	1,3	1,3	2,0
MONTAGNE	2,9	3,4	1,9	1,9	2,6
PIEMONTS	3,1	3,8	2,1	2,1	2,9
BOUCLE ALBENASSIENNE	3,1	3,7	2,2	2,2	2,9
BASSIN	2,8	3,4	1,8	1,8	2,5

Deux secteurs semblent se dessiner à l'échelle du bassin versant ardéchois, délimités par les ruptures de pente des piémonts cévenols et de la montagne ardéchoise :

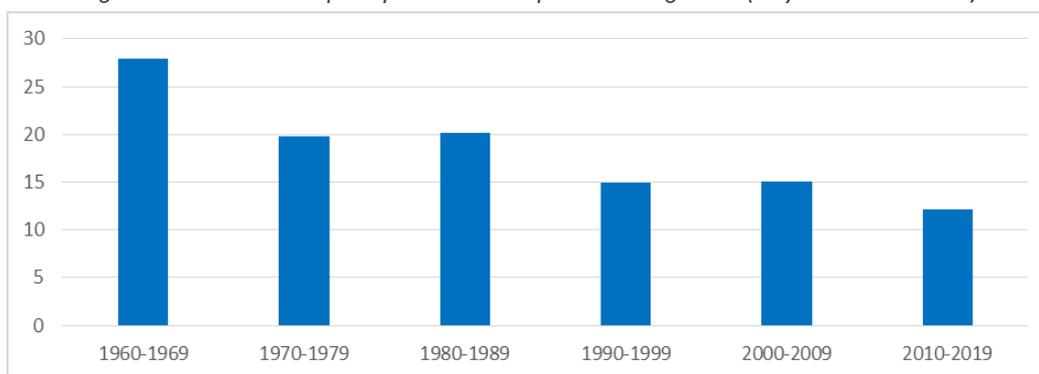
- **Les tendances de réchauffement les plus faibles sont observées sur les deux secteurs les plus à l'aval du bassin versant**, en particulier sur le secteur ouvert sur la vallée du Rhône. Ces secteurs sont ceux sur lesquels la température moyenne des soixante dernières années est la plus élevée. La tendance de réchauffement de ces 60 dernières années y est dans la moyenne de celle observée à l'échelle régionale présentée par Météo France sur le site ClimatHD.
- Sur les trois autres secteurs, le réchauffement est particulièrement important en toutes saisons. Le réchauffement est le plus fort sur les mois d'été (atteignant jusqu'à +3,8°C sur ces soixante dernières années) mais il reste particulièrement préoccupant même sur les mois d'automne et d'hiver (atteignant jusqu'à +2,2°C).

L'Annexe 2 présente, pour chaque mois, le réchauffement observé sur l'ensemble du territoire. Elle permet de constater la différence de réchauffement entre les différents mois de l'année, ainsi qu'entre les secteurs du bassin versant.

EVOLUTION DES TEMPERATURES EXTREMES

Des régressions sur les températures annuelles minimales et maximales ont également permis de conclure à l'augmentation des températures minimales et maximales atteintes chaque année. Le nombre de jours où la température moyenne du bassin passe sous le seuil des 0°C a également significativement diminué (Figure 10).

Figure 10 : Nombre de jours par ans de températures négatives (moyennes décennales)



Traitement de données SAFRAN



2.2.3 Des vagues de chaleur de plus en plus fréquentes, longues et violentes

Une vague de chaleur est un épisode durant lequel on observe des températures anormalement élevées pendant plusieurs jours consécutifs. La durée du phénomène et les températures atteintes varient selon les régions du monde. A l'échelle française, Météo France s'appuie sur l'indicateur thermique national composé de 30 stations et s'intéresse aux épisodes de plus de 3 jours successifs durant lesquels la température journalière moyenne dépasse les 23,5°C. Cette définition a été retenue pour étudier le phénomène à l'échelle du bassin versant de l'Ardèche.

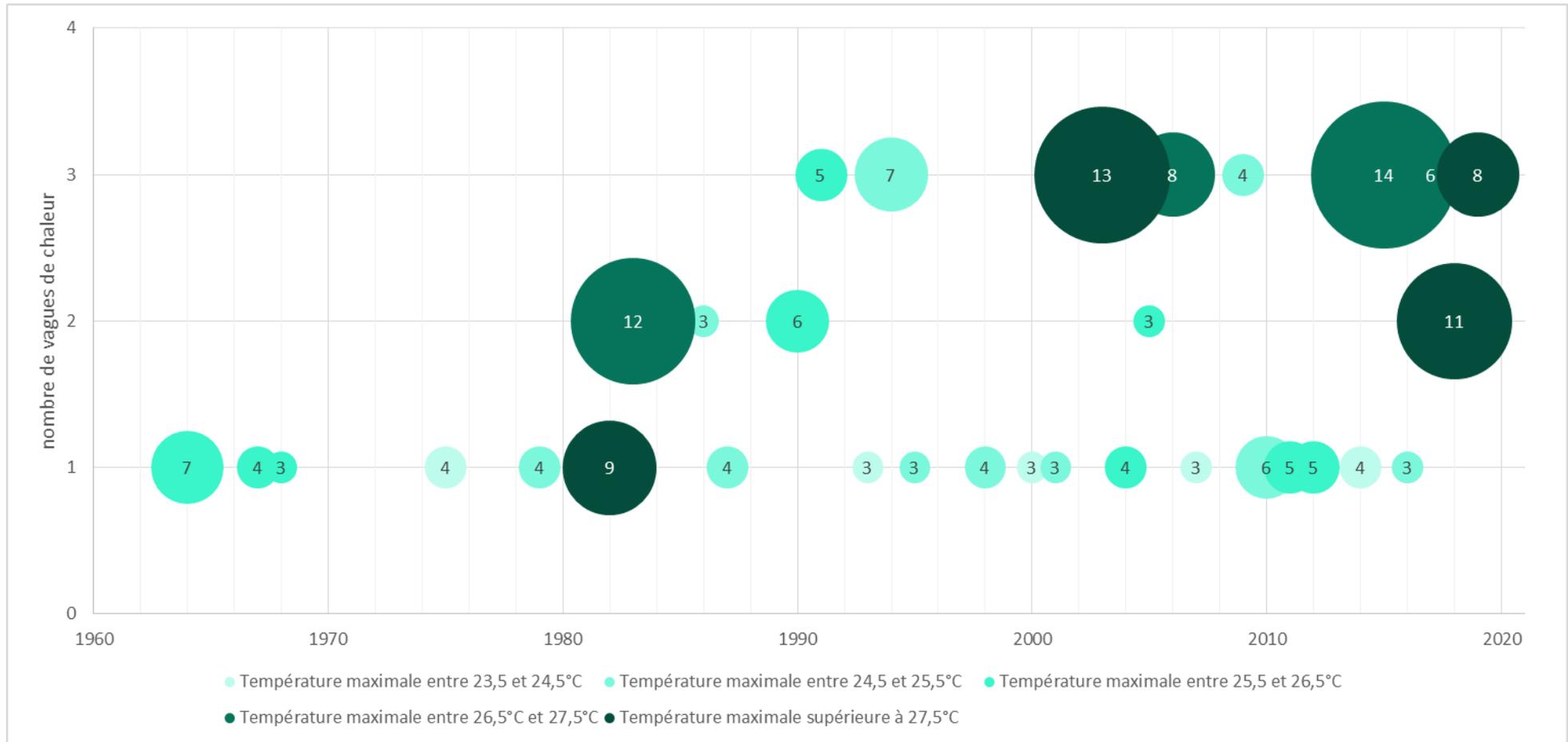
La Figure 11 représente pour chaque année entre 1960 et 2019 le nombre de vagues de chaleur observées (axe des ordonnées). La couleur des cercles représente la température maximale atteinte au cours des vagues de chaleur. La taille du cercle représente la durée de la plus longue vague de chaleur observée chaque année. La valeur inscrite au centre du cercle correspond à cette durée en jours.

On y constate que :

- Ces phénomènes sont de plus en plus fréquents :
 - Ils survenaient une année sur quatre entre 1960 et 1979, une année sur deux entre 1980 et 1999 et presque tous les ans depuis 2000 (à l'exception des années 2002, 2008 et 2013).
 - Entre 1960 et 1979, il n'est jamais arrivé d'observer plusieurs vagues de chaleur au cours d'une année. A partir des années 1980, il est arrivé d'observer deux épisodes, puis trois à partir des années 1990.
- Ces phénomènes sont de plus en plus longs :
 - Les vagues de chaleurs dont la durée excède deux semaines se sont banalisées ces vingt dernières années.
 - Pour la première fois en 2015, une vague de chaleur de deux semaines a été observée.
- Les vagues de chaleur les plus longues, de plus en plus fréquentes, sont celles durant lesquelles les températures maximales atteintes sont les plus importantes.



Figure 11 : Vagues de chaleur sur le bassin versant de l'Ardèche (1960-2019)



Traitement de données SAFRAN

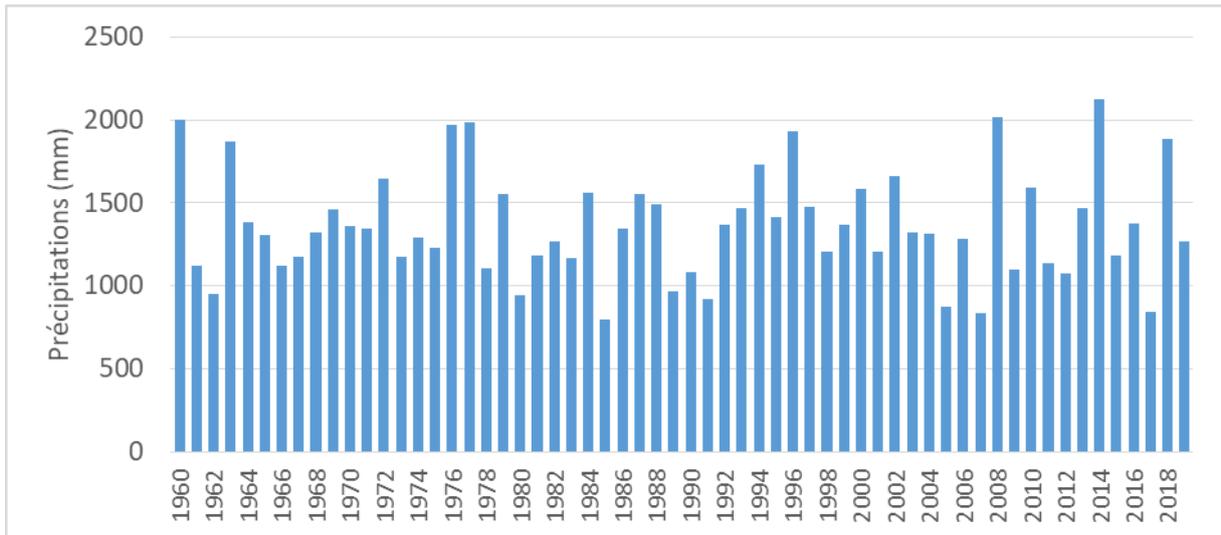


2.2.4 Des tendances difficiles à établir sur les précipitations

UNE ABSENCE DE TENDANCE DANS LES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES

La Figure 12 présente les précipitations annuelles totales (pluie + neige) sur le bassin versant de l'Ardèche. Sous l'influence du climat Cévenol, le climat du bassin de l'Ardèche est caractérisé par une **forte variabilité du cumul pluviométrique annuel**.

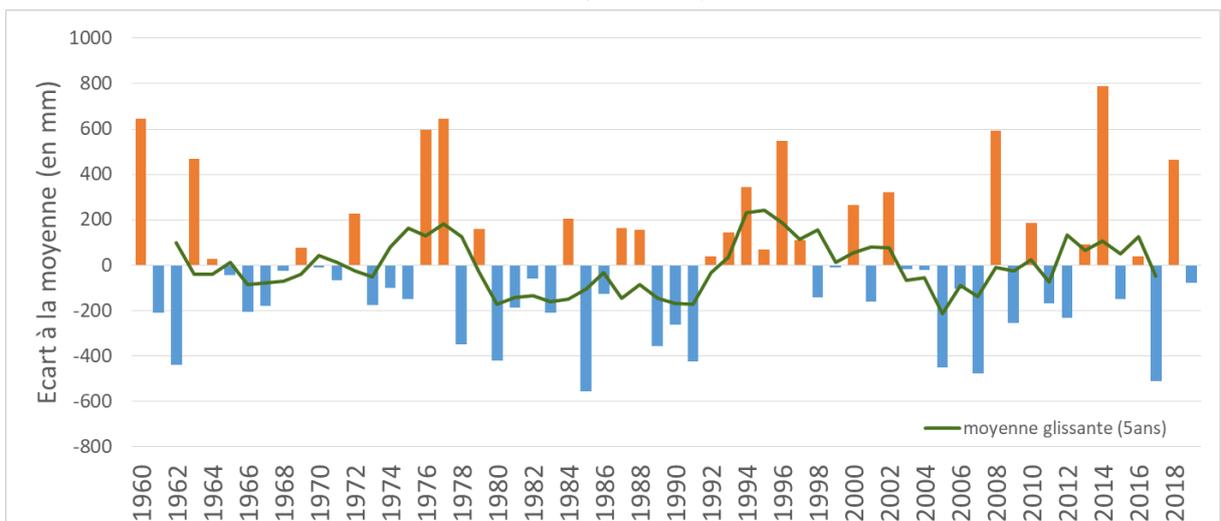
Figure 12 : Cumul des précipitations annuelles sur le bassin versant (précipitations totales), de 1960 à 2019



Traitement de données SAFRAN

La Figure 13 représente l'écart à la moyenne 1960-2019 du cumul annuel de précipitations liquides. L'absence de tendance visible est confirmée par l'analyse statistique : **à l'échelle du bassin versant de l'Ardèche, il n'est pas possible de conclure sur une évolution des quantités de précipitations tombées chaque année.**

Figure 13 : Anomalies de précipitations sur le bassin versant de l'Ardèche, par rapport au cumul annuel moyen 1960-2019 (1 280 mm)



Traitement de données SAFRAN



Les régressions effectuées sur les cumuls pluviométriques ne sont significatives pour aucun des sous bassins étudiés comme pour le bassin versant dans son ensemble. Un lissage sur plusieurs années ne permet pas non plus de conclure à une évolution.

LES SIGNES D'UNE MODIFICATION DU REGIME DES PRÉCIPITATIONS

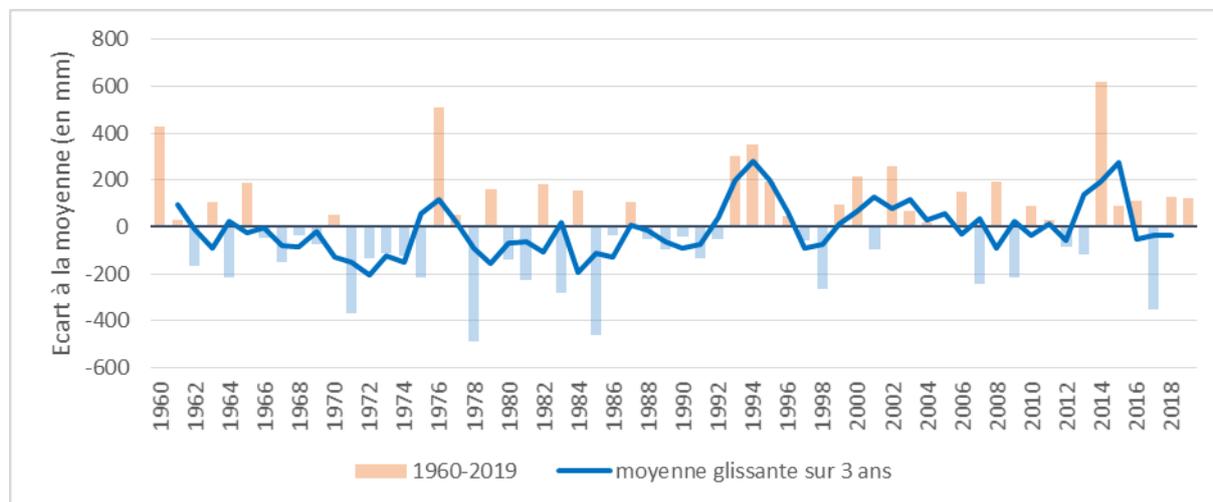
Malgré la forte variabilité interannuelle des précipitations, des signes semblent indiquer une évolution de la répartition intra-annuelle des précipitations.

→ Les régressions effectuées sur les cumuls pluviométriques saisonniers ne sont significatives pour aucun des sous bassins étudiés comme pour le bassin versant dans son ensemble. Une méthode envisageable pour détecter des tendances est de réaliser des régressions sur une moyenne glissante de cumuls pluviométriques (moyenne glissante calculée sur 3 ou 5 ans) afin de **lisser les pics de précipitations**. Cette approche suggère certaines tendances saisonnières :

- En **automne**, sur tous les bassins versants, le lissage sur 3 ans fait apparaître des **tendances d'augmentation des précipitations**. Cette hausse n'est cependant pas suffisamment importante pour observer une tendance sur le cumul pluviométrique annuel.
- En été, si aucun signe n'est décelable à l'échelle du bassin, le lissage sur 3 ans fait apparaître des tendances de diminution des précipitations sur le secteur Montagne. Les secteurs piémont et Ardèche aval montrent également un signal à la baisse lors de l'utilisation de chroniques lissées sur 5 ans.
- En hiver, le lissage sur 3 ans suggère une diminution des précipitations sur le secteur Montagne. Il s'agit du seul secteur sur lequel cette tendance peut être observée.
- Au printemps, aucune tendance à la hausse ou à la baisse n'est décelée.

Ces constatations ne varient pas si l'on considère le cumul de la pluie et de la neige.

Figure 14 : Précipitation automnale moyenne sur le bassin versant de l'Ardèche (écart à la moyenne 1960-2019)

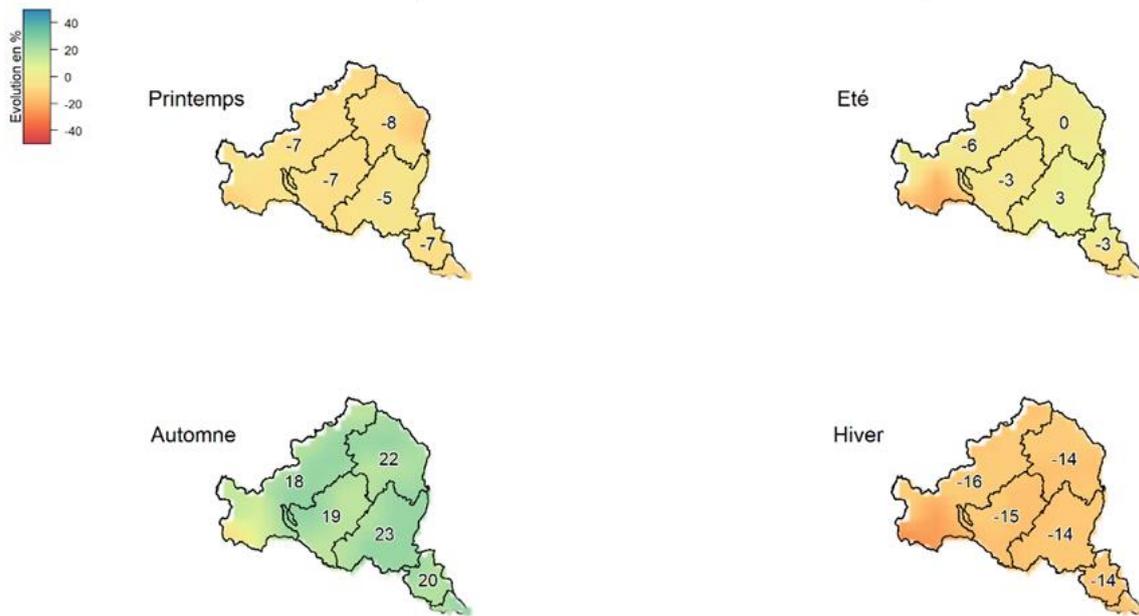


→ Une autre méthode envisageable pour gommer la variabilité interannuelle est de comparer les cumuls de précipitation sur de longues périodes. Nous proposons ci-dessous de comparer le cumul de précipitations sur deux périodes successives de 30 ans. La Carte 6 représente l'évolution du cumul de précipitations entre les périodes 1960-1989 et 1990-2019 à l'échelle du bassin versant. Cette analyse permet de tirer les conclusions suivantes :

- Le cumul annuel de précipitations ne semble pas avoir évolué au cours des 60 dernières années.
- La répartition intra-annuelle des précipitations semble évoluer, de façon relativement homogène à l'échelle du territoire. Ces évolutions sont significatives en automne (hausse) et en hiver (baisse).



Carte 6 : Evolution du cumul de précipitations entre les périodes 1960-1989 et 1990-2020

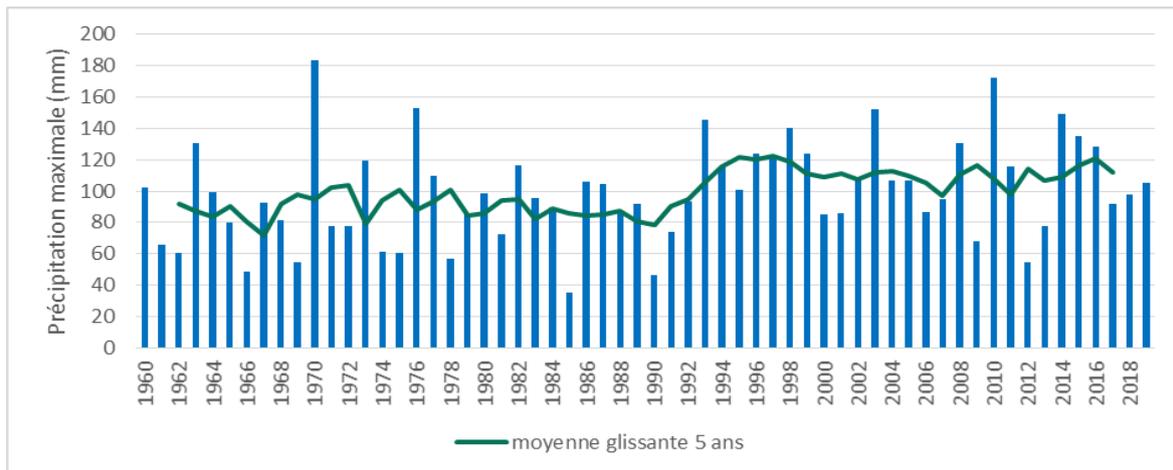


Traitement de données SAFRAN

UNE TENDANCE A L'AUGMENTATION DE L'INTENSITE DES PRECIPITATIONS EXTREMES, ESSENTIELLEMENT EN TETE DE BASSIN

Les éléments présentés ci-dessous permettent de conclure à **l'augmentation de l'intensité des précipitations extrêmes sur le bassin versant**, phénomène amplifiant le risque d'érosion des sols et d'inondations. La Figure 15 présente des précipitations maximales enregistrées annuellement sur le bassin versant de l'Ardèche. La courbe représente la moyenne glissante sur 5 ans. En moyenne les précipitations du jour le plus pluvieux de l'année augmentent. Cependant, l'épisode le plus intense mesuré depuis 1960 reste celui de 1970.

Figure 15 : Précipitation quotidienne maximale enregistrée annuellement sur le bassin versant, moyennes décennales



Traitement de données SAFRAN

Ce constat est confirmé par une régression sur le cumul annuel de précipitations du jour le plus pluvieux, réalisée sur la période 1960-2019. Cette régression conclut à une **augmentation du cumul de précipitations du jour le plus pluvieux de 30 mm à l'échelle du bassin versant (soit + 30 % par rapport la moyenne 1960-2019)**. L'incertitude reste cependant importante sur l'ampleur de ce phénomène (intervalle de confiance entre + 3 et + 58 mm). A l'échelle des territoires étudiés, celui pour lequel cette régression est la plus significative est la boucle Albenassienne.



L'intensité des précipitations extrêmes augmente de manière significative à l'échelle du bassin versant. Une analyse par secteur révèle que ce phénomène concerne essentiellement les têtes de bassin : sur les trois secteurs les plus à l'aval, ce test statistique n'est pas significatif, même au seuil de confiance de 90%.

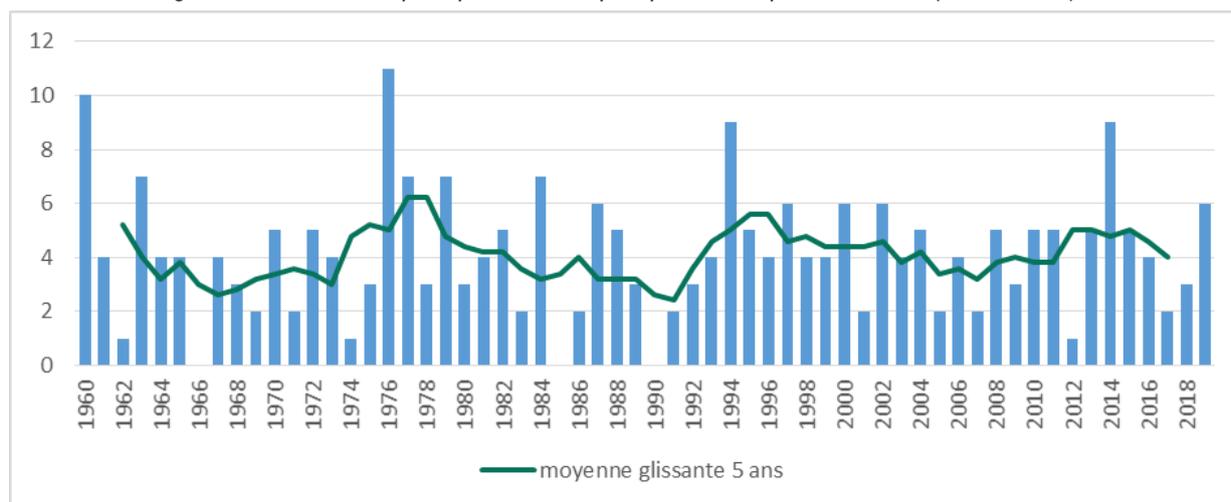
DES SIGNES D'UNE AUGMENTATION DE LA FREQUENCE DES PRECIPITATIONS EXTREMES LOCALISEES

Aucun élément ne semble indiquer l'augmentation de la fréquence ou de la répartition des événements très pluvieux lorsque l'on considère les précipitations moyennes sur le bassin versant. Le nombre d'événements de précipitations extrêmes localisées a en revanche augmenté au cours de la dernière décennie

Fréquence des fortes précipitations sur le bassin versant

Le seuil de 50 mm/jour a été retenu comme représentatif d'un épisode très pluvieux (une année médiane seuls 4 jours par an connaissent des précipitations supérieures à ce seuil). La Figure 16 présente le nombre de jours par an concernés par ces épisodes depuis 1960. **Aucune tendance significative ne témoigne de l'augmentation de la fréquence des pluies extrêmes sur la période étudiée dans le bassin versant de l'Ardèche.**² Un résultat similaire est obtenu lorsque l'on considère les sous-secteurs d'étude.

Figure 16 : Nombre de jours par an où les précipitations dépassent 50 mm (1960-2019)



Traitement de données SAFRAN

Lorsque l'on considère un seuil de 100 mm en moyenne sur le bassin versant, les résultats sur la fréquence des fortes pluies restent nuancés. En comparant les années 1980-1999 et 2000-2019, on observe davantage d'années sur la période récente où les premières précipitations intenses ont été observées avant le 15 septembre et davantage d'années où ces événements ne sont pas survenus avant le 15 novembre. Néanmoins, sur la période 1960-1979, on observait déjà des années avec des épisodes antérieurs au 15 septembre et ultérieurs au 15 novembre.

Rétrospective sur les épisodes cévenols, épisodes localisés

Afin de prendre en compte la concentration géographique de ces épisodes cévenols, ce paragraphe étudie la chronique des précipitations quotidiennes moyennes du secteur d'étude qui a reçu les plus fortes précipitations, ce secteur pouvant varier d'un jour à l'autre.

² Différents seuils ont été testés, sans apparition de tendance significative.



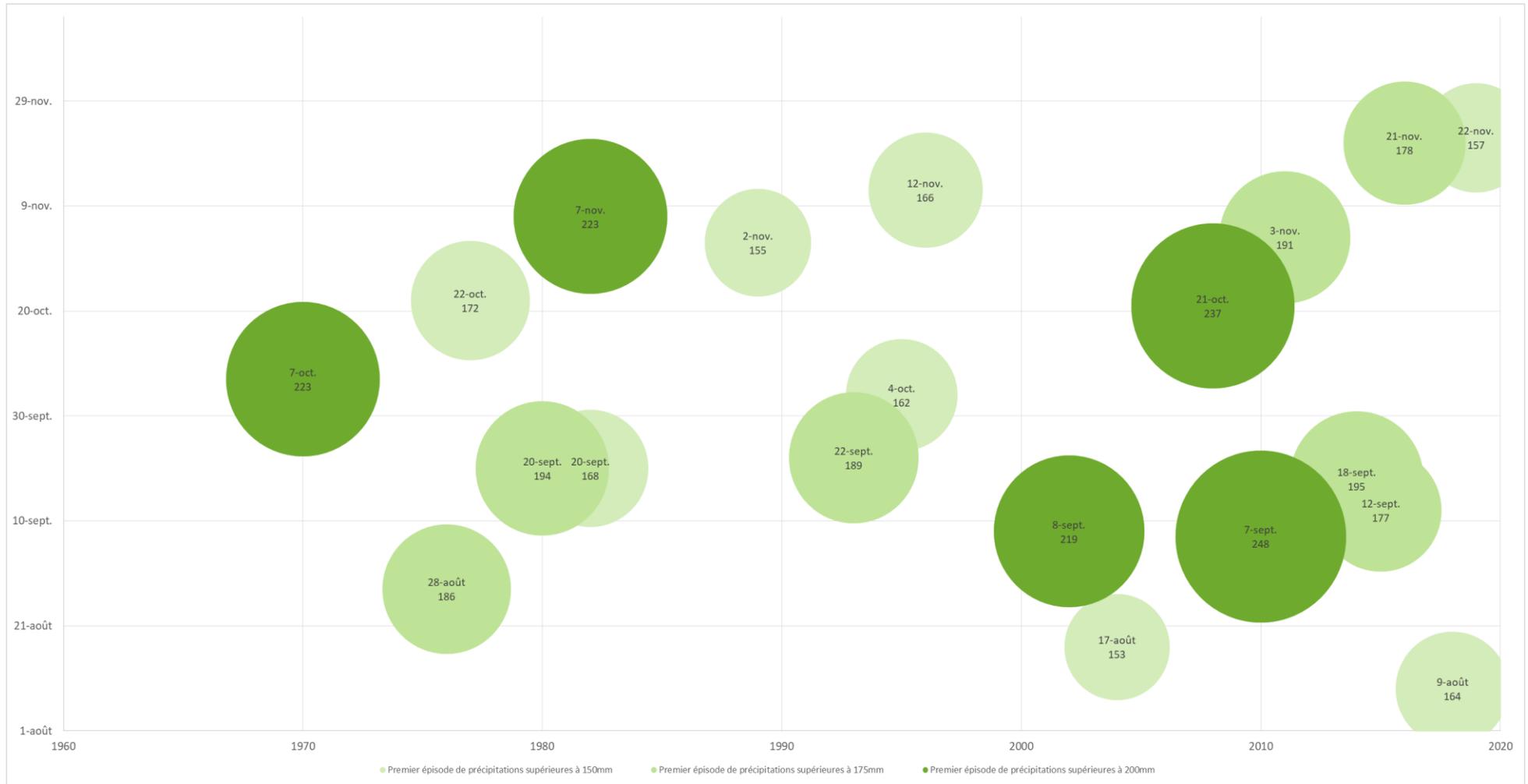
La Figure 17 illustre la date d'apparition des épisodes cévenols à l'automne entre 1960 et 2019. Il représente la date du premier épisode de précipitations supérieures à 150 mm en 24h sur un des secteurs d'étude. Trois classes d'intensité sont représentées, selon que les précipitations cumulées atteignent les seuils de 150, 175 ou 200mm (du plus clair au plus foncé). La taille des bulles illustre l'intensité du phénomène. Les valeurs inscrites au centre des bulles correspondent à la date et au cumul pluviométrique atteint.

Au cours de la première décennie, aucun épisode n'est relevé. Puis, entre 1970 et 2009, ces épisodes surviennent trois années sur dix. Entre 2010 et 2019, ils sont mesurés 7 années sur 10. Soit plus de deux fois plus souvent qu'au cours des quarante années précédentes. Les années à venir viendront confirmer ou infirmer cette tendance observée sur les années récentes. Cette tendance n'est pas sans conséquences sur la gestion des risques inondation et ruissellement.

Par ailleurs, ces évènements sont survenus cinq fois avant le 15 septembre au cours des vingt dernières années, contre une fois seulement au cours des quarante années précédentes. Ces indices sur la possibilité d'épisodes cévenols plus tôt dans l'année ne permettent néanmoins pas de conclure à une avancée systématique des premiers épisodes cévenols qui, pour la première fois depuis soixante ans, se sont produits après le 15 novembre en 2016 et 2019.



Figure 17 : Date des premières précipitations intenses et localisées après l'été



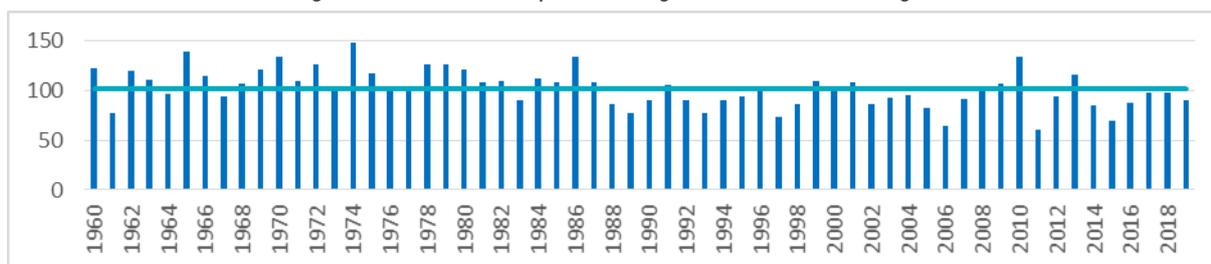
Traitement de données SAFRAN



2.2.5 Des chutes de neige moins fréquentes

Le nombre de jours de neige sur le bassin versant de l'Ardèche (Figure 18) a significativement diminué entre 1960 et 2019. Le Tableau 3 permet d'illustrer cette baisse en comparant les périodes 1960-1989 et 1990-2019, entre lesquelles on compte en moyenne une différence de 19 jours de chutes de neige. Cette diminution est particulièrement visible au printemps (baisse de 28%).

Figure 18 : Nombre de jours de neige sur le secteur Montagne



Traitement de données SAFRAN

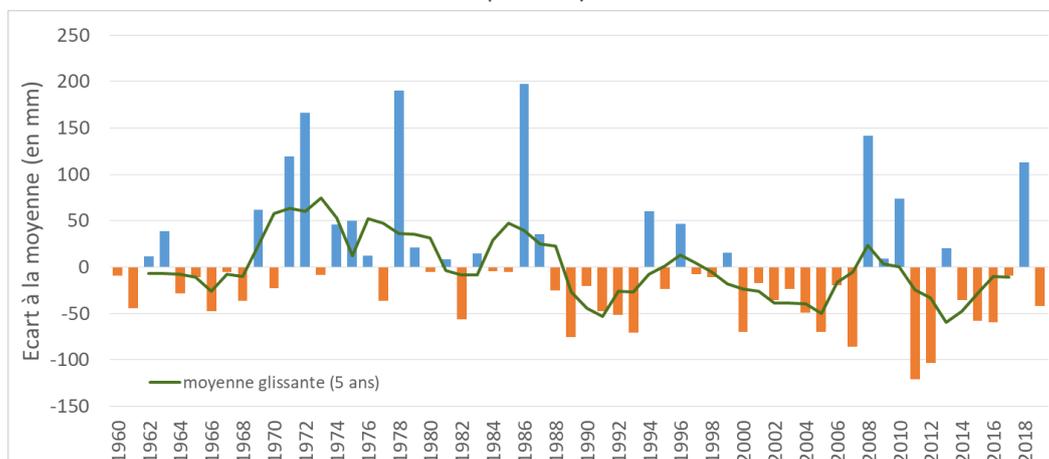
Tableau 3 : nombre moyen de jours de neige sur les périodes 1960-1980 et 1990-2001, secteur Montagne

	1960-1989	1990-2019
ANNUEL	112	93
HIVER	57	51
PRINTEMPS	37	27
ETE	1	0
AUTOMNE	17	15

26

Ce constat se répercute sur les volumes de neige précipités : ces trente dernières années, il a neigé en moyenne 20% de moins qu'au cours des trente années précédentes. La Figure 19 représente l'écart à la moyenne 1960-2019 du cumul annuel de précipitations solides. Malgré une forte variabilité interannuelle, l'hypothèse d'une réduction du volume de chutes de neige est validée au seuil de confiance de 88%. En lissant la variabilité interannuelle par des moyennes glissantes sur 3 ou 5 ans, cette baisse est significative au seuil de confiance de 99%).

Figure 19 : Anomalies de chutes de neige sur le secteur Montagne, par rapport au cumul annuel moyen 1960-2019 (168 mm)



Traitement de données SAFRAN

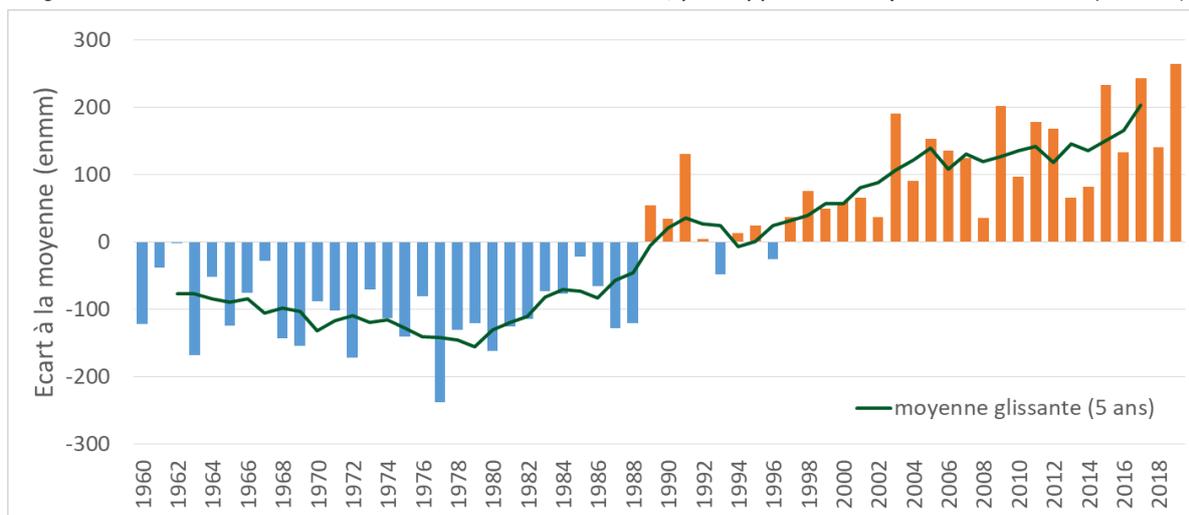


2.2.6 Une conséquence directe de la hausse des températures : l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle

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 est très important d'un point de vue agronomique, il va notamment conditionner les besoins hydriques des cultures. Ses variations nous renseignent sur l'évolution de la demande climatique en eau évapotranspirée. L'ETP correspond à un volume d'eau et exprimé en millimètres.

La Figure 20 représente les anomalies annuelles d'ETP par rapport à la moyenne 1960-2019. La courbe correspond à la moyenne glissante calculée sur 5 ans.

Figure 20 : Anomalies d'ETP sur le bassin versant de l'Ardèche, par rapport à la moyenne 1960-2019 (926mm)



Traitement de données SAFRAN

Calculée selon la formule de Penman-Monteith (fonction de la température, la vitesse du vent, l'humidité relative et du rayonnement solaire), l'ETP a également significativement augmenté sur le bassin versant. **La hausse d'ETP annuelle est estimée à 351 mm, soit 38% de la moyenne 1960-2019 (+/- 7% au seuil de confiance de 95%).**

Cette augmentation du volume évapotranspiré survient **presque pour moitié pendant l'été** : entre les mois de juin et août, la hausse d'ETP est estimée à 164 mm à l'échelle du bassin versant (+/- 36mm au seuil de confiance de 95%), allant de 122 mm sur le secteur Ardèche Aval à 193 mm sur le secteur Piémonts. Le phénomène est également marqué au printemps ([+72 mm ; +128 mm]).

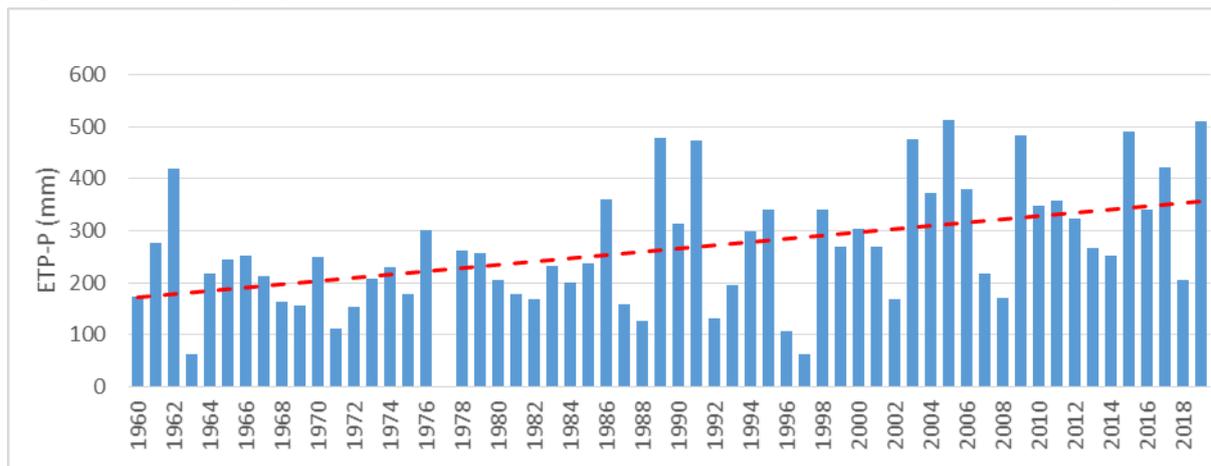
Remarque : la valeur d'ETP correspond à une valeur théorique qui ne tient pas compte de la nature des couverts en place, ni de leurs stades de développement. L'évolution de cet indicateur nous renseigne sur l'évolution du climat uniquement, mais ne représente pas la quantité réellement évapotranspirée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

2.2.7 L'augmentation du déficit hydrique et un assèchement des sols

La Figure 21 présente la chronique du déficit hydrique du bassin versant de l'Ardèche entre 1960 et 2019 (cumul positif ETP-P) pour les mois de mai à août. Cette variable partiellement dépendante des précipitations annuelles, elle reste donc relativement changeante d'une année à l'autre. La courbe rouge correspond à la droite de régression linéaire.



Figure 21 : Déficit hydrique entre mai et août sur le bassin versant de l'Ardèche de 1960 à 2019, calculé par mois



Traitement de données SAFRAN

En lien avec l'augmentation de l'ETP, on observe néanmoins une **tendance significative de renforcement du déficit hydrique entre les mois de mai et août** sur le bassin versant, estimée par régression à + 188 mm sur la période 1960-2019 (+/- 96 mm au seuil de confiance de 95%), jusqu'à 229 mm sur le secteur Piémonts. A titre de comparaison, le déficit hydrique moyen du bassin versant de l'Ardèche entre les mois de mai et août, calculé sur la période 1960-2019 est de 339 mm. Ces analyses mettent donc en lumière **une aridification du bassin versant**.

2.2.8 Synthèse des évolutions climatiques constatées sur le bassin versant entre 1960 et 2019

SYNTHESE DES EVOLUTIONS CONSTATEES DEPUIS 1960 *

** ATTENTION, LES CHIFFRES PRESENTES SONT DEPENDANTS DE LA PERIODE CONSIDEREE POUR LES REGRESSIONS (1960-2019) : ILS NE DOIVENT PAS ETRE PROJETES COMME UNE TENDANCE.*

	MOYENNE ANNUELLE	MOYENNES SAISONNIERES	EXTREMES
TEMPERATURES	Augmentation de + 2,5°C Réchauffement plus marqué sur les Piémonts et la Montagne	Forte variation saisonnière du phénomène : Minimum de +1,8°C l'hiver Maximum de + 3,4°C l'été	Augmentation des records de chaleur : température atteinte, durée et fréquence des épisodes
PRECIPITATIONS	Aucun signal d'évolution	Vers une redistribution du régime des précipitations : augmentation en automne et diminution en hiver	Augmentation de l' intensité des précipitations extrêmes , pas de signal d'évolution de leur fréquence ou date
INDICATEURS AGRONOMIQUES	Augmentation de l'évapotranspiration potentielle et du déficit hydrique Augmentation du nombre de jours où la température dépasse des seuils limitant la photosynthèse des végétaux Diminution du nombre de jours de gel		



2.3 COMMENT LE CLIMAT POURRAIT-IL EVOLUER A MOYEN OU LONG TERME ?

Le paragraphe suivant décrit les **évolutions possibles du climat local** à **horizon 2050** et d'ici la **fin du siècle**, selon **deux scénarios d'émission de gaz à effet de serre** (scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5, dont les modalités sont présentées au §2.3.1). Après un rappel des outils utilisés pour simuler le climat futur (§2.3.1), il analyse la **capacité des simulations utilisées à reproduire le climat local** (§2.3.2). L'analyse et la comparaison de ces simulations a permis de caractériser les **évolutions possibles des températures** (§2.3.3). Cette réflexion est déclinée à l'échelle saisonnière et spatiale, selon un découpage similaire à celui adopté pour la rétrospective climatique. Enfin, les perspectives d'**évolution des précipitations** sont analysées (§2.3.4). Les outils utilisés mettent en évidence le fort degré d'incertitude existant quant à l'évolution de ce paramètre.

Ces résultats s'appuient sur l'analyse des **données climatiques DRIAS**, produites par Météo France et mises à disposition sur le site <http://www.drias-climat.fr/>. Ces données sont disponibles sur la même grille de 8km de côté qui a été utilisée pour la rétrospective climatique (grille SAFRAN). Elles ont été spatialisées pour produire des cartes de températures et précipitations quotidiennes à horizon 2100. Les 10 modèles de circulation atmosphérique suivants ont été sélectionnés, car ils présentaient des données pour les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre RCP 4.5 et 8.5 :

- | | | |
|-------------------|----------------|-----------------|
| - CNRM_Aladin | - HadGEM_CCLM | - MPI-ESM_CCLM |
| - CNRM_RACMO | - IPSL_RCA4 | - MPI-ESM_REMO |
| - EC-HEARTH_RACMO | - IPSL_WRF381P | - NorESM_HIRHAM |
| - EC-HEARTH_RCA4 | | |

2.3.1 Généralités 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.

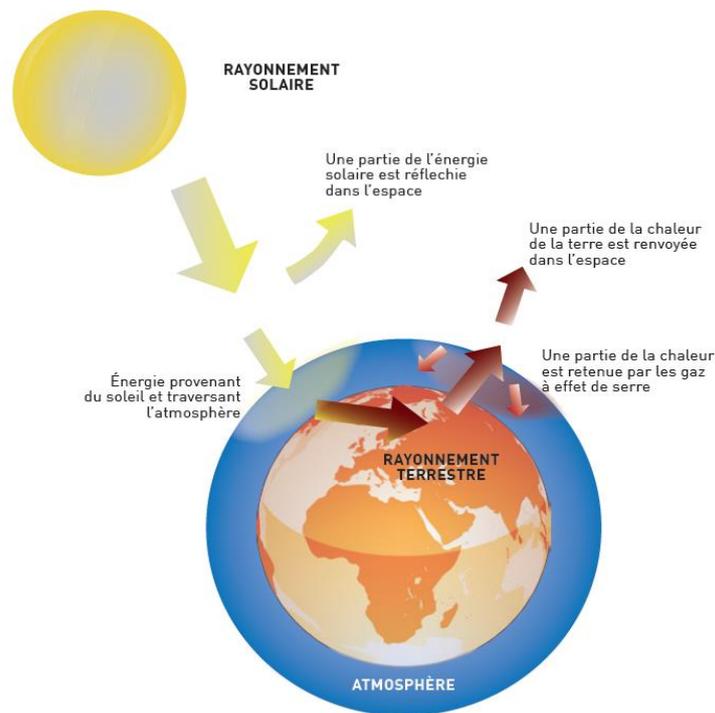
LE PRINCIPE DE « L'EFFET DE SERRE »

« 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 CO₂ et le méthane CH₄. 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°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 CO₂ ainsi rejeté a déjà provoqué un réchauffement global de la planète. » (Agence de l'Eau Seine Normandie, 2015).



Figure 22 : le principe de l'effet de serre



(Agence de l'Eau Seine Normandie, 2015)

PEUT-ON PREVOIR L'EVOLUTION DU CLIMAT A L'HORIZON DE PLUSIEURS DIZAINES D'ANNEES ? METHODE DE PROJECTION ET INCERTITUDES

30

« 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.



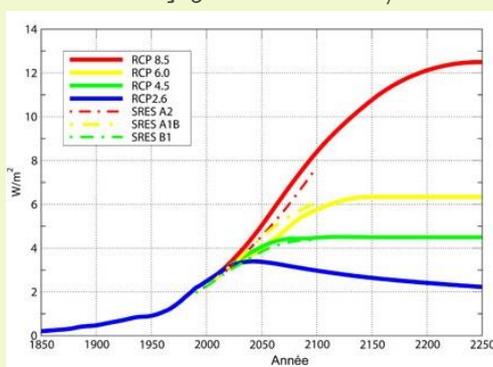
- **Etape 1** : Construction de **scénarios d'émission de gaz à effet de serre**. Depuis 2014 et la publication du 5^{ème} rapport du GIEC, les scénarios utilisés se basent sur la définition *a priori* de différents niveaux de forçage radiatif³ auxquels sont associés des niveaux de concentration et d'émission 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.

Dans le cadre de cette étude, les scénarios RCP 4.5 et 8.5 ont été retenus pour estimer les évolutions possibles du climat du bassin versant.

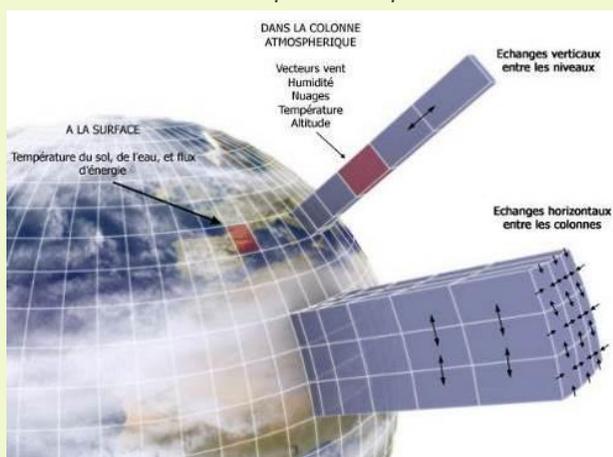
Figure 23 : Évolution du bilan radiatif ou « forçage radiatif » en W/m^2 selon les différents scénarios du GIEC



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 de la planète (à une résolution de 150 à 200 km)

Figure 24 : 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)

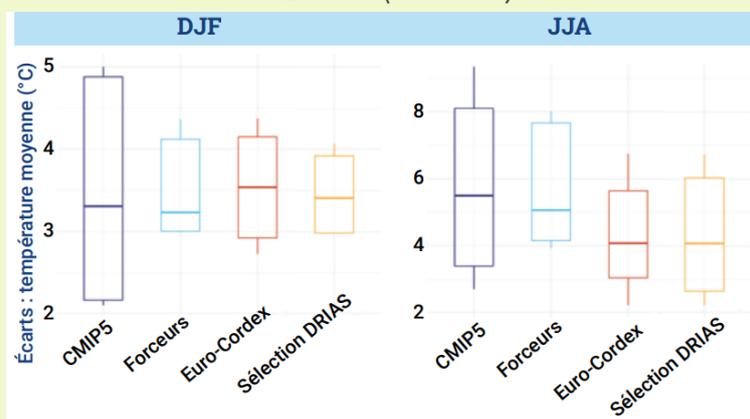
³ « Le bilan radiatif représente la différence entre le rayonnement solaire reçu et le rayonnement infrarouge réémis par la planète. Il est calculé au sommet de la troposphère (entre 10 et 16 km d'altitude). Sous l'effet de facteurs d'évolution du climat, comme par exemple la concentration en gaz à effet 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]



- **Etape 3** : Les modèles climatiques globaux ont une résolution trop importante pour reproduire finement le climat local, une **descente d'échelle** est donc nécessaire. Les climatologues produisent pour cela des simulations régionalisées, à l'aide de modèles de climat régionaux (RCM pour Regional Climate Models). Ces modèles ne couvrent qu'une partie du globe et sont forcés aux bords par les modèles globaux. Ils offrent une haute résolution spatiale (de 10 à 20 km) qui permet une meilleure représentation du climat local (Météo France, 2020).

Dans le cadre du projet européen EuroCordex, ce travail de descente d'échelle a été réalisé et plus d'une centaine de projections (triplet RCP/GCM/RCM) sont actuellement disponibles à 12 km de résolution sur un domaine qui couvre la France métropolitaine. Les projections climatiques de référence publiées par MétéoFrance sur le site DRIAS sélectionnent pour les scénarios RCP 4.5 et 8.5 une dizaine de combinaisons GCM/RCM. Cette étape de sélection de modèles de projection modifie la dispersion des changements climatiques simulés (Figure 25).

Figure 25 : Comparaison de la dispersion des simulations RCP8.5 issues de 4 sources de données différentes (CMIP5 = tous GCM, GCM forceurs d'EuroCordex, ensemble Euro-Cordex, sélection DRIAS), pour la température de 2 saisons (hiver et été).

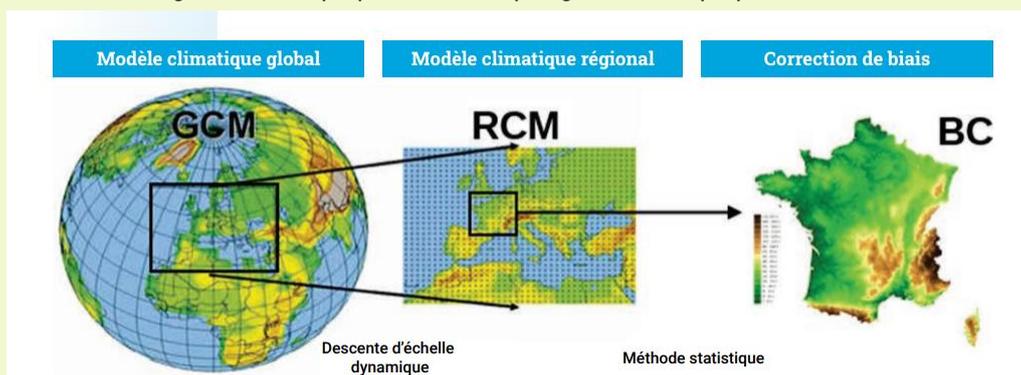


(Météo France, 2020)

- **Etape 4** : Il s'agit enfin de **corriger les biais** entre les projections climatiques et les données observées sur une période de référence. Les projections climatiques de référence publiées par MétéoFrance sur le site DRIAS utilisent la période de référence 1976-2005 et la méthode statistique Adamont. Cette correction influence les projections : « Sur la médiane de la distribution, la correction Adamont occasionne des écarts de l'ordre de quelques dixièmes de °C pour les températures et de quelques pourcents pour les précipitations. Des écarts plus importants sont notés sur les bornes supérieures de la distribution pour les précipitations. Les différences relatives entre les simulations (plus ou moins chaudes, plus ou moins humides) sont globalement conservées. » (Météo France, 2020).



Figure 26 : Des projections climatiques globales aux projections locales



(Météo France, 2020)

Une projection climatique est donc la résultante d'un scénario de gaz à effet de serre, d'un modèle climatique, et de méthodes de descente d'échelle et de correction de biais. **Différentes 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).

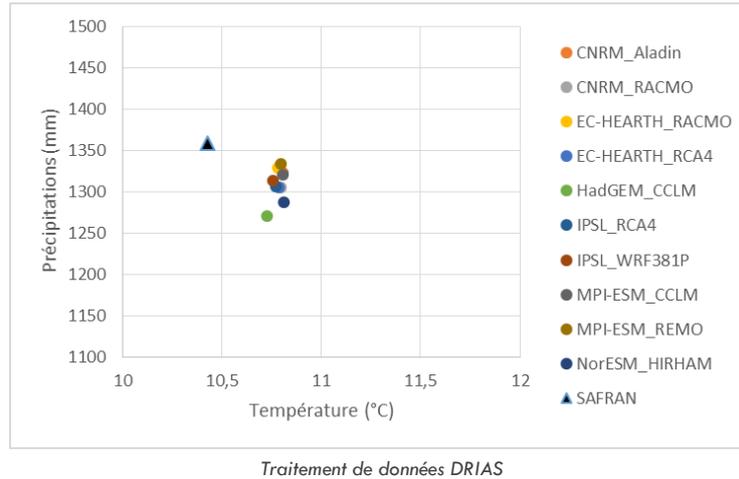
2.3.2 Les modèles utilisés permettent de reproduire le climat local sur la période de référence

10 combinaisons de modèles globaux et régionaux ont été utilisées pour étudier les impacts du changement climatique à l'échelle locale. Les figures ci-dessous présentent les précipitations et températures annuelles moyennes modélisées par chacune de ces combinaisons. Elles sont comparées aux précipitations et températures effectivement observées à partir des données SAFRAN. Cette étape permet de conclure sur la capacité des modèles à reproduire les caractéristiques du climat observé sur le bassin versant de l'Ardèche.

Les modèles ont été corrigés à l'échelle nationale sur la base des données SAFRAN 1976-2005. La période dite de référence (1970-2005) permet donc d'estimer la capacité des modèles à reproduire le climat local. A l'échelle du bassin versant, les modèles ont légèrement tendance à surestimer la température (+0,4°C) et sous-estimer les précipitations (-4% en moyenne), par rapport à ce qui a pu être observé à partir des données SAFRAN (Figure 27). Aucun modèle ne se distingue par des valeurs aberrantes.

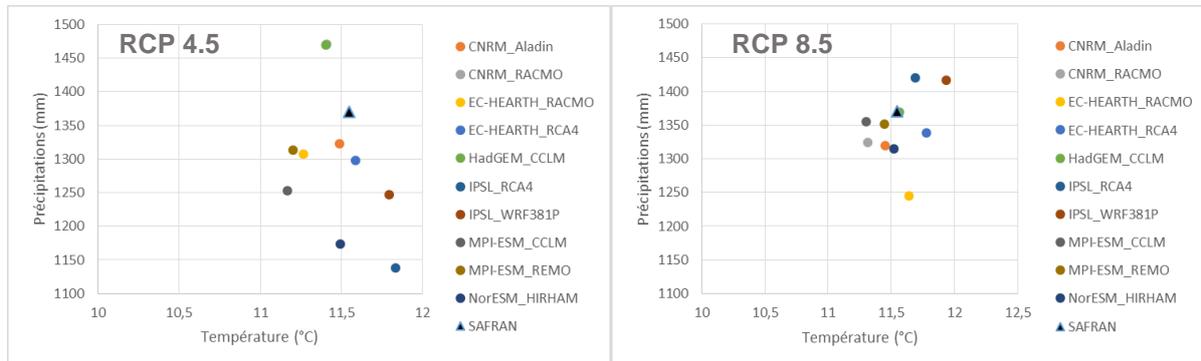


Figure 27 : Performance des modèles pour reproduire le climat observé sur la période 1970-2005



A partir de l'année 2005, les simulations sont disponibles pour les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. 15 années d'observations de modélisation permettent de comparer les résultats issus de différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre aux températures et précipitations effectivement observées (SAFRAN). Dans l'ensemble, les modélisations effectuées selon l'hypothèse d'un scénario RCP 8.5 sont plus proches des températures et précipitations observées avec les données SAFRAN. Sur la période récente, il n'y a cependant pas de différence majeure entre les deux scénarios, car les températures et précipitations actuelles dépendent essentiellement des émissions de gaz à effet de serre déjà réalisées.

Figure 28 : Performance des modèles pour reproduire le climat observé sur la période 2006-2019



2.3.3 Tous les modèles anticipent une augmentation des températures

L'ensemble des 10 modèles de circulation atmosphérique utilisés convergent vers une hausse des températures sur le bassin versant de l'Ardèche. Cette évolution est néanmoins variable selon la période de l'année considérée, l'horizon temporel fixé pour la comparaison et le scénario d'évolutions de gaz à effet de serre retenu.

AUGMENTATION DES TEMPERATURES ANNUELLES MOYENNES JUSQU'À LA FIN DU SIECLE

La Figure 29 illustre l'évolution de la température annuelle moyenne sur le bassin versant de l'Ardèche, selon deux scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Les intervalles représentent l'écart entre les différents modèles de circulation atmosphérique.

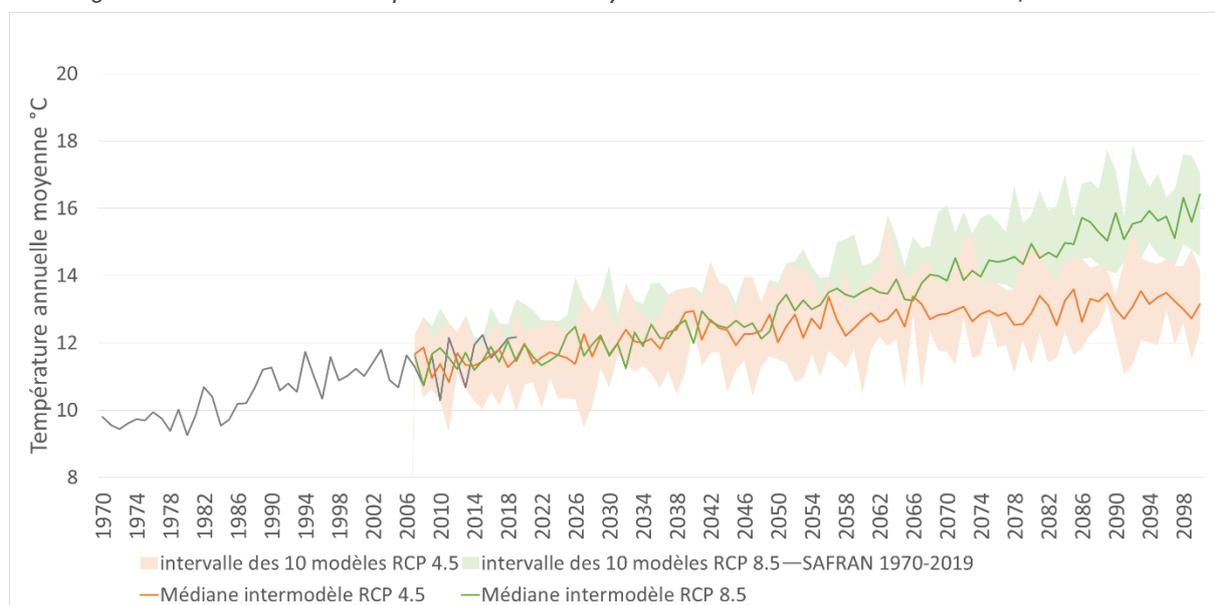


Entre 2005 et 2050, les résultats varient relativement peu entre les différents scénarios, les températures dépendant essentiellement des émissions de gaz à effet de serre déjà réalisées. A partir de 2020, les températures continuent d'augmenter, à un rythme moyen de 0,3°C par décennie, pour une augmentation globale de la température moyenne de 1°C au cours des 30 prochaines années.

Les stratégies d'atténuations mises en place aujourd'hui auront un impact notable sur les températures à partir de 2050, date à laquelle on relève un décrochage notable entre les deux courbes. Au cours de la deuxième moitié du XXI^{ème} siècle :

- Dans le cas d'un scénario 4.5 de stabilisation des émissions de gaz à effet de serre, le réchauffement additionnel par décennie est estimé à 0,15°C en moyenne, soit une augmentation globale inférieure à + 1°C en cinquante ans.
- Dans le cas d'un scénario 8.5 d'absence de régulation des émissions de gaz à effet de serre, le réchauffement additionnel par décennie est estimé à 0,6°C par décennie en moyenne, soit une augmentation globale de l'ordre de + 3°C en cinquante ans.

Figure 29 : Evolution de la température annuelle moyenne sur le bassin versant de l'Ardèche, 1970-2100



BRLingénierie, Traitement de données DRIAS

VARIABILITE SAISONNIERE DES AUGMENTATIONS DE TEMPERATURE

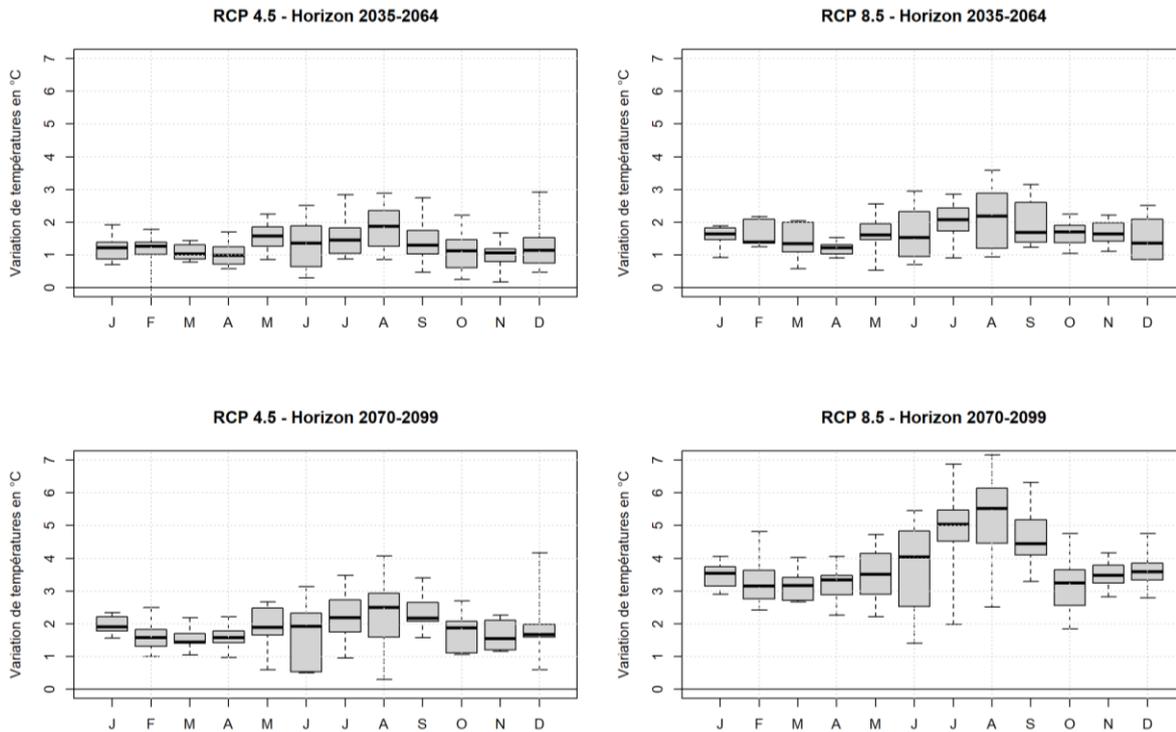
La Figure 30 présente l'évolution des températures mensuelles moyennes entre la période actuelle (référence 1990-2019) et deux horizons futurs :

- L'horizon 2050 : afin d'intégrer la variabilité climatique, les températures de l'horizon 2050 sont calculées comme la moyenne des températures observées sur une période de 30 ans centrée sur 2050 (2035-2064).
- L'horizon fin de siècle : l'horizon fin de siècle représente la moyenne des températures modélisées sur la période 2070-2099.

Pour chaque horizon et les scénarios RCP 4.5 et 8.5, l'évolution des températures mensuelles moyennes a été calculée pour les 10 modèles de circulation atmosphérique. La Figure 30 présente les résultats de ces modélisations à l'aide de diagrammes à moustache. Pour chaque mois, une boîte représente les variations estimées par les 5 modèles médians. Le trait épais au milieu de la boîte symbolise la médiane inter-modèles d'évolution de la température. Les boîtes se prolongent par des traits indiquant les valeurs d'évolution les plus extrêmes.



Figure 30 : Evolution des températures mensuelles par rapport à la période 1990-2019 : comparaison de 10 modèles de circulation atmosphérique



BRLi, traitement de données DRIAS

Quel que soit le mois de l'année, tous les modèles convergent vers une augmentation des températures. La médiane inter-modèles laisse envisager un réchauffement plus important les mois d'été. Cependant, la variabilité inter-modèles est plus importante à cette saison.

Le scénario RCP 4.5 fournit à horizon lointain des résultats relativement similaires à ceux simulés à horizon proche sous RCP 8.5. Le RCP 8.5 se distingue par une augmentation beaucoup plus importante des températures à horizon lointain. Ce constat se retrouve également à la Figure 35, illustrant les températures futures possibles sur le bassin versant. Pour réaliser ces courbes, la médiane inter-modèles d'évolution de la température mensuelle a été appliquée aux données observées SAFRAN sur la période 1990-2019.

Figure 31 : Températures futures possibles sur le bassin versant de l'Ardèche



BRLi, traitement de données DRIAS et SAFRAN



PAS DE DIFFERENCE MAJEURE ENTRE LES DIFFERENTS SOUS-TERRITOIRES

La Figure 32 présente pour les horizons définis précédemment l'augmentation de la température annuelle moyenne par rapport à la période 1990-2019 (médiane inter-modèles). Les résultats varient très peu d'un secteur à l'autre. En effet, la variabilité inter-modèles est beaucoup plus importante que la variabilité inter-secteurs : **les modèles utilisés ne permettent pas de conclure à une variabilité spatiale de l'aléa à l'échelle du bassin versant de l'Ardèche**. Ce résultat est similaire à l'échelle saisonnière

Figure 32 : Evolution de la température annuelle moyenne par secteur (°C)



BRLi, traitement de données DRIAS et SAFRAN

UNE EVOLUTION DE LA FREQUENCE DE DEPASSEMENT DE SEUILS DE TEMPERATURE A SIGNIFIANCE BIOLOGIQUE

Les cartes disponibles sur le site *DRIAS, les futurs du climat* permettent également d'étudier l'évolution de certains indicateurs climatiques à signifiante biologique. Les horizons étudiés sont relativement similaires à ceux pris en compte dans le cadre de cette étude (2041-2070 et 2071-2100).

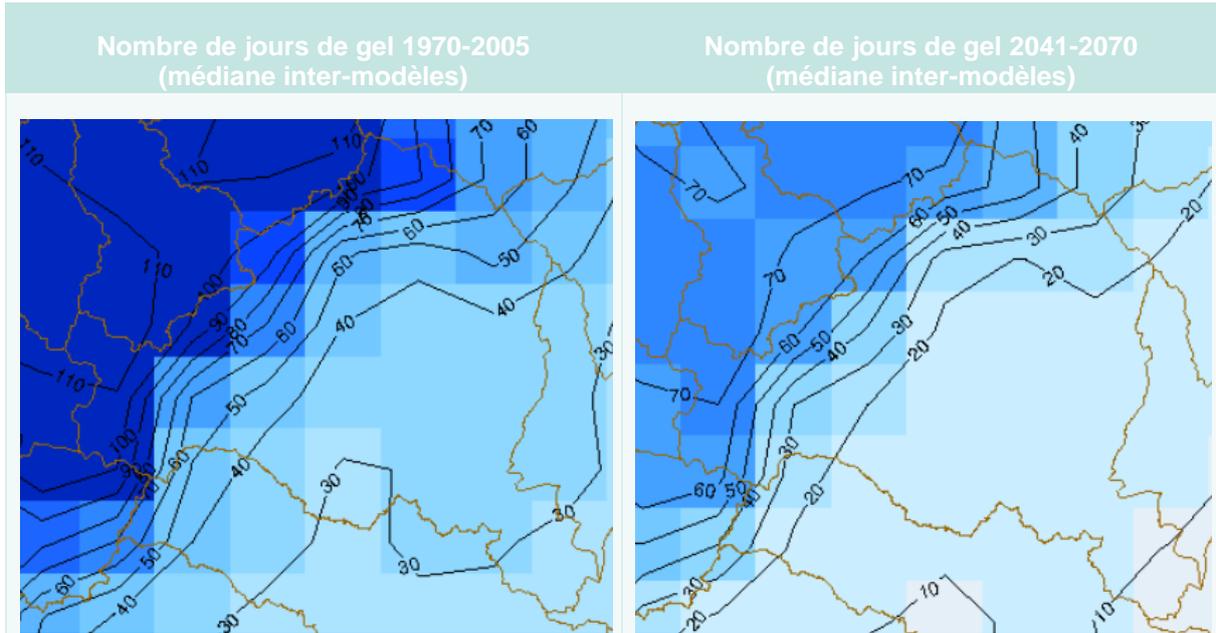
- Les cartes ci-dessous présentent les isolignes du nombre de jours de gel, pour les périodes 1970-2005 et 2041-2070, selon le scénario RCP 8.5.

Ces cartes renseignent la diminution du nombre de jours de gel sur le bassin versant d'ici le milieu du siècle. Tous les secteurs du bassin versant restent cependant sensibles au gel à horizon milieu de siècle. Des épisodes de gel tardifs tels que ceux observés en avril 2020 pourraient se reproduire d'ici la fin du siècle.

Les cartes ne présentent que la médiane inter-modèles mais ce résultat est valable pour tous les modèles de circulation atmosphérique DRIAS. Il est similaire pour le scénario RCP 4.5.



Figure 33 : Evolution du nombre de jours de gel d'ici le milieu du siècle (RCP 8.5)



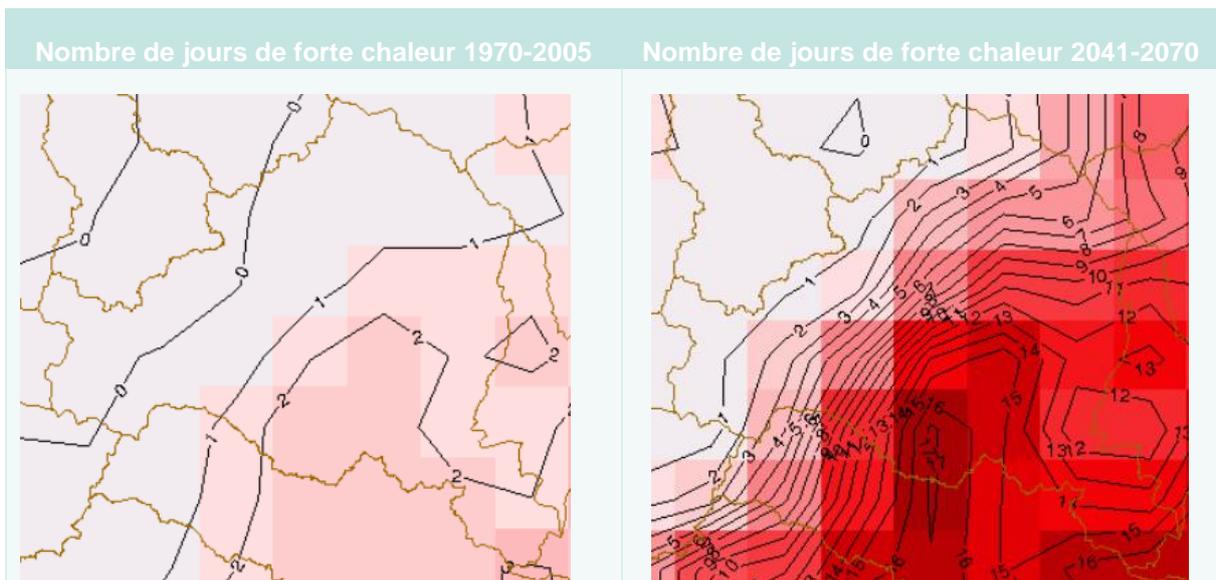
Source : DRIAS

- Les cartes ci-dessous présentent les isolignes du nombre de jours de forte chaleur ($T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$), pour les périodes 1970-2005 et 2041-2070, selon le scénario RCP 8.5.

Ces données permettent de conclure à **une augmentation du nombre de jours de forte chaleur**. Dans le Sud du bassin versant (plaine du Chassezac et Confluence avec l'Ardèche, le nombre de jours de forte chaleur atteint 17 par an d'ici le milieu du siècle (80% des modèles entre 12 et 23 jours). **Presque tout le territoire est touché par ce phénomène à horizon milieu de siècle.**

Les cartes ne présentent que la médiane inter-modèles mais tous les modèles DRIAS témoignent d'une augmentation du nombre de jours de forte chaleur. Dans le cas d'un scénario RCP 4.5, le nombre de jours de forte chaleur augmente également sur l'ensemble de territoire mais dans des proportions plus modérées (80% des modèles entre 7 et 17 jours de forte chaleur dans la plaine du Chassezac).

Figure 34 : Evolution du nombre de jours de forte chaleur d'ici le milieu du siècle (RCP 8.5)



Source : DRIAS



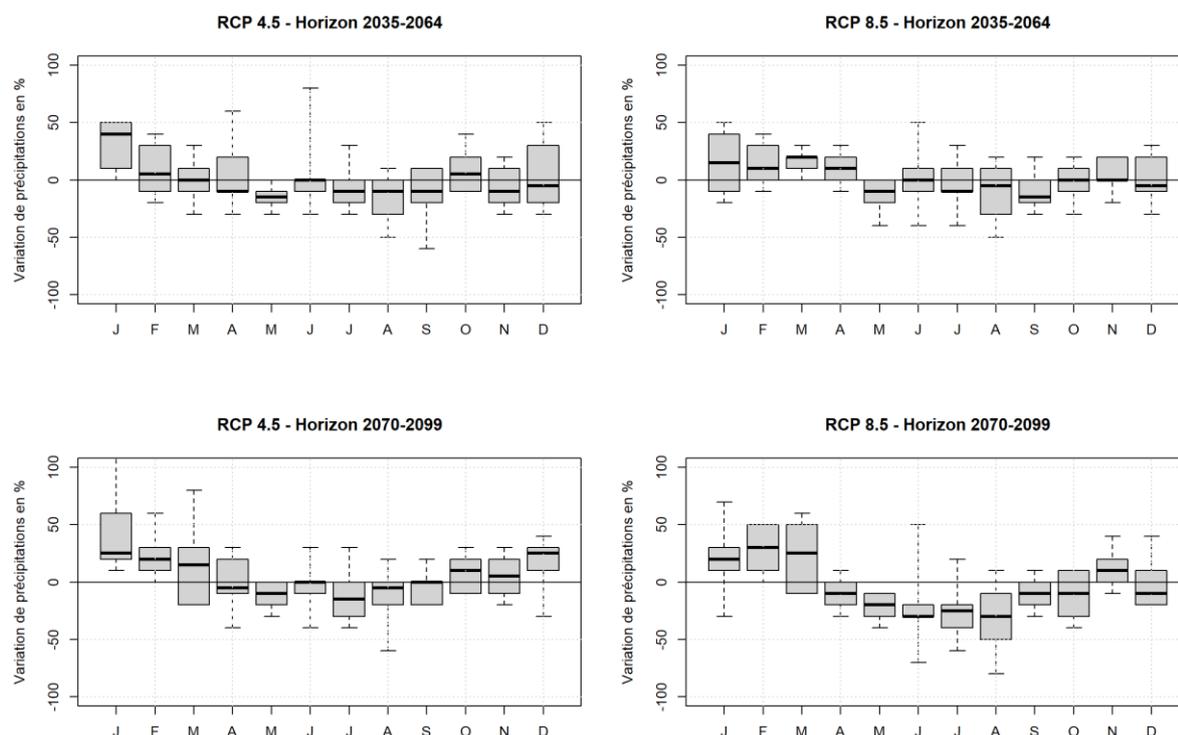
2.3.4 De fortes incertitudes sur l'évolution des précipitations

Les projections climatiques sont beaucoup moins tranchées et ne s'accordent pas sur une évolution des précipitations. La Figure 35 compare l'évolution des précipitations mensuelles en fonction des modèles, de l'horizon et du scénario considérés. On y remarque que, pour un mois donné, différents modèles peuvent simultanément conclure à une hausse et à une baisse des précipitations : la médiane inter-modèles ne constitue pas un indicateur de synthèse de l'évolution probable des précipitations.

Quel que soit l'horizon ou le scénario considéré, aucune tendance d'évolution des cumuls annuels ne peut être établie. Le cumul annuel de précipitations varie à horizon proche entre -15% et +15% selon les modèles et à horizon lointain entre -15 et +25%. La médiane inter-modèles est proche de l'équilibre.

Au vu de la dispersion des données, il est difficile 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. 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 mais quelques modèles viennent nuancer ces conclusions.

Figure 35 : Evolution des précipitations mensuelles par rapport à la période 1990-2019 : comparaison de 10 modèles de circulation atmosphérique



BRLingénierie, traitement de données DRIAS



Les cartes disponibles sur le site *DRIAS, les futurs du climat* permettent également d'étudier l'évolution de certains indicateurs :

- **Durée des épisodes de sécheresse climatique** : A horizon milieu de siècle, la durée des épisodes de plusieurs jours consécutifs sans précipitation ne devrait globalement pas s'allonger (contradiction entre les modèles et médiane proche de 0). A horizon fin de siècle, la plupart des modèles convergent vers un allongement de ces épisodes. La médiane intermodèle anticipe un allongement des épisodes sans précipitations de +3 jours sur le secteur Montagne à +8 jours sur le secteur Ardèche Aval.
- **Intensité des précipitations extrêmes** : A horizon milieu et fin de siècle, certains modèles de circulation atmosphérique anticipent une forte diminution de l'intensité des précipitations extrêmes. D'autres anticipent une forte augmentation. Il est donc difficile de conclure à une évolution de l'intensité des précipitations extrêmes.

2.3.5 Synthèse des évolutions climatiques anticipées sur le bassin versant

SYNTHESE DES PROJECTIONS CLIMATIQUES SUR LE BASSIN VERSANT *

** COMPARAISON PAR RAPPORT A LA PERIODE 1970-2005*

	MOYENNE ANNUELLE	MOYENNES SAISONNIERES	EPISODES EXTREMES
TEMPERATURES	Augmentation de +0,3 °C par décennie d'ici le milieu du siècle . A partir de 2050, entre 0,2 et 0,6°C par décennie selon l'évolution des émissions de gaz à effet de serre	Réchauffement probablement plus marqué l'été Augmentation du nombre de jours de fortes chaleurs	Augmentation du nombre de jours de fortes chaleurs Diminution du nombre de jours de gel mais maintien de l'aléa
PRECIPITATIONS	Forte incertitude quel que soit l'horizon ou le scénario d'émissions considéré	Forte incertitude sur l'évolution d'ici le milieu du siècle. En fin de siècle, possibilité d'une diminution des précipitations estivales et d'une augmentation des précipitations hivernales.	Forte incertitude sur l'évolution de l'intensité des précipitations extrêmes. A horizon fin de siècle, augmentation de la durée des épisodes de sécheresse climatique



3 QUELLES CONSEQUENCES SUR LES HYDRO-ECOSYSTEMES DU BASSIN-VERSANT ?

Les évolutions climatiques passées et futures ne sont pas sans conséquence sur les hydro-écosystèmes du bassin versant. A partir d'analyses hydrologiques, écologiques, biologiques, physiques et chimiques, les sections suivantes visent à caractériser l'impact du changement climatique sur les évolutions passées et futures possibles :

- Des ressources superficielles (§3.1),
- Des ressources souterraines (§3.2),
- De la qualité chimique des eaux superficielles et la température (§3.3),
- Des écosystèmes aquatiques et humides (§3.5).

Pour chacune de ces thématiques, les caractéristiques actuelles du bassin versant de l'Ardèche, susceptibles d'expliquer sa vulnérabilité aux impacts du changement climatique sont présentées. Les données enregistrées au cours des dernières décennies sont également valorisées pour mettre en évidence les évolutions pouvant être associées aux changements climatiques, avant d'explicitier les perspectives d'évolutions en lien avec ces changements climatiques. Si le climat est la principale variable explicative approfondie dans le cadre de ce rapport, les évolutions des différents paramètres étudiés sont également discutées au regard d'autres facteurs anthropiques susceptibles d'interférer, tels que les prélèvements, les rejets ou encore la fréquentation. Le potentiel d'accentuation ou d'atténuation de la vulnérabilité au changement climatique de ces influences est alors discuté.

3.1 CONSEQUENCES SUR LES RESSOURCES SUPERFICIELLES

Cette section vise à caractériser l'hydrologie du bassin versant, rechercher des signes d'évolution des débits au cours des années passées et estimer les évolutions possibles des débits à horizon 2050. Les débits du bassin versant de l'Ardèche sont influencés à l'étiage par le soutien de deux complexes hydroélectriques : le complexe de Puylaurent sur le Chassezac permet une régulation intra-annuelle et le complexe de Montpezat sur la Fontaulière apporte de l'eau depuis le bassin versant de la Loire. L'évolution rétrospective et prospective des débits du bassin versant sera donc questionnée selon deux angles :

- L'évolution de la ressource naturelle sous influence du changement climatique.
- L'évolution des ressources de soutien d'étiage, tant pour la capacité de recharge que pour les modalités de gestion des ouvrages.

3.1.1 Caractéristiques hydrologiques du bassin versant de l'Ardèche

Le bassin versant de l'Ardèche présente les caractéristiques d'un bassin versant cévenol : il est caractérisé par une forte amplitude entre des crues automnales potentiellement violentes et des étiages sévères à l'été. Il se distingue également par de fortes interconnexions entre les eaux souterraines et superficielles. Enfin, la majorité du linéaire de l'Ardèche et de son principal affluent, le Chassezac, sont influencés par des ouvrages hydrauliques.



3.1.1.1 Un réseau hydrographique dense

L'Ardèche prend sa source à 1467 m d'altitude, près du col de la Chavade, sur la commune d'Astet. Elle suit un parcours de 125 km avant de se jeter dans le Rhône à Pont-St-Esprit. Après Aubenas et Ruoms, elle reçoit ses principaux affluents en rive droite, le Chassezac et la Beaume. Ces deux sous-bassins versants font d'ailleurs l'objet de contrats de rivière spécifiques.

D'autres affluents conséquents nourrissent la rivière : la Ligne, l'Ibie, le Lignon et la Volane. Le bassin versant de l'Ardèche est par ailleurs caractérisé par un réseau hydrographique très dense, avec une densité de drainage proche de 1,4 km/km² (Sage Ardèche, 2012).



3.1.1.2 Une hydrologie marquée par des influences méditerranéennes

Des étiages sévères, atténués ou amplifiés par des influences anthropiques

L'étude de détermination des volumes maximums prélevables sur le bassin versant de l'Ardèche (EAUCEA 2013) dresse un bilan détaillé des prélèvements sur le bassin, des débits naturels en différents points sur l'Ardèche et ses affluents, et dresse un bilan besoin-ressource à l'échelle de trois sous bassins versant (Ardèche Lignon, Beaume-Drobie, Auzon-Claduègne).

Cette étude souligne les étiages naturels sévères, caractéristiques d'un contexte méditerranéen, que connaissent les cours d'eau du bassin. Les QMNA5 naturels sont systématiquement inférieurs au 1/10^e du module. Cependant, les influences anthropiques génèrent des disparités dans la vulnérabilité des cours d'eau à l'étiage :

- La haute Ardèche, la Borne et le Lignon, connaissent des étiages naturellement marqués, mais leurs débits sont peu voire pas influencés par des prélèvements.
- La Beaume, l'Altier et l'Auzon présentent des situations particulièrement critiques, associant des débits d'étiages très faibles naturellement, des prélèvements estivaux et dans le cas de l'Auzon, des pertes karstiques. Ces secteurs sont représentés comme bassins à fort risque d'étiage sur la Carte 7.
- L'Ardèche médiane et aval, tout comme le Chassezac sont très influencés, à la fois par des prélèvements et les apports estivaux des ouvrages hydrauliques. Globalement sur ces axes soutenus, à l'étiage, les débits influencés sont supérieurs aux débits naturels. Les principaux ouvrages hydrauliques sont représentés sur la Carte 7. Le paragraphe 3.1.1.4 détaille le fonctionnement de ces ouvrages.

Des débits potentiellement importants à l'automne

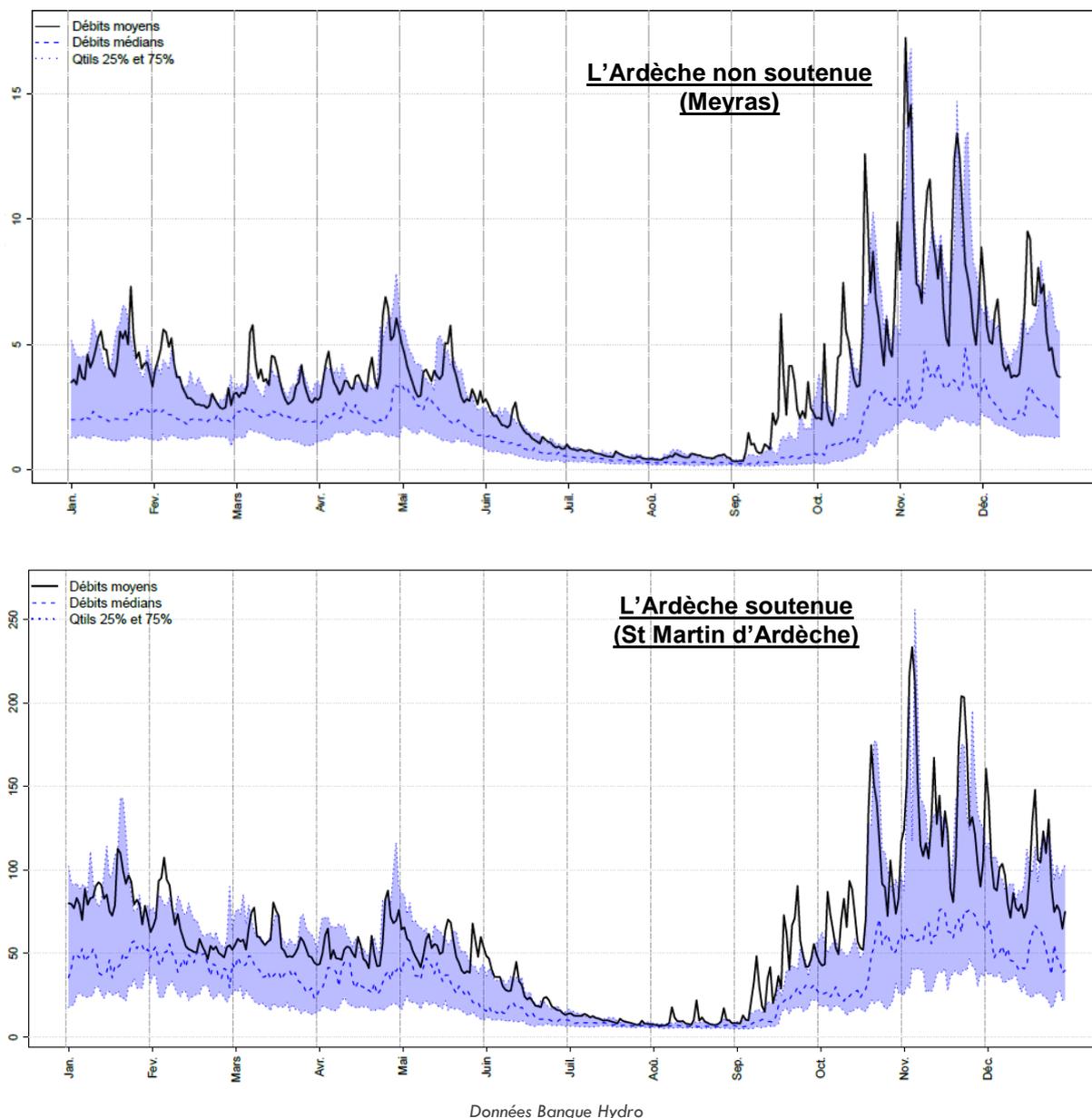
La Figure 36 illustre les débits observés sur l'Ardèche en amont des complexes hydroélectriques (station de Meyras) et à l'aval du bassin versant (station de St Martin d'Ardèche). La plage bleue représente la marge entre les débits quotidiens observés au moins une année sur 4 et ceux observés au moins trois années sur 4. La courbe noire représente le débit moyen.

Les débits observés dans le bassin versant de l'Ardèche sont caractéristiques des secteurs cévenols :

- Le débit moyen n'est pas un indicateur représentatif des débits couramment observés car il est tiré vers le haut par de rares épisodes de forts débits. Visuellement, la courbe de débit moyen est similaire à celle du quantile 75 : autrement dit, le débit moyen n'est statistiquement dépassé qu'une année sur 4.
- Les débits automnaux sont particulièrement importants : les débits interannuels moyens les plus importants sont relevés entre la mi-octobre et la mi-décembre. Certains épisodes cévenols peuvent générer des débits exceptionnels aux mois de septembre et d'octobre, période à laquelle la courbe du débit moyen peut s'éloigner de la marge des débits observés au moins une année sur 4.
- Les étiages sont secs et se prolongent une année sur deux en moyenne jusqu'au mois d'octobre sur les axes non soutenus, après que de fortes précipitations viennent réalimenter les cours d'eau et leurs nappes.



Figure 36 : Débit inter-annuel moyen de l'Ardèche à Meyras et St Martin d'Ardèche en m³/s



3.1.1.3 De forts liens entre les eaux souterraines et de surface

Comme détaillé au paragraphe 3.2, eaux superficielles et eaux souterraines sont fortement liées sur le bassin versant de l'Ardèche. Les échanges entre ces deux types de ressources peuvent se faire dans les deux sens :

- Les cours d'eau alimentent les nappes. Notamment au niveau de zones de pertes préférentielles dont les principales se situent notamment sur l'aval du Chassezac ainsi que sur les affluents de l'Ardèche tels que l'Ibie, l'Auzon, la Beaume.
- Les nappes alimentent les cours d'eau via des résurgences, des sources ou de manière plus diffuse. Les sources sont très nombreuses mais présentent le plus souvent de faibles débits à l'étiage, notamment sur la partie amont du bassin. Les principaux points d'alimentation identifiés se situent sur l'Ardèche à hauteur de Voguë (source du Pontet), au niveau de Saint Alban sous Sampzon sur le Chassezac et le long des gorges de l'Ardèche.



3.1.1.4 Un bassin fortement influencé par des ouvrages hydrauliques

APPORTS D'EAU EN PROVENANCE DU BASSIN DE LA LOIRE VIA LE COMPLEXE HYDRO-ELECTRIQUE DE MONTPEZAT – PONT DE VEYRIERES

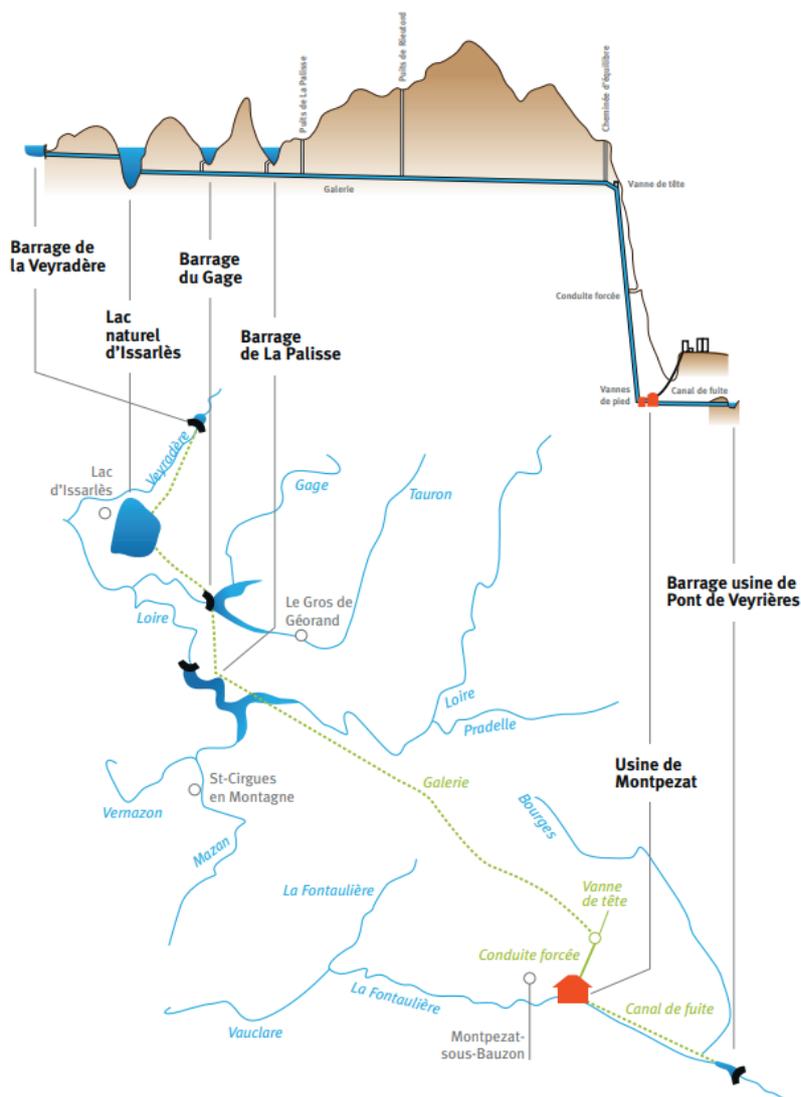
La Fontaulière (affluent rejoignant l'Ardèche en aval de Meyras) reçoit un apport en provenance du bassin versant de la Loire, via le complexe hydroélectrique de Montpezat, mis en service en 1954 et exploité par EDF. La concession de Montpezat arrive à échéance en 2028, dans un contexte de mise en concurrence des outils de production hydroélectrique. Ce renouvellement de concession offre une opportunité pour le gestionnaire et les deux bassins versants impliqués par la gestion de l'ouvrage de rediscuter du fonctionnement de l'aménagement.

Figure 37 : Vue d'ensemble de l'aménagement de Montpezat

Ce complexe est alimenté par 3 retenues et un lac naturel, situées à plus de 1000 m d'altitude, qui stockent de l'eau de la Loire amont ou de ses affluents.

Une galerie souterraine, de plusieurs dizaines de kilomètres de long transfère de l'ordre de 200 Mm³/an en moyenne, qui sont turbinés au niveau de l'usine de Montpezat et rejoignent ainsi le bassin de l'Ardèche.

Le barrage de Pont de Veyrières, construit en 1986, complète ce dispositif. De relativement faible capacité (150 000 m³), cet ouvrage ne joue pas de rôle de régulation inter-saisonnière. Il a une vocation multi-usages : démodulation des éclusées provenant de l'usine de Montpezat, production d'eau potable, délivrance du soutien d'étiage et production hydroélectrique.

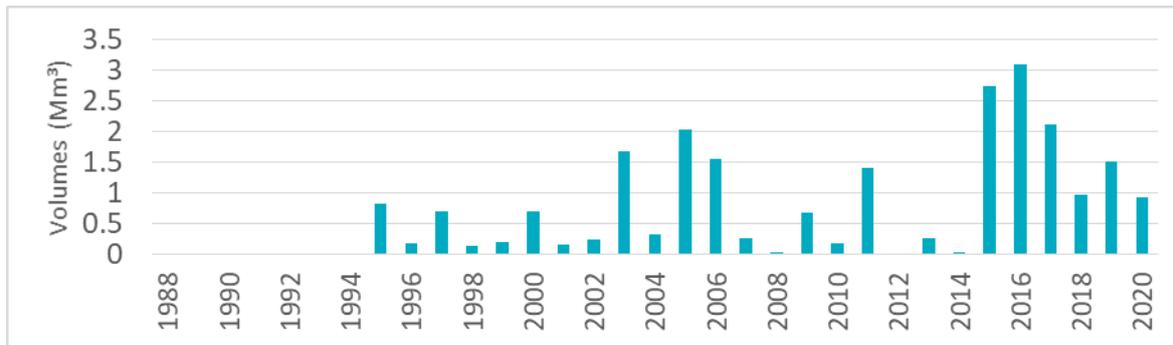


Source : Aménagement hydroélectrique de Montpezat, Mémoguide, EDF sept.2013



En plus de sa vocation de production hydroélectrique, ce complexe joue un rôle de soutien d'étiage de la Loire et de l'Ardèche depuis 1988. Une convention entre le SDEA (Syndicat de Développement, d'Équipement et d'Aménagement) et EDF prévoit la mise à disposition de 12,14 millions de m³ entre le 15 juin et le 15 septembre. Sur ces 12,14 Mm³, la priorité va au maintien d'un débit de 1 m³/s sur la Loire au niveau du Pont de la Borie et les volumes additionnels sont réservés au bassin versant de l'Ardèche. Selon les années, les volumes apportés au bassin versant de la Loire varient entre 0 et 3 Mm³. Les volumes apportés au bassin versant de la Loire ont tendance à augmenter (Figure 38).

Figure 38 : Volumes de soutien d'étiage attribués au bassin versant de la Loire depuis le complexe de Montpezat



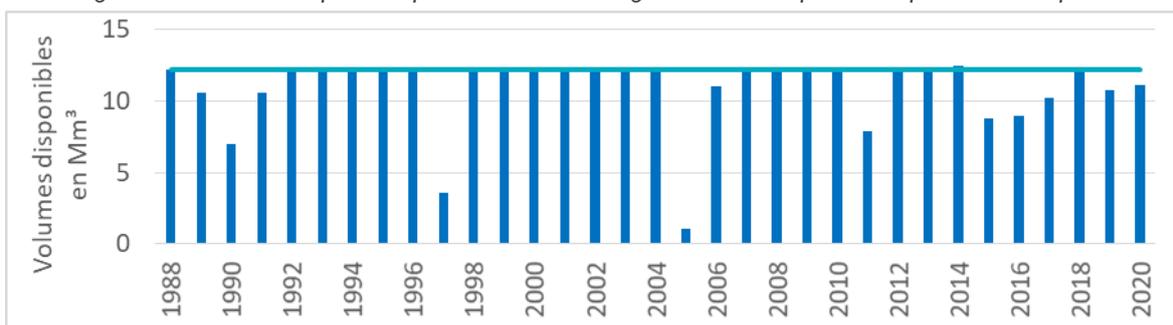
Données EDF

Par ailleurs, une des trois retenues constituant le stock est soumise à d'autres exigences de gestion : les stocks du lac d'Issarlès ne sont partiellement mobilisables qu'à partir du 1^{er} septembre afin de garantir l'activité touristique autour du plan d'eau.

Les lâchers de soutien d'étiage sont organisés par le comité de gestion des réserves, auquel EDF communique les volumes disponibles. Les acteurs du territoire communiquent les consignes de soutien à EDF en fonction d'un objectif de débit fixé à Vogüé. Cette consigne évolue en fonction des années et au cours de la saison : elle dépend du volume atteint au début de la saison, des volumes attribués en cours de saison au côté Loire, des conditions hydrologiques et des besoins des différents usagers.

Les courbes de remplissage des 3 retenues utilisées pour l'alimentation du complexe ont été revues dans les années 1990 de façon à assurer un remplissage suffisant pour assurer 9 années sur 10 la fourniture du volume de soutien d'étiage prévu (Eaucéa, 2013). La Figure 39 retrace les volumes disponibles en début de saison depuis le démarrage du soutien d'étiage. Depuis la révision des courbes de remplissage, on observe une augmentation de la fréquence de non remplissage au cours de la dernière décennie, même si les déficits les plus importants sont observés sur les décennies précédentes. D'autres facteurs que le climat peuvent impacter la constitution des réserves. Par exemple en 2019, les travaux sur le barrage du Gage ont réduit de 1 Mm³ la capacité de stockage.

Figure 39 : Volumes disponibles pour le soutien d'étiage de l'Ardèche par le complexe de Montpezat



Données EDF



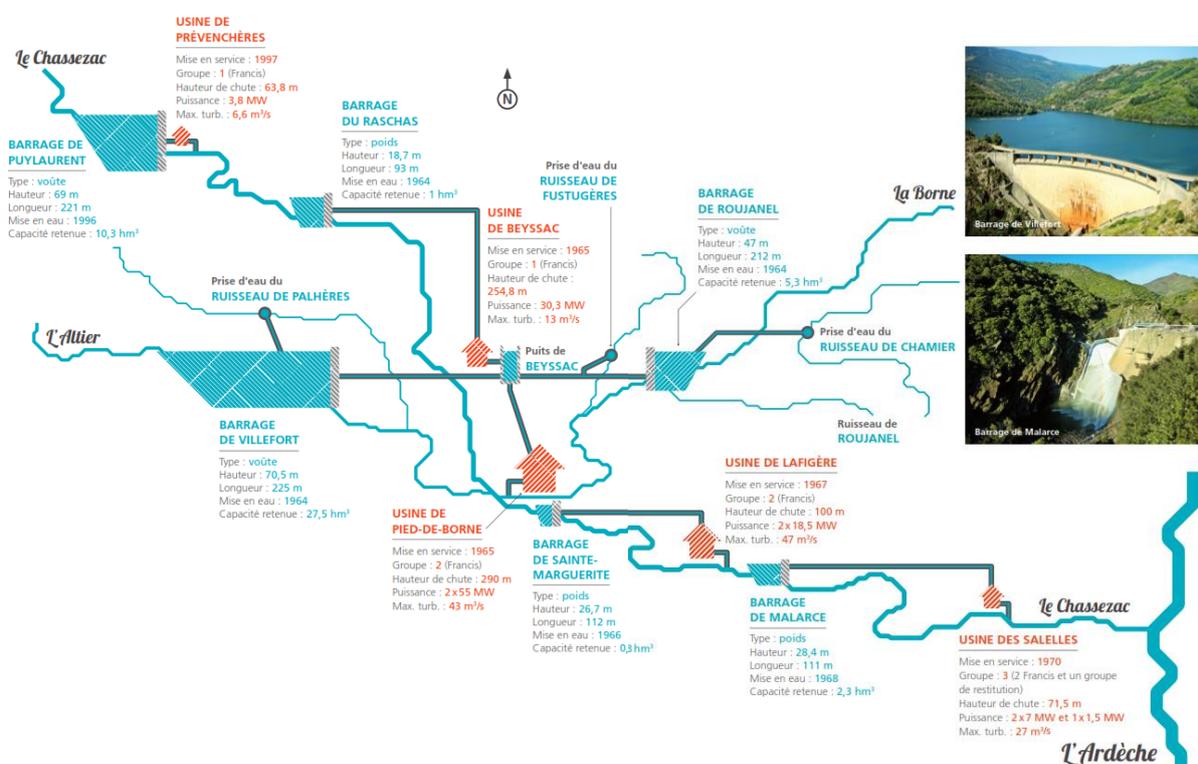
Des usages AEP et irrigation sont également alimentés à partir de la retenue de Pont de Veyrières. En particulier, le prélèvement du SEBA représente près d'un tiers du prélèvement pour l'eau potable de tout le bassin versant (3,5 Mm³ en moyenne entre 2017 et 2019).

REGULATION INTER SAISONNIERE SUR LE CHASSEZAC, VIA LE BARRAGE DE PUYLAURENT

Les aménagements du Chassezac comptent 5 usines hydroélectriques, alimentées par 6 barrages réservoirs totalisant un volume total de 46,7 Mm³. Plusieurs prises d'eau utilisées pour renforcer l'alimentation des retenues de stockage complètent ce dispositif.

Le barrage de Villefort totalise à lui seul près de 60% du volume total. Pièce maîtresse pour la gestion des étiages sur le Chassezac, le barrage de Puylaurent représente également des volumes importants (environ 20% de la capacité de stockage totale à l'échelle du bassin du Chassezac). Ce barrage appartenant initialement au SDEA est en cours de transfert de propriété au bénéfice d'EDF, son exploitant depuis la construction.

Figure 40 : Vue d'ensemble des aménagements hydroélectriques sur le Chassezac



Source : Aménagements hydroélectriques du Chassezac, Mémoguide, EDF fev.2013

Au travers de l'ouvrage de Puylaurent, le complexe sert également d'autres usages.

Ainsi, depuis 1993 l'étiage du Chassezac est soutenu. De 2 Mm³/an au départ, le volume dévolu au soutien d'étiage a augmenté progressivement, pour atteindre 9,6 Mm³/an depuis 2008 (Eaucéa, 2013). Sur ces volumes, 2 Mm³ répartis sur les retenues de Villefort et Roujanel sont réservés à l'usage agricole en vertu d'une convention de 1968 liant EDF et le ministère de l'Agriculture. Hormis les 2 Mm³ de la convention agricole, garantis et disponibles à partir du 1er juin, les volumes de soutien d'étiage disponibles sont fixés au 14 juin pour la période allant du 15 juin au 15 septembre. Le reste des volumes de soutien d'étiage provient du barrage de Puylaurent. Les objectifs de ce soutien d'étiage sont les suivants (Eaucéa, 2013) :

- la compensation des prélèvements AEP et irrigation sur le bas Chassezac,



- la compensation des pertes karstiques sur le Chassezac aval avec un objectif de maintien de l'intérêt piscicole et touristique du cours d'eau ;
- indirectement, la réalimentation de l'Ardèche aval et la sécurisation des usages sur ce secteur (prélèvements, sports d'eau vive, baignade).

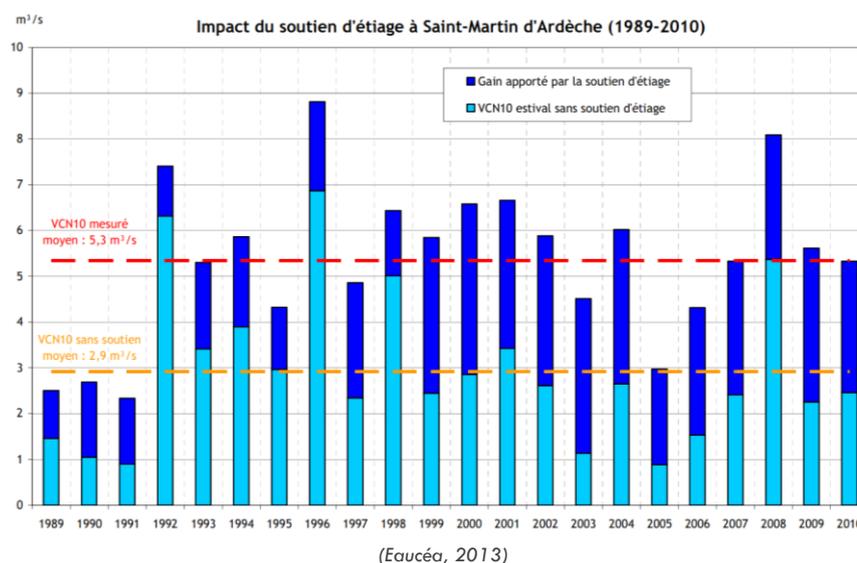
L'eau de la retenue de Villefort est par ailleurs utilisée pour l'alimentation en eau potable (0,25 Mm³/an).

Les retenues de Villefort et du Raschas ont également une vocation touristique et sont pour cela maintenues à un niveau élevé en période estivale.

IMPACT DU SOUTIEN D'ÉTIAGE SUR L'ARDECHE AVAL

Le soutien d'étiage opéré par ces deux complexes se cumulent en aval de la confluence avec le Chassezac et bénéficient ainsi à l'Ardèche aval. Le graphique ci-dessous présente les VCN10 de chaque année en différenciant la part liée aux écoulements naturels du bassin versant de l'Ardèche, et la part liée à l'impact du soutien d'étiage.

Figure 41 : Impact du soutien d'étiage à Saint-Martin d'Ardèche entre 1989 et 2010



On constate qu'en moyenne, les jours les plus secs de l'année, environ **45% du débit qui s'écoule à Saint-Martin d'Ardèche est lié au soutien d'étiage. Le cours d'eau et les usages associés sont donc fortement dépendants des apports permis par les aménagements hydrauliques de l'amont du bassin.**

3.1.1.5 Des débits objectif d'étiage ambitieux

Le bassin versant de l'Ardèche est concerné par deux Zones de Répartition des Eaux (ZRE) :

- Bassin hydrographique Auzon-Cladugne (avec nappes alluviales seulement).
- Bassin hydrographique Beaume-Drobie (avec nappes alluviales seulement).



L'étude des volumes maximums prélevables s'est concentrée sur les sous-bassins versants classés en ZRE (Auzon-Claduègne et Beaume-Drobie) et le haut bassin versant de l'Ardèche. Ces axes ne bénéficient pas de soutien d'étiage. Elle a conduit à fixer des débits d'objectif d'étiage, dans le cadre du PGRE. Ces objectifs, présentés dans le Tableau 4, visent à l'atteinte du bon état des masses d'eau et, en moyenne huit années sur dix, la satisfaction de l'ensemble des usages. En pratique, ces objectifs sont soit égaux (Beaume), soit inférieurs (Altier, Ardèche amont) aux plus petits débits mensuels quinquennaux secs. En conséquence, ces objectifs impliquent, à climat constant, une stabilisation ou une réduction des prélèvements sur les axes non soutenus.

Sur les axes soutenus, le SAGE fixe également des objectifs de débit d'étiage ambitieux, qui sont largement supérieurs aux QMNA5 enregistrés sur la période historique.

Tableau 4 : Objectifs de gestion quantitative des cours d'eau et marges de manœuvre pour les prélèvements.

		Débit Objectif axes soutenus fixé par le SAGE	Débit Objectif axes non soutenus fixé par le PGRE	QMNA5 influencé (Banque HYDRO)
ARDECHE	Meyras		200 l/s	180 l/s
	Vogüé	3 000 l/s		2 100 l/s
	Saint-Martin d'Ardèche	6 000 l/s		4 600 l/s
CHASSEZAC	Chambonnas (amont des pertes du karst jurassique)	1 900 l/s		730 l/s
	Chassezac aval	300 l/s		Station à créer
BEAUME	Peyroche		300 l/s	300l/s
ALTIER	La Goulette		300 l/s	250 l/s
AUZON	Saint Germain		10 l/s	Station à créer

Finalement, l'atteinte des objectifs fixés dans le SAGE et le PGRE implique une contrainte forte sur tout prélèvement dans les hydro systèmes, dont les eaux souterraines qui contribuent fortement au soutien d'étiage des cours d'eau. Ces objectifs sont fixés au regard de l'hydrologie actuelle. Indépendamment de l'évolution des prélèvements, l'atteinte de ces objectifs dépendra de l'évolution de différents paramètres discutés dans les chapitres suivants :

- Les ressources superficielles (§3.1.3.1);
- Les échanges nappes rivières (§3.2.4) ;
- Les capacités de remplissage des barrages de soutien d'étiage (§3.1.3.2).

3.1.2 Comment ont évolué les débits depuis 1960 ?

3.1.2.1 Evolution du débit moyen

L'évolution du débit annuel moyen de l'Ardèche est étudiée en aval du bassin versant à la station de Saint Martin d'Ardèche. Cette station draine un bassin versant de 2 260 km et est influencée par le fonctionnement des complexes hydroélectriques depuis leur mise en service (1954 pour Montpezat et 1965 pour Chassezac) puis par la mise en place du soutien d'étiage (1988 pour Pont de Veyrières et 1996 pour Puylaurent).

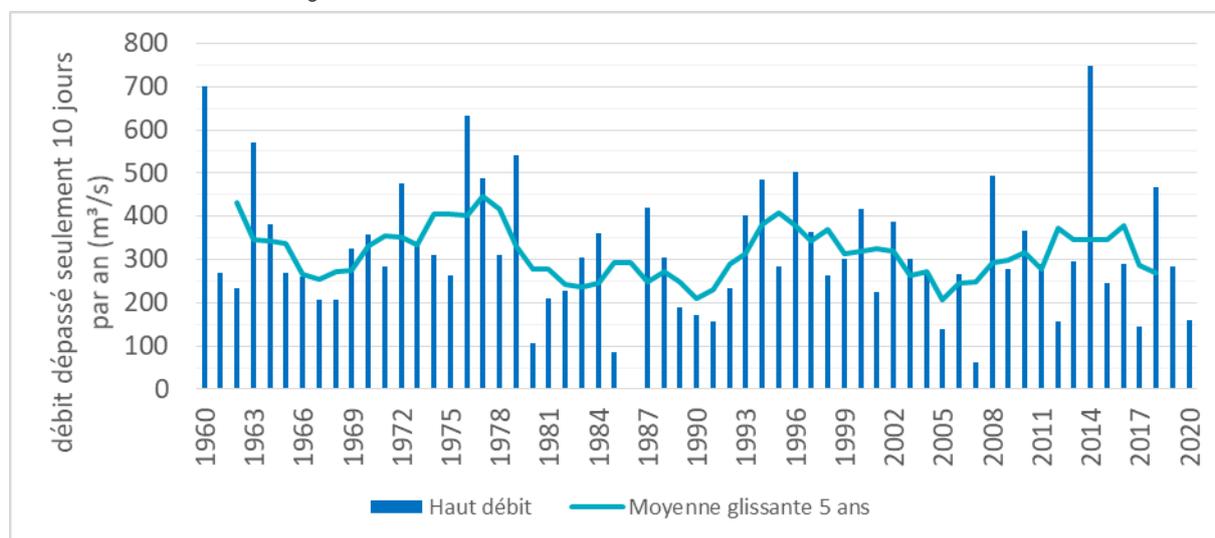


En l'absence de données sur les volumes transférés annuellement depuis le bassin versant de la Loire, il n'est pas possible d'étudier l'évolution naturelle du débit annuel moyen de l'Ardèche (module). Considérant l'absence de signal sur les précipitations à l'échelle annuelle dans le bassin versant de l'Ardèche (§2.2.4) et l'absence de signal sur les débits annuels moyens dans les bassins versant voisins du Gard (BRLingénierie, 2019), il est probable qu'il n'y ait pas d'évolution significative du débit annuel moyen de l'Ardèche. Les débits annuels moyens sont avant tout caractérisés par une forte variabilité interannuelle. Les paragraphes suivants étudient l'évolution des débits d'étiage et de crue.

3.1.2.2 Evolution des hauts débits

L'évolution des hauts débits est étudiée en aval du bassin versant à la station de Saint Martin d'Ardèche. L'hypothèse est faite que l'influence des ouvrages hydroélectriques sur les hauts débits mesurés à St Martin d'Ardèche est négligeable. La Figure 42 présente l'évolution des débits dépassés seulement 10 jours chaque années entre 1960 et 2020 (la courbe représente la moyenne glissante calculée sur 5 ans).

Figure 42 : Evolution des hauts débits à Saint-Martin-d'Ardèche



Données Banque Hydro, année 1986 manquante

Ce graphique témoigne de la forte variabilité interannuelle des hauts débits. Une régression effectuée sur la chronique des débits dépassés uniquement 10 jours par an ne révèle pas d'évolution significative dans les hauts débits mesurés à l'exutoire du bassin versant de l'Ardèche (régression, hypothèse d'une tendance dans la série rejetée au seuil de confiance de 90%).

3.1.2.3 Evolution des bas débits

Ce paragraphe décrit l'évolution des débits d'étiage sur le bassin versant de l'Ardèche. La présence d'ouvrages structurants et le faible nombre de stations sur les affluents non soutenus limite la portée de cette analyse. Néanmoins, certains signaux d'une diminution des débits d'étiages semblent émerger. Face à la forte variabilité interannuelle des débits, ces résultats restent à confirmer par un suivi hydrométrique systématique.

DONNEES MOBILISEES

L'analyse rétrospective de l'évolution des débits est permise par l'analyse des données hydrométriques fournies sur la Banque Hydro. La Carte 7 (page 43) présente les stations pour lesquelles des chroniques sont disponibles :



- Les stations indiquées en vert ne sont pas influencées par des ouvrages de soutien d'étiage et peu influencées par des prélèvements. Elles sont donc retenues comme représentatives de l'évolution des débits naturels sur le cours d'eau (§0). Il s'agit de petits cours d'eau en tête de bassin versant. Deux stations hydrométriques sur des cours d'eau non soutenus et peu influencés par des prélèvements présentent des chroniques de 25 ans ou plus validées par la banque hydro :
 - L'Altier à la Goulette (V5046610) draine un bassin versant de 103 km. Les chroniques de débits quotidiens sont disponibles entre 1995 et 2020, et suffisamment complètes pour calculer des indicateurs d'étiage sur toute la période (QMNA⁴, VCN⁵). Une chronique est également disponible entre 1969 et 1981. Néanmoins, ces données sont majoritairement considérées comme « douteuses » par la banque hydro. De plus, le matériel et les courbes de tarage ont été modifiés entre les deux périodes, rendant difficile toute comparaison entre les jeux de données.
 - L'Ardèche à Meyras (V5004030) draine un bassin versant de 99 km². Les débits quotidiens sont disponibles entre 1987 et 2020. Cependant, la banque hydro remet en doute la validité des données pour les années 1987, 1988, nous n'étudierons donc la chronique qu'à partir de l'année 1989. Par ailleurs, les données sont insuffisamment complètes pour calculer des indicateurs d'étiage pour les années 1993, 2005, 2011 et 2015 (plus d'une semaine sans données pendant les mois d'étiage).
 - Le faible nombre de stations hydrométriques sur les affluents de l'Ardèche empêche l'extrapolation de cette analyse aux autres affluents principaux de l'Ardèche.
- Les stations indiquées en orange sont influencées par des ouvrages de soutien d'étiage. En l'absence de données spécifiant explicitement les influences des ouvrages hydrauliques il n'est pas possible de reconstituer des débits naturels désinfluencés sur les portions intermédiaires et aval du bassin versant.⁶

En parallèle des données disponibles sur la Banque Hydro, les points roses localisent les points de reconstitution des apports naturels en aval des influences hydrauliques. Ces données ont été transmises par EDF. Elles indiquent au pas de temps quotidien quel aurait été le débit sur le Chassezac en aval de Malarce et sur la Fontaulière en aval de Pont de Veyrières en l'absence des grands ouvrages hydrauliques. Ces chroniques sont disponibles pour la période 1948-2017 sur le Chassezac et sur la période 1964-2020 sur la Fontaulière. Les bassins versants drainés sont respectivement estimés de l'ordre de 500 km² sur le Chassezac et de 100 km² sur la Fontaulière

LES SIGNES D'UNE POTENTIELLE DIMINUTION DES DÉBITS D'ÉTIAGE SUR LES STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE TÊTE DE BASSIN

Les débits sont extrêmement variables d'une année à l'autre. Les étés 2012, 2014 et 2020 ayant été humides, **aucune tendance statistiquement significative** ne peut être identifiée aux stations de Meyras et La Goulette (test par régression sur les QMNA⁷ et VCN⁸30-10-3).

⁴ QMNA : plus petit débit mensuel moyen

⁵ VCN xx : plus petit débit moyen glissant calculé sur xx jours consécutifs

⁶ Approcher ces apports en utilisant les données de stations hydrométriques en place a également été envisagé mais n'a pas permis d'aboutir à des résultats concluants. On a en effet cherché à examiner les différences de débit retrouvées entre les mesures de la station de Saint Martin d'Ardèche et les mesures disponibles sur l'Ardèche et le Chassezac en aval des restitutions EDF. Néanmoins, ce calcul conduit à des variations de débits qui ne peuvent être expliquées par des phénomènes naturels sur la section considérée. Nous considérons que la comparaison des débits entre des stations amont et aval du bassin versant n'est pas permise par la donnée hydrométrique disponible.

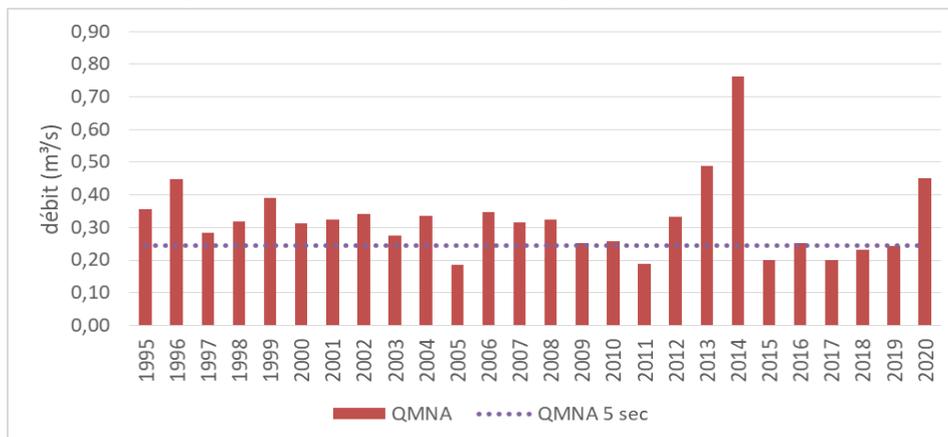
⁷ Plus petit débit moyen mensuel, calculé pour chaque année calendaire

⁸ Plus petit moyen glissant sur 30-10 ou 3 jours consécutifs, calculé pour chaque année calendaire



Néanmoins, certains signaux peuvent laisser penser à une diminution des débits d'étiage du fait de la **répétition d'années sèches sur les années récentes**. La Figure 43 présente les plus petits débits mensuels moyens relevés sur l'Altier entre 1995 et 2020 (QMNA). On peut constater que 4 des 5 années les plus sèches sont observées au cours des 10 dernières années. A la station de l'Ardèche à Meyras, 4 des 10 dernières années ont également connu un QMNA inférieur au QMNA5, soit deux fois plus que la norme statistique.

Figure 43 : Plus petit débit mensuel moyen (QMNA) de l'Altier



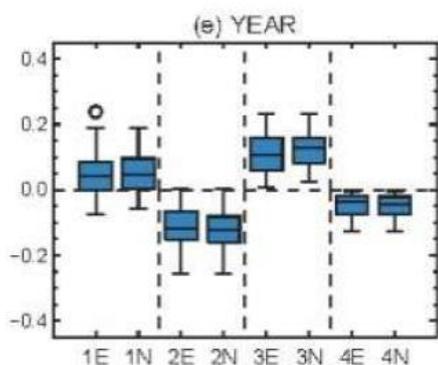
Traitement de données Banque Hydro

Ce constat de répétition d'années sèches sur la décennie passée se retrouve également à l'étude du VCN30 (le plus petit débit moyen glissant calculé sur 30 jours consécutifs).

Ces signaux doivent néanmoins être relativisés étant donné quatre éléments :

- La détection d'une tendance sur les débits ne constitue pas une preuve de l'impact du dérèglement climatique lié à la hausse de la concentration atmosphérique de gaz à effet de serre sous l'action des activités humaines. Le climat fluctue selon certains paramètres qui peuvent se manifester pendant plusieurs années, à l'instar de l'oscillation nord atlantique, fonction de la différence de pression entre l'anticyclone des Açores et la dépression d'Islande. A l'échelle multi-décennale, Boé et Habets (2014) démontrent la variabilité des débits des rivières françaises. Leurs analyses effectuées sur 38 cours d'eau montrent que tous les vingt ans, les débits sont successivement inférieurs puis supérieurs à la moyenne d'environ 15% (Figure 44), **sans que le changement climatique soit nécessairement à l'origine de ces évolutions.**

Figure 44 : Anomalies moyennes des débits annuels moyens de 38 rivières françaises par rapport à leur module sur la durée de la chronique disponible (*)



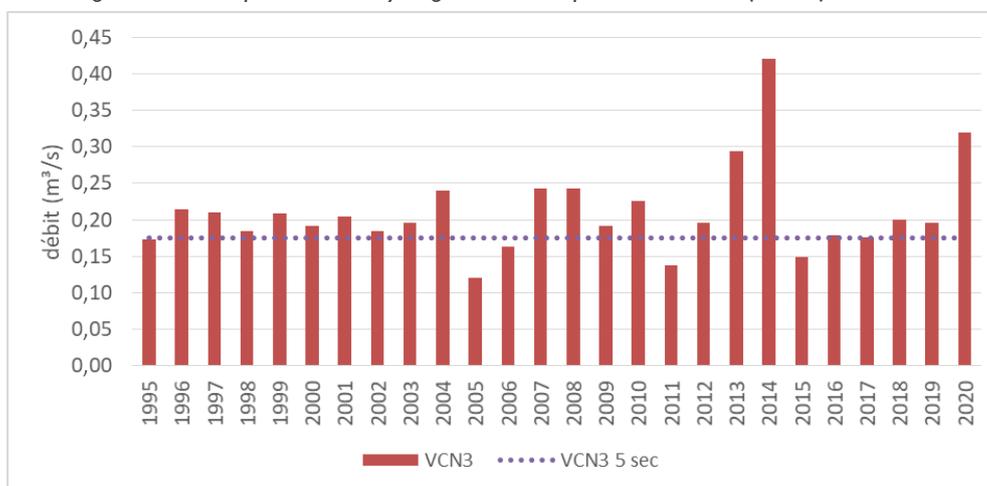
SOURCE : BOE ET HABETS (2014)

(*) Quatre périodes sont distinguées (1 : 1910-1930 / 2 : 1938-1958 / 3 : 1965-1985 / 4 : 1995-2012) et une différenciation est faite entre les résultats obtenus sur l'ensemble des stations (e) et ceux obtenus uniquement sur les stations non influencées (n). Le débit moyen interannuel sur la période 1910-2012 correspond au zéro indiqué sur l'axe des ordonnées. Les boîtes à moustaches représentent la dispersion des résultats obtenus sur les 38 cours d'eau considérés.



- Le signal identifié sur les QMNA et les VCN 30 n'est pas manifeste sur les débits moyens glissants sur 3 ou 10 jours consécutifs. Autrement dit, **il ne semble pas que les plus petits débits quotidiens diminuent au cours des 30 dernières années** (voir Figure 45).

Figure 45 : Plus petit débit moyen glissant sur 3 jours consécutifs (VCN3) de l'Altier



Traitement de données Banque Hydro

- Les tests de Mann Kendall mis en oeuvre pour analyser la présence de tendance sur les séries quotidiennes ne se révèlent pas significatifs.
- La période couverte par les données hydrométriques disponibles est relativement courte pour étudier la présence de tendances. L'apport de chroniques d'apports naturels reconstitués par EDF (voir paragraphe suivant) permet de mettre en perspective ces analyses sur une période plus longue.
- D'autres facteurs anthropiques peuvent influencer l'évolution des bas débits : prélèvements, évolution de la végétation et de l'occupation des sols, ...

DES DIFFICULTES A RECONSTITUER LE SIGNAL EN AVAL DES PRINCIPAUX OUVRAGES HYDRAULIQUES

EDF a transmis des données « d'apports naturels reconstitués » (ANR) au niveau du Chassezac en aval de Malarce et de la Fontaulière à en aval de Pont de Verrières. Ces apports naturels ont été estimés à l'aide du modèle hydrologique MORDOR mis en place sur plusieurs sous-bassins en amont des points étudiés (pour davantage d'informations au sujet du travail réalisé : se référer à la note EDF décrivant la méthodologie employée pour la production des ANR)

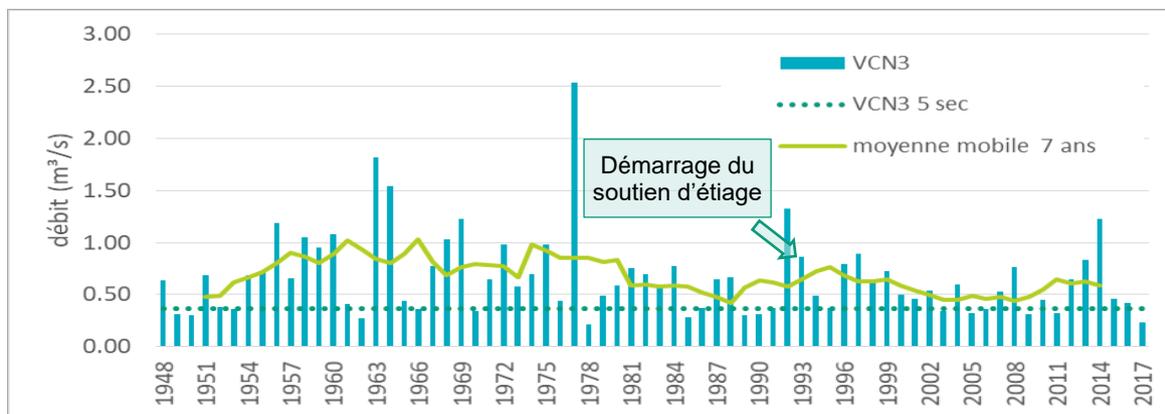
Ces données permettent de **mettre en perspective l'évolution des débits d'étiage sur une période plus longue que les chroniques disponibles aux stations hydrométriques**. Les tendances observées depuis 1960 sur le secteur cévenol (Chassezac, bassin versant de 500km²) et depuis 1989 le secteur des Monts d'Ardèche (Fontaulière, bassin versant de 100km²) sont décrites ci-dessous :

- **Sur le secteur Chassezac**, les chroniques laissent entrevoir une diminution des débits d'étiage moyens entre 1948 et 2017 (régression significative sur les QMNA, VCN30-10-3), à interpréter avec précaution pour les motifs suivants :
 - EDF rappelle que, pour constituer des séries d'apports naturels reconstitués (ANR), le choix de la méthode est guidé par la meilleure représentation possible des débits journaliers et du régime journalier interannuel. L'exploitation de ces séries pour qualifier des métriques « débits étiages » est soumise à caution.



- Ce résultat statistique s'explique essentiellement par **une diminution du débit des étés les plus humides**. La Figure 46 présente l'évolution des VCN3 ; on y observe une diminution de la fréquence des années pour lesquelles les plus bas débits dépassent le seuil de $1\text{m}^3/\text{s}$. Cette rupture coïncide avec la mise en place des ouvrages de soutien d'étiage à partir de 1993.

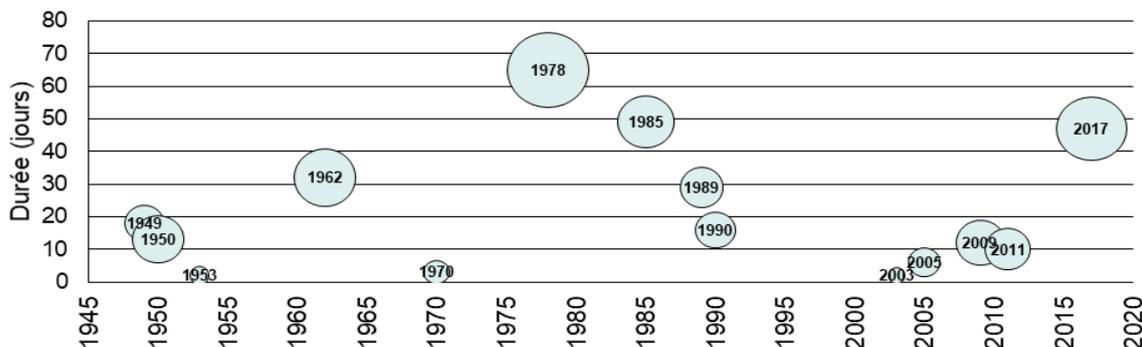
Figure 46 : Plus petit débit moyen glissant sur 3 jours consécutifs – Chassezac



Données EDF

- **Les débits les plus secs restent répartis de façon homogène** tout au long de la chronique. La Figure 47 représente les principaux étiages entre 1948 et 2017 (épisodes de passage sous le VCN10 de temps de retour 5 ans). Ces épisodes sont répartis de façon homogène sur la période. Leur durée et leur intensité ne connaissent pas d'évolution significative.

Figure 47 : 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 9



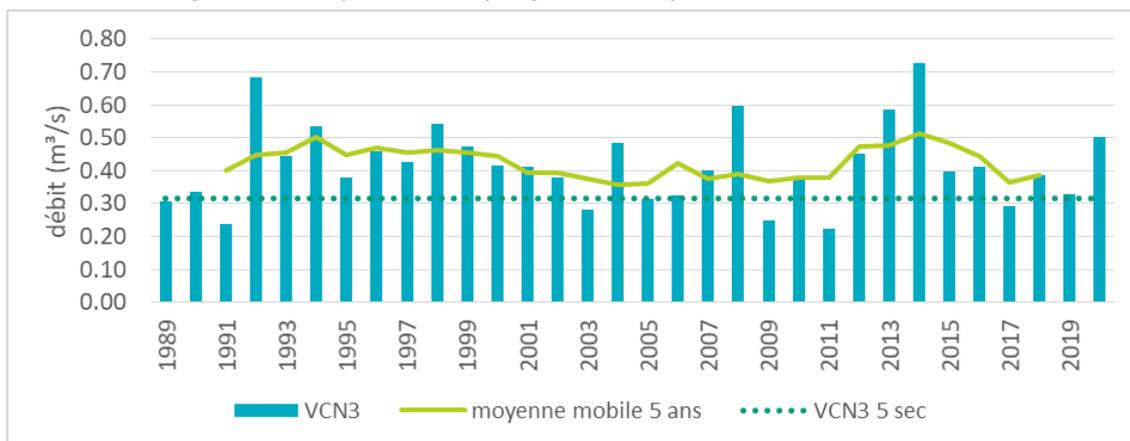
Source : Exploitation des données EDF

- **Sur le secteur Ardèche amont**, aucune tendance ne semble émerger de l'analyse des chroniques ANR de la Fontaulière entre 1989 et 2020, qu'il s'agisse des QMNA ou des VCN (VCN3 représentés à la Figure 48). Ces chroniques sont issues de la transposition de la série de débit naturel journalier observé de la Fontaulière à Aulueyres sur le bassin versant de l'ouvrage de Pont de Veyrières. Une autre chronique est disponible sur une période plus longue (1948-2017). Cependant, pour l'analyse des étiages, EDF privilégie l'interprétation de la série constituée par transposition d'une série de débit naturel journalier observé. Il n'est par ailleurs pas envisageable de juxtaposer les deux séries car cette opération génère un biais de rupture.

⁹ La taille des bulles représente l'intensité de l'épisode (volume non écoulé par rapport au seuil/durée)



Figure 48 : Plus petit débit moyen glissant sur 3 jours consécutifs – Fontaulière



Données EDF

3.1.3 Quel impact des changements climatiques à venir sur la disponibilité de la ressource ?

Plusieurs études estiment l'évolution des débits des cours d'eau par forçage de modèles hydro-climatique. En pratique, ces travaux construisent des modèles capables de reproduire les débits actuellement observés dans les cours d'eau à partir de données de précipitations et de d'évapotranspiration mesurées en temps présent. Des chroniques de précipitations et évapotranspiration futures possibles sont ensuite injectées dans ces modèles pour simuler l'évolution possible des débits. Différents modèles climatiques génèrent différentes perspectives d'évolution des précipitations et des débits. Trois ressources principales sont mobilisées pour estimer l'évolution des paramètres hydrologiques sur le bassin versant de l'Ardèche :

- Les résultats du **projet Explore 2070** (MEDDE, 2012). Ce projet national avait pour objectif d'évaluer l'impact du changement climatique sur les eaux de surface en France à horizon 2070. Le large échantillon de bassins étudiés renforce la robustesse de ses conclusions. Ce projet compare pour sept modèles climatiques et deux horizons temporels : une période de référence (1962-1991) et la période 2046-2065. Cependant, il utilise un ancien scénario d'émission de gaz à effet de serre (SRES A1B), comparable au scénario RCP 6.0¹⁰.
- Les résultats de l'étude **Eau et Climat 3.0** (BRLi, 2020) (également notée « Gard 3.0 » dans les paragraphes qui suivent). Cette étude visait à proposer une stratégie départementale de gestion de la demande et de la ressource en eau face au changement climatique dans le Gard. Elle compare pour 9 modèles climatiques trois horizons temporels : une période de référence (1971-2005), un horizon proche (2030-2050) et un horizon lointain (2071-2100). Elle utilise deux scénarios actuels d'émission de gaz à effet de serre : les scénarios RCP 4.5¹¹ et RCP 8.5¹². Cette étude traite entre autres du bassin versant de la Cèze, au Sud de l'Ardèche. Les résultats des modélisations Gard 3.0 pour la Cèze à la Roque sur Cèze ont été réétudiés pour répondre au mieux aux problématiques de cette étude. Ils sont cohérents avec ceux obtenus aux autres stations. Par ailleurs, cette station n'est pas influencée par un ouvrage de soutien d'étiage. Les résultats obtenus sont donc pertinents pour discuter de l'évolution des cours d'eau non influencés.
- L'étude en cours (EDF, Eaucéa) sur l'évolution des débits et du soutien d'étiage sur les axes soutenus du bassin versant de l'Ardèche. Les résultats de cette étude ne sont pas disponibles à ce jour et viendront compléter les analyses ci-dessous.

¹⁰ RCP 6.0 : Scénario avec stabilisation des émissions avant la fin du XXI^e siècle à un niveau moyen

¹¹ RCP 4.5 : Scénario avec stabilisation des émissions avant la fin du XXI^e siècle à un niveau faible.

¹² RCP 8.5 : Scénario de laisser faire où les émissions de GES continuent à augmenter au rythme actuel.



3.1.3.1 Evolution des débits naturels

Indépendamment de l'évolution des ressources de soutien d'étiage, les études Explore 2070 et Gard 3.0 nous renseignent sur l'évolution possible des débits naturels sous l'effet du changement climatique (augmentation de l'évapotranspiration et modification du régime de précipitations) :

- Une réduction probable des apports naturels à l'étiage :
 - Baisse des débits entre les mois de juin et d'octobre, particulièrement importante aux mois de septembre et octobre.
 - Baisse d'un tiers du débit du mois le plus sec.
- Une incertitude sur l'évolution du débit annuel moyen.
- Une totale méconnaissance de la fréquence et de l'intensité des crues futures.

Une réduction probable des apports naturels à l'étiage

Le projet Explore 2070 anticipe une **baisse généralisée des débits moyens en période d'étiage et des débits quinquennaux secs dans le bassin versant de l'Ardèche**. Le paragraphe ci-dessous présente les résultats de cette étude pour les 6 points du bassin versant, numérotés 343 à 348 dans la Carte 8. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus dans le cadre de l'étude Gard 3.0, une comparaison entre ces deux études est disponible en annexe. Elle fournit des éléments sur les évolutions possibles à horizon proche et selon des scénarios plus récents d'émissions de gaz à effet de serre.

Carte 8 : Stations utilisées pour estimer la ressource disponible en 2050 dans le cadre de l'étude Explore 2070



<http://cartelie.application.equipement.gouv.fr/cartelie/voir.do?carte=Explore2070&service=DGALN#>

Le Tableau 5 restitue les évolutions des QMNA médians et quinquennaux secs pour chacun des points de modélisation. Tous convergent vers une baisse des débits d'étiage, avec une baisse relativement comparable entre les différents points et entre les débits médians et les débits quinquennaux secs. Néanmoins, la fiabilité des estimations est variable selon les points utilisés pour les motifs suivants :

- Toutes les stations utilisées sont influencées par du soutien d'étiage.



- Plusieurs modèles hydrologiques ont pu être utilisés : GR4J et ISBA-MODCOU. Le premier est un modèle conceptuel développé par le Cemagref, calés sur des périodes pour lesquelles on dispose de mesures de débit sur une période suffisamment longue. Le second est un modèle à base physique, qui ne s'appuie pas sur des stations hydrométriques de références. Les résultats obtenus avec le second modèle font figure d'alternative lorsque les données hydrométriques sont absentes ou de qualité insuffisantes.
- Le calage des modèles hydrologiques est plus ou moins bon selon les stations : le critère de Nash permet d'estimer la capacité du modèle à reproduire les débits observés sur une période de référence. Egal à 1, il signifie que l'ajustement est parfait. Le critère de Nash peut être calculé sur les inverses des débits pour donner une plus grande importance à la restitution des étiages. La qualité du calage de chaque station est indiquée dans la deuxième colonne du Tableau 5.

Tableau 5 : Evolutions possibles des débits moyens et d'étiage à l'horizon 2046-2065, par rapport à la période 1961-1990, selon un scénario d'émission SRES A1B

	MODELE HYDROLOGIQUE UTILISE	PERFORMANCE DE CALAGE DU MODELE	EVOLUTION DU QMNA MEDIAN	EVOLUTION DU QMNA 5 SEC
L'ARDECHE A ST-MARTIN D'ARDECHE	GR4J & ISBA-MODCOU	Très Satisfaisante Nash > 0,9 Nash sur inverses > 0,8	médiane : - 36 % min : - 50 % max : - 19 %	médiane : - 32 % min : - 47 % max : - 20 %
L'ARDECHE A VOGÜE	GR4J & ISBA-MODCOU	Satisfaisante Nash > 0,8 Nash sur inverses > 0,8	médiane : - 29 % min : - 42 % max : - 16 %	médiane : - 27 % min : - 40 % max : - 15 %
L'ARDECHE A PONT DE LABEAUME	GR4J & ISBA-MODCOU	Satisfaisante Nash > 0,8 Nash sur inverses > 0,7	médiane : - 25 % min : - 36 % max : - 12 %	médiane : - 23 % min : - 34 % max : - 14 %
LE CHASSEZAC A CHAMONAS	GR4J & ISBA-MODCOU	Assez Satisfaisante Nash > 0,8 Nash sur inverses > 0,6	médiane : - 33 % min : - 48 % max : - 19 %	médiane : - 32 % min : - 48 % max : - 21 %
LE CHASSEZAC A GRAVIERES	ISBA-MODCOU	Insatisfaisante Nash négatif	médiane : - 43 % min : - 59 % max : - 5 %	médiane : - 38 % min : - 52 % max : - 5 %
L'ARDECHE A VALLON PONT D'ARC	ISBA-MODCOU	Non évaluée	médiane : - 25 % min : - 33 % max : - 6 %	médiane : - 15 % min : - 25 % max : - 1 %

Données Explore 2070

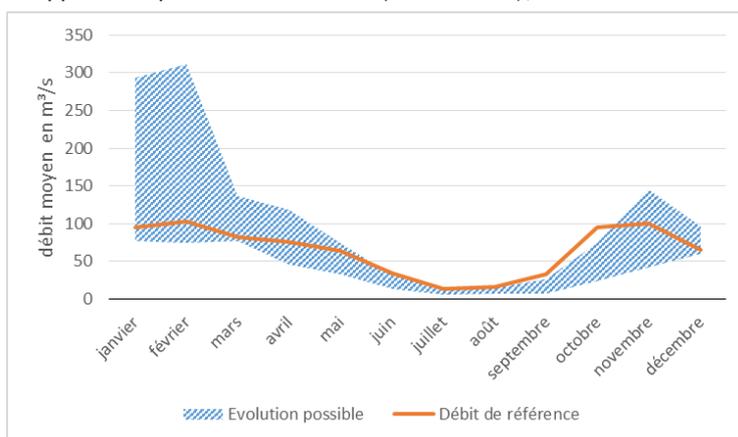
Bien qu'elle soit influencée par un double soutien d'étiage, les meilleurs calages sont obtenus à la station de St Martin d'Ardèche, à l'aval du bassin versant. Les éléments présentés ci-dessous se concentrent donc sur les résultats obtenus à cette station lors de l'étude Explore 2070.

La Figure 49 présente ainsi une gamme de débits mensuels moyens potentiellement observables à St Martin d'Ardèche d'ici le milieu du siècle, selon les sept modèles de circulation atmosphérique utilisés dans l'étude Explore 2070 (pour des raisons de lisibilité, on présente une enveloppe et non les résultats des différents modèles climatiques pris individuellement). Tous les modèles de circulation atmosphérique utilisés anticipent une réduction des débits mensuels moyens entre le mois de juin et d'octobre. Les plus fortes baisses relatives sont à attendre aux mois de septembre et d'octobre, où le modèle médian prévoit une baisse du débit moyen supérieure à la moitié du débit de référence. Des résultats similaires sont observés à l'étude des débits mensuels quinquennaux secs.



3. QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES HYDRO-ÉCOSYSTÈMES DU BASSIN-VERSANT ?

Figure 49 : Evolution possibles des débits mensuels moyens à la station de St Martin d'Ardèche à horizon 2046-2065, par rapport à la période de référence (1961-1990), selon 7 modèles climatiques¹³



Traitement de données Explore 2070

Une incertitude sur l'évolution du débit annuel moyen

Les résultats des études Explore 2070 et Gard 3.0 ne permettent pas de conclure sur l'évolution des modules¹⁴ des cours d'eau du Gard ou du bassin versant de l'Ardèche. Le débit annuel moyen est en effet fortement dépendant des précipitations et débits extrêmes, a fortiori dans le cas d'un bassin soumis aux épisodes cévenols comme celui de l'Ardèche. Le Tableau 6 illustre les évolutions de module anticipées par l'étude Explore 2070 pour six stations du bassin versant :

- La médiane inter-modèles est proche de l'équilibre (malgré la baisse des débits d'étiage, de nombreux modèles anticipent une forte hausse des débits hivernaux.).
- Selon les modèles climatiques utilisés il n'y a pas de tendance univoque dans l'évolution des débits annuels moyens (entre -17% et + 17%).

Tableau 6 : Evolutions possibles des modules à l'horizon 2046-2065, par rapport à la période 1961-1990, selon un scénario d'émission SRES A1B

	MODELE HYDROLOGIQUE UTILISE	PERFORMANCE DE CALAGE DU MODELE	EVOLUTION DU MODULE
L'ARDECHE A ST-MARTIN D'ARDECHE	GR4J & ISBA-MODCOU	Très Satisfaisante Nash > 0,9 Nash sur inverses > 0,8	médiane : + 3 % min : - 15 % max : + 17 %
L'ARDECHE A VOGÜE	GR4J & ISBA-MODCOU	Satisfaisante Nash > 0,8 Nash sur inverses > 0,8	médiane : + 2 % min : - 14 % max : + 14 %
L'ARDECHE A PONT DE LABEAUME	GR4J & ISBA-MODCOU	Satisfaisante Nash > 0,8 Nash sur inverses > 0,7	médiane : + 2 % min : - 11 % max : + 13 %
LE CHASSEZAC A CHAMBNAS	GR4J & ISBA-MODCOU	Assez Satisfaisante Nash > 0,8 Nash sur inverses > 0,6	médiane : + 1 % min : - 17 % max : + 14 %
LE CHASSEZAC A GRAVIERES	ISBA-MODCOU	Insatisfaisante Nash négatif	médiane : - 1 % min : - 19 % max : + 13 %

¹³ Ces estimations ne tiennent pas compte de l'évolution possible des ressources de soutien d'étiage et de leurs modalités de gestion.

¹⁴ Module : débit annuel moyen

L'ARDECHE A VALLON
PONT D'ARC

ISBA-MODCOU

Non évaluée

médiane : + 4 %
 min : - 15 %
 max : + 17 %

Données Explore 2070

Une totale méconnaissance de la fréquence et de l'intensité des crues futures

Selon les modèles utilisés, les débits maximums simulés et la fréquence de dépassement des seuils de crue évoluent à la hausse ou à la baisse. Au vu de la littérature consultée, il est impossible de quantifier finement les évolutions attendues des phénomènes de crue.

3.1.3.2 Modification du fonctionnement des ouvrages hydraulique et des possibilités de soutien d'étiage

En attente des résultats EDF.

3.1.4 Synthèse des évolutions hydrologiques dans un contexte de changement climatique

SYNTHESE DES EVOLUTIONS HYDROLOGIQUES SUR LE BASSIN VERSANT

	MOYENNE ANNUELLE	HAUTS DEBITS	BASTS DEBITS
<i>RETROSPECTIVE</i>	Absence de données fiables à l'échelle du bassin versant du fait des transferts interbassin, Forte variabilité interannuelle, pas de tendance significative	Forte variabilité interannuelle, pas de tendance significative	Absence de données fiables à l'échelle du bassin versant du fait de la régulation hydraulique et des transferts Signal à confirmer d'une baisse des débits sur les secteurs non influencés par les ouvrages hydrauliques.
<i>PROSPECTIVE</i>	Contradiction des modèles utilisés et absence de tendances univoques permettant d'estimer l'évolution du module	Contradiction des modèles utilisés et absence de tendances univoques permettant d'estimer l'évolution du débit et de la fréquence des crues	Convergence des modèles vers une diminution des débits du mois le plus sec , avec une médiane de l'ordre de - 30%

A COMPLETER En attente des résultats de l'étude EDF-Eaucéa.



3.2 CONSEQUENCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

3.2.1 Approche et méthodologie pour l'étude des ressources souterraines

CE SUR QUOI REPOSE LE DIAGNOSTIC

Le bassin versant de l'Ardèche a fait l'objet de nombreuses études technique 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 val rhodanien : les aquifères de socle, peu productifs mais localisés en tête des bassins versants, les séries gréseuses du Trias, les séries karstiques du Jurassique, l'aquifère urgonien, les alluvions modernes en position basse dans les bassins versants (dépôts importants mais localisés principalement pour l'Ardèche). On peut rajouter à cet écorché les séries aquifères volcaniques sur la limite nord du bassin versant et les aquifères du Crétacé supérieur sous couverture dans le val Rhodanien.

Les études de référence sont nombreuses ; le karst urgonien en particulier a fait l'objet de plusieurs thèses universitaires. Citons de plus une étude récente qui propose une description très détaillée du fonctionnement des grandes unités aquifères du bassin versant : il s'agit de l'étude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche, réalisée en 2018. Elle présente un inventaire relativement exhaustif de la ressource en eau souterraine.

Pour chacun des grands systèmes aquifères identifiés sur le bassin (voir Annexe 1 pour davantage d'information sur les systèmes aquifères différenciés et leurs relations avec les référentiels de la BD Lisa et des masses d'eau de l'Agence de l'Eau), Un état des lieux et un premier diagnostic des eaux souterraines a été réalisé.

Compte tenu des caractéristiques ainsi mises en évidence, une analyse de la vulnérabilité des différents aquifères au changement climatique a été réalisée et est présentée au paragraphe 3.2.4.

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 territoire étendu, 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 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 nappes-rivière. Nous détaillons ce point dans les conclusions du diagnostic.
- Il est entendu que seules les eaux souterraines ayant un lien direct avec les eaux superficielles ont été étudiées (aquifères gréseux, karst, nappes d'accompagnement, alluvions anciennes...). La description des ressources profondes, souvent mal connues, est donc exclue de cet état des lieux.



- 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, 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 tel état des lieux. Il faudra analyser chaque projet de captage au cas par cas.

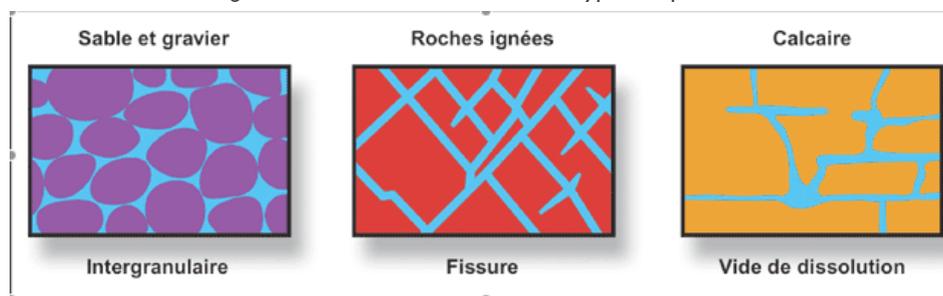
3.2.2 Caractéristiques des principaux aquifères du bassin versant de l'Ardèche

3.2.2.1 Éléments de contexte et identification des principaux aquifères

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 50 : Relations entre vides et type d'aquifères.



Ces trois types de roches se retrouvent dans le bassin versant de l'Ardèche. On peut y distinguer les grands domaines géologiques suivants ¹⁵ :

- Au nord-ouest, un **domaine de socle primaire** sur les pentes schisteuses, granitiques et gneissiques des Cévennes ; il s'agit alors majoritairement d'aquifères fissurés (avec localement, un rôle supplémentaire joué par les altérites). Il forme des paysages au relief élevé et à forte dénivellation.
- Au nord du bassin versant, les **formations volcaniques du plateau des Coirons**. Elles correspondent principalement à des scories ou à des coulées basaltiques. Leur comportement hydrogéologique est complexe car il superpose un comportement de type fissuré pour les coulées à un comportement de type poreux dans les scories.

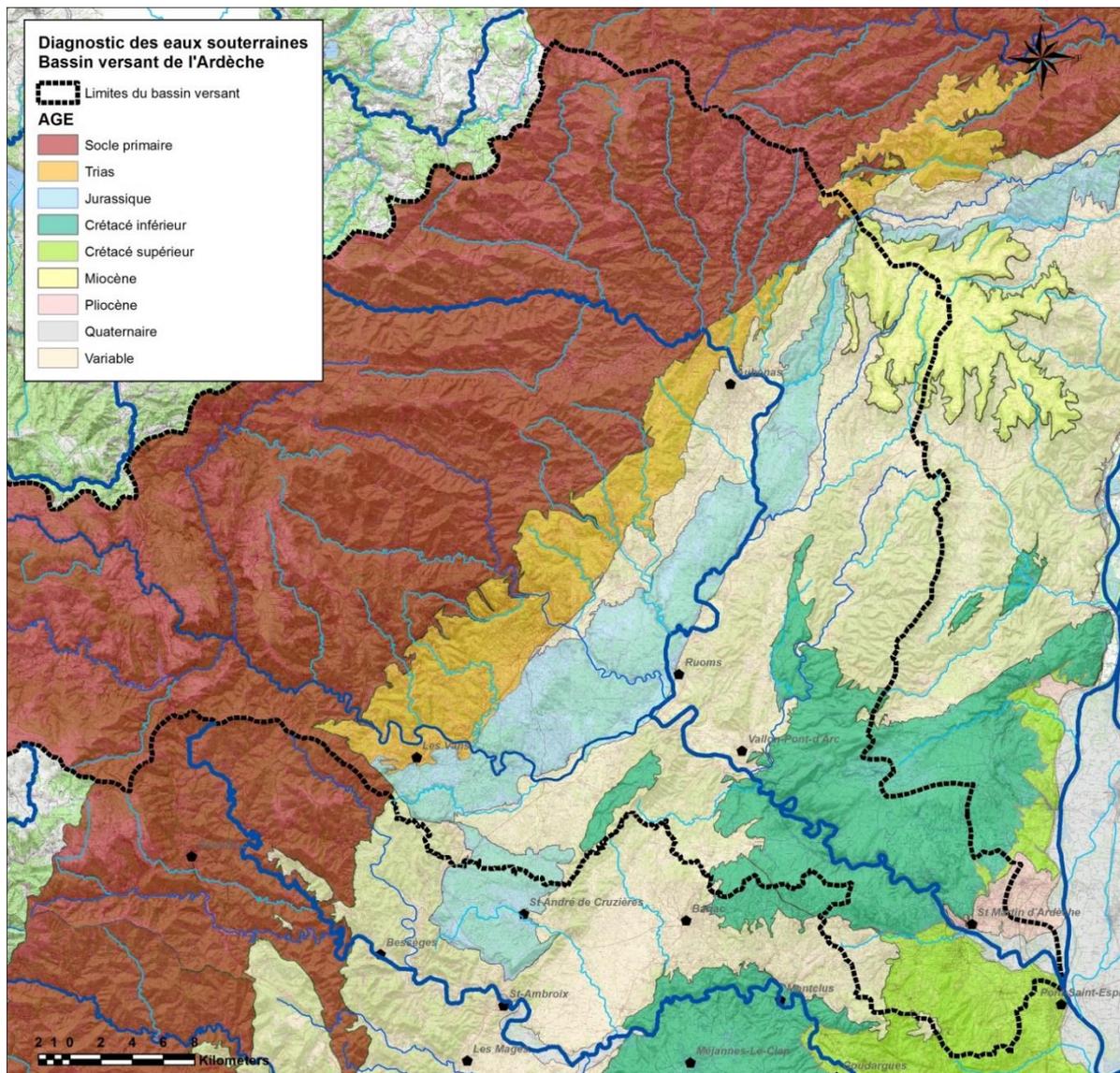
¹⁵ J.P. Rolley (2007) propose une synthèse très détaillée concernant la géologie du Gard. Nous citons une partie de cette synthèse en annexe pour le lecteur qui voudra plus d'informations sur ces éléments.



- Au centre du bassin versant, s'étageant entre 100 et 500 m d'altitude, on peut **observer la pile sédimentaire secondaire qui va alterner des formations aquifères avec des séries peu perméables**. Citons : les grès du Trias (comportement hydrogéologique complexe), les séries carbonatées du Lias (aquifères karstifiés) et les marno calcaires du Jurassique moyen, les séries karstifiées du Jurassique supérieur, les séries peu aquifères du Crétacé inférieur et l'aquifère karstifié de l'urgonien.
- Les parties basses du relief, en particulier dans la vallée de l'Ardèche et dans la plaine rhodanienne, on observe des **formations quaternaires meubles et variées d'origine fluviale ou continentale**. Formations généralement peu épaisses et très diverses, elles reflètent la diversité des phénomènes géologiques de cette période.
- En partie terminale du bassin versant, on observe les séries complexes du Crétacé supérieur. Dans cette épaisse série hétérogène, qui recouvre les calcaires urgoniens, on peut identifier trois principaux niveaux aquifères : les sables du Cénomanién inférieur, les grès, calcaires et calcaires gréseux du Coniacien.

Pour mémoire, citons les formations oligocènes du bassin d'Issirac que l'on observe sur quelques km² en bordure Sud du bassin versant ; il s'agit de marno-calcaires peu perméables, donc sans rôle hydrogéologique notable à l'échelle du bassin versant.

Figure 51 : Géologie du bassin versant de l'Ardèche.





PRINCIPAUX SYSTEMES AQUIFERES

Le référentiel de l'Agence de l'Eau liste 9 masses d'eau sur le bassin versant, dont 4 sont majoritairement hors bassin versant.

Dans le bassin versant de l'Ardèche, on peut identifier :

- des aquifères karstiques (2 masses d'eau),
- des aquifères de type fissuré correspondant à des roches de socle (2 masses d'eau),
- des aquifères alluviaux (1 masse d'eau),
- des aquifères de type poreux (2 masses d'eau).
- Des formations peu perméables avec peu d'intérêt hydrogéologique à l'échelle du bassin versant (2 d'eau).

Tableau 7 : Entités hydrogéologiques aquifères du bassin versant de l'Ardèche.

CODE	Masses d'eau	Nature aquifère
FRDG607	Socle cévenol BV de l'Ardèche et de la Cèze	Fissurés
FRDG245	Grès Trias ardéchois	Poreux
FRDG118	Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes	Karsts locaux
FRDG532	Formations sédimentaires variées de la bordure cévenole (Ardèche, Gard)	Peu perméables
FRDG161	Calcaires urgoniens des garrigues du Gard et du Bas-Vivarais dans le BV de l'Ardèche (unités karstiques urgoniennes)	Karst locaux
FRDG518	Formations variées côtes du Rhône rive gardoise	Poreux
FRDG700	Formations volcaniques du plateau des Coirons	Fissurés
FRDG531	Argiles bleues du Pliocène inférieur de la vallée du Rhône	Peu perméables
FRDG382	Alluvions du Rhône du défilé de Donzère au confluent de la Durance et alluvions de la basse vallée Ardèche	Alluvions

COMPORTEMENT HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTS TYPES D'AQUIFERES

Chacun des types d'aquifère distingué plus haut 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.



Ces caractéristiques théoriques sont décrites en détail en Annexe 1. On retiendra en particulier les points suivants :

- Roches fissurées :

Les aquifères fissurés sont caractérisés par un faible potentiel de recharge, un faible potentiel de sollicitation par forage et un soutien d'étiage significatif aux cours d'eau grâce à une inertie relativement forte de ce type de système.

Dans le socle cristallin, les ressources en eau sont contenues principalement dans les altérites, de type arènes. Les formations altérées superficielles parfois épaisses de plusieurs mètres peuvent contenir de petites nappes discontinues alimentant des émergences à débits réguliers mais faibles, souvent inférieurs à 1 l/s.

- Les aquifères karstiques

A l'échelle du bassin versant, les aquifères de type karstiques sont caractérisés par un fort potentiel de recharge (les phénomènes d'infiltration dominant sur le ruissellement), des difficultés de captage par forage en raison d'une très forte hétérogénéité des écoulements, et un soutien d'étiage variable aux cours d'eau. En effet, 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

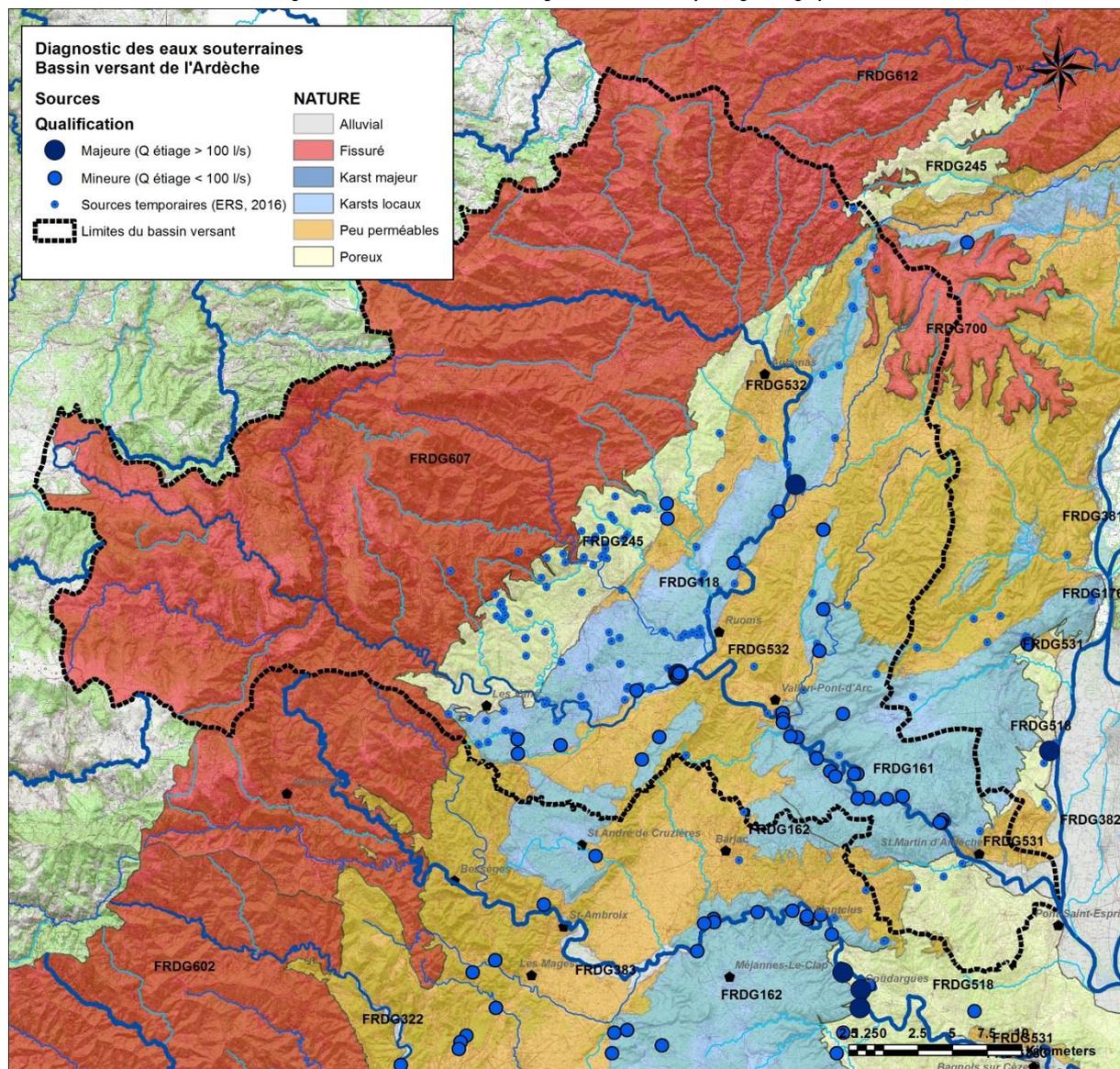
Comme indiqué dans le tableau ci-dessus, on distingue plusieurs types d'aquifères poreux d'importance sur le bassin versant : la nappe alluviale quaternaire en relations avec les cours d'eau du bassin ; les grès du Trias et les formations du Crétacé supérieur qui affleurent dans le sud-est du bassin versant.

A l'échelle du bassin versant, les ressources en eau rattachées à ce type d'aquifère sont généralement déterminées par un potentiel de recharge variable (fonction de la nature des horizons les plus superficiels et des sols qui recouvrent l'aquifère), un potentiel de captage et de contribution au soutien d'étiage variable (fonction de leur perméabilité). Ces aquifères ont également une certaine vulnérabilité aux pollutions de surface.



La carte ci-dessous permet de mieux appréhender la distribution spatiale des masses d'eau. Nous avons fait figurer sur cette carte les sources majeures qui donnent une première indication sur leurs principaux exutoires ($Q_{\text{moy}} > 50 \text{ l/s}$).

Figure 52 : Localisation des grandes unités hydrogéologiques.



On peut proposer les observations suivantes :

- Les séries du Trias se caractérisent par la présence de nombreuses sources, très dispersées à l'échelle de la masse d'eau. Cela indique une multitude nappes, relatives à chaque série aquifère observée dans cet ensemble hétérogène que constituent les formations du Trias.
- Les aquifères karstifiés du Jurassique présentent de nombreuses sources en bordure des cours d'eau (Chassezac et Ardèche), avec deux zones de restitution majeures : les sources du Pontet (débit d'étiage soutenu par les pertes permanentes de l'Auzon et des ruisseaux « volcaniques » au contact avec le massif des Coirons) et la zone de restitution de St Alban sous Sampzon (débit d'étiage soutenu par les pertes permanentes du Chassezac)
- L'aquifère urgonien est caractérisé par de nombreuses sources dans les vallées de l'ibie et de l'Ardèche, ce qui témoigne d'une forte compartimentation des écoulements. A noter que la plupart de ces sources se caractérisent par de faible débit d'étiage ($< 100 \text{ l/s}$) ; seule la source de la Tourne à Bourg-Saint-Andéol se caractérise par un fort débit d'étiage ; cette particularité s'explique par un impluvium spécifique très étendu et par des pertes permanentes du Rimouren.



Au sujet de l'identification des sources à l'échelle du bassin versant, précisons que de nombreuses sources de débit moyen inférieur à 10 l/s existent sur le périmètre de l'étude (probablement des centaines) et qu'elles ne figurent pas dans les inventaires consultés. 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 (< 1 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).

Ces sources de faibles débits sont très nombreuses sur la partie amont du bassin, sur les aquifères de socles. Même si leur débit est faible, elles sont importantes pour deux raisons : l'adduction en eau potable (seule ressource exploitable sur les pentes et piémonts) et l'alimentation des cours d'eau qui sont principalement alimentés par ces sources en période estivale.

DEGRE DE CONNAISSANCE SUR LES EAUX SOUTERRAINES

L'examen de la bibliographie et des données disponibles amènent plusieurs constats concernant les connaissances et le suivi des eaux souterraines sur le bassin versant. On relève notamment :

- **Un bassin versant dont les études hydrogéologiques sont de qualité et ciblent toutes les ressources en eau souterraine du territoire ; elles permettent une bonne identification des masses d'eau souterraines et une première approche de leur fonctionnement hydrogéologique.**
- **Un réseau de suivi qualitatif permettant une bonne approche de la qualité des eaux souterraines**, avec toutefois un déficit de suivi sur l'aquifère urgonien (7 qualitomètres sur les 285 existants sur le bassin)
- **La nécessité de créer/renforcer le suivi piézométrique dans le bassin versant.** Il n'y a à ce jour aucun piézomètre pour suivre les niveaux de nappe des aquifères triasiques, jurassiques et urgoniens. **L'absence de piézomètres interdit toute définition rigoureuse d'une gestion quantitative de la ressource en eau.** C'est particulièrement vrai pour les aquifères karstiques dont on verra ci-après qu'ils jouent un rôle significatif sur le débit des cours d'eau à l'étiage.
- **L'ensemble du dispositif de suivi des débits d'étiage des cours du bassin versant mériterait d'être repensé au regard du caractère fortement dépendant de ces débits aux restitutions d'eaux souterraines.** Dans sa configuration actuelle, à l'exception du karst urgonien, il ne permet pas de bien quantifier les échanges nappe-rivière.

3.2.2.2 Des ressources souterraines abondantes mais pas nécessairement disponibles

Les modalités de recharge peuvent se résumer en trois grands flux :

- Flux d'alimentation par infiltration des eaux météoriques.
- Flux d'alimentation par pertes des cours d'eau
- Flux d'alimentation souterrain en provenance d'une autre unité aquifère. En effet, il peut arriver que deux formations aquifères en contact l'une avec l'autre puisse échanger des eaux souterraines de façon significative. Ce n'est pas une configuration observée dans le bassin versant de l'Ardèche. Les grandes formations aquifères (Trias, Jurassique et urgonien), sont séparées les unes des autres par des formations peu perméables ; de plus, les développements alluvionnaires intéressent principalement le passage des cours d'eau dans ces mêmes formations peu perméables (pas de soutien d'étiage des nappes alluviales par le substratum géologique).

Le tableau ci-dessus résume les principales modalités d'alimentation des masses d'eau souterraine du bassin versant de l'Ardèche.



Figure 53 : Principales modalités d'alimentation des masses d'eau souterraines du bassin versant de l'Ardèche

CODE	Masses d'eau	Nature aquifère	Unités aquifères	Modalités d'alimentation	
				Impluviums	Pertes de cours d'eau
FRDG607	Socle cévenol BV de l'Ardèche et de la Cèze	Fissurés	Sous bassin Borne et Chassezac	521 km ²	Sans objet
			Sous bassin Beaume et Ligne	221 km ²	
			Sous bassin de l'Ardèche	490 km ²	
FRDG245	Grès Trias ardéchois	Poreux	L'unité Vesseaux	33 km ²	L'ERS (2016) mentionne des pertes localisées de petits ruisseaux qui témoignent de l'hétérogénéité sédimentaire de ces unités, non d'un apport exogène lié à un amont imperméable
			L'unité Ailhon	25 km ²	
			L'unité Largentière	27 km ²	
			L'unité Rosières	38 km ²	
FRDG118	Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes	Karsts locaux	L'unité Nord Vogüé	45 à 60 km ²	Auzon (pertes estimées à 350 l/s), ravin de Lauze, ruisseau de Sauvier, Eyrolle et Louyre
			L'unité Sud-Vogüé	50 km ²	
			L'unité St Alban-Auriolles	40 km ²	Chassezac (pertes estimées à 1,5 m ³ /s)
			L'unité Sud Chassezac	40 km ²	Granzon, Couanchis, Rau de Claveysson
FRDG532	Formations sédimentaires variées de la bordure cévenole (Ardèche, Gard)	Peu perméables	Sans enjeu à l'échelle du BV	Masse d'eau peu aquifère	
FRDG161	Calcaires urgoniens des garrigues du Gard et du Bas-Vivarais dans le BV de l'Ardèche (unités karstiques urgoniennes)	Karst locaux	L'unité Vallée de l'Ibie	50 km ²	Ibie, ruisseau de l'Enfer, Baravon, Rieussec
			L'unité Gras-Laoul (pour partie sur le BV)	110 km ²	Ruisseaux d'Imbours, des Bruyères et de la Conche
			Les unités Rive Gauche et Rive droite de l'Ardèche	111 km ²	Pissevieille et Rieussec
			L'unité Montagne de la Serre	10 km ²	Conchettes, Trépaloup et Ferrière
FRDG518	Formations variées côtes du Rhône rive gardoise	Poreux	Unités de faible dimension et de peu de superficie. Sans enjeu à l'échelle du Bassin versant	Non étudiées dans le cadre de cette étude	
FRDG700	Formations volcaniques du plateau des Coirons	Fissurés	Versant ardéchois	40 km ²	Sans objet
FRDG531	Argiles bleues du Pliocène inférieur de la vallée du Rhône	Peu perméables	Sans enjeu à l'échelle du BV	Masse d'eau peu aquifère	
FRDG382	Alluvions du Rhône du défilé de Donzère au confluent de la Durance et alluvions de la basse	Alluvions	Les alluvions de l'Ardèche	Non étudiées dans le cadre de cette étude	



QUANTIFICATION DU 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 modes 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 bassin versant de l'Ardèche, 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. Comme indiqué au paragraphe 2.2 ces données sont disponibles sur une grille de 8 x 8 km².

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 1959-2020

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.

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. Connaissant les surfaces d'impluvium de chaque aquifère, on peut dans un deuxième temps estimer des moyennes de recharge annuelle.

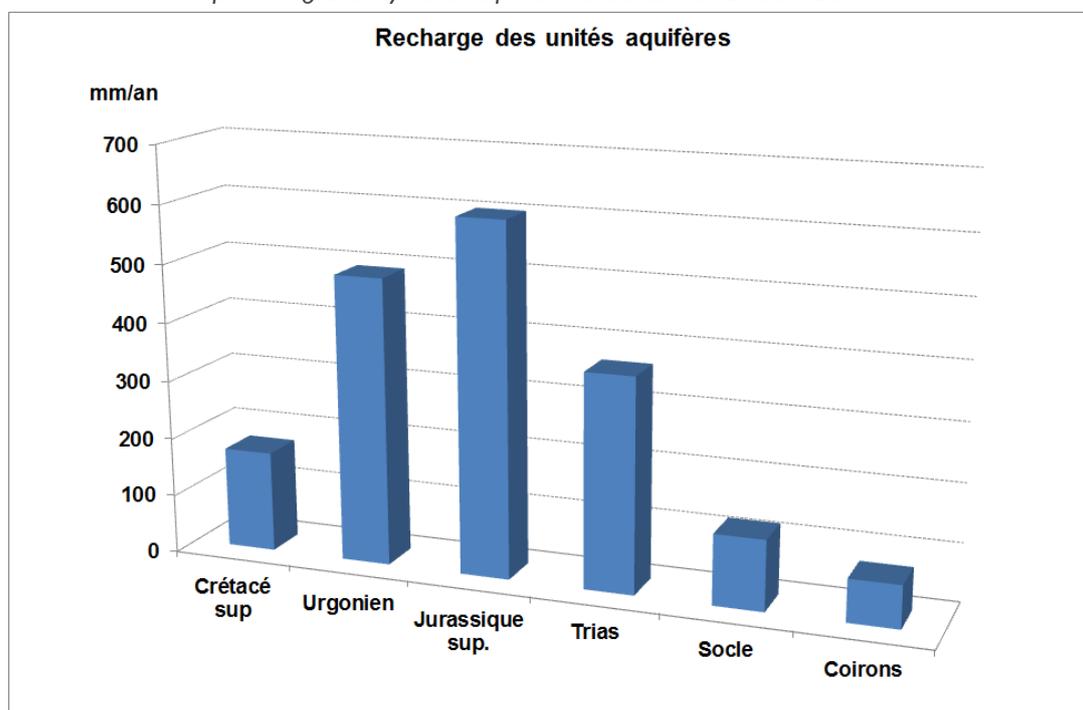


Tableau 8 : Paramètres du modèle de calcul de la recharge à partir des données SAFRAN

	RU	PLUIE DE RUPTURE (MM)	COEFFICIENT INFILTRATION (P < Pr)	COEFFICIENT INFILTRATION (P > Pr)
KARSTS JURASSIQUES ET URGONIENS	30	100	90%	60%
GRES DU TRIAS	80	100	60%	40%
GRES, CALCAIRES ET MARNES DU CRETACE	60	100	60%	40%
ROCHES DE SOCLE, VOLCANIQUES OU PLUTONIQUES	30	100	10%	5%

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

Figure 54 : Recharge moyenne interannuelle par infiltration des eaux de pluie estimée à partir des données SAFRAN pour les grands systèmes aquifères du bassin versant de l'Ardèche.

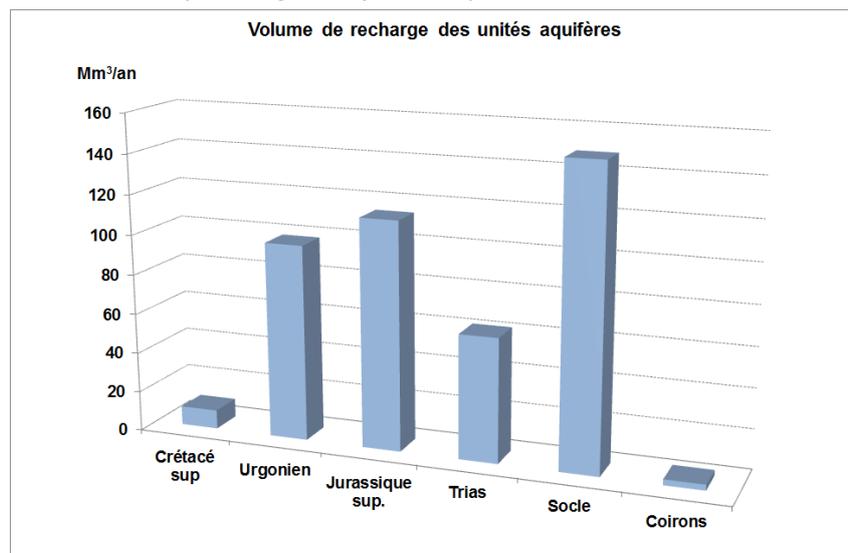


Les systèmes karstiques situés en partie médiane du bassin versant bénéficient ainsi de forts cumuls de pluie (> 1 000 mm/an) et de températures plus clémentes qui assurent une recharge moyenne annuelle relativement forte des aquifères (entre 500 et 600 mm/an en moyenne). Les aquifères de socle, et le système volcanique des Coirons, bien que profitant de pluies exceptionnelles, présentent des états de surface moins favorable à l'infiltration, ce qui se traduit par une recharge unitaire plus faible. Le secteur rhodanien, de par l'effet conjugué de fortes températures et de pluies plus modestes, est caractérisé pour une recharge plus faible (entre 100 et 200 mm/an en moyenne).

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.



Figure 55 : Volumes de recharge moyenne interannuelle par infiltration des eaux de pluie estimée à partir des données SAFRAN pour les grands systèmes aquifères du bassin versant de l'Ardèche.



De nouveau, on peut observer de fortes disparités. En conjuguant leur relativement faible superficie et leur recharge annuelle modeste, les aquifères du système volcanique des Coirons et ceux des séries aquifères du Crétacé supérieur dans le val rhodanien apparaissent comme des aquifères de faible recharge ($< 10 \text{ Mm}^3/\text{an}$).

Le bassin versant présente quatre masses d'eau souterraine majeures en termes de recharge annuelle :

- Les systèmes karstiques urgoniens qui cumulent des impluviums d'environ 200 km^2 dans le bassin versant, ce qui assure une recharge globale de l'ordre de $100 \text{ Mm}^3/\text{an}$.
- Les systèmes karstiques jurassiques qui présentent en cumulé environ 190 km^2 d'impluviums bénéficient de précipitations un peu plus fortes que sur les plateaux urgoniens, ce qui leur assure à eux aussi une recharge globale d'environ $100 \text{ Mm}^3/\text{an}$.
- Les aquifères de socle, qui bien que caractérisés par une recharge unitaire plus faible (seulement 120 mm/an) représentent un volume de recharge estimé à environ $150 \text{ Mm}^3/\text{an}$. Attention, cette recharge très forte en volume s'explique par la grande superficie des roches de socle dans le bassin versant (environ $1\,200 \text{ km}^2$) ; cela implique une distribution de cette recharge dans une multitude de petites nappes très dispersées. Ce volume peut paraître important : il représente un débit fictif continu d'environ $5 \text{ m}^3/\text{s}$ mais il faut garder en tête que seulement une partie de ce flux est réellement consacré au soutien du débit d'étiage des cours d'eau en période estivale. Notons que l'on peut approcher ce soutien d'étiage par les volumes d'alimentation amont des grands barrages qui servent à ce soutien sur le Chassezac et sur l'Ardèche (barrage de Malarce et de Veyrières ; données EDF). Ramené à la superficie des bassins versants qui les alimentent, on peut ainsi estimer un débit spécifique en période estivale pour les étiages marqués qui varient entre 1 et 2 l/s par km^2 . Cela induit un soutien d'étiage global pour les roches de socle compris entre $1,2$ et $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ en période estivale, ce qui atteste du potentiel cumulé de ces aquifères.
- Les formations aquifères du Trias bénéficient du régime de pluie cévenol et d'un impluvium de dimension significative (environ 170 km^2). La recharge moyenne est ainsi estimée à environ $60 \text{ Mm}^3/\text{an}$. C'est une valeur optimiste ; dans le calcul des impluviums, nous avons considéré l'intégralité du Trias comme aquifère, or, une partie seulement de cette formation hétérogène est composée de roches peu perméables (argiles et gypse). En effet, il faut rappeler que les formations du Trias sont constituées de trois aquifères distincts "empilés", séparées par des séries moins perméables ; tous les aquifères n'affleurent pas et certains sont captifs.



Cette approche permet ainsi d'identifier et de hiérarchiser à l'échelle du bassin versant, 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 bassin versant de l'Ardèche qui bénéficie à ce jour de cumuls pluviométriques forts sur les contreforts cévenols et d'aquifères karstiques avec des impluviums très étendus (environ 200 km² pour les systèmes karstiques majeurs du Jurassique et de l'Urgonien).

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 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.

Une recharge abondante ne signifie pas nécessairement des possibilités de prélèvements importantes.

En effet 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 (+ 100 m/h) et des mises en charge spectaculaires, comme l'illustre la Figure 56. 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 infiltrée durant la période pluvieuse a quitté ces réservoirs karstiques lorsque débute l'étiage**. L'inertie du karst, qui conditionne sa capacité à restituer un volume d'eau en période estivale, dépend de plusieurs facteurs : degré de karstification, taille du réservoir, dolomitisation, degré de fracturation.

Une approche de l'inertie des grands systèmes karstiques urgoniens et jurassiques est présentée plus avant dans le rapport.

De plus, ces ordres de grandeur des moyennes interannuelles de volume de recharge doivent être considérés 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 un facteur 1 à 5**. La Figure 57 illustre cette variabilité. On observe par exemple pour les systèmes karstiques jurassiques une recharge de l'ordre de 50 Mm³/an pour les années de faible recharge (1985, 1991), avec un minima d'environ 30 Mm³/an en 2007. Les années humides se traduisent par des recharges théoriques beaucoup plus fortes qui peuvent atteindre, voire dépasser, les 200 Mm³/an.



3. QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES HYDRO-ÉCOSYSTÈMES DU BASSIN-VERSANT ?

Figure 56 : Fonctionnement hydrogéologique du système karstique drainé par la Fontaine de Sauve (d'après Legay, 2013)

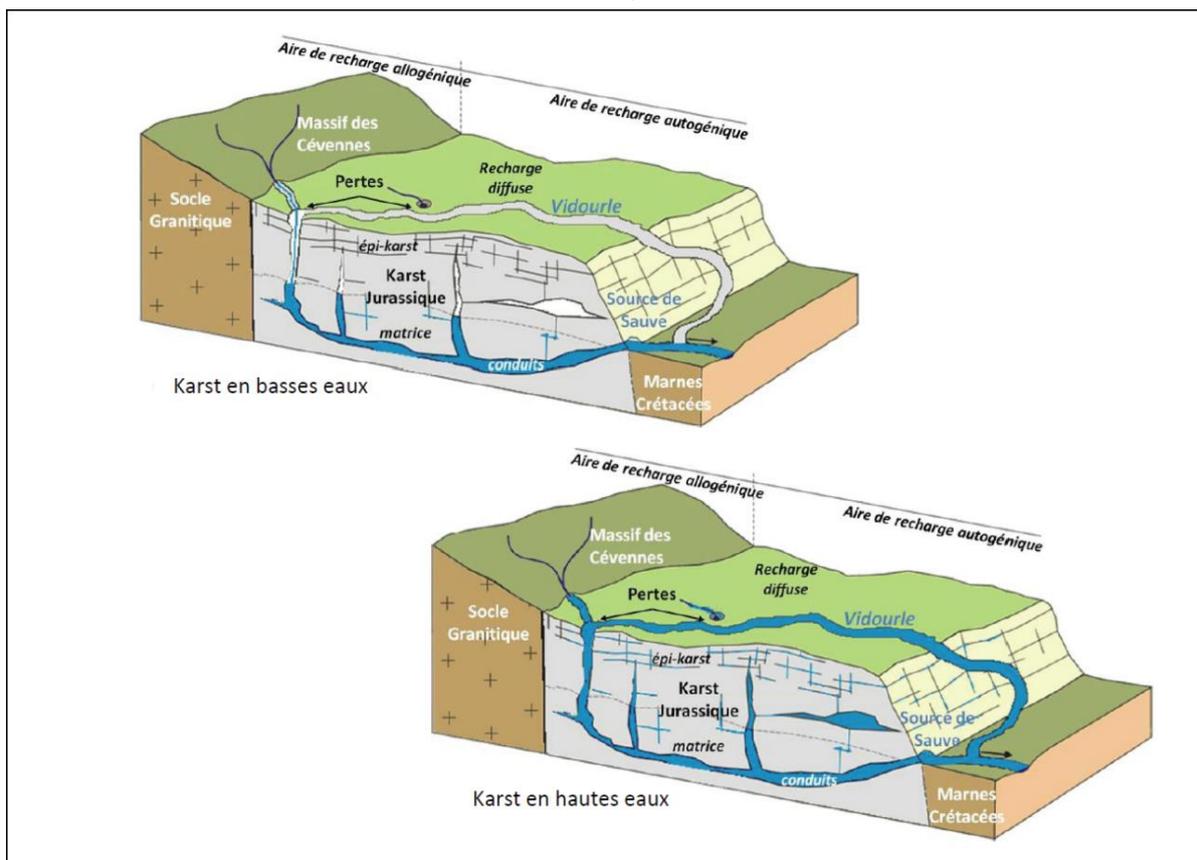
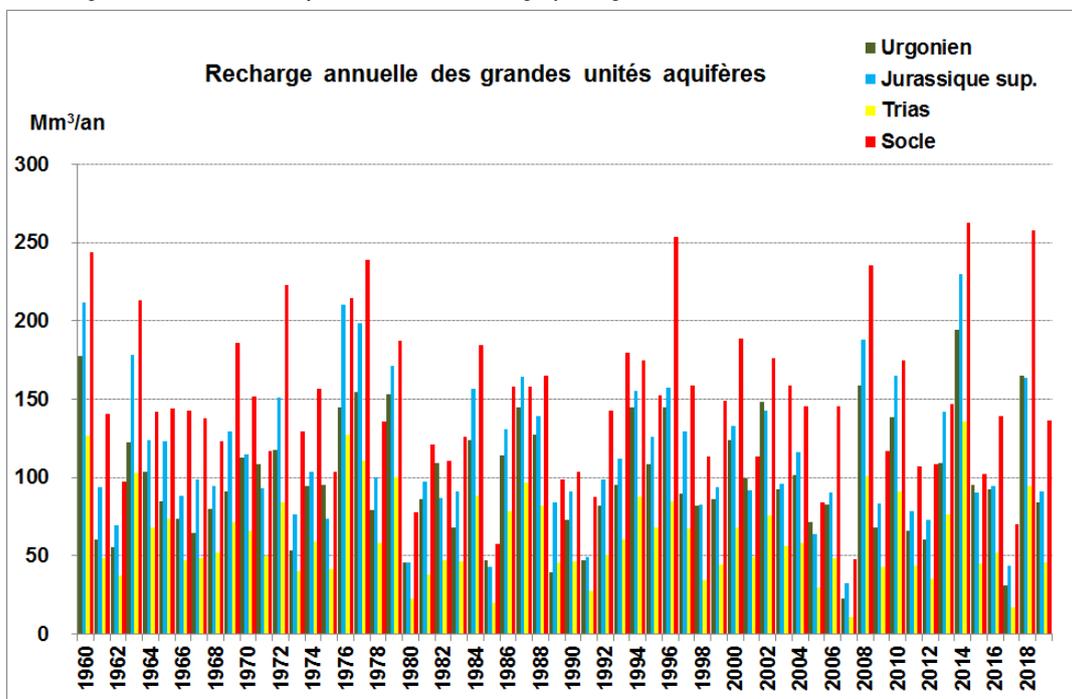


Figure 57 : Volume moyen annuel de recharge pour grandes masses d'eau du bassin versant.





QUANTIFICATION DES 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 synthèse, les lacunes de métrologie et de connaissance sont trop nombreuses pour obtenir des estimations fiables pour les nombreuses zones de pertes qui affectent les cours d'eau temporaires ou permanents.

Des estimations sont proposées dans la littérature scientifique et technique sur deux zones :

- Pour le Chassezac au droit de la zone de pertes majeure de Berrias qui contribue à la recharge d'un des systèmes karstiques du Jurassique supérieur ; ces pertes sont en connexion directe avec la zone de restitution majeure de St Alban-sous-Sampzon. Pour cette zone de pertes, les nombreuses études hydrogéologiques (rapports DIREN) permettent de proposer un volume moyen annuel de recharge de l'ordre de 40 Mm³/an (pertes hors étiage estimées à 1,5 m³/s).
- Pertes supposées de la Baume et de l'Auzon au bénéfice de l'aquifère du Jurassique supérieur (alimentation du système karstique qui alimente les sources du Pontet). Les pertes de l'Auzon sont estimées à 300-350 l/s hors période d'étiage (EAUCEA, 2011).

Les autres systèmes de pertes sont connus mais ils n'ont jamais fait l'objet d'approches adaptées pour quantifier les flux de recharge sur un cycle hydrologique.

Citons pour les cours d'eau permanents présentant des débits significatifs :

- Pertes mentionnées dans la littérature scientifique et technique dans le secteur de St Laurent sous Coiron, avec de nombreux ruisseaux alimentés par des sources provenant des roches volcaniques et se perdant dans le karst jurassique (alimentation du système karstique qui alimente les sources du Pontet).
- Pertes de l'Ibie au bénéfice de l'aquifère urgonien (alimentation du système karstique qui alimente la zone de résurgence de Vallon Pont d'Arc).
- Pertes du Rimouren au bénéfice de l'aquifère urgonien (alimentation du système karstique qui alimente la source de la Tourne).

Rappelons de plus que de nombreux cours d'eau temporaires ou de faibles débits, participent eux aussi potentiellement à la recharge des aquifères karstiques urgoniens et jurassiques ; ces phénomènes existent aussi pour les aquifères du Trias mais ils seraient plus rares et a priori plus négligeables dans une approche quantitative. Ces phénomènes ne sont pas ou peu décrits dans la littérature scientifique et technique.

3.2.2.3 Un soutien d'étiage conséquent mais diminuant à mesure que l'étiage se prolonge

UNE RESTITUTION DES SYSTEMES AQUIFERES AU BENEFICE DES COURS D'EAU DU BASSIN VERSANT

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

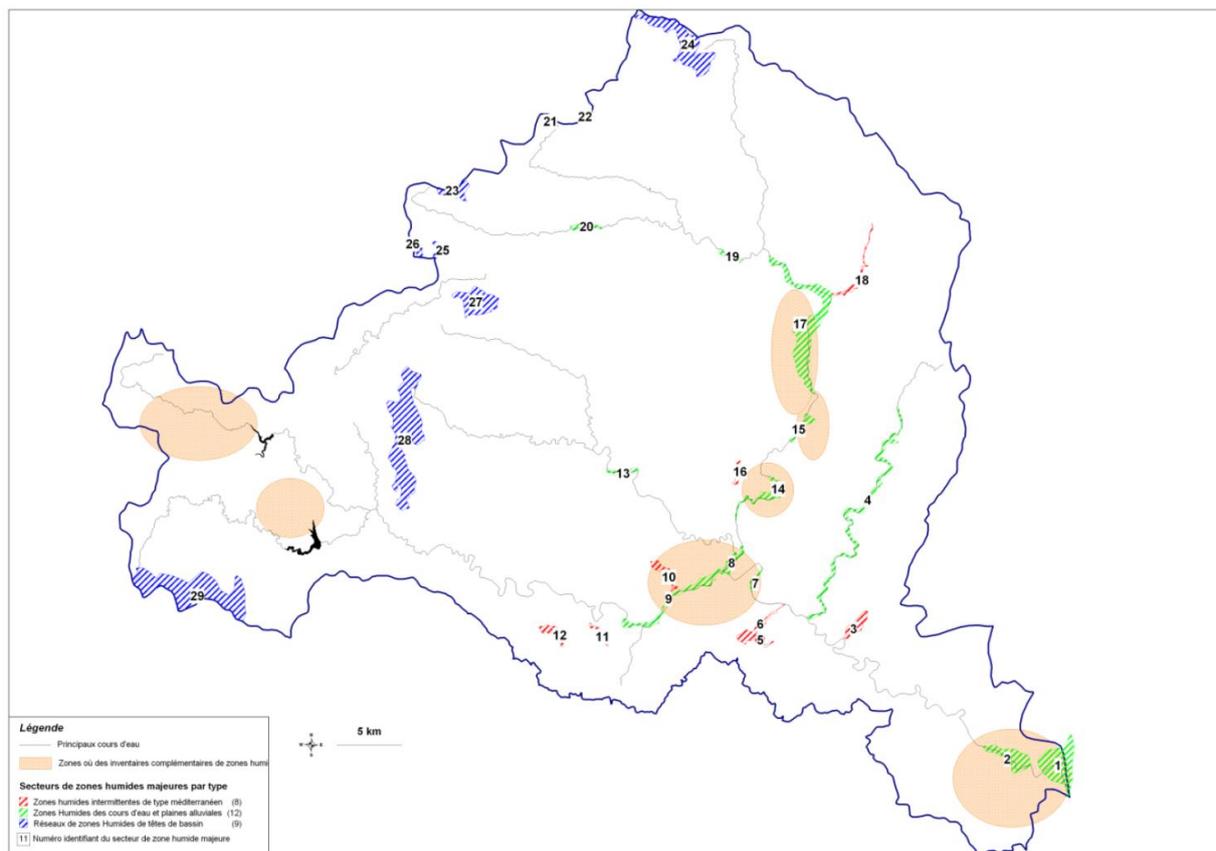
- Alimentation directe (sources) ou indirecte (venues sous-alluviales) d'un cours d'eau et de son appareil alluvial,
- Alimentation de zones humides,
- Alimentation d'un autre système aquifère,

Le tableau ci-dessous propose une identification des principales modalités d'exutoire des grandes masses d'eau du bassin versant.



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. Les zones humides à proprement parler sont rares ; les espaces protégés par NATURA2000 correspondent majoritairement à des habitats de gorges ou de plateaux calcaires. Les liens avec les eaux souterraines ne sont donc pas évidents.

Figure 58 : Carte des zones humides du bassin versant de l'Ardèche (document SAGE)



Par contre, le SAGE fait apparaître une cartographie des zones humides dites de plaines alluviales qui correspond systématiquement aux secteurs de restitution des grands systèmes karstiques jurassiques et urgoniens. **Cette correspondance est remarquable et semble indiquer une relation importante entre qualité des zones humides et suralimémentation de l'appareil alluvial par des eaux karstiques ; cette relation mériterait d'être étudiée par des études adaptées.**

A noter que des relations sont aussi possibles avec les zones humides de tête de bassin (notamment tourbières) ainsi que les zones humides intermittentes méditerranéennes (en lien avec mise en charge/trop plein des systèmes aquifères karstiques (Louyre, tiourre, bourbouillet, gournier...)). Ces relations mériteraient aussi d'être étudiées par des approches adaptées.

On peut constater que les cours d'eau et leur appareil alluvial constituent les principaux exutoires des grandes masses d'eau souterraine du bassin versant.

En période estivale, dans les systèmes hydrologiques peu influencés, les débits d'étiage des cours d'eau s'expliquent ainsi à 90% par des contributions des eaux souterraines. En effet, il est important de rappeler que pour un cours d'eau comme l'Ardèche de 125 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.



Tableau 9 : Principales modalités d'exutoire des masses d'eau souterraine.

CODE	Masses d'eau	Nature aquifère	Unités aquifères	Modalités exutoires		
				Principales sources permanentes	Alimentation cours d'eau	ZH
FRDG607	Socle cévenol BV de l'Ardèche et de la Cèze	Fissurés	Sous bassin Borne et Chassezac	Nombreuses sources avec de faibles débits à l'étiage	Sources mineures qui contribuent au débit d'étiage de la Borne et du Chassezac	Vallées de la Beaume et de la Drobie (FR8202007) et Plateau de Montselgues (FR8201660)
			Sous bassin Beaume et Ligne		Sources mineures qui contribuent au débit d'étiage de la Beaume et de la Ligne	
			Sous bassin de l'Ardèche		Sources mineures qui contribuent au débit d'étiage de l'Auzon	
FRDG245	Grès Trias ardéchois	Poreux	L'unité Vesseaux	Nombreuses sources caractérisées par de faibles débits d'étiage (< 1 l/s) dans les aquifères gréseux ; le soutien d'étiage serait de 0,5 l/s. Deux exceptions : (1) quelques sources avec 1 à 5 l/s à l'étiage dans l'unité Rosières et (2) Sources karstiques de la Perruquette et de la Sigalière à Largentièrre (Trias moyen ; 15 et 20 l/s à l'étiage)	Cours d'eau secondaire (Sandron, Luol).	Vallées de la Beaume et de la Drobie (FR8202007)
			L'unité Ailhon		Cours d'eau secondaire (Auzon, Valcroze, Mercouar).	
			L'unité Largentièrre		Cours d'eau secondaire : la Ligne. A l'époque de l'exploitation des mines, il fallait exhaurer environ 70 l/s pour travailler au sec	
			L'unité Rosières		Nombreux cours d'eau secondaires qui alimentent le Chassezac (Chambon, Sure, Embrussiers, Suel, Blajoux,...)	
			L'unité Lablachère		Nombreux cours d'eau : Chassezac et Beaume.	
FRDG118	Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes	Karsts locaux	L'unité Nord Vogüé	Event du Pontet (Q. moy = 130 l/s ; Q. min : 40 l/s)	Ardèche - Faibles venues sous alluviales	Moyenne vallée de l'Ardèche et ses affluents, pelouses du plateau des Gras (FR8201657) et Bois de Patolive et Basse Vallée du Chassezac (FR8201656)
			L'unité Sud-Vogüé	Lanas, Aulagners	Ardèche - Fortes venues sous alluviales	
			L'unité St Alban-Auriolles	Champrousset/ruissseau des Fontaines - Débit d'étiage de l'ordre de 500 l/s	Chassezac - Venues sous alluviales estimées à 70 l/s minimum entre Chandolas et la confluence avec l'Ardèche / La Beaume dans sa partie aval	
			L'unité Sud Chassezac	Dragonièrre de Banne,	Granzon	
FRDG532	Formations sédimentaires variées de la bordure cévenole (Ardèche, Gard)	Peu perméables	Sans enjeu à l'échelle du BV	Masse d'eau peu aquifère		
FRDG161	Calcaires urgoniens des garrigues du Gard et du Bas-Vivarais dans le BV de l'Ardèche (unités karstiques urgoniennes)	Karst local	L'unité Vallée de l'ibie	Font Garou (10 l/s à l'étiage) et Source du moulin (2 l/s à l'étiage), source du Torrent (2 l/s à l'étiage) pour les compartiments Nord	Ardèche en aval de Vallon Pont d'Arc, pour les compartiments Sud	Basse Ardèche urgonienne (FR8201654) et Basse Ardèche (FR8210114)
			L'unité Gras-Laoul (pour partie sur le BV)	Sources de Tourne (20 à 30 l/s à l'étiage)		
			Les unités Rive Gauche et Rive droite de l'Ardèche	Nombreuses sources aréiennes ou immergées dans les gorges de l'Ardèche	Ardèche	
			L'unité Montagne de la Serre	Régourdret (0,5 l/s à l'étiage) et Font Vive (4 l/s à l'étiage)		
FRDG518	Formations variées côtes du Rhône rive gardoise	Poreux	Unités de faible dimension et de peu de superficie. Sans enjeu à l'échelle du Bassin versant	Non étudiées dans le cadre de cette étude		
FRDG700	Formations volcaniques du plateau des Coirons	Fissurés	Versant ardéchois	Plusieurs dizaines de sources caractérisées par de très faible débit d'étiage	Sources mineures qui contribuent au débit d'étiage de l'Ardèche	
FRDG531	Argiles bleues du Pliocène inférieur de la vallée du Rhône	Peu perméables	Sans enjeu à l'échelle du BV	Masse d'eau peu aquifère		
FRDG382	Alluvions du Rhône du défilé de Donzère au confluent de la Durance et alluvions de la basse	Alluvions	Les alluvions de l'Ardèche	Non étudiées dans le cadre de cette étude		



UN AVANT-PAYS AVEC UN SOUTIEN D'ÉTIAGE SIGNIFICATIF

En tête de bassin versant, on observe trois types de formations rocheuses capables d'apporter un soutien d'étiage significatif au cours d'eau : les roches de socle des Cévennes et les roches volcaniques des Coirons, ainsi que les aquifères gréseux triasiques.

- Les roches de socle en piémont des Cévennes correspondent à des aquifères fissurés ; il s'agit de ressources en eau souterraine, locales et dispersées, qui donnent lieu à une multitude de petites sources. Avec un module spécifique compris entre 1 et 2 l/s/km², le soutien d'étiage en tête de bassin versant par les aquifères fissurés peut être jugé très important en période estivale : de 1,2 à 2,4 m³/s qui se distribuent entre Chassezac, Ardèche mais aussi Ligne et Beaume (environ 25% des apports pour ces deux derniers cours d'eau). Il correspondrait ainsi à 25 à 50% du débit fictif moyen annuel de restitution de ces aquifères (environ 4,8 m³/s). C'est une proportion non négligeable qui s'expliquerait par le caractère relativement inertiel de ce type d'aquifère.
- Les roches volcaniques des Coirons. Selon la BD LISA du BRGM, le débit moyen disponible sur la totalité du massif a été évalué à 300 l/s (sources infra-basaltiques 45,5 l/s ; sous-basaltiques 111,4 l/s et inter-basaltiques 135 l/s), avec un soutien d'étiage de l'ordre de 1,5 l/s/km². Ramené au seul versant ardéchois (40 km²), ce soutien d'étiage serait ainsi de l'ordre de 60 l/s. Il correspondrait ainsi à environ 60% du débit fictif moyen annuel de restitution de ces aquifères (environ 100 l/s). Comme pour les aquifères de socle, c'est une proportion non négligeable qui pourrait s'expliquer par le caractère relativement inertiel de ce type d'aquifère.
- Les aquifères gréseux triasiques. Caractérisés comme des aquifères poreux de faible perméabilité, ils présentent une certaine inertie qui leur donne un pouvoir de soutien d'étiage non négligeable. Les études du SRAE (1980) avaient permis d'estimer ce soutien d'étiage à environ 0,5 l/s/km² pour les impluviums triasiques. Avec une superficie cumulée d'environ 200 km², cela représenterait un soutien d'étiage de l'ordre de 100 l/s distribué entre l'Ardèche, la Ligne, La Beaume et le Chassezac. Il faut y ajouter quelques sources karstiques du Trias moyen carbonaté, susceptible elles aussi d'apporter entre 50 et 100 l/s à la Ligne.

On retiendra donc un soutien d'étiage important en tête de bassin versant par trois masses d'eau souterraines (roches de socle, volcans de Coirons et aquifères gréseux du Trias) qui en cumulé apportent en moyenne entre 1,5 et 2,5 m³/s aux cours d'eau.

C'est une valeur indicative à considérer avec prudence : elle est peu précise et il faut garder en tête que le soutien d'étiage diminue au cours de l'étiage. On peut donc proposer qu'en début d'étiage, le cumul soit proche de 2,5 m³/s pour diminuer à 1,5 m³/s pour les étiages prolongés, voire en deçà pour les étiages sévères.

UN SOUTIEN D'ÉTIAGE PAR LES SYSTEMES KARSTIQUES LIMITES

Il n'existe pas de chroniques longues de suivi des débits des sources que ce soit pour les systèmes karstiques jurassiques ou urgoniens. De plus, les exutoires sont multiples et dispersés. Les dynamiques de restitution des grands systèmes karstiques aux cours d'eau ont donc été analysées via une approche indirecte et globale à partir des données de débit des cours d'eau :

- La différence entre le cumul des stations de Chambonas (Chassezac) et Ucel (Ardèche) et celle de vallon Pont d'Arc, est partiellement représentative des échanges entre systèmes karstiques jurassiques et Ardèche.
- La différence entre débits mesurés de l'Ardèche à Vallon Pont d'Arc et débits mesurés à St Martin d'Ardèche, peut être jugée comme représentative des échanges entre systèmes karstiques urgoniens et Ardèche.

Les relations hydrauliques entre Jurassique supérieur et l'Ardèche

Il est difficile de statuer de façon précise sur les dynamiques d'échange entre les systèmes karstiques jurassiques et l'Ardèche et ses affluents :

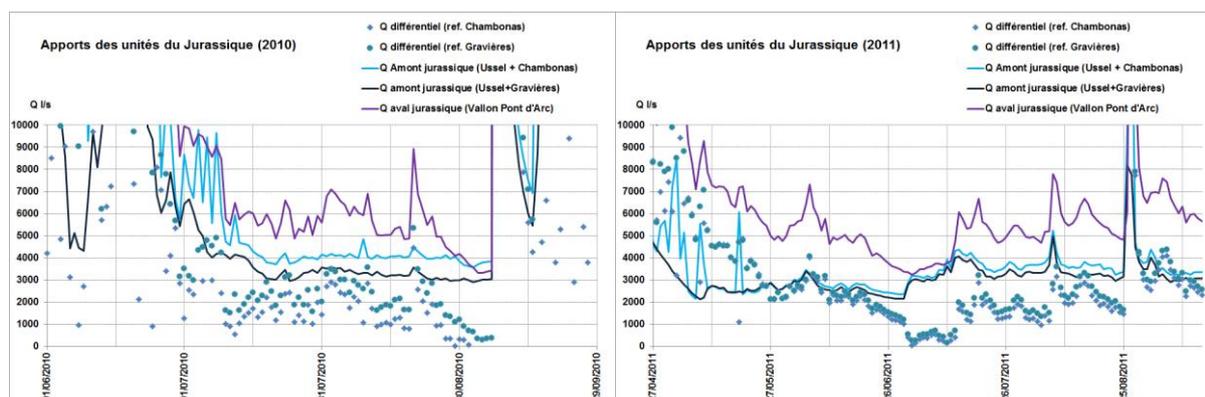


- Les stations hydrométriques sur le Chassezac en amont des systèmes jurassiques (Chambonas et Gravières) ne présentent pas exactement les mêmes valeurs de débit à l'étiage ; la station de Berrias a une série de mesures trop courte pour pouvoir être exploitée. Avant 2010, la station d'Ucel ne présente pas de mesures de débit à l'étiage. Les données de débit « amont » peuvent être jugées comme incertaines et incomplètes.
- Les apports du versant en amont de systèmes jurassiques ne sont pas tous comptabilisés. La Beaume et la Ligne drainent un bassin versant d'environ 300 km², composé de roches de socle et des séries aquifères du Trias, qui échappe à la mesure ; en considérant un module spécifique compris entre 1 et 2 l/s, c'est un apport de 300 à 600 l/s au système Ardèche qui doit être considéré. EAUCEA (2007) avait estimé le QMNA5 de la Beaume et de la Ligne à respectivement 440 et 18 l/s. Il en est de même pour le massif du Sampzon qui apporte à l'aval entre 50 et 100 l/s à la station de Vallon Pont d'Arc. Il faut ajouter comme autre source d'alimentation indirecte, les séries volcaniques du Coiron qui pourraient alimenter les systèmes karstiques jurassiques de façon masquée (Q < 100 l/s).
- Les distances entre stations amont et la station aval de Vallon Pont d'Arc est très importante et les influences potentielles sont nombreuses entre les stations amont et la station aval.

Avec toutes les réserves énoncées ci-dessus, les graphes ci-dessous illustrent une première approche des échanges hydrauliques entre les systèmes karstiques jurassiques et l'Ardèche. Ils couvrent la période de mesures exploitables, de 2010 à 2019.

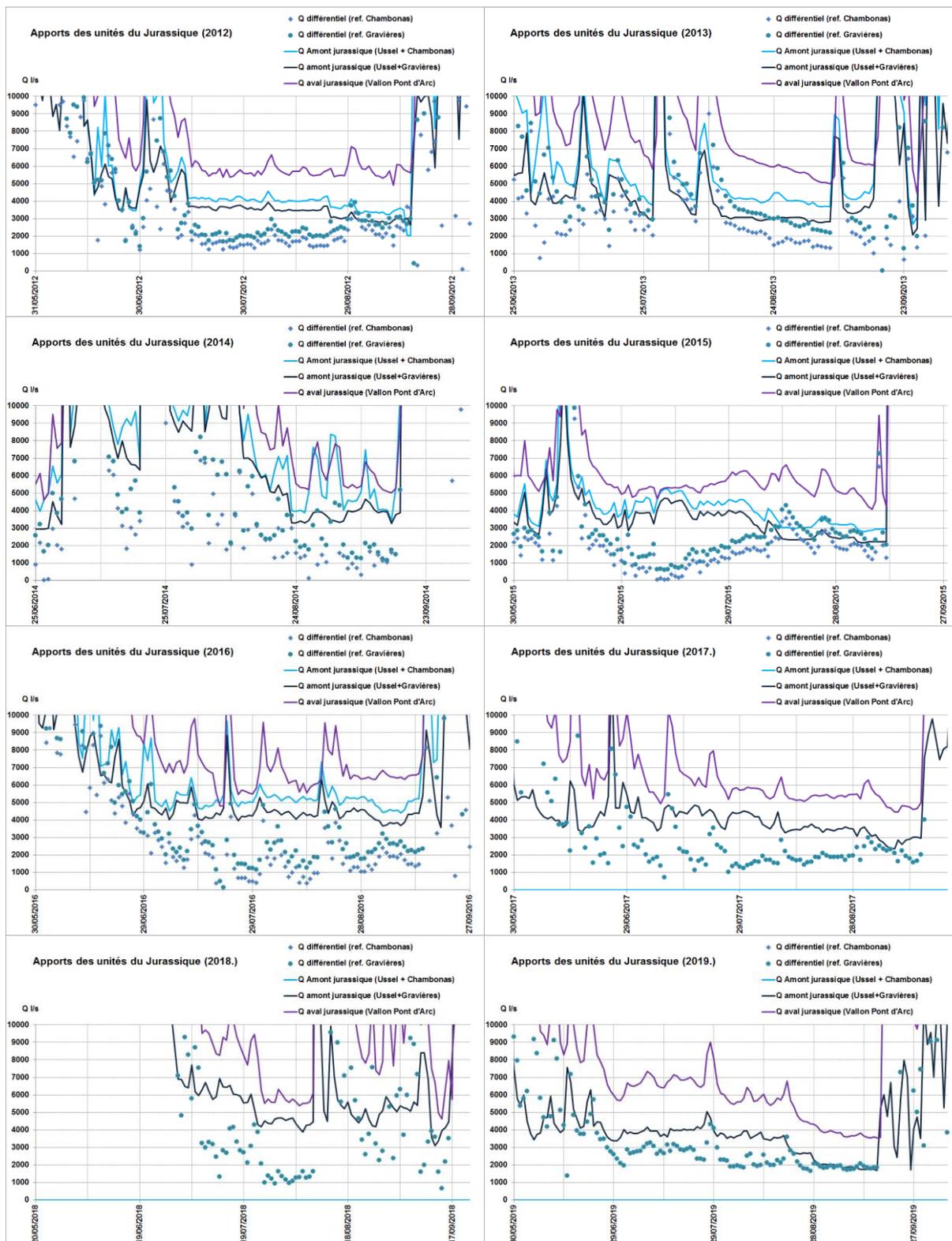
Globalement, on observe des gains entre les stations amont et la station aval de 1 à 2 m³/s sur des périodes relativement longues durant les périodes estivales (de 8 à 12 semaines). Rappelons qu'une partie de ce gain peut provenir d'autres unités aquifères du bassin versant et que cette estimation est imprécise ; malgré ces réserves, on peut juger ce gain significatif, probablement de l'ordre de 1 m³/s avec une capacité de restitution très étalée dans le temps.

Au vu de ces premiers résultats, il serait intéressant de mieux caractériser et de valider ce soutien d'étiage par des mesures spécifiques dédiées (jaugeages sériés durant un ou plusieurs cycles hydrologiques).





3. QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES HYDRO-ÉCOSYSTÈMES DU BASSIN-VERSANT ?





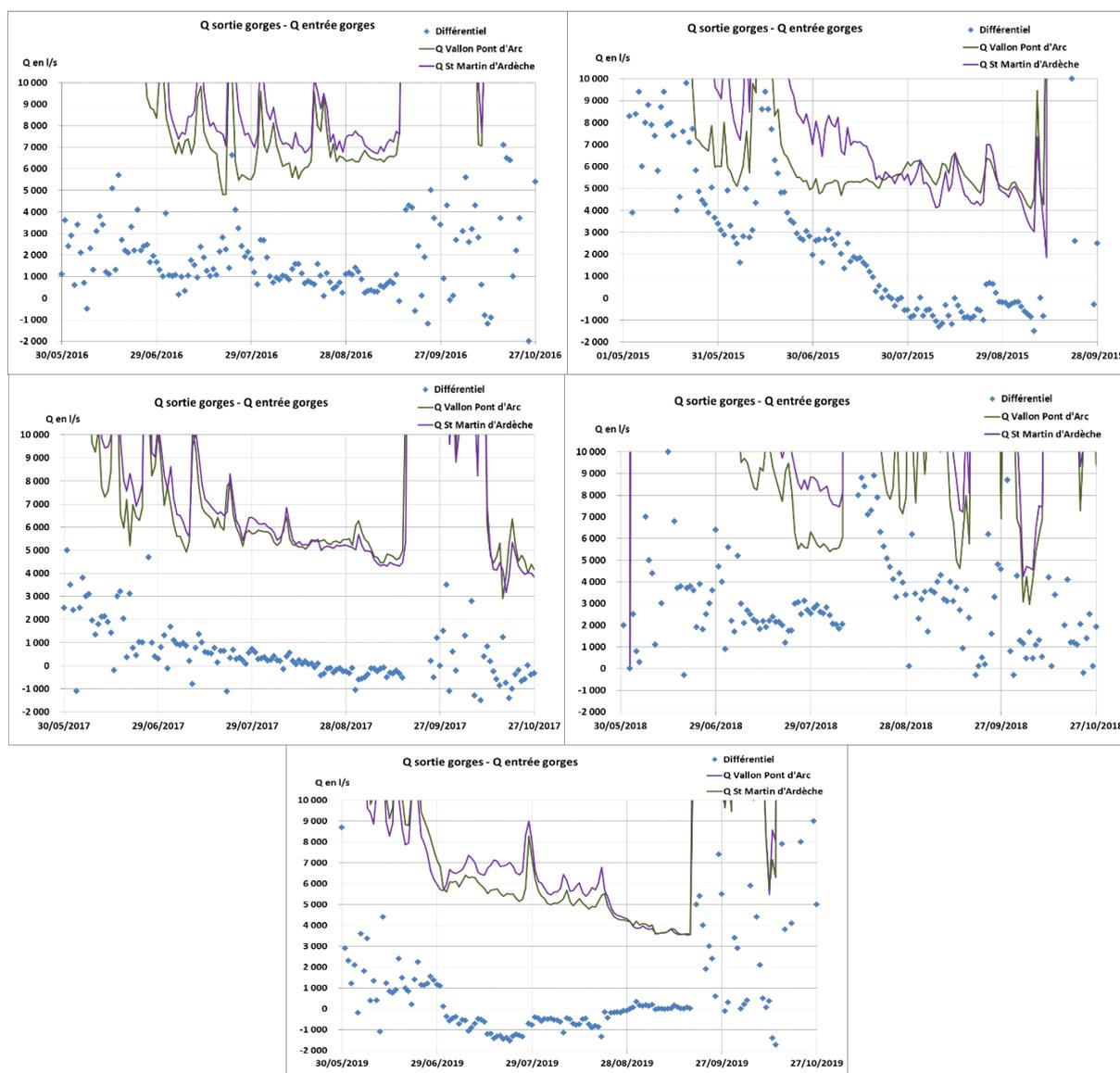
Les relations hydrauliques entre Urganien et Ardèche

Les dynamiques d'échanges entre le karst urgonien et l'Ardèche peuvent être approchées par la différence entre débits mesurés à Vallon Pont d'Arc et débits mesurés à St Martin d'Ardèche :

- Les deux stations sont idéalement positionnées en entrée et en sortie des gorges,
- Elles sont réputées précises à l'étiage,
- Les influences (prélèvements et rejets) peuvent être supposées faibles sur ce tronçon de l'Ardèche.

Les graphes ci-dessous illustrent les échanges hydrauliques entre les systèmes karstiques urgoniens et l'Ardèche. **De nouveau, on observe un gain en début de période d'étiage pour l'Ardèche qui est de l'ordre de 2 à 5 m³/s en moyennes eaux et qui va diminuer progressivement jusqu'à devenir nul au bout de 6 à 8 semaines.**

Au-delà, pour des étiages sévères et prolongés, les données de débit montrent des pertes de l'Ardèche au bénéfice du système aquifère. C'est un résultat surprenant, à confirmer par des mesures spécifiques adaptées ; un tel fonctionnement impliquerait l'existence de flux souterrain profond vers un autre système aquifère situé plus bas que le lit de l'Ardèche au passage des gorges.



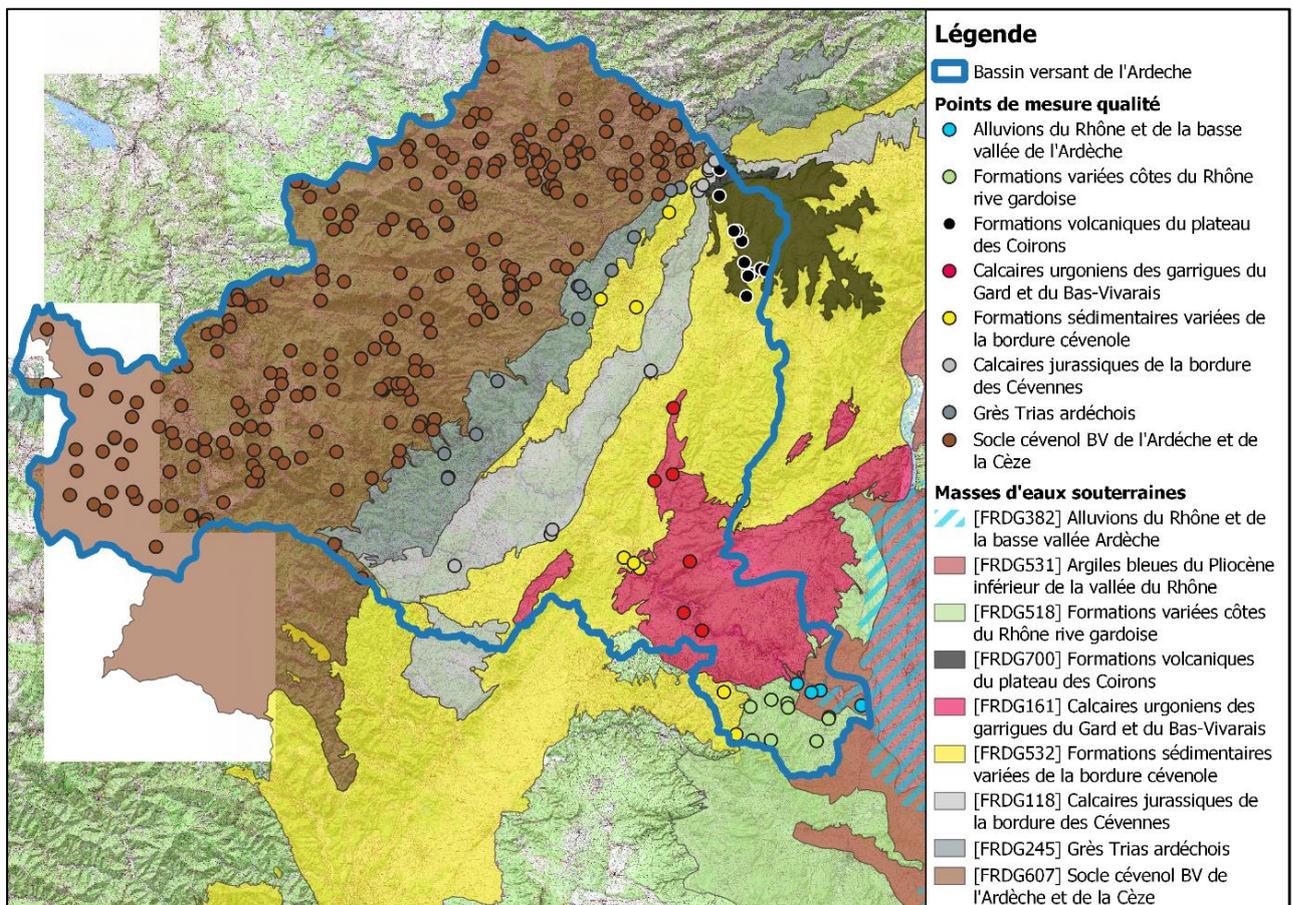


3.2.2.4 Des eaux souterraines de bonne qualité

Pour approcher la qualité des eaux souterraines, nous avons exploité la base de données « Qualité de l'eau » ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) de 1996 à 2020 pour l'Ardèche (07), le Gard (30) et la Lozère (48). Davantage d'informations sur la méthodologie employée sont présentées en Annexe 1.

Dans le périmètre du bassin versant de l'Ardèche, les données récoltées permettent de recenser 313 points de mesures de la qualité des eaux. Ces points de mesures correspondent principalement à des points de prélèvements AEP actifs, mais aussi certains ouvrages AEP dont l'exploitation a été abandonnée ou des sources non exploitées.

Figure 59 : Points de mesure de la qualité des eaux souterraines dans le bassin versant de l'Ardèche (ADES).



Globalement, cette recherche a mis en évidence des pollutions temporaires et localisées ; les pressions sur les eaux souterraines sont rares et la qualité de ces eaux peut être qualifiée de bonne.

Cet avis général mérite d'être nuancé. En tête de bassin versant, dans les roches de socles, les pressions sont rares mais on observe ponctuellement des contaminations bactériennes. Dans les parties captives des formations aquifères du Trias, on peut mesurer localement une forte minéralisation. Et pour les systèmes karstiques jurassiques et urgoniens, les principaux problèmes concernent des pics de turbidité en période orageuse, ainsi que des contaminations bactériennes fréquentes (forte vulnérabilité et transfert rapide des pollutions).



3.2.2.5 Des ressources à préserver d'une pression trop forte des prélèvements

DES PRELEVEMENTS SOUTERRAINS RELATIVEMENT MODESTES

D'après les données redevances de l'Agence de l'eau pour les années récentes, les prélèvements effectués sur les eaux souterraines du bassin versant sont essentiellement à destination de l'alimentation en eau potable. Au cours des dernières années, ces prélèvements représentent entre 6 et 7 Mm³/an tous aquifères confondus (somme des prélèvements sur les nappes et les sources).

A titre de comparaison, sur le bassin versant voisin de la Cèze pourtant de superficie plus réduite, le volume total des prélèvements AEP est de l'ordre de 11 à 12 millions de m³ par an sur la période 2010-2018.

Les prélèvements dans les eaux souterraines pour l'usage industriel sont anecdotiques dans le bassin versant (< 200 000 m³/an). Sous réserve de prélèvements non déclarés, les prélèvements d'eau souterraine pour l'usage agricole sont aussi très faibles (entre 200 et 300 000 m³/an).

A noter que l'ERS (2016) évalue le nombre de forages sur les grès du Trias à plus de 300, dont seulement une quarantaine sont déclarés. On assiste ces dernières années à une augmentation du nombre de demande de forages sur cet aquifère, notamment pour les besoins de l'irrigation de la vigne.

Davantage d'informations sur la localisation et les caractéristiques des prélèvements dans les eaux souterraines sont présentés en Annexe 1. Le fonctionnement et l'organisation de l'alimentation en eau potable sur le bassin est par ailleurs décrite au paragraphe 4.2.1.

DES DEBITS OBJECTIFS AMBITIEUX, MAIS DES RESSOURCES PEU CONCERNEES PAR LES LIMITATIONS DE PRELEVEMENT EN VIGUEUR SUR LE BASSIN

Le classement en ZRE sur le bassin 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 dit profond) ne sont pas concernés par la ZRE.

Cependant, soulignons que tout prélèvement dans les eaux souterraines¹⁶ est susceptible d'impacter la contribution des nappes au soutien d'étiage. Cet impact potentiel est d'autant plus fort que l'inertie du comportement de ces nappes est faible.

Compte tenu de leur ambition (voir paragraphe 3.1.1) **l'atteinte des objectifs fixés dans le SAGE et le PGRE sur les ressources superficielles, implique une contrainte forte sur tout prélèvement dans les hydro systèmes, dont les eaux souterraines, qui contribuent fortement au soutien d'étiage des cours d'eau.**

3.2.2.6 Synthèse et conclusions sur les enjeux de gestion des eaux souterraines

BILAN SUR LES ENJEUX DE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Les enjeux de gestion des eaux souterraines sont importants et ce principalement pour deux raisons :

- Les prélèvements dans les eaux souterraines sont essentiels pour l'alimentation en eau potable ; ils représentent en cumulé entre 6 et 7 Mm³/an.

¹⁶ On entend par « tout prélèvements » l'ensemble des prélèvements dans les différentes ressources souterraines étudiées dans le cadre de ce rapport, y compris ceux dans les aquifères karstiques, les roches de socle, les grès du Trias, et non seulement ceux dans les nappes d'accompagnement des cours d'eau.



- La contribution des eaux souterraines aux cours d'eau en période d'étiage est importante ; avec un débit objectif de 6 m³/s et des apports par les grands ouvrages de régulation de l'ordre de 3 m³/s, le soutien au débit d'étiage par les eaux souterraines représentent 50% de cet objectif. En pratique, ce soutien évolue en diminuant dans le temps ; en schématisant et en simplifiant, il est très fort le premier mois après les dernières pluies significatives puis diminue rapidement le deuxième mois pour atteindre, tout aquifère confondu, une valeur cumulée de l'ordre de 1,5 à 2 m³/s. Le tableau ci-dessous propose une approche grossière et approximative de la contribution supposée des grandes unités aquifères en ordre de grandeur :

Tableau 10 : Ordres de grandeur de la contribution des différents aquifères au soutien d'étiage

	SOCLE ET TRIAS	SYSTEMES KARSTIQUES JURASSIQUES	AQUIFERES URGONIENS	CUMUL
1^{ER} MOIS APRES DERNIERES PLUIES	X à 2,5 m ³ /s	X à 2 m ³ /s	X à 2 m ³ /s	> 6 m ³ /s
2^{EME} MOIS APRES DERNIERES PLUIES	2,5 à 1,5 m ³ /s	2 à 1m ³ /s	2 à 0 m ³ /s	6 à 2 m ³ /s
3^{EME} MOIS APRES DERNIERES PLUIES	1,5 à 1 m ³ /s ??	1 à 0.5 m ³ /s ??	Pertes ??	2 à 1.5 m ³ /s ??

D'un point de vue qualitatif, les eaux souterraines sont de bonne qualité ; la pression sur ces ressources peut être jugée comme faible. Les grands systèmes aquifères sont classés comme des ressources stratégiques dans le SDAGE et font l'objet d'une politique de protection renforcée par le biais de zones de sauvegarde. A l'échelle du département, en 2015, environ 70% des captages était concerné par la mise en place de périmètres de protection.

D'un point de vue quantitatif, il est important de rappeler la carence de dispositifs de mesures utiles à tout politique réelle de gestion quantitative des eaux souterraines ; le suivi piézométrique est inexistant et les mesures de débit des cours d'eau sont insuffisantes pour estimer précisément les modalités d'alimentation par pertes et les dynamiques de restitution spatiales et temporelles des grandes unités aquifères.

Il en résulte des approches plus qualitatives que quantitatives du comportement hydrogéologique de ces unités ; toutes les estimations proposées dans ce rapport doivent être considérées avec prudence : elles résultent souvent d'approches indirectes qui exploitent des données partielles et imprécises.

Il est donc urgent de repenser un système de suivi quantitatif de ces hydro systèmes, notamment pour mieux caractériser les dynamiques de restitution des grandes unités aquifères aux cours d'eau. Comme cela a été dit et répété dans ce rapport, cette contribution est majeure mais mal estimée par manque de mesures adaptées.

On peut proposer plusieurs enjeux majeurs qui justifient un effort métrologique supplémentaire :

- Dépendance de certaines zones humides aux flux d'alimentation des corps alluviaux en provenance des grands systèmes karstiques. La cartographie des zones humides en zone alluviale laisse supposer des relations importantes qui ne sont ni comprises ni décrites à ce jour. Il est possible et probable que dans les zones d'exutoire des grands systèmes karstiques, les venues sous-alluviales assurent un maintien à des hauts niveaux piézométriques dans la nappe alluviale, phénomène qui assurerait alors une disponibilité en eau souterraine pour les ripisylves. Notons qu'un projet de recherche vient d'être lancé par l'Ecole des Mines de Saint Etienne pour mieux instrumenter le bassin versant et améliorer la connaissance des relations nappes-rivière, avec un zoom sur l'aquifère urgonien.



- Capacité à augmenter les prélèvements en eau souterraine sans diminuer le soutien d'étiage aux cours d'eau. Récemment, des zones de sauvegarde ont été définies notamment sur les grands systèmes karstiques ; elles ont pour objectif soit de protéger des captages existants, soit de protéger des zones d'implantation de nouveaux captages. Il sera indispensable de vérifier les impacts potentiels de tout nouveau prélèvement sur les débits d'étiage des cours d'eau ; il est à craindre que ces impacts soient forts en particulier dans les systèmes karstiques qui sont très diffusifs. A ce sujet, on peut juger le DOE à St Martin d'Ardèche comme exigeant : il est de 6 000 l/s pour un bassin versant de 2 258 km² (soit environ 2,7 l/s/km²) contre 900 l/s pour le DOE de la Cèze à la Roque-sur-Cèze pour un bassin versant de 1 060 km² (soit environ 0,8 l/s/km²) et un DOE de 1 700 l/s à Remoulins pour le Gardon avec un bassin versant de 1 850 km² (soit environ 0,9 l/s/km²). Notons que le DOE actuel de 6 000 l/s est actuellement rarement atteint en fin de période estivale. Avec un tel objectif de débit, il nous semble optimiste d'envisager de nouveaux prélèvements, dans un futur proche ou lointain, même dans les eaux souterraines en raison de leur très forte interaction avec les eaux superficielles.

Concernant une éventuelle augmentation des prélèvements en eaux souterraines, rappelons que trois masses d'eau sont classées comme stratégiques dans le SDAGE (aquifères du Trias, du Jurassique supérieur et de l'Urgonien) et que 13 zones de sauvegarde ont été identifiées lors de l'étude dite de définition des ressources stratégiques en 2016. Ce type d'étude va nécessairement conduire à court terme à des réflexions importantes sur la gestion quantitative de ces ressources en eau souterraines.

Ces réflexions peuvent aborder deux problématiques :

- La capacité à mobiliser de nouvelles ressources avec de nouveaux champs captants dans les ZSNEA (zones stratégiques non exploitées actuellement).
- La capacité à augmenter les prélèvements sur la ressource en eau souterraine dans des ZSE (zones stratégiques exploitées) où elle est déjà prélevée.

Dans les deux cas, **un des enjeux évidents de la mise en exploitation des ressources en eau souterraine au-delà des prélèvements actuels sera de ne pas affecter les débits objectifs d'étiage des cours d'eau qu'elles soutiennent en période estivale.**

Au vu de la contrainte forte identifiée en termes d'ambition pour les débits d'objectifs d'étiages des cours d'eau du bassin versant, il est possible et probable que les augmentations tolérables au vu de cet enjeu soient très limitées. Une politique basée sur une augmentation forte des prélèvements (plusieurs millions de m³ par an) nécessitera alors de trouver des solutions alternatives. Il est par exemple envisageable d'étudier l'opportunité et la faisabilité de mettre en place une gestion active de la ressource en eau.

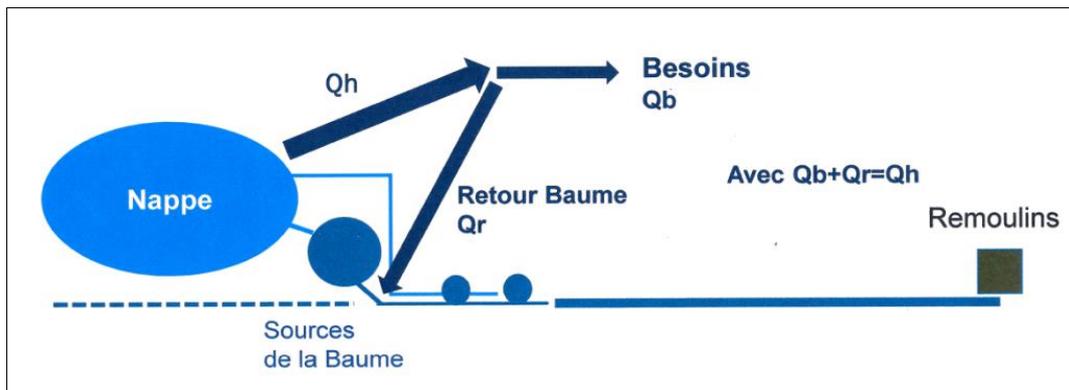
Dans certains aquifères karstiques, il est en effet possible de mettre en place une gestion dite active de l'exploitation des ressources en eau souterraine. Il s'agit alors par des forages implantés près des zones d'exutoires, voire dans l'exutoire lui-même, de prélever au-delà du débit d'étiage ; cela provoque alors l'assèchement de l'exutoire naturel de la nappe (arrêt du rôle de soutien d'étiage au niveau de l'exutoire concerné) et cette perte est alors compensée artificiellement par un retour d'une partie des eaux pompées vers cet exutoire.

C'est le mode de gestion actuel des sources du Lez dans le département de l'Hérault ; c'est un mode de gestion étudié et envisagé pour les sources de Dardennes dans le département du Var.

Avec un tel schéma, pour tout nouveau prélèvement dans les aquifères karstiques, le débit exhauré (Qh) devra être réparti entre une part pour la satisfaction des besoins (Qb) qui justifient le prélèvement, et une part qui sera retournée aux milieux superficiels. Le schéma ci-dessous essaie d'illustrer cette contrainte.



Figure 60 : Schéma explicatif des contraintes sur la gestion active. Cas de l'aquifère urgonien en relation avec le Gardon



Fénart et al., 2019

Pour valider la faisabilité d'un tel mode d'exploitation, il est nécessaire de définir les paramètres suivants :

- débits d'étiage aux exutoires.
- existence de réserves profondes mobilisables par forages.
- possibilité d'implanter les forages d'exploitation au plus près des exutoires pour limiter la distance d'adduction entre point de prélèvement et lieu de retour aux eaux superficielles.

Répetons que la faisabilité d'un tel modèle d'exploitation devra être approchée par des études spécifiques qui nécessitent l'acquisition de données quantitatives inexistantes à ce jour.

3.2.3 L'analyse des chroniques passées montre-t-elle une évolution de la recharge des aquifères ?

Nous avons cherché à déterminer si des modifications de l'alimentation des eaux souterraines ont eu lieu au cours des dernières décennies. On s'est pour cela intéressé aux deux composantes majeures de la recharge, à savoir la pluie et les infiltrations en provenance des cours d'eau de surface.

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 2020).

Ce sont des chroniques précieuses car elles permettent une approche indirecte de la recharge des systèmes aquifères sur des temps longs.

Rappelons en effet que le suivi piézométrique peut être jugé comme inexistant, ce qui interdit toute approche directe de détermination des évolutions de long terme des niveaux de nappe. Il en est de même pour les mesures aux exutoires des nappes ; nous ne disposons pas de chroniques longues de débit sur les principales sources du bassin versant.

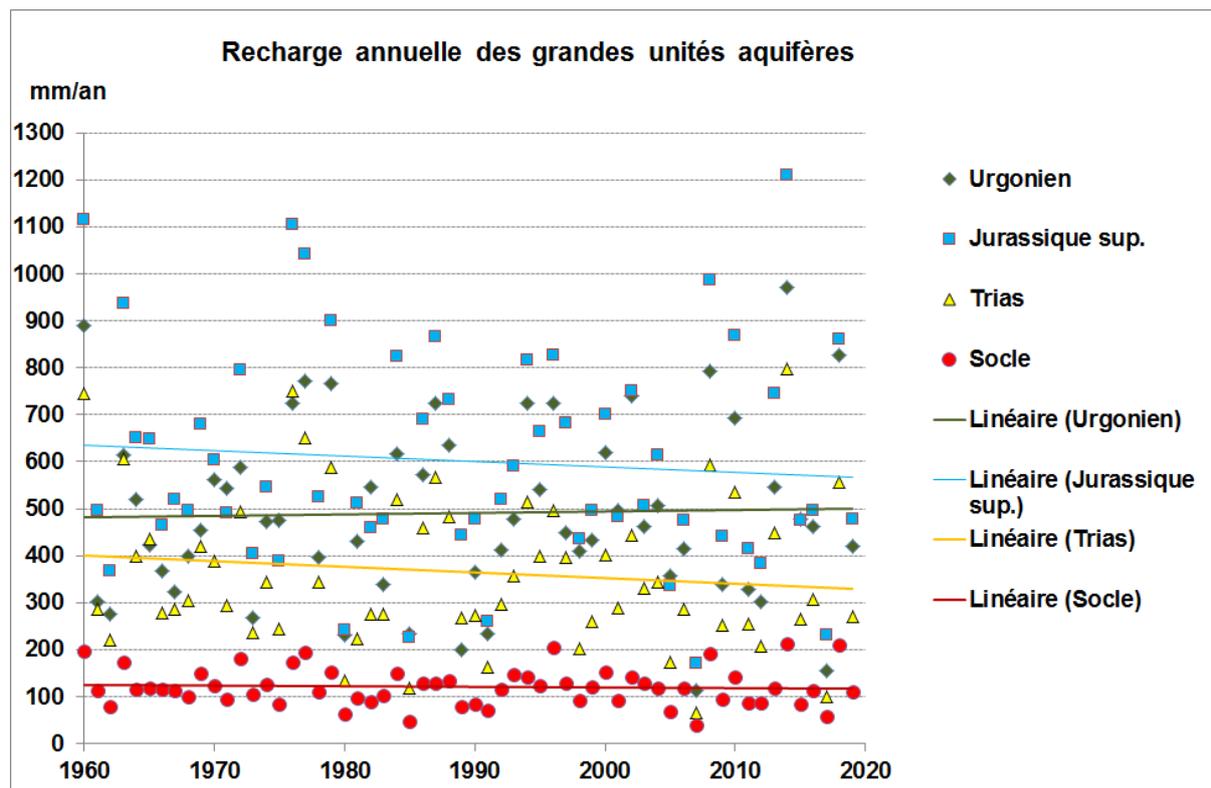
Pour appréhender l'évolution de long terme des ressources en eau souterraine, nous avons reporté dans la figure ci-dessous les valeurs estimées (+/- 30%) des recharges annuelles par l'exploitation des données SAFRAN (précipitations et ETP) pour les quatre grands systèmes aquifères.

On peut constater que sur la période 1960 à 2020, les tendances en termes d'évolution de la recharge pour les grandes unités aquifères sont variables :



- Elles sont peu significatives pour les aquifères de socle (pseudo-stabilité) et pour les karsts urgoniens (très légère hausse, non significative en vue de la précision des données).
- On enregistre une tendance à la baisse faible pour les karsts du Jurassique supérieur (entre 10 et 15%) et une tendance à la baisse plus significative pour les aquifères du Trias (-20% en tendance). Ces évolutions traduisent l'hypothèse de sols plus développés (réserve utile plus épaisse) pour ces derniers aquifères ; avec des pluies stables en cumul annuel mais distribuées différemment (pluies moins fréquentes mais des pluies plus intenses), la reconstitution systématique de la réserve utile se traduit ainsi par moins d'eau disponible pour l'infiltration profonde en direction des eaux souterraines.

Figure 61 : Recharge annuelle de 1957 à 2007 et tendances pour la recharge des grandes masses d'eau du bassin versant.



Il semblerait que ce soit le territoire intermédiaire des piemonts (aquifère triasique et jurassique) qui ait enregistré par le passé une diminution significative de recharge

Ces résultats sont cohérents avec les principales tendances passées, mises en évidence lors de la rétrospective climatique (voir §2.2):

- Précipitations : les cumuls annuels ne présentent pas de tendance à la baisse statistiquement significative. On observe une redistribution du régime des précipitations avec une augmentation en automne et une diminution en hiver ; ces évolutions sont pour le moment faibles et influent peu sur la recharge hivernale des nappes. A noter que l'on observe cependant une augmentation des épisodes de pluies intenses, qui sont peu favorables à la recharge.
- Températures : les augmentations pressenties, qui vont conditionner le besoin en eau des plantes (ETP), sont variables temporellement et spatialement. Ce réchauffement est beaucoup plus fort au printemps et en été. Il en résulte logiquement une augmentation très forte de l'ETP en période estivale.



La diminution plus forte sur les aquifères trisassique et jurassique s'explique ainsi par une variation de la distribution des pluies et une augmentation de l'ETP pendant la période de recharge (automne et hiver principalement).

Elle pourrait également être expliquée par l'influence du paramètre réserve utile sur les phénomènes de recharge. Avec l'hypothèse de sols plus développés (réserve utile plus épaisse) pour ces derniers aquifères, et avec des pluies stables en cumul annuel mais distribuées différemment (moins de pluies mais des pluies plus intenses), la reconstitution systématique de la réserve utile entre des épisodes pluvieux éloignés se traduirait ainsi par moins d'eau disponible pour l'infiltration profonde en direction des eaux souterraines.

L'absence d'impact sur la recharge des aquifères de socle peut paraître surprenante ; rappelons toutefois qu'une faible proportion de la pluie efficace (estimée à environ 10%) participe à la recharge de ces nappes (aquifères peu perméables) et que ces aquifères sont peu capacitifs, ce qui les rend moins difficiles à « remplir ».

Ces premiers résultats doivent être considérés avec prudence, en particulier les ordres de grandeur de diminution de recharge ; ils résultent d'observations de tendances « faibles » observées sur des grandeurs modélisées. Il faut les considérer comme des indicateurs incertains, d'ordre exploratoire, plus qualitatifs que quantitatifs. Une validation formelle de ces tendances aurait nécessité de disposer de chroniques de piézométrie ou de mesures de débit aux exutoires.

ÉVOLUTION DE LA RECHARGE PAR INFILTRATION EN PROVENANCE DES COURS D'EAU

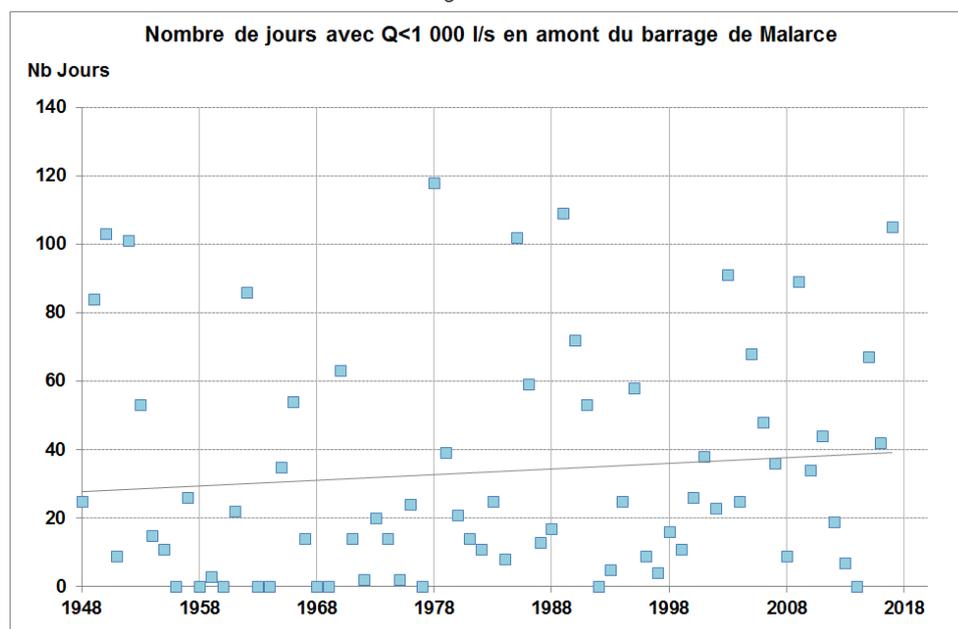
Différentes approches ont été testées pour étudier les évolutions passées en termes de dynamiques de recharge par infiltration des cours d'eau au droit de zones de pertes. Cependant, l'analyse des données de débits mesurés n'ont pas permis de conclure, notamment en raison de l'impact sur ces mesures des modifications des règles et des objectifs de gestion des ouvrages de soutien d'étiage. Davantage d'information sur les analyses réalisées sont présentées en Annexe 1.

Pour étudier la recharge du karst par perte sur le Chassezac, et en complément des éléments présentés au paragraphe 3.1.2, nous avons analysé les données d'apports naturels reconstitués par EDF, en particulier le nombre de jours par an qui sous-passent le débit seuil de 1 m³/s en amont du barrage de Malarce. Le graphe ci-dessous montre l'évolution temporelle de cet indicateur.

On peut constater que les étiages semblent plus longs aujourd'hui qu'hier : en moyenne, ils se sont prolongés d'environ 15 jours entre 1948 et 2020. On a donc moins d'eau qui vient suralimenter cet ouvrage en période estivale, ce qui risque à termes de générer une pression sur la capacité à relâcher ce débit minimal de 1,5 m³/s si la durée des étiages continue d'augmenter. Ce point sera étudié en détail dans le cadre de l'étude EDF-Eaucéa en cours. Quoi qu'il en soit, la recharge de l'aquifère par infiltration du Chassezac dépendra de la façon dont évolue la stratégie de gestion des ouvrages de soutien d'étiage en amont.



Figure 62 : Nombre de jours avec un sous-passement de la valeur seuil de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ des venus d'eau en amont du barrage de Malarce.



3.2.4 Les impacts attendus du changement climatique sur les ressources en eau souterraine

88

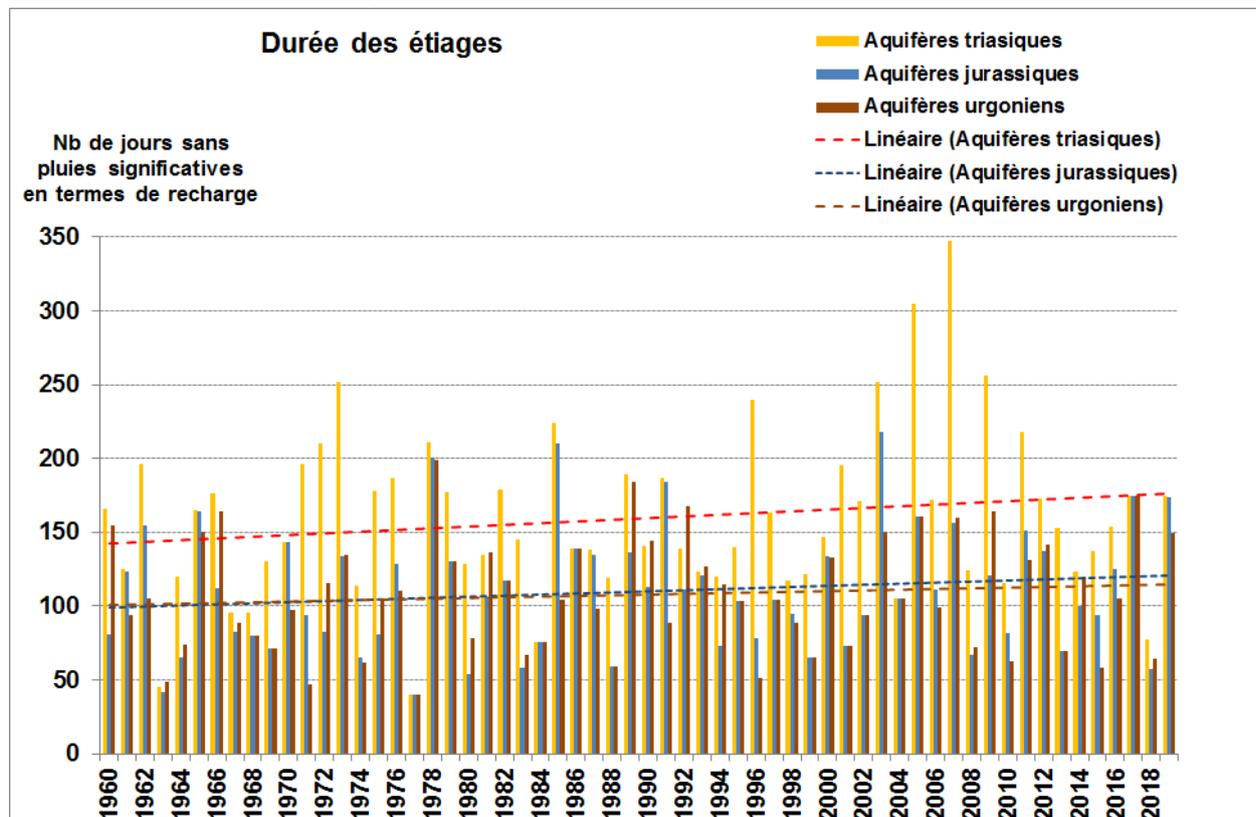
Les évolutions principales susceptibles d'affecter le comportement hydrogéologique des grandes unités aquifères du bassin versant sont rappelées ci-dessous :

- Augmentation de la température de $+0,3 \text{ °C}$ par décennie d'ici le milieu du siècle. A partir de 2050, entre $0,2$ et $0,6 \text{ °C}$ par décennie selon l'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Ce réchauffement devrait être plus marqué l'été mais il faut s'attendre à une baisse de la recharge des aquifères même en période hivernale (avec comme principal phénomène explicatif, l'augmentation de l'évapotranspiration des plantes) ; les indicateurs proposés dans notre étude montrent une baisse tendancielle a priori significative de la recharge des aquifères triasiques et jurassiques en zone de piémont (-10 à -20%) entre 1960 et 2020. Il est à craindre que ce phénomène continue, voire s'étende à d'autres unités aquifères (aquifères de socle en tête de bassin versant en particulier).
- Forte incertitude quel que soit l'horizon ou le scénario d'émissions considéré sur les précipitations. En fin de siècle, possibilité d'une diminution des précipitations estivales et d'une augmentation des précipitations hivernales mais avec une forte incertitude sur l'évolution de l'intensité des précipitations extrêmes. Rappelons que l'augmentation de l'intensité des pluies est un facteur défavorable en termes de recharge des eaux souterraines ; les données disponibles ne sont pas assez précises à ce jour pour quantifier cet impact. A l'horizon fin de siècle, il est attendu une augmentation de la durée des épisodes de sécheresse climatique.
- Une autre conséquence importante du réchauffement climatique est l'augmentation possible et probable de la durée des étiages « hydrogéologique » (nombre de jours sans pluies capables de produire une recharge des eaux souterraines). En effet, il a été montré que la contribution des eaux souterraines au débit d'étiage des cours d'eau diminue en fonction de la distance temporelle à la dernière pluie susceptible de participer à la recharge des nappes. Les données des modèles climatiques ne sont pas assez précises pour quantifier cet impact mais il est possible et probable que la durée des étiages « hydrogéologiques » augmente de façon significative.



En effet, l'analyse des chroniques journalières de recharge déduites à partir des données SAFRAN (P-ETP avec la reconstitution d'une réserve utile plus ou moins importante selon la nature des aquifères) entre 1960 et 2020 montre d'ores et déjà un allongement déjà significatif de la durée de la durée effective de l'étiage pour les nappes. Statistiquement, cette durée a augmenté d'environ 15 jours pour l'urgonien, 25 jours pour les aquifères jurassiques et environ 35 jours pour les aquifères triasiques en 60 ans.

Figure 63 : Volumes AEP prélevés de 2008 à 2019.



Pour les aquifères triasiques, cet allongement plus prononcé de la durée des étiages hydrogéologiques est expliquée par le paramètre de la réserve utile qui est supposé plus importante que pour les autres aquifères (80 mm contre 30 mm). Il faut donc cumuler des valeurs importantes de précipitation efficace sur des séquences pluvieuses de plusieurs jours pour assurer une recharge de ces nappes. Les pluies estivales, généralement isolées et inférieures à 80 mm ne participent ainsi pas à leur recharge avec nos hypothèses de calcul. C'est ce que traduit cet indicateur qui montre l'impact de pluies plus dispersées bien que plus intenses sur les phénomènes de recharge.

De nouveau, c'est un résultat à considérer avec prudence ; nous ne disposons pas de chroniques piézométriques qui permettent de valider cette approche.

Parmi les trois types d'impacts attendus (baisse de la recharge par augmentation de l'ETP, modification de la distribution des précipitations et augmentation de la durée des étiages), c'est bien l'augmentation de la durée des étiages qui risque de causer le plus de conséquences négatives. En fonction de l'inertie des hydro systèmes souterrains, on risque en effet d'observer des étiages dans les cours d'eau de plus en plus prononcés, par baisse de la contribution des eaux souterraines ; si l'hypothèse de pertes au droit des gorges de l'Ardèche venait à être confirmée, ces phénomènes pourraient même devenir très problématiques au droit des gorges.

Notons que la sensibilité des systèmes aquifères dépend aussi de leur inertie.

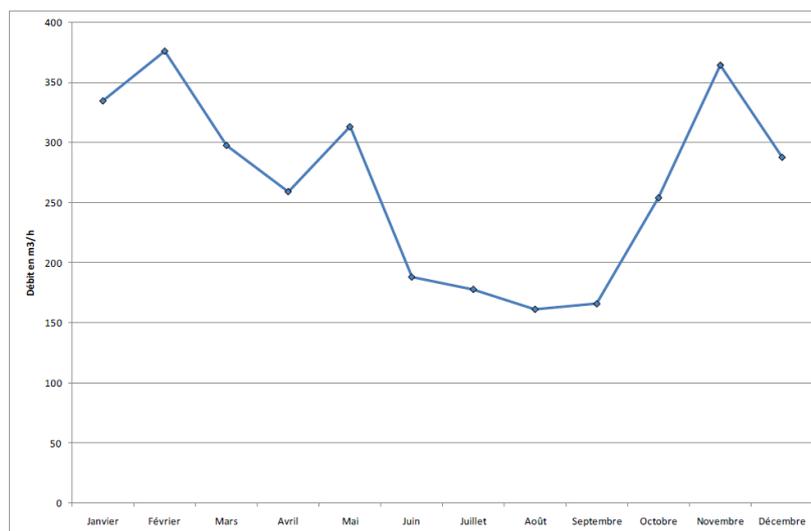


Il faut ainsi distinguer les systèmes relativement inertiels (milieux granulaires tels que les grès du Trias, les roches fissurés ou les arènes granitiques en domaine de socle), des systèmes très diffusifs et peu inertiels (système karstique en aquifère calcaire). Les aquifères urgoniens et jurassiques sont par nature très diffusifs en cas de forte karstification.

Les figures ci-dessous illustrent ces différences de comportement.

Comme illustration d'un système aquifère inertiel, on peut observer sur la source de Verdus (résurgence en milieu calcaire alimentée par les séries volcaniques du Coiron) une contribution à l'étiage qui correspond à environ 40% des moyennes mensuelles en pointe et environ 60% du module.

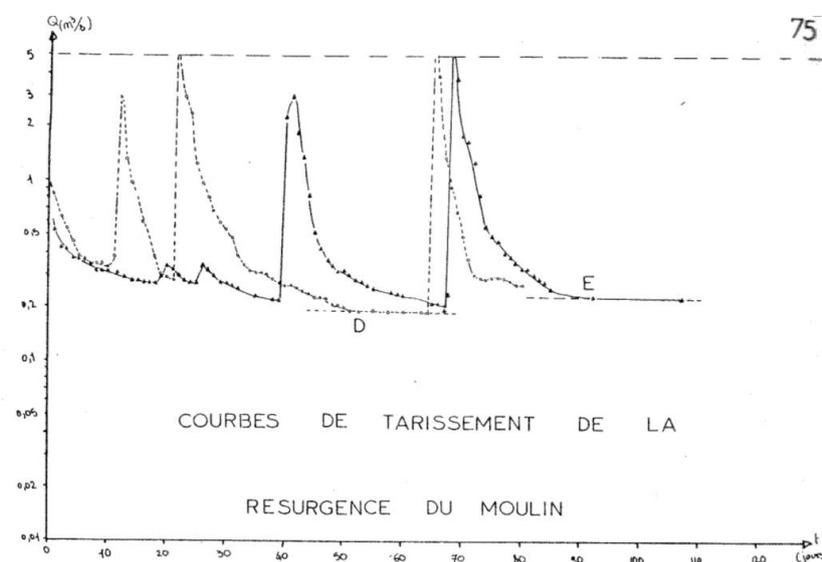
Figure 64 : Exemple d'aquifère fortement inertiel (source du Verdus, IDEESEAUX 2016).



90

Comme illustration d'un système aquifère diffusif, la source du Moulin de Pichedru, principal exutoire d'un système karstique jurassique, présente une contribution à l'étiage (environ 30 l/s), qui correspond à environ 0,6% des débits en pointe et environ 5% du module.

Figure 65 : Exemple d'aquifère fortement inertiel (source du Moulin de Pichedru, Guyot 1980).



Au vu de ces indices, nous pouvons constater que toutes les masses d'eau souterraine du territoire sont relativement sensibles aux évolutions attendues en termes de changement climatique.

Dans le détail, on peut proposer les avis suivants masse d'eau par masse d'eau :



- Pour les aquifères de socle théoriquement relativement inertiels, la sensibilité au changement climatique peut être qualifiée de moyenne ; il s'agit généralement d'aquifères de faible capacité, qui se remplissent pour des pluies efficaces faibles et seraient moins impactés de par leur inertie par l'augmentation de la durée des étiages hydrogéologiques. C'est un avis à nuancer ; dans ce domaine hydrogéologique, les configurations sont nombreuses et variables : il faut s'attendre à observer des systèmes peu sensibles (présence d'altérites) à des systèmes plus sensibles (réseaux de fissures sans réserve significative). Au vu de l'enjeu fort d'alimentation en eau potable, nous recommandons une étude spécifique pour estimer le degré d'inertie des 140 points de captage de ce domaine (définition de la courbe de restitution des débits).
- Pour les aquifères triasiques, la sensibilité au changement climatiques est théoriquement forte ; en effet, au vu de la nature de ce type d'aquifère, nous faisons l'hypothèse de systèmes aquifères a priori inertiels mais il faut souligner que cette hypothèse mérite d'être validée par des mesures appropriées. De plus, ces aquifères présentent deux facteurs de sensibilité :
 - (1) la présence de sols importants se traduit par une « coupure » des pluies de recharge qui nécessitent des cumuls journaliers ou sur plusieurs jours en continu plus importants : il en résulte une forte sensibilité à l'intensification des pluies;
 - (2) les observations enregistrées en termes d'évolution de la température montrent d'ores et déjà des effets significatifs en termes de diminution des pluies efficaces pendant la période de recharge.

Insistons sur le caractère incertain de cet avis : il résulte de croisement de données indirectes (pas de chroniques piézométriques, absence de données hydrométriques pour caractériser les débits aux exutoires).

- Pour les aquifères jurassiques, les données analysées montrent que ces systèmes aquifères ont d'ores et déjà enregistré une baisse de recharge et il est à craindre que cela ne continue dans un avenir proche ; notons cependant que le facteur le plus important susceptible d'affecter leur contribution aux cours d'eau est la durée des étiages hydrogéologiques. Les données consultées semblent montrer une certaine inertie de ces réservoirs mais elle reste à être confirmée ; quoi qu'il en soit, plus les étiages seront longs, plus le débit aux exutoires diminuera. On peut donc qualifier leur sensibilité au changement climatique comme forte.
- Pour les aquifères urgoniens, les données analysées tendent à montrer des phénomènes de pertes au bénéfice d'un exutoire souterrain pour les étiages sévères (> 60 j). C'est une observation majeure qui demande confirmation par des mesures adaptées. Si cette hypothèse devait être validée, cela induirait une sensibilité très forte au changement climatique. En effet, cela impliquerait que pour des étiages sévères de plus en plus fréquents, on assisterait à une inversion systématique des échanges nappes rivières au bout de 40 à 60 jours, qui de contributifs deviendraient alors minorants, avec une baisse significative des débits de l'Ardèche au passage des gorges.

Au vu de ces considérations, nous pouvons constater que toutes les masses d'eau souterraine du territoire sont relativement sensibles aux évolutions attendus en termes de changement climatique.



3.3 CONSEQUENCES SUR L'HYDROMORPHOLOGIE ET ESPACES DE BON FONCTIONNEMENT

SITUATION DE LA DYNAMIQUE FLUVIALE ET DEFICITS SEDIMENTAIRES

Le SAGE Ardèche fait le point sur la situation de la dynamique fluviale et des déficits sédimentaire, les principaux éléments de diagnostic sont synthétisés ci-dessous.

Les rivières du bassin versant se caractérisent par **des capacités de transport solide globalement faibles et des vitesses moyennes de transit des sédiments plus réduites que sur d'autres cours d'eau** (SOGREAH, 2007).

Cette situation pourrait être aggravée par la réduction des apports de matériaux provenant des hauts bassins. **Une des causes de cette réduction est le boisement des zones de fourniture issu de l'abandon des pratiques agricoles sur les pentes : entre les années 1930 et 1988, la surface boisée du bassin versant de l'Ardèche comptabilisée au cadastre a doublé** (JACOB N., 2003).

L'Ardèche offre une vallée clairement marquée par l'incision, révélatrice d'une vidange d'un stock alluvial hérité, avec un abaissement consécutif à d'importantes extractions au cours des dernières décennies estimées à près de 4 millions de m³.

L'évolution de l'Ardèche montre **d'importants abaissements** (1 à 2 m en aval d'Aubenas sur les masses d'eau 419 et 411a, jusqu'à 2 à 3 m en aval des gorges-411b). Ailleurs, le lit est stabilisé par des seuils, par le pavage du fond du lit (haute vallée) ou par la mise à nu du substratum rocheux.

Le Chassezac est également une rivière qui accuse un fort déficit avec un abaissement pouvant atteindre 3 à 4 m dans la plaine alluviale (masse d'eau 413c). Son origine est pour l'essentiel liée **aux extractions qui ont eu lieu jusqu'à la fin des années 80 et au recalibrage intensif qui a eu lieu dans les années 60**. Le volume total prélevé aurait été en moyenne de 1 400 000 m³, ce qui est proche du volume du déficit estimé à l'aval. Ceci tendrait à minimiser le rôle des barrages de l'amont sur les abaissements.

L'évolution altimétrique de la Beaume reste très limitée avec un léger déséquilibre dans la partie aval (masse d'eau 417b). A noter la présence d'une activité extractive dans les années 80 avec un volume extrait de l'ordre de 30 000 m³ de matériaux.

Pour les autres affluents principaux, leur lit est en équilibre stabilisé par la présence d'affleurements rocheux en de nombreux endroits.

Le contexte d'un transport solide déséquilibré et d'une dynamique fluviale active pour de fortes occurrences laisse de faibles marges de manœuvre pour la définition d'un profil en long objectif des cours d'eau du bassin versant de l'Ardèche.

Il en résulte une réduction importante des espaces de bon fonctionnement et de mobilité, amplifiés par des usages, activités, ouvrages issus des activités humaines qui seront difficilement remis en question.

DES CONSEQUENCES SUR LE FONCTIONNEMENT DE L'HYDROSYSTEME

Ces disfonctionnements hydromorphologiques entraînent des conséquences importantes sur les autres compartiments et sont un facteur de risque pouvant aggraver les effets du changement climatique.

La faible mobilité des sédiments entraîne par exemple **une faible régénération des milieux, une stabilisation des habitats et un colmatage progressifs de la masse alluvionnaire.**



De fait, une homogénéisation des espaces s'observe ainsi qu'une réduction des flux d'échanges (relation rivière/nappe, écoulements hyporhéique, lien avec les milieux rivulaires, espèces associées...).

Cela a des conséquences multiples sur la thermie, la qualité des eaux et les espèces qui peuvent plus difficilement trouver des zones refuges ou d'habitats favorables et sont donc plus régulièrement soumis aux conséquences directes d'aléas climatiques ou changement global.

3.4 CONSEQUENCES SUR LA QUALITE DE L'EAU

3.4.1 Qualité des eaux et problématiques à l'échelle du bassin versant de l'Ardèche

La synthèse présentée ci-après s'appuie sur l'étude de qualité des eaux réalisée en mars 2015 par le cabinet Iris Consultant présentant des résultats spécifiques de campagnes en 2013-2014 ainsi qu'une synthèse des résultats de 2008 à 2014. Aucune synthèse de l'état chimique et écologique globale des cours d'eau du bassin versant de l'Ardèche n'a été réalisée depuis même si les chroniques sur les stations de suivi perdurent.

Il a été également ajouté un focus particulier sur le bassin versant Beaume et de la Drobie en s'appuyant sur une étude menée spécifiquement en 2016-2017 (cabinet Iris Consultant) ainsi que sur le Chassezac en 2017-2018 (Aralep).

RAPPEL

Du point de vue réglementaire, l'état chimique des eaux superficielles est défini par l'arrêté du 25 janvier 2010. Cet état chimique concerne quarante-et-une substances prioritaires qui se répartissent en quatre catégories : pesticides, métaux lourds, polluants industriels et autres polluants. Dans la pratique, il s'agit de détecter ces substances à de très faibles concentrations, ce qui peut parfois s'avérer difficile sur le plan technique. L'état chimique est évalué sur la base de la concentration maximale mesurée et sur la moyenne annuelle des concentrations.

Désormais, les incidences des nutriments (azote, phosphore) et matières organiques sont évaluées indirectement via les indices biologiques pour évaluer l'état écologique des masses d'eau.

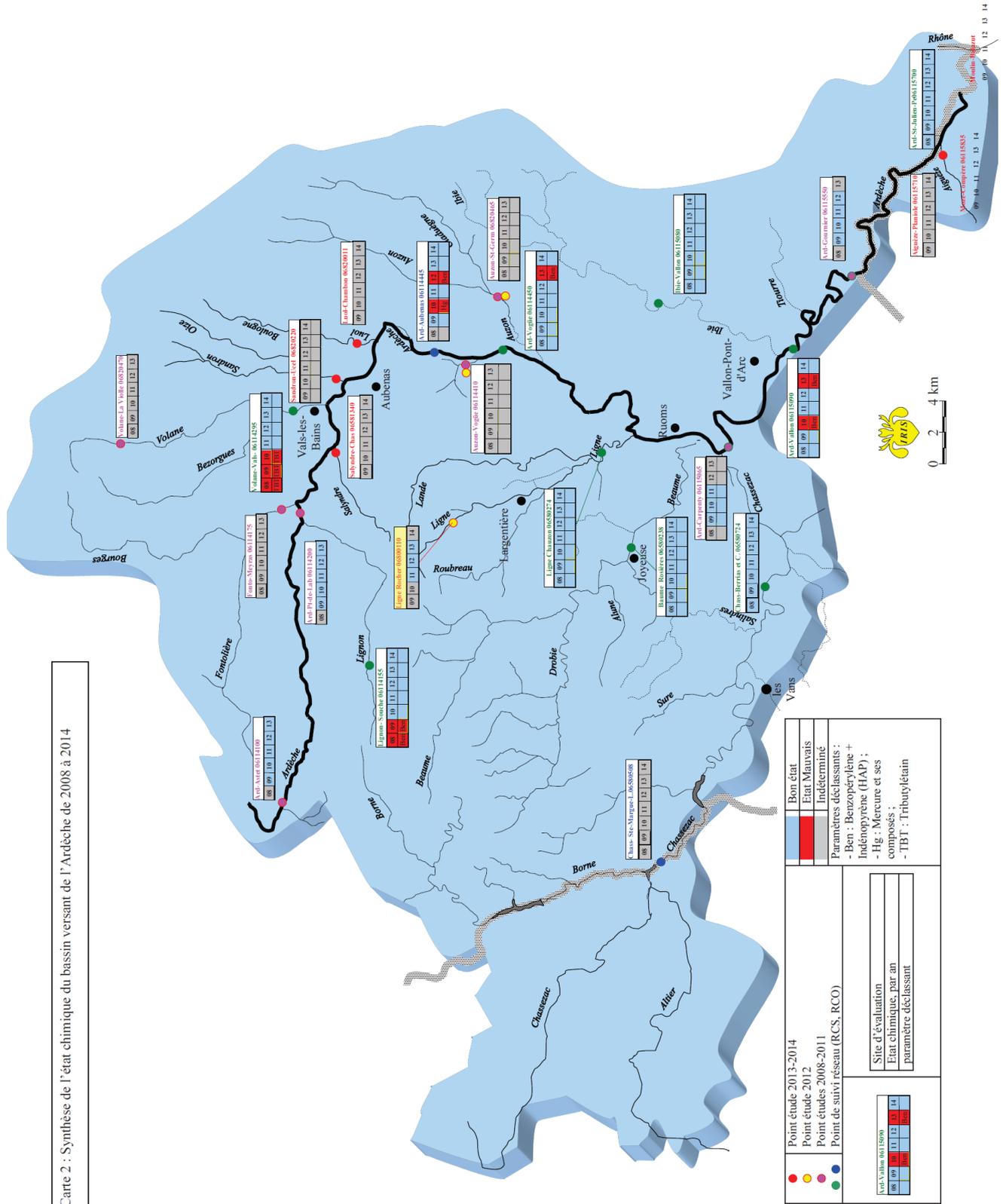
- IBD : indice biologique diatomées : analyse de la qualité de peuplements d'algues accrochés aux substrats.
- IBGN : indice biologique global normalisé : analyse la qualité des peuplements de macrobenthos.
- IPR : indice poissons rivière : analyse la qualité des peuplements de poissons.

Ainsi, même si il ne s'agit pas strictement de qualité des eaux à proprement parler, il nous apparaît pertinent d'y présenter ici les éléments relatifs aux indices biologiques pour mieux appréhender le contexte du bassin versant.

Résultats cartographiques

Les cartes ci-après (Synthèse de l'état chimique et écologique du bassin versant de l'Ardèche-Données 2008 à 2014) présentent l'ensemble des données disponibles auprès de l'Agence de l'Eau RMC. Elles permettent de visualiser l'état chimique et écologique par année de suivi, avec indication du (ou des) paramètre déclassant, le cas échéant.

Figure 66 : Synthèse de l'état chimique du bassin versant de l'Ardèche-Données 2008 à 2014

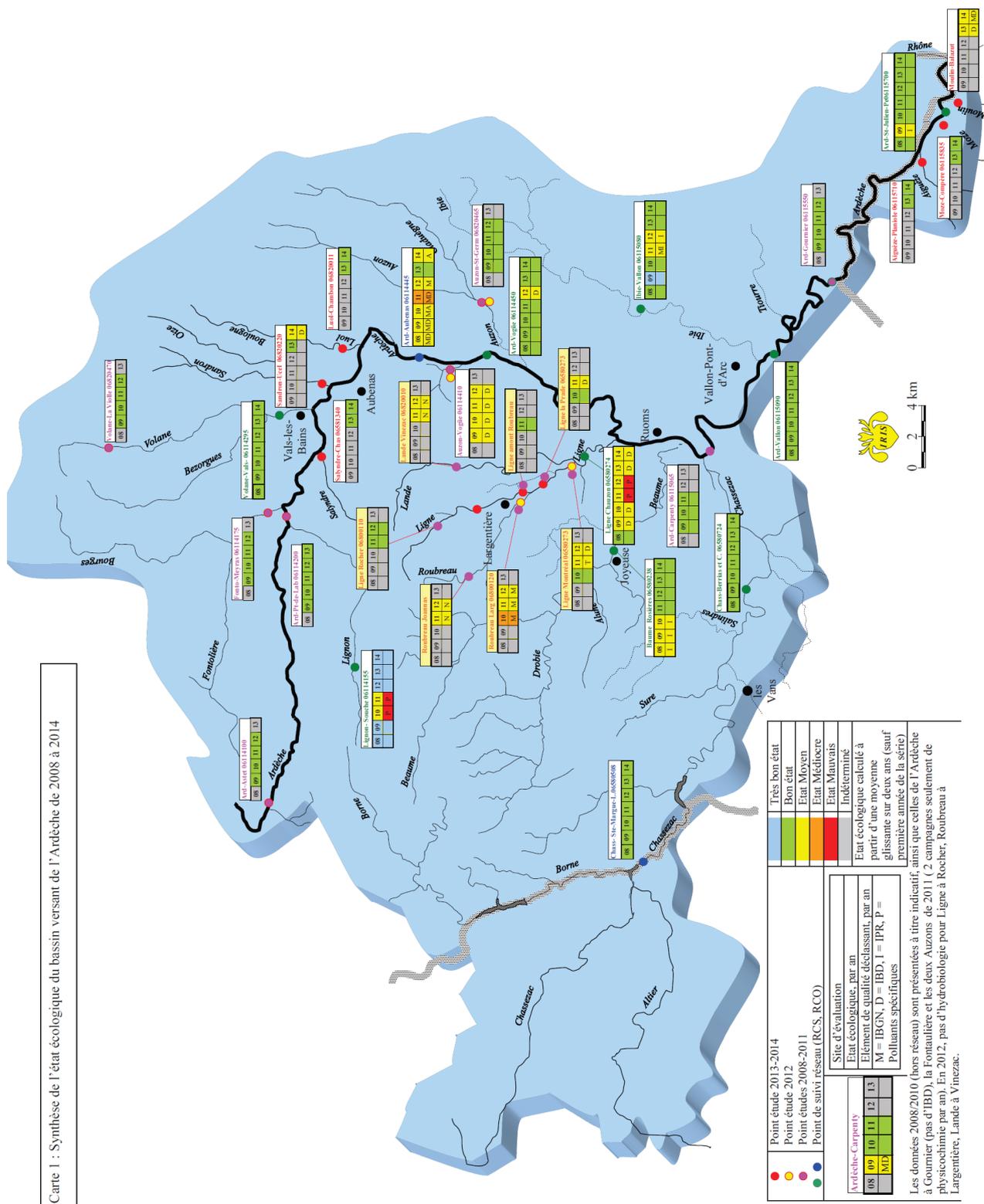


Source : Iris Consultant, 2015



3. QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES HYDRO-ÉCOSYSTÈMES DU BASSIN-VERSANT ?

Figure 67 : Synthèse de l'état écologique du bassin versant de l'Ardèche-Données 2008 à 2014

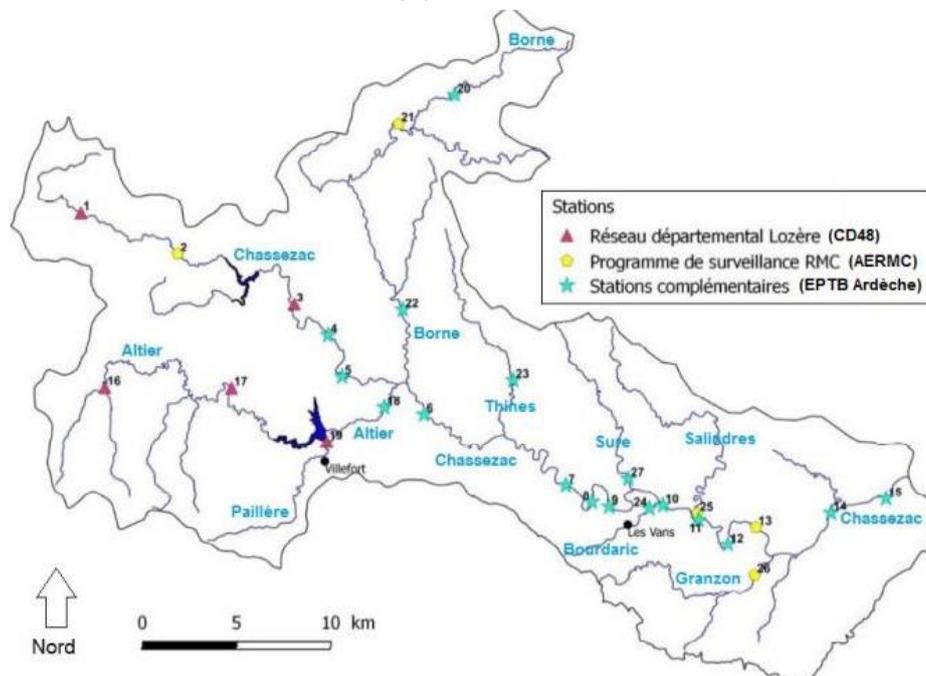


Source : Iris Consultant, 2015



FOCUS SUR LA BASSIN VERSANT DU CHASSEZAC

Figure 68 : Stations d'étude et état écologique en 2016-2018 sur le bassin versant du Chassezac

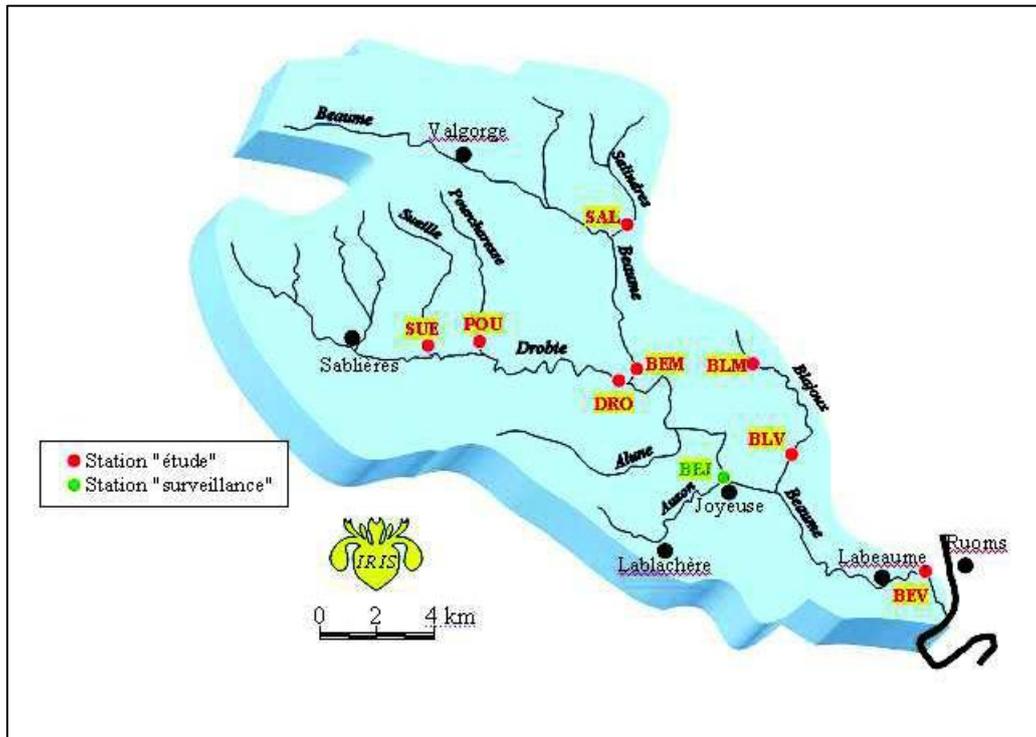


Stations de mesures de la qualité		État écologique						État chimique									
Code et nom station	Masso d'eau	Prog. surv.	2012	2013	2014	2015	2016	masse d'eau 2016	masse d'eau 2019	2012	2013	2014	2015	2016	2019		
06583855 GRANZON A BERRIAS ET CASTELJAU	FRDR10474	Oui					BE	BE	MOY								
06114850 RUISSEAU DE PAILLERE A VILLEFORT	FRDR10578	Non	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE								
06115055 SALINDRES A LES ASSIONS	FRDR12040	Oui					BE	BE	BE								
06114880 BORNE A ST-LAURENT-LES-BAINS 2	FRDR413a	Non	TBE	BE	BE	BE	BE	BE	BE								
06114880 CHASSEZAC A PREVENCHERES 2	FRDR413b	Non	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE								
06114920 CHASSEZAC A PREVENCHERES 1		Non	BE	BE	BE												
06114925 CHASSEZAC A PREVENCHERES 3		Non	BE	BE	BE												
06114930 CHASSEZAC A PIED DE BORNE		Non	BE	BE	BE												
06114940 ALTIER A VILLEFORT		Non	BE	BE	BE												
06580508 CHASSEZAC A STE-MARGUERITE-LAFIGERE		Oui	BE	BE	BE	BE	BE										
06820007 BORNE A PIED-DE-BORNE 1		Non	BE	BE	BE												
06580724 CHASSEZAC A BERRIAS-ET-CASTELJAU 2	FRDR413c	Oui	BE	BE	MOY	MOY	MED	MOY	MOY	BE	BE	BE	BE	BE	BE		
06017975 CHASSEZAC A ST-FREZAL D'ALBUGES	FRDR414	Non						MOY	MOY								
06017990 CHASSEZAC A BELVEZET 1		Non															
06114870 CHASSEZAC A ST-FREZAL-D'ALBUGES		Non	BE	BE	BE	MOY	MOY										
06114875 CHASSEZAC A CHASSERADES		Oui	BE	BE	BE	BE	BE										
06114820 ALTIER A ALTIER	FRDR416	Non	BE	BE	BE	MOY	MOY	MOY	MOY								
06114935 ALTIER A CUBIERES 1		Non	BE	BE	BE												
							État écologique 2011	État écologique 2019									
THINES	FRDR11780						BE	MOY									
SURE	FRDR11192						BE	BE									
BOURDARIC								MAJIV									



FOCUS SUR LA BASSIN VERSANT BEAUME-DROBIE

Figure 69 : Stations d'étude et état écologique en 2016-2017 sur le bassin versant Beaume-Drobie



Station	Année	Éléments de qualité							
		Bilan oxygène	Température	Nutriments	Acidification	Polluants spécifiques non synthétiques	Polluants spécifiques synthétiques	Faune benthique invertébrée	Phytobenthos
Drobie aval	2011-2012	B4	MY4	TB4	TB4	ND	ND	B1	TB1
Beaume amont confluence Drobie	2011-2012	TB4	TB4	TB4	MY4	ND	ND	B1	TB1
Beaume amont Joyeuse	2011	TB9	TB9	TB9	B9	ND	ND	TB1	TB1
	2012	TB7	TB7	TB7	B7	ND	ND	TB1	B1
	2013	B12	B12	TB6	TB12	MY4	TB12	TB1	TB1
	2014	TB6	TB6	TB6	TB6	ND	ND	B1	TB1
2015	TB6	MY6	TB6	TB6	ND	ND	TB1	TB1	
Beaume aval	2011-2012	B4	B4	TB4	B4	ND	ND	TB1	TB1

Les lettres indiquent la qualité alors que le chiffre correspond au nombre de campagnes de mesure. TB (bleu) = très bon, B (vert) = bon, MY (jaune) = moyen, MD (orange) = médiocre et MV (rouge) = mauvais.

ÉTAT CHIMIQUE

La majorité des sites analysés atteint le bon état chimique. Cette situation de bon état est celle de l'Ardèche à l'amont d'Aubenas, ainsi que de ses principaux affluents tels que la Ligne, la Beaume, le Chassezac et l'Ibie.



En revanche, le cours principal de l'Ardèche présente un déclassement en mauvaise qualité à partir d'Aubenas (en 2010, puis en 2012). Cette situation se retrouve plus à l'aval à Vogüé (en 2013), et jusqu'à Vallon-Pont-d'Arc (en 2010 et 2013). Mis à part le mercure identifié en 2010 à Aubenas, les substances responsables du déclassement sont toujours les benzopérylènes et indénopyrènes, qui appartiennent à la famille des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)¹⁷.

Les mêmes substances (benzopérylènes et indénopyrènes) provoquent également le déclassement du Lignon à La Souche en 2008 et 2009.

La contamination par les HAP dans le secteur d'Aubenas et dans une moindre mesure dans celui de Vallon pourraient correspondre à des zones où l'activité humaine est intense (même si ce n'est que de façon saisonnière), avec une circulation automobile importante et des zones construites conséquentes. En revanche, cette explication ne vaut pas pour le Lignon à La Souche, qui correspond à un secteur amont de cours d'eau préservé où la densité de population humaine est très faible.

Enfin la Volane à Vals-les-Bains présente une mauvaise qualité chimique de 2008 à 2010 à cause du TBT (tributylétain). Aujourd'hui interdit, le TBT a été utilisé comme pesticide et produit de traitement des coques de bateau dans les années 70, il était également présent dans les peintures dans les années 80.

Les résultats concernant la Volane nous paraissent devoir être utilisés avec prudence. En effet, ils correspondent à la période de mise en place de ces analyses, qui sont délicates techniquement car les concentrations des produits sont très faibles. Pour information, les données concernant le TBT ont été invalidées pour 2007 et 2009 dans la base de données de suivi de la qualité des cours d'eau et plans d'eau de l'Agence de l'eau. Bien que la rémanence de ce type de molécule explique que l'on retrouve le produit bien après son interdiction, rien de particulier dans les activités humaines du secteur de Vals-les-Bains, ville de cure thermale, ne semble pouvoir expliquer ce résultat.

ÉTAT ÉCOLOGIQUE

L'examen des données permet de souligner l'importante proportion de stations pour lesquelles l'état écologique est « bon » voire « très bon ».

C'est le cas en particulier du haut bassin de l'Ardèche et de nombreux affluents : Fontaulière, Volane, Chassezac ... Cette situation satisfaisante se retrouve également dans la basse vallée de l'Ardèche, de St-Alban-Auriolles jusqu'au Rhône.

La carte de l'état écologique met également en avant trois secteurs plus problématiques, faisant l'objet de mesures spécifiques d'amélioration des réseaux et stations d'assainissement dans le cadre du contrat de rivière Ardèche :

- Le bassin versant de la Ligne dans lequel de nombreuses stations font l'objet d'un déclassement en qualité moyenne,
- La boucle d'Aubenas jusqu'à Vogüé, pour le cours principal de l'Ardèche et quelques affluents (Sandron, Auzon rive droite)
- Le ruisseau du Moulin à Balazut (Basse Ardèche).

¹⁷ Les HAP sont présents naturellement dans le pétrole et le charbon, et proviennent de la combustion incomplète de matière organique (bois, carburants). Ce sont des produits toxiques et dangereux pour l'environnement.



Le cas de la Ligne est le plus préoccupant de par l'ampleur du secteur géographique concerné. Ce bassin abrite d'anciennes mines de plomb argentifère à Largentière. La station RCS de Chauzon en fermeture de bassin est systématiquement déclassée en qualité moyenne depuis 2009, avec comme facteur déclassant l'IBD et/ou le zinc en tant que polluant spécifique de l'état écologique. Les campagnes réalisées en 2011 et 2012 ont révélé un état seulement moyen en de nombreux sites (Roubreau à Largentière, Ligne à Montréal et à La Prade) **majoritairement à cause de l'IBD, ce qui indiquerait plutôt un problème de qualité trophique (nutriments). Les rejets d'assainissement peuvent être à l'origine de ces apports en nutriments.**

La boucle d'Aubenas correspond à une zone assez densément peuplée pour le département de l'Ardèche. De plus, elle est placée géographiquement à l'amont d'un secteur dont le fort développement touristique est orienté vers la rivière. Dans le secteur d'Aubenas, la station RCO sur l'Ardèche présente des résultats qui, de 2008 à 2014, correspondent à un état moyen voire médiocre (en 2011). Seule l'année 2013 est satisfaisante. **Les paramètres déclassants sont surtout l'IBGN, puis l'IBD et l'acidification (ce qui traduit l'effet des proliférations végétales).**

L'état écologique montre une nette amélioration dès la station de Vogüé, avec cependant un déclassement en 2012. A proximité, la station sur l'Auzon (rive droite) à Vogüé montre un déclassement régulier en état moyen à cause de l'IBD. Cette situation est également celle du Sandron à Ucel pour l'année 2014.

Enfin le ruisseau du Moulin à Balazut, qui subit de forts étiages allant jusqu'à l'assec, présente également un déclassement en état moyen pour l'IBD et l'IBGN.

CONCLUSION

Hormis quelques cas précis sur le bassin versant présentés ci-avant sur lesquels des démarches d'améliorations sont engagées, **la qualité des eaux du bassin versant de l'Ardèche ne met pas en lumière d'importants dysfonctionnements au regard des outils et indices utilisés.**

Des développements algaux spécifiques mis en lumière par les IBD mettent néanmoins en lumière une charge en nutriment (azote, phosphore) qui peut être localement impactante pour les milieux. Compte tenu de la nature des activités présentes sur le bassin, il est vraisemblable que ces nutriments soient principalement liés aux rejets d'assainissement.

Parmi les facteurs de dégradation principaux que l'on peut rencontrer sur le bassin versant, on peut retenir :

- **Les parcs d'équipements d'assainissement collectif : enjeu de maintien et d'amélioration des performances.** Importante part de stations anciennes à renouveler dans les prochaines années, réseaux défectueux et mauvais branchements entraînant des rejets directs d'eaux usées par temps sec et par temps de pluie
- **Les parcs d'ANC des établissements touristiques de grande capacité peu connus, souvent vétustes et sous-dimensionnés pour ceux qui ont été contrôlés ;**
- **Le faible taux de conformité des ANC des particuliers. Faible performance épuratoire des ANC en zone karstique, même lorsqu'ils sont conformes.**
- **Les pratiques agricoles :** élevage en tête de bassin versant, rejets d'effluents/ fertilisation. Viticulture et apports de pesticides sur les secteurs piémonts et plaines
- **Les rejets industriels,** principalement d'industries agroalimentaires (caves viticoles notamment)



3.4.2 Problématiques en lien avec la qualité des eaux de baignade

LA QUALITE DES EAUX DE BAINNADE EN LIEN AVEC LE SUIVI EN PLACE

L'usage touristique de l'eau sur le bassin versant de l'Ardèche en période estivale vis-à-vis de la baignade ou les sports d'eau vive fait de la qualité des eaux un enjeu important.

En 2021 sur le bassin versant de l'Ardèche, 30 sites de baignades publics ou en accès libre ont été recensés auprès des services départementaux des ARS de l'Ardèche et de la Lozère. Ces sites ont fait l'objet de 4 à 5 prélèvements chacun dans le cadre du contrôle sanitaire effectué par les ARS.

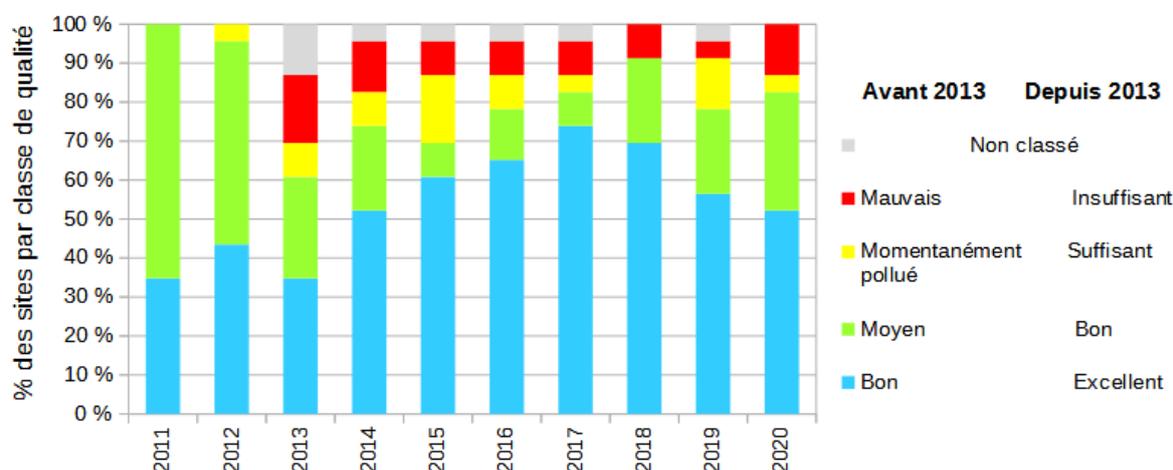
En complément, 25 d'entre eux ont fait l'objet d'une autosurveillance confiée par les communes ou communautés de communes à l'EPTB Ardèche. La fréquence des prélèvements d'autosurveillance varie de 1/quinzaine à 2 /semaine selon la sensibilité des sites aux risques de pollution.

Des prélèvements complémentaires pour recontrôle en cas de mauvais résultats ou pour recherche de l'origine d'une pollution sont également effectués dans ce cadre.

Le suivi de la qualité des eaux de baignade consiste principalement à rechercher 2 familles de bactéries témoins de contaminations fécales : Escherichia coli et Entérocoques intestinaux, qui peuvent être responsables notamment de gastro-entérites ou d'affections cutanées. La recherche de cyanobactéries est également effectuée en routine par l'ARS de la Lozère dans les plans d'eau et seulement en cas de suspicion de présence pour les baignades en eaux vives.

Il n'est pas identifié de point noir particulier sur le bassin versant de l'Ardèche. Sur une année « normale », les résultats sont globalement bons à très bons.

Figure 70 : Classement sanitaire des sites de baignade (source : EPTB Ardèche)



Néanmoins, **quelques sites sensibles (La Beaume à Peyroche, l'Ardèche à Vogüé, la Beaume à Rosières, la Borne à Saint Laurent les bains)**, notamment par temps de pluie, ont été identifiés pour être gérés plus finement afin de mieux identifier les sources récurrentes de dégradations, analyser les causes et les résorber.

Sur l'année 2021, **17 événements (pollution par temps de pluie, incident sur un équipement d'assainissement, mauvais résultat d'analyse)** qui ont justifié des fermetures de baignade sur un ou plusieurs sites.

Le taux de fermeture, sur les 25 sites de baignade dont l'autosurveillance est assurée par l'EPTB, s'élève à 10,2% sur la saison 2021 (nb jours de fermeture sur nb jours de la saison du 15 juin au 31 août, d'après conseils de gestion envoyés par l'EPTB).



Parmi les principaux axes d'amélioration, on peut retenir :

- La lutte contre les pollutions par temps de pluie liées aux réseaux d'assainissement,
- Le contrôle des branchements d'assainissement collectif des habitations anciennes de certains quartiers,
- le contrôle des ANC, en particulier des gros établissements touristiques pour lesquels très peu de données sont disponibles,
- la mise en demeure de réaliser les travaux nécessaires et contrôle des réhabilitations lorsque des défauts sont constatés (pour l'ANC et les mauvais branchements d'AC),
- le maintien et amélioration des performances épuratoires des stations d'épuration. De nombreux équipements anciens seront à renouveler dans les 10-15 prochaines années et il reste encore des quartiers non assainis. La question de la généralisation des traitements tertiaires se pose afin de limiter les pollutions bactériologiques des eaux de baignade et les phénomènes d'eutrophisation, sachant que les baisses de débit des cours d'eau vont de fait limiter leur capacité de dilution.
- Une vigilance utile quant à la gestion des effluents d'élevage sur les têtes de bassin versant. Certains sites connaissent des dégradations ponctuelles de la qualité des eaux de baignade potentiellement en lien avec la présence du bétail en amont.

LE CAS DES CYANOBACTERIES

Description

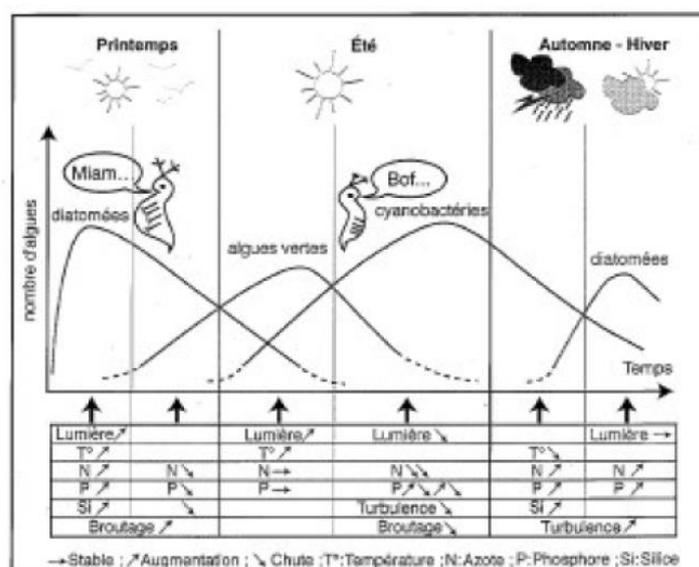
Les cyanobactéries sont des bactéries naturellement présentes dans les milieux aquatiques, soit **dans la colonne d'eau**, dispersées ou en colonies (phytoplancton), **soit inféodées aux sédiments** (phytobenthos).

Certaines conditions environnementales peuvent favoriser une croissance rapide de leur population, on parle alors de prolifération ou efflorescence. **Certaines espèces sont capables de synthétiser des toxines intracellulaires pouvant être libérées dans le milieu et provoquer de ce fait des nuisances.** En revanche, lorsqu'elles sont présentes en faible quantité dans le milieu, les cyanobactéries ne constituent pas de risque sanitaire.

Les cyanobactéries présentent des cycles de développement saisonniers selon la température de l'eau, l'ensoleillement, la disponibilité en nutriments dans le milieu.



Figure 71 : Succession saisonnière des groupes d'algues



Source : Leitao et Couté, 2005

Si on peut simplifier le fonctionnement écologique et le développement des cyanobactéries via le schéma ci-avant, la diversité des espèces, leurs exigences écologiques très variées et les modifications des paramètres du milieu rend bien plus complexe le suivi et la prévention de leur développement.

C'est bien souvent lorsqu'il est observé des efflorescences en surface ou que la couleur de l'eau semble anormale (voir illustration ci-après) que l'alerte est donnée et des analyses réalisées pour confirmer leur présence, évaluer le risque et faire un plan de surveillance adapté.

Figure 72 : Efflorescences de cyanobactéries



source : ardèche.gouv.fr

Cas sur le bassin versant de l'Ardèche

Suite à l'apparition de développements de cyanobactérie dans le barrage de Villefort en avril 2016 et août-septembre 2019, des suivis spécifiques et une étude a été réalisée pour comprendre l'origine de ces développements (Aquascop, 2019). Les conclusions restaient incertaines en raison des multiples explications et causes possibles au regard des données acquises.

Les analyses récentes de cyanobactéries dans les cours d'eau n'ont pas mis en lumière cette problématique de façon récurrente et particulièrement inquiétante même si ces analyses restent très ponctuelles, en lien avec un événement particulier (décès d'un chien par exemple).



En effet, **les cyanobactéries se développent principalement dans les masses d'eau présentant très peu de brassage comme les retenues d'eau de barrages** (lacs) avec une température souvent élevée. Il faudrait, pour qu'elles se développent en rivière, des eaux quasiment mortes (rupture d'écoulement) ou subissant l'effet d'une retenue d'eau par un seuil très conséquent avec une quasi absence de vitesse d'écoulement pendant un long temps de séjour. Si il peut y avoir des zones de stagnation comme des bras plus ou moins mort, ce n'est majoritairement pas le cas sur les cours d'eau du bassin versant de l'Ardèche.

Enfin, si ce n'est pas la majorité des taxons, certaines forme de cyanobactéries peuvent de développer malgré tout dans des eaux courantes à la faveur de conditions environnementales favorables (exemple de cyanobactéries benthiques observées sur des galets situés dans des radiers de l'Altier amont et de la Paillère dans des eaux bien oxygénées).

Comment prévenir la prolifération des cyanobactéries ?

Source : ANSES

Les **proliférations de cyanobactéries planctoniques** surviennent principalement dans les eaux stagnantes (plans d'eau et rivières très lentes) dans lesquelles **il y a un apport excessif d'éléments nutritifs**, entraînant une prolifération végétale, un appauvrissement en oxygène et un déséquilibre de l'écosystème.

Pour se développer, les cyanobactéries ont besoin de concentrations élevées en phosphore et en azote dont les apports peuvent avoir des origines multiples : effluents d'élevage, compost, boues de station de traitement des eaux usées, engrais épandus sur les sols, rejets d'eaux usées insuffisamment traités, lessivage des sols lors d'épisodes pluvieux importants. **La réduction des apports de phosphore et d'azote dans les eaux de surface reste aujourd'hui la seule façon durable de protéger et/ou de restaurer ces écosystèmes vis-à-vis des proliférations de cyanobactéries planctoniques.**

Les **proliférations de cyanobactéries benthiques** sont quant à elles rencontrées le plus souvent dans des eaux courantes peu profondes (rivières et certains grands fleuves). Les connaissances actuelles sur ces proliférations sont beaucoup plus restreintes que pour les cyanobactéries planctoniques. Il semble cependant que les développements de plaques (ou biofilms) de cyanobactéries surviennent préférentiellement lorsque le niveau des cours d'eau est au plus bas, dans des zones de profondeurs inférieures à 1 mètre et présentant un faible courant. Le décrochage de ces plaques, leur transport puis leur accumulation sur les rives résultent de divers processus encore mal connus.

Les facteurs et processus régulant les proliférations de cyanobactéries étant particulièrement complexes, ces phénomènes sont souvent **difficilement prévisibles**.

Le changement climatique a-t-il un impact sur la prolifération des cyanobactéries ?

Source : ANSES

L'impact du changement climatique sur les proliférations de cyanobactéries est actuellement discuté dans la communauté scientifique.

L'augmentation globale des températures, mais également les modifications des régimes pluviométriques (multiplication de périodes de grandes sécheresses, épisodes de tempêtes et de pluies violentes...) provoquent des modifications dans le fonctionnement des plans et des cours d'eau.

Ces modifications semblent favoriser les proliférations de cyanobactéries. **Cependant, les interactions entre tous ces facteurs et processus sont multiples et encore largement méconnues. Il est donc très difficile de prédire quels seront réellement leurs impacts sur les proliférations de cyanobactéries.**



3.4.3 Quelles évolutions au cours des dernières années, quel lien avec le changement climatique ?

DONNEES DISPONIBLES ET METHODOLOGIE

Nous avons cherché à mettre en évidence le lien entre les paramètres de qualité mesurés et l'hydrologie.

Initialement, la stratégie visait à identifier les années particulièrement sèches sur le bassin et de les comparer avec une année « normale » afin d'en ressortir les différents paramètres altérant la qualité des eaux, permettant de confirmer les risques de dégradation en lien avec le changement climatique. Les années 1970, 1989, 1990, 2005 ont été identifiées comme présentant des conditions hydrologiques particulièrement sévères à l'échelle du bassin versant. Cependant, compte tenu des données disponibles, cette approche n'a pas pu être mise en œuvre. En effet, les données de qualité des eaux disponibles sur les multiples stations de suivis à l'échelle du bassin versant (site <http://www.naiades.eaufrance.fr/>) ne fait état de données régulières qu'à partir de la fin des années 1990 début 2000 ne permettant pas de tirer des conclusions robustes sur un faible jeu de données.

De plus il est apparu peu robuste de faire des comparaisons entre années spécifiques d'un point de vue hydrologique sachant qu'on ne pourrait intégrer toute la complexité des impacts humains (exemple : dysfonctionnement d'une station d'épuration pendant une période, rejet ponctuel d'une industrie, apports d'engrais et lessivage des terrains...) et des incidences sur la qualité des eaux, elle-même mesurée à un « instant T ».

Seule la station historique de suivi de la qualité des eaux de l'Ardèche, située à Saint-Julien de Peyrolas, présente une chronique de données significative antérieure aux années 1990 sur le bassin versant de l'Ardèche. Aussi, il a été donc choisi **d'exposer l'ensemble des données disponibles de cette station de suivi présentant la plus grande chronique de données afin de faire ressortir la tendance d'évolution sur des paramètres cibles.**

Au regard des incidences du changement climatique sur la qualité des eaux présentés au paragraphe suivant (voir §3.4.4), les paramètres suivants ont été analysés :

- **Le Phosphore total et orthophosphates** : issus principalement des rejets des systèmes d'épuration et de l'agriculture (apports diffus), ils sont des catalyseurs de l'eutrophisation des cours d'eau et des développements algaux anormaux (voir développement de cyanobactéries dans certaines conditions, en plan d'eau notamment).
- **Les nitrates** : issus principalement des rejets des systèmes d'épuration ou de l'agriculture, les nitrates sont la forme azotée la plus courante en cours d'eau. En quantité importante et couplé au phosphore, ils sont responsables de l'eutrophisation et des développements algaux associés.
- **La conductivité** : par sa mesure, elle renseigne sur la quantité d'ion dissous dans l'eau (mesure : $\mu\text{S/cm}$) permettant d'alerter sur les variations de charge que reçoit le milieu. Une augmentation de la conductivité indique souvent un rejet plus important qu'à l'accoutumé ou une réduction de la capacité de dilution (étiage sévère) engendrant une sur-concentration.
- **La chlorophylle A** : elle renseigne sur le développement des algues en suspension dans l'eau et, de fait, est un indicateur précieux du niveau d'eutrophisation des cours d'eau. Cette production primaire capte l'azote et le phosphore disponible dans l'eau.

EVOLUTION DE LA QUALITE DES EAUX SUR L'ARDECHE A SAINT JULIEN

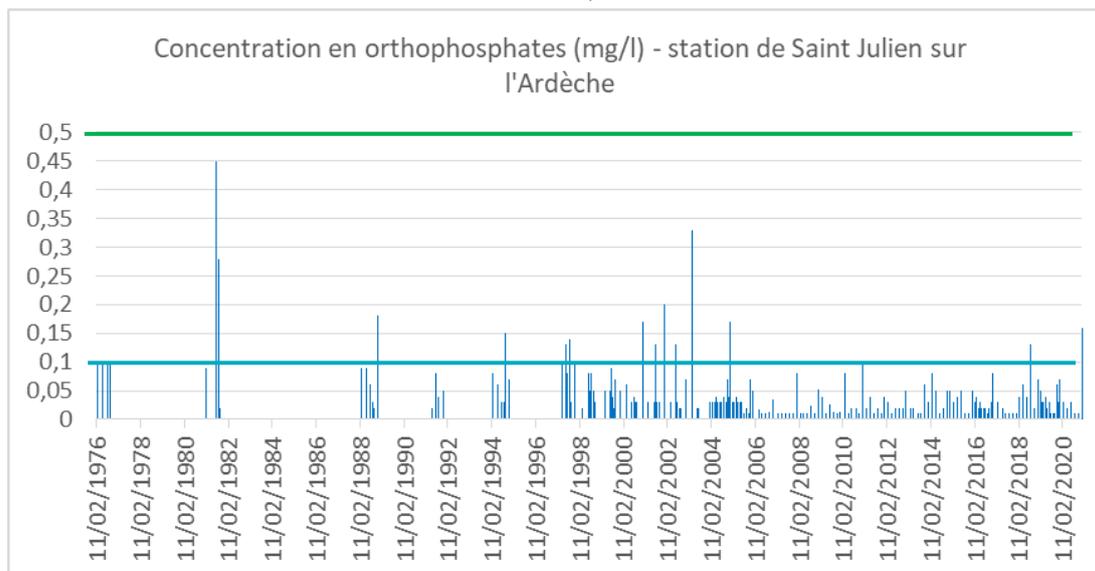
Les graphiques ci-dessous présentent les valeurs mesurées pour ces différents paramètres au niveau de l'Ardèche aval (Saint-Julien). Pour plus de repère, il est indiqué pour mémoire les seuils de qualité des eaux pour chacun des paramètres utilisés dans le cadre de l'évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole:



- Limite **bleue** : classe de **qualité très bonne**
- Limite **verte** : classe de **qualité bonne**
- Limite **jaune** : classe de **qualité moyenne**
- Limite **orange** : classe de **qualité médiocre**
- Limite **rouge** : classe de **qualité mauvaise**

Les graphiques ci-après présentent les concentrations en orthophosphates et phosphore total en mg/l de 1976 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien.

Figure 73 : Concentrations en orthophosphates en mg/l de 1976 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien



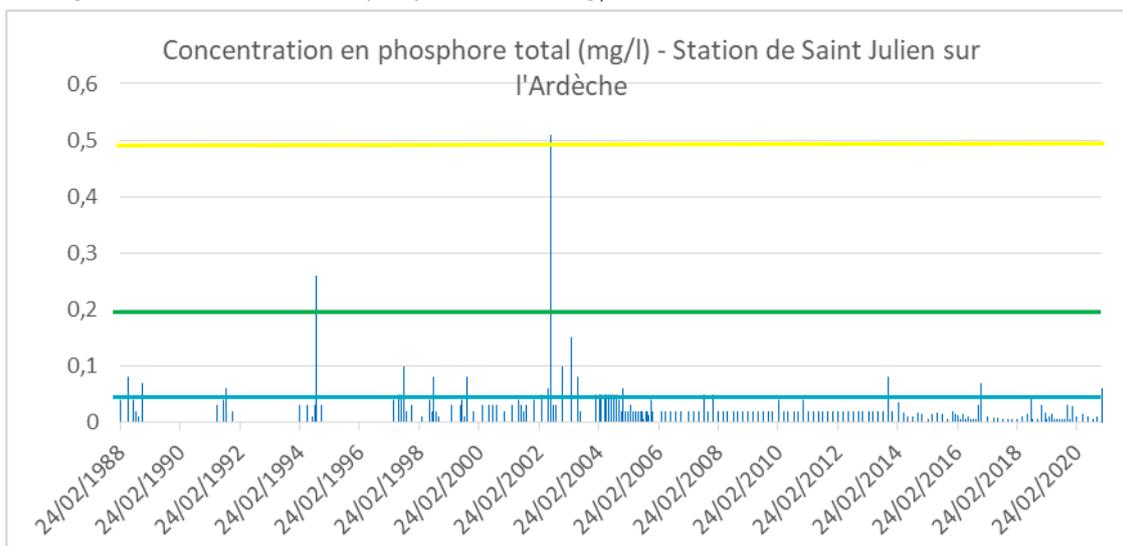
Les concentrations en orthophosphates sur la période considérée sont essentiellement inférieures à 0,1 mg/l soit une qualité « très bonne ». Les quelques « pics » observés sont malgré tout inférieurs à 0,5 mg/l soit dans une gamme de qualité « bonne ».

Le pic le plus important a été enregistré en période estivale, le 16 juillet 1981 avec une valeur de 0,45 mg/l d'orthophosphates.

Les évolutions enregistrées semblent indiquer une réduction progressive des orthophosphates que l'on peut attribuer à l'amélioration du traitement et des performances des stations d'épuration du bassin versant ainsi que le changement de formulation de certains produits (arrêt de l'utilisation des phosphates dans les lessives par exemple en 2007).



Figure 74 : Concentrations en phosphore total en mg/l de 1988 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien



Les concentrations en phosphore total sur la période considérée sont essentiellement inférieures à 0,05 mg/l soit une qualité « très bonne ». Les quelques « pics » observés dépassent la concentration de 0,2 mg/l, soit rentrent dans une gamme de qualité « moyenne ».

Le pic le plus important a été enregistré en période estivale, le 9 juillet 2002 avec une valeur de 0,51 mg/l de phosphore total.

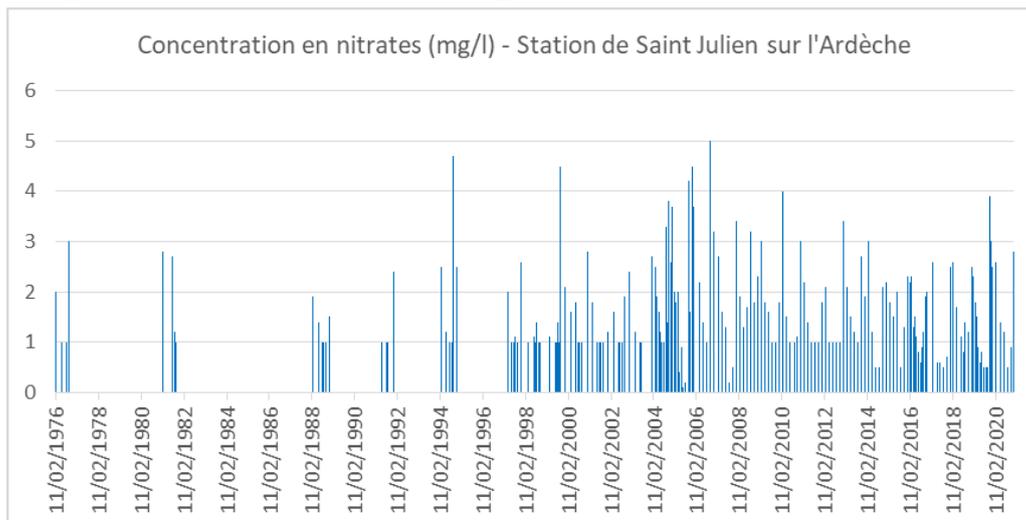
Comme pour les orthophosphates, les évolutions enregistrées semblent indiquer une réduction progressive du phosphore total. Cette réduction peut être attribuée à l'amélioration du traitement et des performances des stations d'épuration du bassin versant ainsi que le changement de formulation de certains produits (arrêt de l'utilisation des phosphates dans les lessives par exemple en 2007).

Une partie des réductions de matières phosphorées dans les eaux peuvent également être attribué à la consommation des végétaux (transfert de compartiment).

Le graphique ci-après présente les concentrations en nitrates en mg/l de 1976 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien.



Figure 75 : Concentrations en nitrates en mg/l de 1976 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien

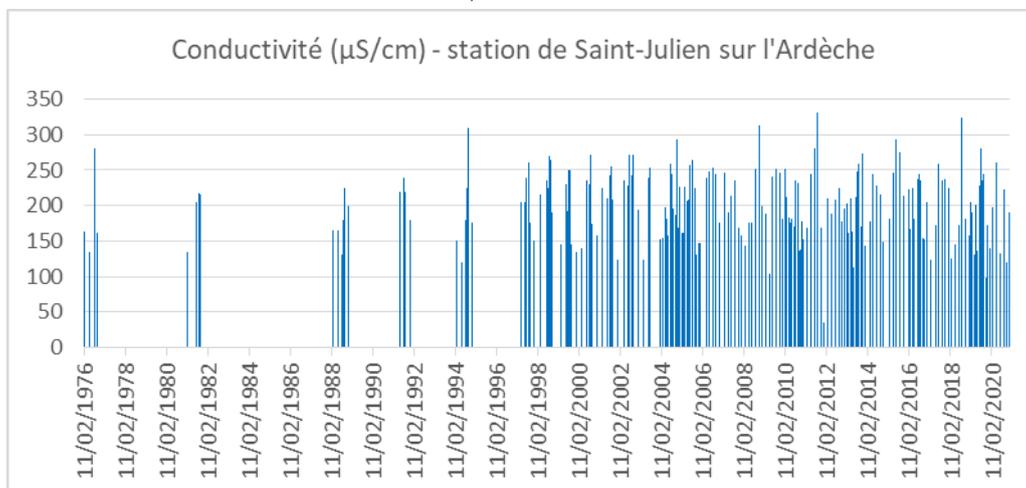


La limite de classe de qualité « très bonne » des nitrates est de 10 mg/l. La concentration la plus importante enregistrée est de 5 mg/l soit bien en deçà de cette limite de qualité permettant qualifier l'ensemble de la chronique « très bonne » pour ce paramètre.

Il n'est pas identifié de tendance nette d'évolution, tant à la hausse qu'à la baisse. Il est intéressant de noter que les 3 valeurs les plus importantes sur la chronique ont été enregistrées en fin de période estivale, au mois de septembre des années 1994, 1999 et 2006.

Le graphique ci-après présente la mesure de la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ de 1976 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien.

Figure 76 : Conductivité mesurée en $\mu\text{S}/\text{cm}$ de 1976 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien



A ce jour, il n'est pas établi de classe de qualité en vigueur relative à la conductivité en France. Le fond géochimique particulièrement varié de chaque partie du territoire métropolitain rend en effet complexe la définition d'une norme vis à vis de ce paramètre (substrats cristallins, roches sédimentaires calco-carboniques...).

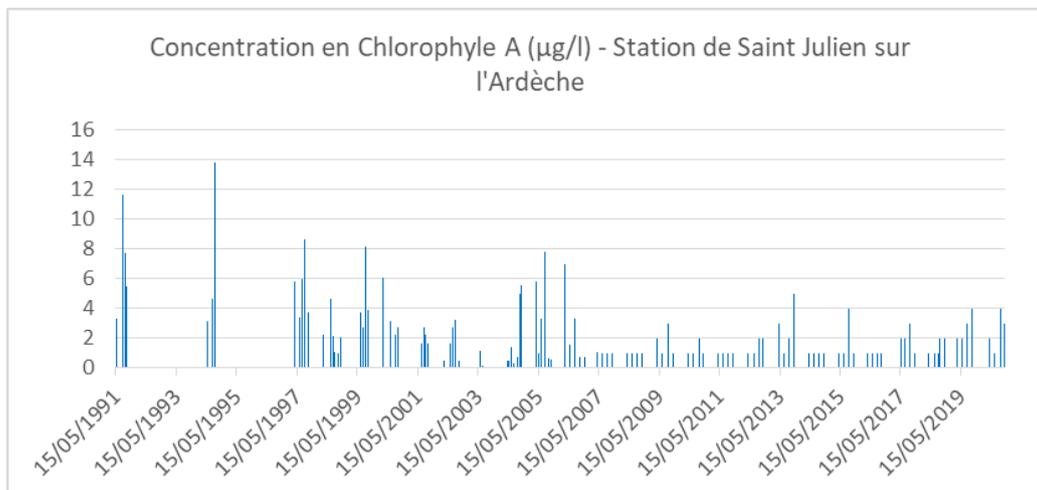
Néanmoins, pour un même bassin versant, toute évolution significative de la conductivité renseigne sur l'état de « chargement » de la masse d'eau en ions.



La chronique constituée de 1976 à 2020 ne fait pas état de tendance nette d'évolution, tant à la hausse qu'à la baisse. Il est néanmoins intéressant de noter que les 2 « pics » les plus importants sont enregistrés en période estivale, au mois d'août des années 2008 et 2011.

Le graphique ci-après présente les concentrations en chlorophylle A en $\mu\text{g/l}$ de 1991 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien.

Figure 77 : Concentration en chlorophylle A en $\mu\text{g/l}$ de 1991 à 2020 sur l'Ardèche à Saint Julien



A ce jour, il n'est pas établi de classe de qualité en vigueur relative à la concentration en chlorophylle A dans les cours d'eau français.

On constate, sur la chronique constituée de 1991 (donnée la plus ancienne) à 2020 une réduction significative des concentrations en chlorophylle A sur l'Ardèche. Sur les 5 dernières années, les concentrations en chlorophylle A n'ont pas dépassées les 4 $\mu\text{g/l}$ alors que les concentrations dépassaient souvent les 6-8 $\mu\text{g/l}$ dans les années 1990.

Cette évolution positive est à mettre en lien avec la réduction des concentrations en phosphore présent dans l'eau, évolution à la baisse présentée ci-avant.

EFFET DES FAIBLES DÉBITS SUR LA QUALITÉ DES EAUX

Comme évoqué au paragraphe 3.1.3, le changement climatique devrait entraîner une baisse des débits en période estivale, conduisant logiquement à une baisse du potentiel de dilution des rejets si ces derniers restent constant.

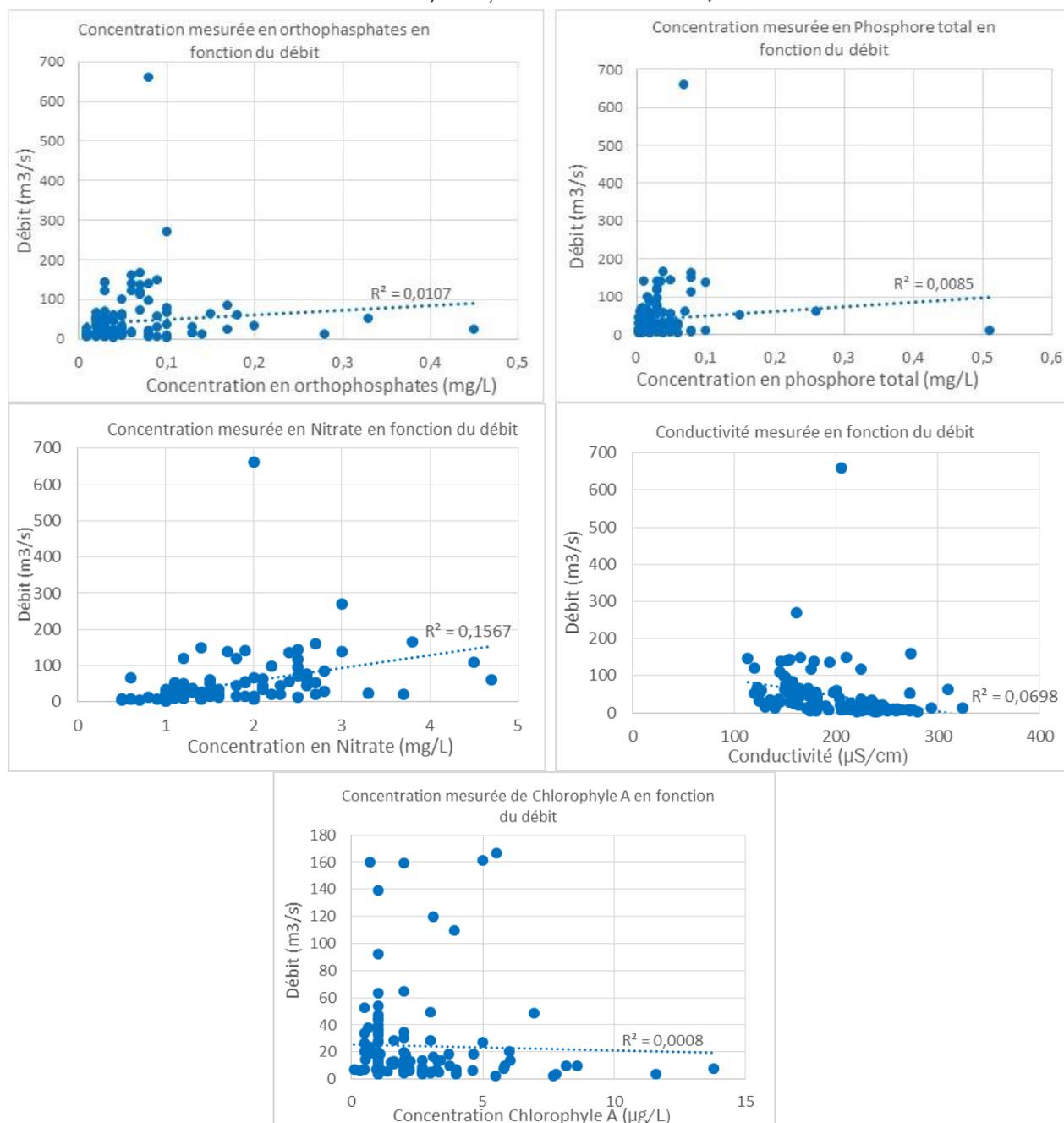
Cette logique n'est en réalité pas aussi robuste en raison des multiples éléments qui influent sur les rejets : temporalité et saisonnalité des rejets, multiplicité des cas de figures (exemple des réseaux de collecte d'effluents plus ou moins contaminés par des eaux parasites...), fixation ou relargage de certains composés...

Pour évaluer malgré tout si il y a des corrélations franches entre hydrologique et qualité des eaux, il est présenté ci-après le croisement entre les données de qualité des eaux et les chroniques de débits journaliers à la station de Saint Martin d'Ardèche.



3. QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES HYDRO-ÉCOSYSTÈMES DU BASSIN-VERSANT ?

Figure 78 : Croisement entre données de qualité des eaux et chroniques de débit de l'Ardèche aval (stations de Saint Julien de Peyrolas / Saint Martin d'Ardèche)



On constate sur l'ensemble des graphiques des nuages de points dont l'étalement ne permet pas d'établir une corrélation robuste entre les faibles débits et des concentrations élevées en composés dissous, cela en raison de la complexité des facteurs influençant la qualité des eaux.

Pour autant, on observe malgré tout que les plus fortes concentrations d'éléments dissous sur les chroniques considérées ont été observées alors que les débits étaient parmi les plus faibles : cela correspond aux quelques points observés sur la droite des graphiques et très proches de l'axe des abscisses.



SYNTHESE ET CONCLUSIONS

Les données de suivi mettent en lumière sur la chronique 1976-2020 une amélioration significative de la qualité des eaux sur les paramètres susceptibles d'évoluer défavorablement vis-à-vis du changement climatique.

Les améliorations des pratiques agricoles, du traitement des stations d'épuration ou des changements de formulation de produits (exemple des phosphates dans les lessives) sont vraisemblablement les raisons principales de ces progrès.

Les données mettent néanmoins en lumière **une dégradation ponctuelle de la qualité des eaux** (visible sous forme de « pics » dans les graphiques) de certains composants comme le phosphore **en période estivale, période sensible d'un point de vue hydrologique, lorsque les débits sont généralement les plus faibles.**

Une attention spécifique sur le niveau d'eutrophisation des écosystèmes est également à conserver en raison d'indicateurs DCE actuellement utilisé peu sensible à ce phénomène qui, de fait, ne retranscrivent que très modestement cette problématique. Le suivi des variations d'oxygène dissout et pH sur l'ensemble d'un cycle jour/nuit est un indicateur robuste et rustique permettant de mettre en lumière des dysfonctionnements écologiques en lien avec l'eutrophisation.

Si le niveau de dégradation de la qualité des eaux n'est pas à ce jour alarmant, **ce point de vigilance met en lumière la sensibilité des milieux vis-à-vis des charges reçues en période de basses eaux dans les conditions actuelles ainsi qu'une première estimation des limites d'autoépuration de l'hydrosystème.**

Parmi les mesures susceptibles de limiter l'augmentation des phénomènes d'eutrophisation, on peut citer :

- Améliorer l'épuration des eaux usées (réseau, stations...)
- Réduire les apports d'azote et phosphore diffus (pratiques agricoles...),
- Favoriser les ripisylves pour réduire les surfaces en eau exposés directement aux rayonnements
- Améliorer le fonctionnement global des écosystèmes pour favoriser les phénomènes d'autoépuration.

3.4.4 Impacts attendus du changement climatique sur la qualité des eaux

Le présent chapitre s'appuie sur l'ouvrage de référence *Impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse, Bilan actualisé des connaissances, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Septembre 2016* qui dresse un portrait complet des évolutions que le changement climatique peut apporter sur la qualité des eaux.

LES EFFETS DES ACTIVITES ANTHROPIQUES RESTERONT MAJORITAIRES SUR LES RISQUES D'EUTROPHISATION

L'un des **impacts attendu du changement climatique sur la qualité de l'eau est le risque d'eutrophisation via l'augmentation de la température et la diminution des débits qui favoriserait la croissance du phytoplancton et des macrophytes** ainsi que le développement accru et plus fréquent de cyanobactéries dans les masses d'eau à temps de résidence important (Fabre, 2012).



L'évolution de nombreux paramètres de la qualité de l'eau sur la Loire de 1977 à 2008 a été étudiée. Il en ressort que la diminution des débits d'environ -100 m³/s et l'augmentation de la température moyenne annuelle de l'eau de +1.2 °C (+2°C en été) explique seulement 20% de la variation des paramètres de qualité. Pour ce cours d'eau, **dans un contexte d'évolution marquée du phosphore qui contrôlait le développement du phytoplancton, les effets imputables au changement climatique sur la qualité de l'eau sont donc minoritaires d'après les auteurs par rapport aux activités anthropiques** (Floury et al., 2012). Les travaux de Minaudo et al. (2015) sur le même fleuve et la même période confirment que **l'eutrophisation est majoritairement fonction de la concentration en phosphate et donc de la pression anthropique**.

Partant de l'hypothèse qu'avec l'élévation des températures favorables à la minéralisation des molécules azotées et des précipitations plus concentrées en temps, les eaux de ruissellement seraient plus concentrées, Dunn et al (2012) ont modélisé l'évolution des pollutions diffuses en Ecosse par les nitrates à l'horizon 2050. **Il ne ressort pas de tendance significative à grande échelle d'une influence du climat sur les flux de polluants**. Les auteurs concluent que c'est le scénario d'évolution des pratiques agricoles qui aura l'impact majoritaire (Dunn et al., 2012). Le projet CLIMATOR aboutit à des conclusions similaires. Il précise que la variabilité interannuelle du climat aura plus d'impact sur la lixiviation que la tendance à l'élévation des températures (Brisson et al., 2010).

Les activités anthropiques resteront donc les facteurs de contrôle majoritaires. Hesse et al. (2016) ont cherché à quantifier l'impact seul du changement climatique sur l'eutrophisation de l'Elbe (Allemagne et République Tchèque). Les projections climatiques montrent une augmentation de la température (+3 °C) et des précipitations (+57 mm). La modélisation hydrologique (SWIMM) projette une augmentation du débit de 20%. Un module permet de modéliser les flux de nutriments et le développement du phytoplancton. De façon générale, les évolutions des concentrations de ces éléments et leurs causes (sans évolution des pratiques anthropiques) sont :

- L'oxygène dissous diminue de 5% en raison de l'augmentation de la température ;
- La concentration des nitrates baisse de 5 %, ce qui est corrélé à l'augmentation des débits (dilution plus forte);
- L'ammonium diminue de 24% (forte variabilité spatiale) ; cela serait causé par une plus forte minéralisation due à l'augmentation de la température et à une lixiviation plus importante dans les sols ;
- Les phosphates augmentent de +5% probablement du fait d'une plus forte érosion induite par l'augmentation des précipitations (ou bien par une plus faible consommation par le phytoplancton) ;
- La biomasse de phytoplancton baisse de 5% du fait de conditions de croissance non optimales (température trop élevée, moins de rayonnement solaire et moins d'ammonium disponible) (Hesse and Krysanova, 2016).

Un enjeu majeur pour la qualité de l'eau, notamment vis-à-vis de l'usage baignade, concerne **l'évolution des blooms de cyanobactéries dont certaines libèrent des toxines, néfastes pour l'homme et les milieux**. En effet, Romo et al (2013) ont suivi sur trois années dans le lac côtier Albufera (au sud de Valence, Espagne) la dynamique de prolifération des cyanobactéries et la concentration en microcystine (toxine libérée lors des blooms par certaines cyanobactéries) ainsi que les conditions hydrologiques. Les résultats confirment que plus le temps de résidence est long et le brassage faible, plus les colonies de cyanobactéries sont importantes (Romo et al., 2013). Dans un lac peu profond eutrophisé en Grèce, des travaux ont montré que des températures élevées associées à une disponibilité en éléments nutritifs (nitrate, ammonium et phosphates) est positivement corrélée à la production de cyanotoxines (Gkelis et al., 2014).

Le changement climatique devrait donc **augmenter les situations permettant l'apparition des blooms par l'élévation des températures et la diminution des débits**. Ces deux tendances combinées entraîneront une diminution du brassage et une augmentation de la stratification thermique des masses d'eau (plans d'eau, lacs).



LES PERFORMANCES DES STATIONS D'ÉPURATION POURRAIENT DIMINUER

Le fonctionnement des stations d'épuration sera impacté par le changement climatique. Les procédés d'épuration tolèrent des fluctuations de température importantes. L'élévation des températures dans les régions tempérées devrait accélérer les réactions cinétiques diminuant les besoins énergétiques des stations. En période sèche donc, on peut s'attendre à une amélioration des rendements des stations d'épuration. Dans les réseaux, l'augmentation de la température aura des impacts négatifs : cela augmentera la fermentation entraînant plus de nuisances olfactives et cela favorisera la formation de sulfure d'hydrogène qui accélèrera la corrosion des canalisations (Vo et al., 2014).

Si l'intensification des précipitations se confirme, cela diminuera l'efficacité des systèmes d'épuration (surtout des réseaux unitaires) de plusieurs façons :

- La composition de l'effluent changera. Il sera plus dilué et plus chargé en éléments chimiques issus des chaussées. Cela perturbera les phases de nitrification/dénitrification des boues activées et entraînera l'apparition de floccs ;
- L'efficacité du clarificateur diminuera du fait d'une diminution du temps de résidence. Les dépôts de boues dans les milieux récepteurs augmenteront ;
- Les apports de débris et sédiments augmenteront en entrée nécessitant plus d'entretien ;
- L'infiltration d'eaux usées dans les réseaux à l'amont des stations sera augmentée ;
- Les volumes d'eaux usées non traitées rejetées au milieu récepteur au droit des déversoirs d'orages seront augmentés.

De fait, indépendamment des types d'épuration (boues activées, filtres plantés de roseaux, lagune...), c'est leur dimensionnement, l'importance des intrusions d'eau claires parasites et leur sensibilité aux à-coups hydrauliques (présence ou non de bassins tampons...) qui peuvent rendre les systèmes d'épuration vulnérables au changement climatique.

Une étude de cas en Angleterre avance que, plus que l'intensification, c'est **l'augmentation du cumul total des précipitations qui est le plus corrélé à une dégradation de la qualité de l'eau dans le milieu. Cette étude souligne également que la qualité du milieu récepteur restera grandement dépendante de la consommation d'eau par habitant. Plus elle est importante, plus la qualité du milieu sera dégradée, principalement lorsque les débits sont les plus faibles** (Astaraié-Imani et al., 2012).

Même si les volumes rejetés n'évoluent pas, la capacité d'autoépuration diminuera à cause des diminutions attendues des débits d'étiage. L'analyse de chroniques passées du niveau de traitement montre que l'impact de phénomènes extrêmes (inondations et sécheresse) sur la qualité du traitement tend à être sous-estimé par les modèles (Langeveld et al., 2013).

3.4.5 Conséquences sur la thermie des cours d'eau

Le présent chapitre d'appui sur l'ouvrage de référence *Impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse, Bilan actualisé des connaissances, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Septembre 2016* qui dresse un portrait complet des évolutions que le changement climatique peut apporter sur la qualité des eaux.



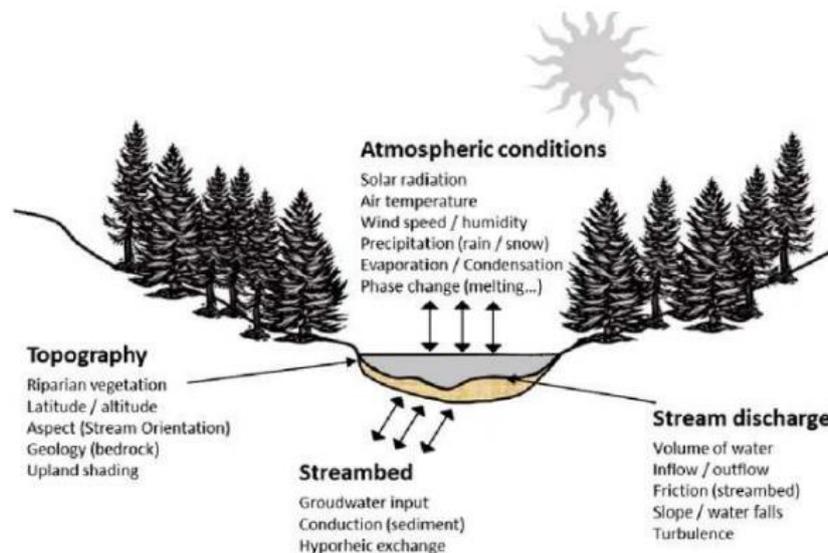
IMPACTS SUR LA TEMPÉRATURE DES COURS D'EAU

La température des cours d'eau joue un rôle prépondérant dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Elle impacte également les usages anthropiques (production d'électricité, d'eau potable, pêche et biodiversité) (Hannah and Garner, 2015). La pérennité du Réseau National Thermique mis en place par l'ONEMA en 2008 permettra de dégager à moyen terme des tendances d'évolution des températures. La température de l'eau du Rhône est mesurée depuis 1977 par EDF pour la surveillance des centrales nucléaires et a été reconstituée par modélisation statistique depuis 1920. L'analyse montre une augmentation de la température annuelle moyenne plus marquée à l'aval qu'à l'amont : + 0.4 °C à Pougny (amont) et + 2.1 °C à Tricastin (aval). La période 1920-1980 montre une variabilité interannuelle mais pas de tendance marquée.

L'augmentation des températures est significative depuis les années 80. A l'échelle saisonnière, l'élévation est principalement marquée en été, peu en hiver (EDF, 2016). Le manque de données historiques nécessite d'aborder la question d'un point de vue théorique, en identifiant les processus impactant la température de l'eau imputables au changement climatique.

La température est le résultat d'un équilibre thermodynamique entre les flux énergétiques et hydrologiques aux interfaces eau-atmosphère et eau-lit du cours d'eau (Figure ci-après). Ces différents facteurs sont à l'origine de la variabilité des régimes thermiques et interviennent de manière très hétérogène à différentes échelles spatiales (Caissie, 2006).

Figure 79 : Facteur de contrôle de la température de l'eau (Caissie, 2006)



A grande échelle, pour les cours d'eau importants (de largeur supérieure à 3 m), il est estimé que 80 % des échanges thermiques ont lieu à l'interface eau-atmosphère. L'apport principal d'énergie est le rayonnement solaire (ondes courtes). Les autres facteurs de contrôle étant la température de l'air et le rayonnement atmosphérique (ondes longues).

La relation linéaire entre la température de l'air et celle de l'eau à l'échelle annuelle est particulièrement marquée pour les grands cours d'eau connectés à un grand bassin versant (>1000 km²) au substrat peu perméable. Elle est plus difficile à établir pour les cours d'eau à petit bassin versant avec un substrat très perméable. Dans les deux cas cette corrélation diminue pour les températures atmosphériques extrêmes (Beaufort et al., 2015).



A l'échelle locale (tronçon de rivière de quelques km), d'autres facteurs de contrôle opèrent : l'ombre projetée par la ripisylve ou la topographie sur le cours d'eau et les interactions avec les nappes vont fortement influencer la température.

L'influence de l'ombrage est fonction de la morphologie du cours d'eau (largeur principalement), de l'orientation du tronçon par rapport au soleil et de l'ombre portée par la ripisylve (fonction de sa hauteur).

Plusieurs travaux montrent l'impact des corridors boisés sur la température des cours d'eau, principalement sur une diminution des températures maximales journalières estivales (Garner et al., 2015; Simmons et al., 2015).

Figure 80 : Effet d'ombrage et de protection d'un corridor boisé sur un cours d'eau (FDPPMA 81)



Il ressort également que l'effet est moins marqué lorsque le corridor se trouve à l'aval. Globalement, plus le taux d'ombrage est important plus les températures seront faibles et avec le moins d'amplitude annuelle. Les petits cours d'eau de forêt en sont l'exemple type : le recouvrement des arbres crée un microclimat isolant le cours d'eau des échanges radiatifs et du vent (Garner et al., 2015 ; Beaufort et al., 2015).

La température des eaux souterraines est relativement stable au cours du temps (hors variations saisonnières d'amplitude limitée) impactant fortement la température des cours d'eau en hiver (réchauffement) et en été (refroidissement). La mobilisation des eaux hyporhéiques peut également fortement influencer la température du cours d'eau (Beaufort et al., 2015). Le contrôle par ces facteurs à l'amont des bassins versants se propage vers l'aval et impacte la température des cours d'eau de taille moyenne.

Les stations dont les régimes thermiques sont majoritairement contrôlés par les échanges nappe-rivière sont celles qui présentent les plus faibles variations de température au cours de l'année ainsi que les plus faibles températures en été. Ces zones pourraient devenir des zones refuges pour des espèces piscicoles. Leur préservation passe par une gestion adéquate des prélèvements souterrains afin d'assurer le maintien de ces échanges.

Les projections d'évolution de la température des cours d'eau sont réalisées soit par une approche statistique soit par une approche physique par identification des processus de contrôle et résolution des équations d'équilibre thermodynamique.



Les cours d'eau contrôlés majoritairement par les conditions atmosphériques seront les plus vulnérables au changement climatique. Cependant la température de l'eau est également contrôlée par des aménagements anthropiques non ou peu pris en compte par les modélisateurs comme les seuils et étangs artificiels, les barrages, les rejets des eaux (industries, stations d'épuration), l'imperméabilisation des sols, les modifications hydromorphologiques...

SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ARDECHE

Comme présenté ci-avant, les cours d'eau de faible largeur (inférieur à 10-15 m) présentant une ripisylve dense sont les cours d'eau les plus protégés des rayonnements solaires et du potentiel de réchauffement des eaux.

Cela concerne tout le « petit chevelu » de cours d'eau des têtes de bassins versant ainsi que les sections intermédiaires soit une très grande partie du réseau hydrographique du bassin versant de l'Ardèche. C'est sur les secteurs les plus protégés par les ripisylves que peuvent plus facilement se maintenir les espèces sténothermes d'eau froide comme la truite fario.

Plus en aval, la largeur des cours d'eau comme l'Ardèche ne permet pas une couverture suffisamment importante pour que la ripisylve ait un effet suffisamment important sur la thermie. Cela ne doit pas pour autant être considéré comme sans intérêt pour l'écosystème (la fixation des berges, habitats aquatiques dans le chevelu racinaire, corridor biologique et biodiversité...).

Les études existantes sur la thermie mettent en avant la multiplicité des facteurs expliquant son évolution (effet de la ripisylve, apports d'eau froide par des sources, rejets, rôle des retenues par les ouvrages, capacité d'inféoflux ...). Aussi, en l'absence spécifique d'étude sur le bassin versant de l'Ardèche, il est hasardeux de donner des chiffres sur l'effet de tel ou tel facteur avec une distinction par secteurs.

Néanmoins, dans un contexte de changement climatique ou les pics de températures plus élevées qu'aujourd'hui sont attendus, toutes les actions dont les effets sont en faveur d'une réduction de l'augmentation des températures sera bénéfique pour les écosystèmes. On peut citer à titre d'exemple :

- Maintien des ripisylves, entretien, plantations éventuelles sur les secteurs ayant fait l'objet de lourds travaux ;
- Réduction du colmatage pour favoriser les écoulements dans la masse alluvionnaire (inféoflux) ;
- Préservation des débits des sources et résurgences qui contribuent à l'apport d'eaux fraîches,
- Contrôle des rejets favorisant l'élévation de la température,
- Réduction de l'impact des seuils favorisant les élévations de température,
- Ect...

3.5 CONSÉQUENCES SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES ET HUMIDES

Comme pour les ressources en eau et la qualité de l'eau, l'analyse des conséquences potentielles du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques et humides du bassin versant passe par un état des lieux de la situation actuelle, une analyse des évolutions constatées au cours des dernières décennies, et une analyse des impacts potentiels du changement climatique et de la vulnérabilité des écosystèmes.



Les paragraphes ci-dessous retracent ces analyses. Des éléments d'informations complémentaires sont présentés en Annexe 6 (méthodologie, compléments d'informations concernant l'état des lieux, etc.).

3.5.1 Des milieux naturels remarquables et globalement en très bon état

Le territoire se situe en majorité dans le département de l'Ardèche, et déborde sur le département de la Lozère sur sa partie sud-ouest, et également sur le département du Gard sur la partie sud-est. Il recoupe le Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche ainsi qu'une petite partie du Parc Naturel National des Cévennes.

Le bassin versant de l'Ardèche jouit globalement d'une nature bien préservée aux **continuités écologiques fonctionnelles**, notamment au niveau de sa trame « verte ». La trame bleue est toutefois plus perturbée, avec la présence de nombreux ouvrages hydroélectriques ou seuils, qui en plus de potentiellement constituer une barrière physique aux continuités, influent sur les débits retrouvés dans les cours d'eau.

Il comprend de nombreuses zones naturelles avec de forts intérêts biologiques comme en témoigne les différents zonages environnementaux et les nombreuses ZNIEFF réparties sur tout le bassin versant.

Davantage d'informations sur la trame verte et bleue ainsi que les différents zonages environnementaux sont présentées en Annexe 6.

La Figure 82 présente les différents types d'occupation du sol sur tout le territoire du bassin versant de l'Ardèche. Les forêts sont les principaux milieux retrouvés (54,2%), suivies par les pelouses (25,5%) et les landes ligneuses (13,4%). Ainsi, le territoire est majoritairement occupé par des milieux naturels. Ces différents types de milieux sont localisés sur la carte présentée en Figure 81.



3. QUELLES CONSÉQUENCES SUR LES HYDRO-ÉCOSYSTÈMES DU BASSIN-VERSANT ?

Figure 81 : Carte d'occupation du sol détaillant les différents milieux naturels présents sur le bassin versant

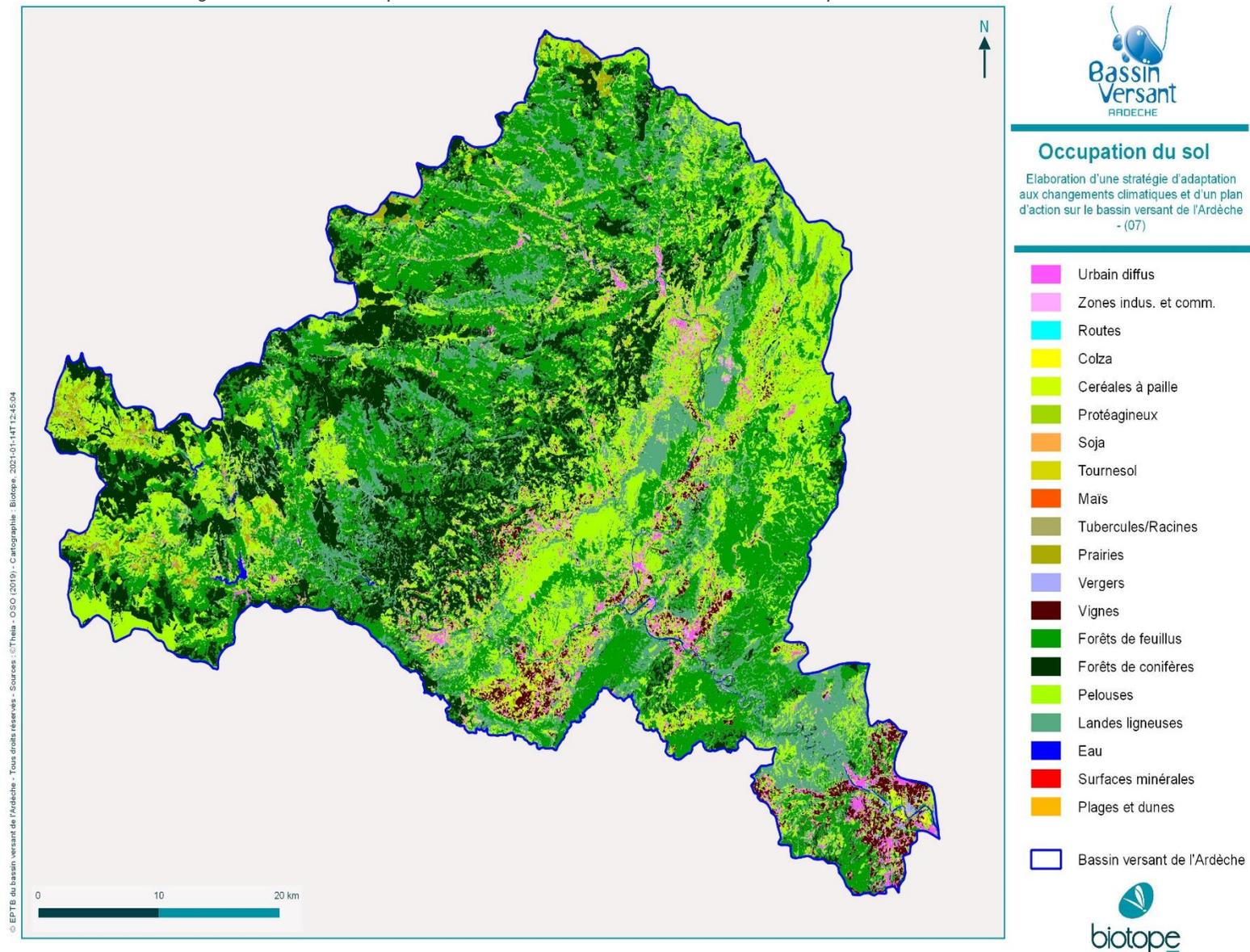
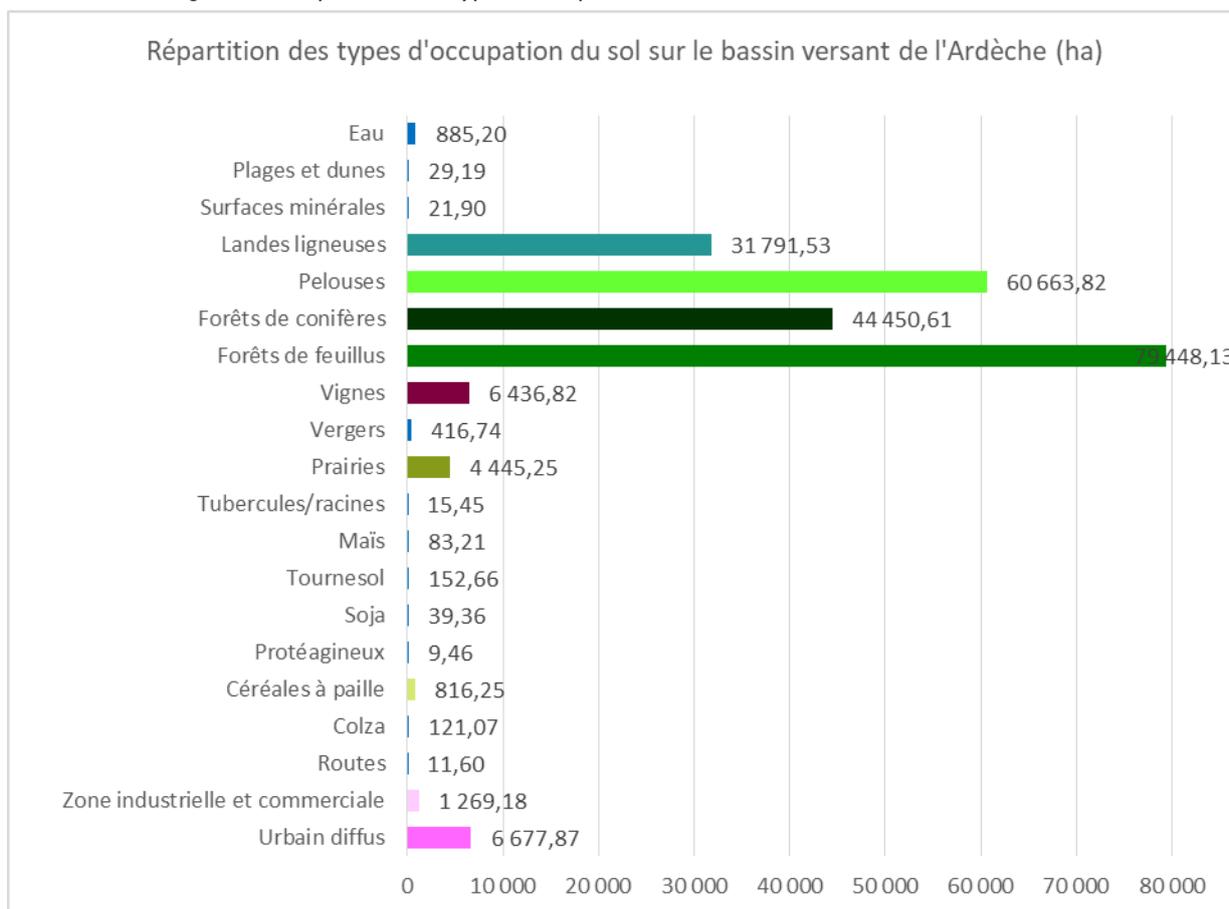




Figure 82 : Répartition des types d'occupation du sol sur le bassin versant de l'Ardèche



La prédominance des milieux forestiers, la densité du chevelu des cours d'eau et le caractère très rural du territoire en font une formidable terre d'accueil pour la biodiversité. De nombreuses espèces patrimoniales effectuent leur cycle de vie sur le bassin versant.

Les milieux ouverts, plus rares, abritent également une faune et une flore patrimoniale, plus menacée que les autres cortèges des milieux terrestres en raison notamment de la déprise agricole.

3.5.1.1 Focus sur les milieux humides

De nombreuses zones humides sont présentes sur le territoire, les plus importantes en surface étant liées à la rivière Ardèche, mais également à d'autres cours d'eau comme l'Ibie, ou la Beaume. Les têtes de bassin accueillent un nombre particulièrement important de petites zones humides, comme sur la partie Lozérienne (secteur Chassezac, mont Lozère) sous la forme de prairies humides et de tourbières. Le plateau de Montselgues ainsi que le bois de Cuze tout au nord abritent également de nombreuses zones humides.

Les zones humides rencontrées sur le bassin versant de l'Ardèche sont variées. Six cent soixante (660) zones humides sont identifiées sur celui-ci, pour plus de 3 100 ha (seulement 40% de ces zones humides ont une superficie supérieure à 1ha). Parmi elles, le SAGE identifie 297 zones humides majeures, incluses dans 29 espaces de fonctionnalités.



Ces secteurs de zones humides majeures ont été identifiés à dire d'expert, en mettant la priorité sur les zones humides contribuant de manière plus ou moins directe à la préservation de la ressource en eau et à la régulation des débits d'étiage, à l'étalement et au retardement des crues ainsi qu'au ralentissement des ruissellements. Ces zones ont été identifiées de manière à prioriser les actions de préservation de ces espaces.

Dans le cadre de cette étude, ces milieux qui jouent un rôle majeur pour le territoire dans le cycle de l'eau, devront être particulièrement étudiés comme les leviers d'actions sur lesquels agir. Ainsi, trois grands types de zones humides majeures ont été définis, de manière à pouvoir mieux orienter les actions :

- Douze secteurs de zones humides liées aux cours d'eau et aux plaines alluviales ;
- Huit secteurs liés aux cours d'eau intermittents de type méditerranéen ;
- Neuf secteurs de réseaux de zones humides en têtes de bassin versant.

En effet, les écosystèmes humides sont très variés, et loin d'être figés dans un état donné, les zones humides changent sous l'influence de dynamiques naturelles comme l'érosion (côtière, fluviale, etc.), ou le comblement progressif et les successions végétales. Les modes d'alimentation en eau et les relations entre les principaux compartiments hydrologiques diffèrent fortement selon les milieux.

Selon l'ONEMA (Office national de l'eau et des milieux aquatiques, aujourd'hui intégré à l'Office Français de la Biodiversité, OFB), 30 % des espèces végétales remarquables et menacées vivent dans les milieux humides et environ 50 % des espèces d'oiseaux dépendent de ces zones. A titre d'exemple, en Rhône Alpes, les tourbières ne recouvrent que 0,25 % du territoire mais abritent le tiers des espèces rares et protégées. Au-delà de ce rôle support de la biodiversité, les zones humides remplissent d'autres fonctions indispensables à l'homme : régulation des sécheresses et des inondations, traitement des pollutions, stockage du carbone, ralentissement de l'érosion des sols...

Sur le bassin versant de l'Ardèche, comme sur tout le territoire français, de nombreuses espèces dépendent de ces milieux, et sont d'autant plus menacées avec le dérèglement climatique. Les photographies ci-après présentent quelques espèces emblématiques des zones humides présentes sur le territoire.

Concernant la faune, la plus menacée est celle dépendant directement des milieux humides ouverts, dont la régression induira une perte d'habitat qui à son tour, impactera les communautés en place (les densités d'individus notamment).

Une réduction des niveaux d'eau pourrait induire une réduction de la surface totale des zones humides, l'isolement de ces milieux vis-à-vis de leur ressource en eau ou encore des modifications dans la saisonnalité des cycles de période sèche et humide ou dans le ratio milieux ouverts en pleine eau / milieux fermés. Par ailleurs et bien qu'une augmentation des concentrations en CO₂ puisse favoriser la croissance des végétaux, une augmentation de la température et une réduction des niveaux d'eau pourrait avoir des conséquences néfastes pour les communautés floristiques¹⁸ et par conséquence pour les populations animales.

En outre, il semble que les espèces bénéficiant le plus de l'altération du climat soient celles généralement considérées comme invasives, qui ont des capacités adaptatives généralement supérieures. Les espèces invasives ont tendance à homogénéiser les milieux, à réduire la diversité spécifique et donc à rendre le milieu moins résilient et ainsi plus vulnérable au changement climatique. Le changement climatique n'est pas la cause de la présence et la prolifération des espèces exotiques (la cause est souvent anthropique), mais leur action sur les écosystèmes rend ses derniers beaucoup plus vulnérables aux changements du climat.

¹⁸ Voir Annexe 6 les espèces floristiques patrimoniales et leurs affinités selon plusieurs paramètres : les espèces ayant les affinités les plus basses pour la température (1 à 5), les plus hautes avec l'humidité édaphique (6 à 12) et l'humidité atmosphérique (6 à 9) seront les plus menacées par le changement climatique.



Drosera à feuille ronde (source : Flora data, Yoan Martin - [CC-BY-SA 2.0 FR](#))



Triton palmé (©Biotope)



Faucon hobereau (©Biotope)



Grèbe huppé (©Biotope)



Orchis à fleurs lâches (source : Flora data, Mathieu Menand - [CC-BY-SA 2.0 FR](#))



Laïche à deux étamines (source : Flora data, Hugues Tinguy - [CC-BY-SA 2.0 FR](#))



3.5.1.2 Focus sur les milieux aquatiques

Les milieux aquatiques occupent une place importante sur le territoire. Le bassin versant de l'Ardèche compte quelques 2675 km de cours d'eau, dont 1 441 km (54% du linéaire) sont classés en liste 1, soit relevant d'un très bon état écologique et jouant un rôle de réservoir biologique.

De nombreuses espèces végétales et animales illustrent la richesse des cours d'eau et des milieux aquatiques, certaines étant protégées pour leur intérêt communautaire ou mondial. Parmi les espèces emblématiques inféodées à l'eau et aux milieux aquatiques peuvent être citées : l'Apron du Rhône et l'Anguille d'Europe (en danger critique d'extinction), l'Ecrevisse à pattes blanches (en danger), la moule d'eau douce (*Unio Crassus*), le Barbeau méridional et la Loutre d'Europe (quasi menacés), l'alose feinte du Rhône et la lamproie (préoccupation mineure), et enfin 4 espèces d'odonates inscrites à la directive habitats : Agrion de Mercure (quasi menacé), Cordulie à corps fin (quasi menacé), Cordulie splendide (vulnérable), *Gomphus graslinii* (préoccupation mineure).



Loutre d'Europe (©Biotope)



Anguille d'Europe ((©Biotope)



Ecrevisse à pattes blanches (©Biotope)



Apron du Rhône (©Biotope)

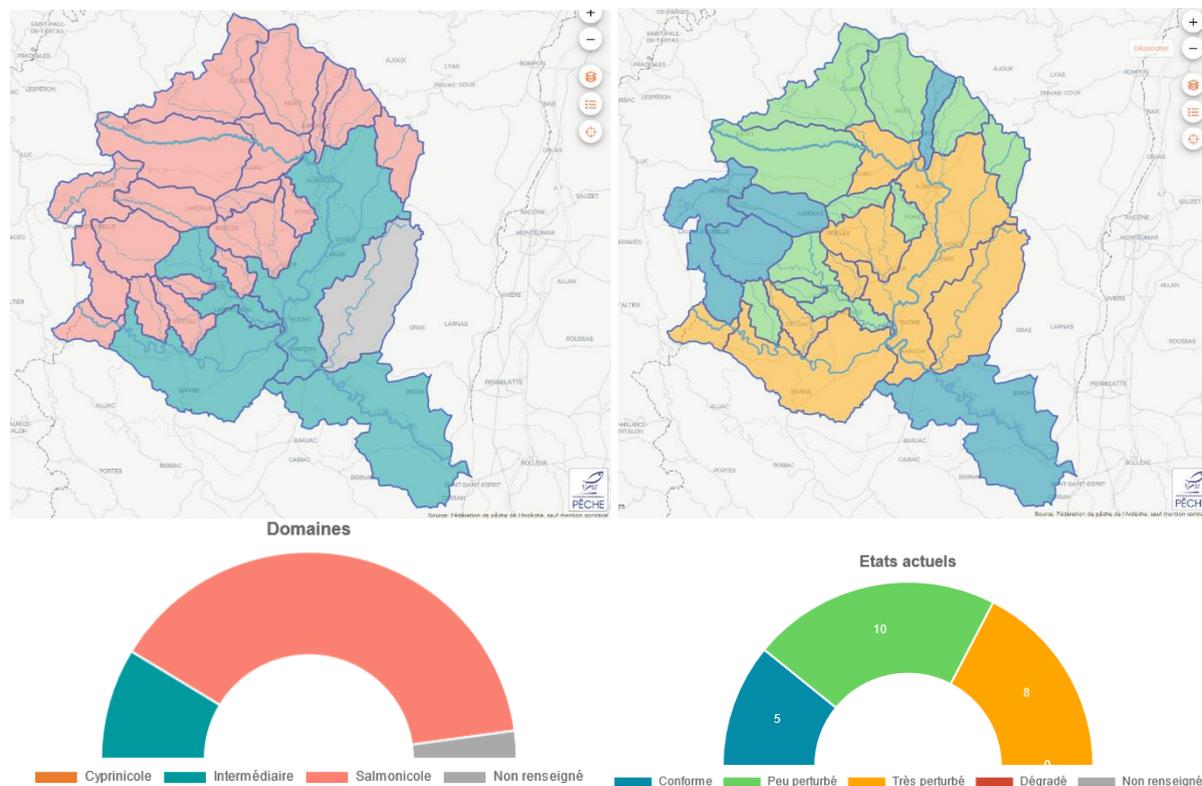
Les corridors fluviaux subissent de nombreuses pressions liées aux activités humaines et on observe localement une banalisation des milieux et le développement d'espèces invasives. Le nombre d'espèces animales invasives ou introduites est également important (Carassin doré, la Carpe commune, l'hotu, la perche soleil, le poisson chat, la truite arc-en-ciel, les écrevisses exotiques, le ragondin, le clam asiatique...). **Les espèces invasives sont identifiées par l'UICN comme une des causes majeures du déclin de la biodiversité dans le monde.**

Les PDPG (Ardèche, Gard et Lozère) ont évalué **qu'environ trois-quarts des linéaires des cours d'eau sont classés en salmonicole perturbé** du fait de la présence d'ouvrages bloquant la circulation piscicole.



Les zonations piscicoles ont évolué depuis 2012, et le PDPG Ardèche, en cours d'élaboration et pas encore publié a affiné le classement des cours d'eau. Parmi les cours d'eau salmonicoles, seuls 3 sont désormais considérés comme non perturbés, 8 peu perturbés et 5 très perturbés.

Figure 83 : Domaines piscicoles et état actuels des cours d'eau sur le bassin versant de l'Ardèche, département ardéchois uniquement (Source : Fédération de Pêche de l'Ardèche, consultation du Web-PDPG en mai 2021)



On assiste également et très localement à une pollution génétique des souches de truites autochtones, avec en particulier sur la Bourges une très forte introgression par les souches domestiques (BERREBY P., 2007), qui peut s'avérer inquiétante pour la conservation des espèces locales.

Enfin, les débits de l'Ardèche sont entièrement artificiels à cause d'ouvrages importants. Ces ouvrages peuvent perturber le cycle biologique des espèces aquatiques. Ils impactent notamment les frayères qui dépendent beaucoup des débits et de l'apport de sédiments. Elles peuvent ainsi être perturbées par la présence d'ouvrages dont la transparence n'est pas assurée, ainsi que par les curages ou les prélèvements. Par exemple, l'étude préalable à la restauration de la continuité écologique sur quatre seuils du Chassezac (Dynamique Hydro et Aralep 2016) mentionne l'absence de certaines espèces comme le Toxostome entre le barrage de Malarce et la série des seuils de Gravières Chambonas. L'absence d'affluents permettant la reproduction de l'espèce, les éclusées néfastes pour ce poisson qui fraie près des berges et les ruptures de continuités ont entraîné la disparition du Toxostome sur ce tronçon (13 km) alors que l'espèce est présente en amont et en aval.

Le déclin de la biodiversité, et notamment des espèces piscicoles, est aggravé par les grands changements, notamment climatiques : les populations piscicoles ont tendance à s'homogénéiser de l'amont vers l'aval des cours d'eau tandis que de nouvelles espèces exotiques s'y développent (IFEN, 2006).



3.5.2 Quelles évolutions au cours des dernières années, quel lien avec le changement climatique ?

L'analyse de l'évolution de l'occupation des sols a été réalisée grâce à la base de données géographique CORINE Land Cover (CLC) issue de l'interprétation visuelle d'images satellitaires. Les données restent peu précises mais elles sont disponibles pour les années 1990, 2000, 2006, 2012 et 2018.

Aucune autre donnée d'occupation du sol vectorisée remontant plusieurs années en arrière n'existant, Corine Land Cover reste le meilleur moyen de réaliser une rétrospective sur les évolutions de l'occupation du sol sur un territoire.

Concernant les espèces, sont évoqués les résultats du programme de Vigie Nature « STOC » et des informations à dire d'expert transmises par la Fédération de Pêche.

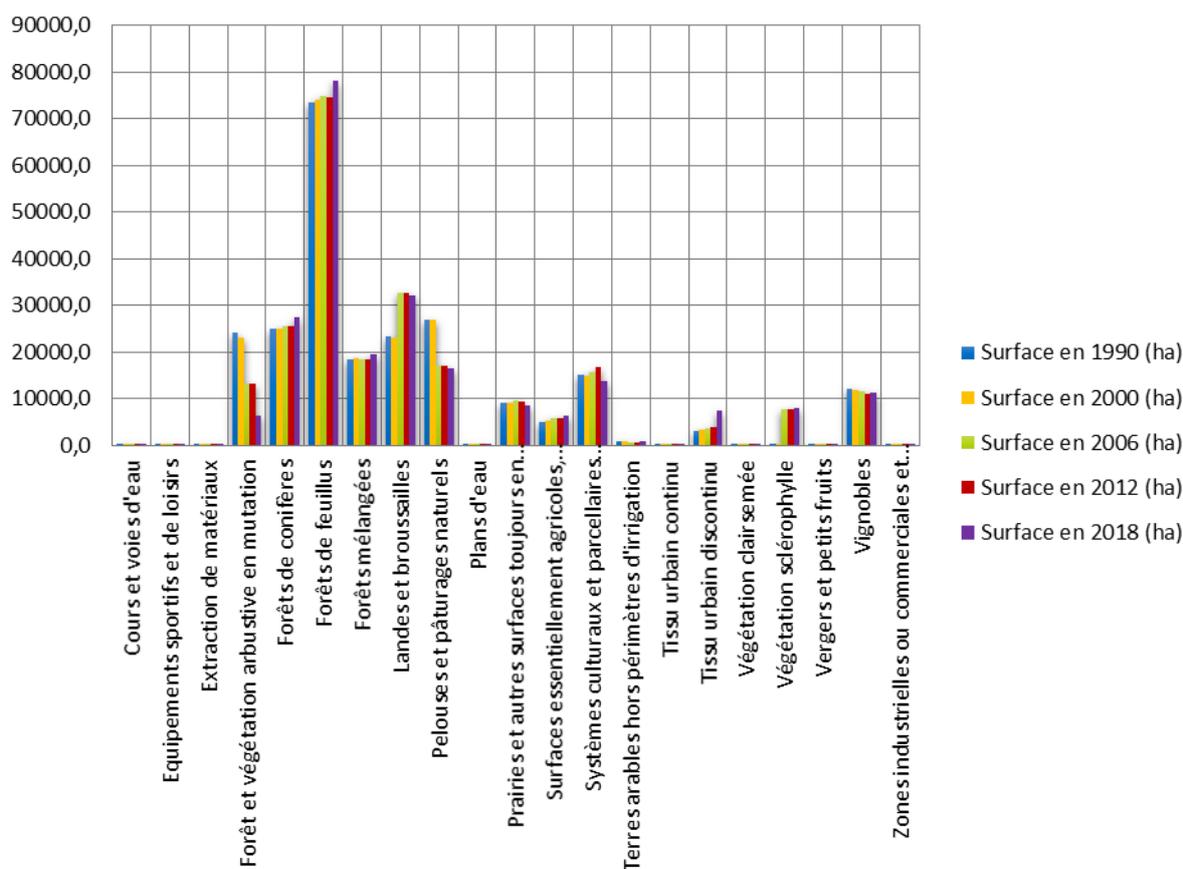
Thermie : aucune donnée précise concernant la thermie des cours d'eau n'a pu être récupérée. Les organismes suivants ont été consultés : le Conservatoire des Espaces Naturels d'Ardèche, l'Office Français de la Biodiversité et la Fédération de Pêche de l'Ardèche. Seule cette dernière a pu transmettre des données, mais uniquement sur l'année 2018. Une seule année de mesure n'a pas permis d'analyser l'évolution passée, l'état des lieux actuels ou encore de faire une projection de l'évolution.

3.5.2.1 Evolution de l'occupation du sol

L'analyse de l'évolution de l'occupation des sols a été réalisée grâce à la base de données géographique CORINE Land Cover (CLC) issue de l'interprétation visuelle d'images satellitaires. Les données restent peu précises mais elles sont disponibles pour les années 1990, 2000, 2006, 2012 et 2018. Le regroupement des informations à l'échelle du territoire a permis de visualiser l'évolution des habitats naturels et anthropiques sur cette période (cf. graphique ci-dessous).



Figure 84 : Evolution surfacique en ha de l'occupation du sol sur le bassin versant de l'Ardèche entre 1990 et 2018 (d'après la base de données géographique CORINE Land Cover)



Tout d'abord, on note que le territoire est fortement boisé et peu agricole ou urbanisé. Les forêts de feuillus sont largement majoritaires par rapport aux forêts de résineux ou mixtes.

Toutefois, on observe des phénomènes de déprise agricole avec une augmentation progressive des surfaces agricoles ininterrompues (culture intensive), au profit des systèmes cultureux et parcellaires complexes (culture extensive).

On peut également noter une tendance à la fermeture des milieux ouverts en lien avec cette déprise. En effet, les pelouses et pâturages semblent décroître au profit des landes et des broussailles. Sans gestion particulière, les milieux herbeux évoluent naturellement vers des ourlets, puis des fourrés. De plus, l'évolution des forêts et des végétations arbustives en mutation tend à décroître au fil du temps. Il y aurait moins de jeunes boisements, de végétations arbustives ou des cortèges de plantes herbacées en mosaïque avec des arbres épars, et donc moins de régénération naturelle.

Du point de vue des différentes espèces du territoire, cela signifie que les espèces du cortège des milieux ouverts vont décroître, au profit des espèces des milieux semi-ouverts ou boisés, déjà majoritaires. On assiste ainsi à une uniformisation des habitats. Ces changements n'ont aucun lien avec le dérèglement climatique mais sont directement liés aux évolutions socio-économiques que connaît le territoire, et notamment dans le domaine de l'agriculture.



Figure 85 : Illustration du phénomène de déprise agricole sur la commune de Saint-Etienne-de-Fontbellon en 1955 (à gauche) et en 2020 (à droite) – Source : Remonter le temps ©IGN



Les différentes dynamiques observées montrent des tendances déjà amorcées depuis des décennies : diminution surfacique des habitats abritant la biodiversité (milieux ouverts en particuliers) en lien avec la modification des pratiques agricoles et sylvicoles.

Les informations existantes et disponibles ne permettent pas d'analyser précisément l'évolution des zones humides sur le territoire ardéchois. Cependant, en France, il est estimé que plus de 60 % des surfaces humides ont disparu depuis le début du 20ème siècle, dont la moitié entre 1960 et 1990. Les causes sont principalement liées aux activités anthropiques et non au changement climatique.

3.5.2.2 Evolution des espèces présentes

Aucune donnée suffisamment précise ne permet d'évaluer l'évolution des effectifs présents sur le bassin versant de l'Ardèche. Cependant, le programme de sciences participatives « STOC » (Suivi Temporaire des Oiseaux Communs), réalisé depuis 2002 permet de dégager des tendances sur la région Auvergne Rhône-Alpes.

Les résultats de ce programme permettent d'observer une augmentation des espèces spécialisées des milieux forestiers, en corrélation sur le bassin versant avec la progression en surface de ces habitats. En revanche, les espèces spécialistes des milieux agricoles régressent fortement, en lien avec l'uniformisation des habitats, par des pratiques de plus en plus intensives (fauches plus précoces, utilisation des produits phytosanitaires, désherbage des inter rangs ...), et aussi, la déprise agricole. Les espèces des villes et villages sont également en régression, souffrant des rénovations de bâtiments anciens (comblement des cavités, réfection des façades ...) et de l'architecture des nouvelles constructions qui n'est pas adaptées à la reproduction de ces espèces. Enfin, on observe une progression des espèces généralistes, colonisant tout type d'habitats.



Figure 86 : Tendances observées d'évolution de présence des cortèges d'avifaune en Auvergne-Rhône-Alpes (LPO, Bilan STOC 2019)



Concernant les milieux aquatiques, toutes les données de la Fédération de Pêche n'ont pas pu être rassemblées lors de la rédaction de l'étude. La Fédération de Pêche indique cependant qu'elle observe **une diminution des effectifs et des densités de population piscicole depuis plusieurs années.**

3.5.3 Synthèse des principales menaces et vulnérabilités identifiées

Les zonages Natura 2000 font l'objet d'une bibliographie la plus abondante et ont été étudiés en détail, en particulier les zones abritant des habitats humides et/ou aquatiques (voir Annexe 6). Ces informations permettent ainsi de présenter la diversité des milieux et espèces à enjeux du bassin versant. Elles ont également permis d'identifier les facteurs de vulnérabilité et les menaces qui pèsent sur les habitats et les espèces de ces sites. Ces facteurs ne sont pas propres à ces espaces, mais concernent l'ensemble des milieux naturels du territoire. Si le bassin versant abrite des milieux naturels en très bon état, plusieurs points de vigilance peuvent ainsi être soulignés :

- **Déprise agricole et fermeture des milieux ouverts :** La déprise agricole est un phénomène qui concerne la France depuis plusieurs décennies et qui est lié à divers mécanismes (terres peu exploitables, intensification, exode rural...). La forte progression de la surface forestière constitue l'une des manifestations les plus visibles de ce phénomène, très accentué dans certaines régions. En termes de biodiversité, la fermeture des habitats auparavant ouverts menace le maintien des espèces liées à ces milieux. L'analyse de l'évolution des milieux présentée au chapitre précédent montre que le territoire du bassin versant est concerné par cette menace. Sans politique publique agricole, et surtout de filière, menée sur le territoire, la tendance devrait se maintenir dans les prochaines années.
- **Pratiques agricoles intensives** (opposée à des pratiques extensives) : le changement d'utilisation des terres et la modification de pratiques agricoles vers une plus forte intensification, depuis les années 50 en Europe, ont entraîné une forte modification de la structuration des paysages qui peut impacter la biodiversité. Sur le bassin versant, les grandes cultures sont très minoritaires par rapport aux autres types d'habitats. Les pratiques intensives citées comme menaçant certains habitats Natura 2000 concernant principalement le pâturage intensif, c'est-à-dire un chargement de bétail trop important sur les prairies pour permettre une régénération du milieu. A terme, un surpâturage induit un appauvrissement du milieu et dans les cas extrêmes, il accroît l'érosion des sols en affaiblissant le couvert végétal. Il peut également induire une eutrophisation des cours d'eau (via les fèces) en tête de bassin versant où les milieux sont plus fragiles. Le piétinement peut tasser et colmater les substrats, endommageant les zones humides. Le pâturage est pourtant un élément essentiel au maintien d'une certaine biodiversité, car il permet de maintenir l'ouverture des milieux. Un équilibre est donc à trouver.



- **Homogénéisation des milieux fermés** : L'avancée des surfaces boisées (au dépend notamment des prairies et milieux ouverts), favorisera les espèces de ce milieu. Aucune donnée existante n'a permis d'évaluer les éventuels impacts du changement climatique sur les milieux terrestres ; cependant, le bassin versant étant situé à l'interface de plusieurs zones biogéographique, on peut s'attendre à un glissement vers le nord des milieux méditerranéens, qui entrainera une modification des cortèges en place.
- **Consommation de l'eau** : Une exploitation trop intense d'une nappe d'eau souterraine est observée lorsque le volume d'eau extrait de la nappe est supérieur au volume de la recharge, et ceci pendant plusieurs années consécutives. Si à court terme, cette problématique n'est pas forcément visible et quantifiable, à long terme l'épuisement de certaines ressources en eau souterraines pourrait avoir des impacts sur notre environnement. Les cours d'eau ou zones humides qui sont en lien direct avec certaines nappes d'eau superficielles peuvent être impactés dès lors que celles-ci présentent des niveaux bas, notamment en été. Des assècs peuvent alors être observés dans ces secteurs, constituant purement et simplement la disparition du milieu aquatique et des espaces associés à l'endroit de l'assèc. Dans les cas moins extrêmes, cela induit à minima une réduction du niveau d'eau et/ou des débits, modifiant à leur tour la température de l'eau et en cascade les formations piscicoles, et induisant également des phénomènes d'eutrophisation. Ces apports d'eau souterraine ont également un impact positif sur la thermie (rafraîchissement) à l'étiage et devraient autant que possible être préservés.
- **Thermie** : l'augmentation des températures provoquera à terme un glissement des biotypologies des cours d'eau, modifiant les cortèges présents, allant vers moins de spécialisation et une banalisation des espèces présentes. Sur les zones salmonicoles les plus touchées, la Truite ne pourra probablement pas se maintenir en cas de trop forte augmentation de température. Son maintien pourra toutefois se faire au niveau des résurgences karstiques, comme celles identifiées dans les gorges de l'Ardèche où des populations de salmonidés évoluent au niveau de ces sources fraîches. Le maintien de ces sources sera alors primordial car elles constituent une ressource en eau moins sensible aux changements climatiques que d'autres car souterraine ; la plus grande menace pesant sur celles-ci étant les prélèvements. La faune piscicole cherchera également refuge plus en amont, sur les petits cours d'eau plus frais, si les continuités écologiques le permettent (à noter que cela est vrai pour les milieux terrestres, les espèces auront besoin de continuités écologiques fonctionnelles pour se déplacer vers des milieux qui leurs seront favorables ; à ce sujet les Contrats Verts et Bleus sont des outils pertinents pour restaurer les Trames Vertes et Bleues).
- **Fréquentation touristique** : Le tourisme nature est en plein développement, et les zones humides, longtemps mal considérées, bénéficient aujourd'hui d'une certaine attractivité. Les cours d'eau, et particulièrement ceux bien préservés, attirent également un public en quête de nature. Au-delà de la fréquentation qui induit un impact direct par dérangement des espèces ou piétinement des milieux, l'accroissement du tourisme a également des impacts sur les milieux aquatiques à travers les besoins en eau qui augmentent et se traduisent par des prélèvements plus importants, souvent dans les périodes estivales qui sont les plus sensibles pour les milieux naturels concernant le stress hydrique.



- **Obstacles à la continuité écologique** : Les ouvrages transversaux au cours d'eau sont nommés de différentes manières selon leur fonction, taille, constitution ou forme. Lorsqu'ils ne sont pas aménagés pour assurer leur transparence, ils entravent la migration des organismes aquatiques, mais aussi des sédiments. En fonction de leur taille, ils ralentissent et homogénéisent les écoulements à l'amont, entraînant dépôt de sédiments, réchauffement de l'eau, évaporation accrue, boom d'algues, désoxygénation, et parfois eutrophisation. L'enneigement des habitats intéressants, et par exemple la disparition de frayères est une des conséquences importante pour les espèces piscicoles. Les milieux aquatiques du bassin versant sont profondément marqués par la présence de nombreux ouvrages perturbant les continuités. Des actions correctives ont déjà été réalisées et d'autres sont prévues, notamment en zone sensible (cours d'eau liste 2) pour à nouveau permettre la migration des espèces piscicoles du secteur. L'Apron du Rhône, espèce emblématique, sera ainsi susceptible d'étendre son aire de répartition dès lors que le décroisement des rivières le permettra car il dispose d'une bonne capacité de dispersion. D'autres espèces, non sensibles aux hausses de températures et ayant une bonne capacité de dispersions seront également favorisées comme l'Alose feinte, le Barbeau fluviatile, le Chevesne ou le Gougeon. Le secteur des piémonts d'Ardèche comportant de nouveaux ouvrages infranchissables, pourrait être un des secteurs prioritaires d'action pour décroiser les cours d'eau et permettre à l'Anguille d'Europe de coloniser de nouveaux milieux.
- **Grands ouvrages de rétention d'eau** : les ouvrages avec de grandes retenues d'eau influent sur deux éléments concernant les milieux aquatiques :
 - **Les éclusées**, en lien avec les **variations brusques des débits**, peuvent avoir des impacts négatifs sur les milieux aquatiques, en fonction de la localisation de la prise d'eau et du débit de relargage. D'une part, si la prise d'eau est prise trop en profondeur au niveau des sédiments, cela peut induire un colmatage des frayères, rendant inopérante leur fonctionnalité pour les espèces lithophiles, comme les truites par exemple. D'autre part, la vitesse de relargage peut induire un arrachement des particules au fond du cours d'eau, détruisant mécaniquement les frayères.
 - **Le soutien d'étiage** : le soutien d'étiage en période sèche permet de rehausser les niveaux et débits et peut ainsi avoir un impact positif pour les milieux. En revanche, à l'échelle globale une grande retenue d'eau induit une évaporation plus grande qu'en situation naturelle, où le cours d'eau serait accompagné d'une ripisylve (dont l'ombre réduit la température de l'eau), et donc une plus grande perte de ressource pour le milieu aquatique. Les variations de hauteur d'eau peuvent également exonder les frayères.
 - **La thermie** : L'impact des retenues d'eau sur la thermie du cours d'eau en aval fait débat. Il est parfois avancé l'impact positif des retenues d'eau sur la thermie des cours d'eau en induisant un rafraîchissement à l'étiage. Cependant la stagnation de grandes étendues d'eau induit un réchauffement important des premiers mètres de l'eau en surface, alors qu'un cours d'eau en « mouvement » serait naturellement plus frais. **Le rafraîchissement induit par un relargage dépend ainsi de la localisation de la prise d'eau** : si elle est trop en surface, c'est l'eau la plus chaude qui sera restituée, alors que si la prise d'eau est plus en profondeur, l'eau sera plus fraîche. L'intérêt de relargage de cette eau plus fraîche vient cependant se heurter à différentes limites :
 - en cas de prise d'eau en profondeur, le risque de remobiliser une quantité importante de sédiments qui viendraient à leur tour colmater les frayères est présent : l'équilibre est difficile à trouver.
 - en cas de stratification thermique prononcée et prolongée (ex. cas des barrages), l'hypolimnion, qui est la couche inférieure la plus froide, est généralement pauvre en oxygène (à cause de l'absence de photosynthèse ou de réaération par turbulence de la masse d'eau, Jørgensen et al., 2005). Ainsi, si les écoulements à l'aval de l'ouvrage se font par le fond, l'eau relarguée à l'aval sera plus froide mais également anoxique (e.g. Bednarek, 2001).



- de manière générale, si l'eau apportée brutalement au cours d'eau présente un écart de température important avec celle de l'eau en aval, cela peut provoquer un choc thermique pour les poissons et une plus grande mortalité de ces derniers. Sur le territoire du bassin versant de l'Ardèche, l'étude Aralep 2019 sur le Chassezac montre que l'impact thermique est très variable d'un ouvrage à l'autre et sur un même ouvrage, selon la gestion hydraulique de celui-ci. Par exemple, le barrage de Puylaurent a tendance à entraîner un rafraîchissement de l'eau en début d'été lorsqu'il est plein, mais un réchauffement à partir du milieu de l'été lorsque le niveau baisse et que la prise d'eau se fait plus proche de la surface. Selon la saison, un rafraîchissement de l'eau peut s'avérer positif (en évitant des températures létales) ou néfaste (en créant des retards de croissance).

■ **Fragmentation des habitats et artificialisation** : l'avancée de l'urbanisation a plusieurs effets négatifs sur la biodiversité :

- La destruction directe de milieux de vie pour les espèces ;
- La fragmentation des habitats qui a pour effet de rompre les continuités écologiques nécessaires au maintien des espèces sur le territoire ;
- Indirectement, l'avancée des activités humaines est également génératrice de nouvelles pollutions, de plus de prélèvements d'eau pour la consommation ;
- Enfin, un autre effet est la perte d'espace de mobilité du cours d'eau, ce qui réduit les surfaces pouvant être reprises par la rivière, et donc l'apport potentiel de matériaux. La création de digues, la rectification des linéaires ou la régulation des débits sont d'autant de facteurs qui entravent le fonctionnement naturel d'un cours d'eau.

Pourtant, c'est ce fonctionnement qui permet l'érosion, le transport de sédiments (qui peut « nettoyer » une frayère colmatée par exemple), qui rajeunit les milieux à la faveur d'un arbre arraché (et redémarre les successions écologiques que connaît un écosystème), qui crée des habitats variés quand ce même arbre tombe dans la rivière et crée de nouvelles caches pour les poissons... La divagation d'un cours d'eau peut recréer des habitats connexes à celui-ci, comme des vasques ou des bras morts qui profiteront aux amphibiens ou à des poissons juvéniles en cours de croissance. Le fonctionnement naturel d'un cours d'eau est source de diversité, de dynamisme, et accroît la résilience des milieux à l'inverse de linéaires artificiels qui sont homogènes et donc plus vulnérables au changement. **La reconquête de ce fonctionnement naturel est ainsi un formidable levier face au changement climatique, de par la résilience qu'il confère au cours d'eau.**

- **Pollution aquatique** : les insecticides auraient un impact sur la richesse en macro-invertébrés des rivières, pouvant atteindre 40% de perte des taxons (Beketov et al., 2013; Van Dijk, TC, 2013). Les herbicides, agricoles et urbains, semblent également exercer des effets sur des espèces non ciblées telles que les algues (Malaj et al., 2014), avec prédiction d'un impact généralisé lorsque des approches de toxicité des mélanges sont utilisées (Moschet et al. 2014). Les micropolluants urbains ont également un impact négatif, et notamment les résidus pharmaceutiques, potentiellement très toxiques pour les poissons. Le changement climatique, avec la réduction des débits et des niveaux d'eau accentuera les impacts des pollutions (plus grande sensibilité estivale des écosystèmes aquatiques aux pressions toxiques, ruissellements plus intenses).
- **Drainage** : le drainage est une action ayant un impact direct sur les zones humides, contribuant à les assécher et donc détruire les milieux présents. Le drainage des terres humides pour la mise en culture ou pour l'urbanisation concerne un grand nombre de milieux en France. Aucune donnée précise n'existe cependant sur le bassin versant de l'Ardèche, et de l'état des lieux de cette menace sur les zones humides. L'inventaire des zones humides du Chassezac renseigne dans la table de données des remarques générales, dans lesquelles sont parfois mentionnées des drainages.



3.5.4 Impacts potentiels du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques

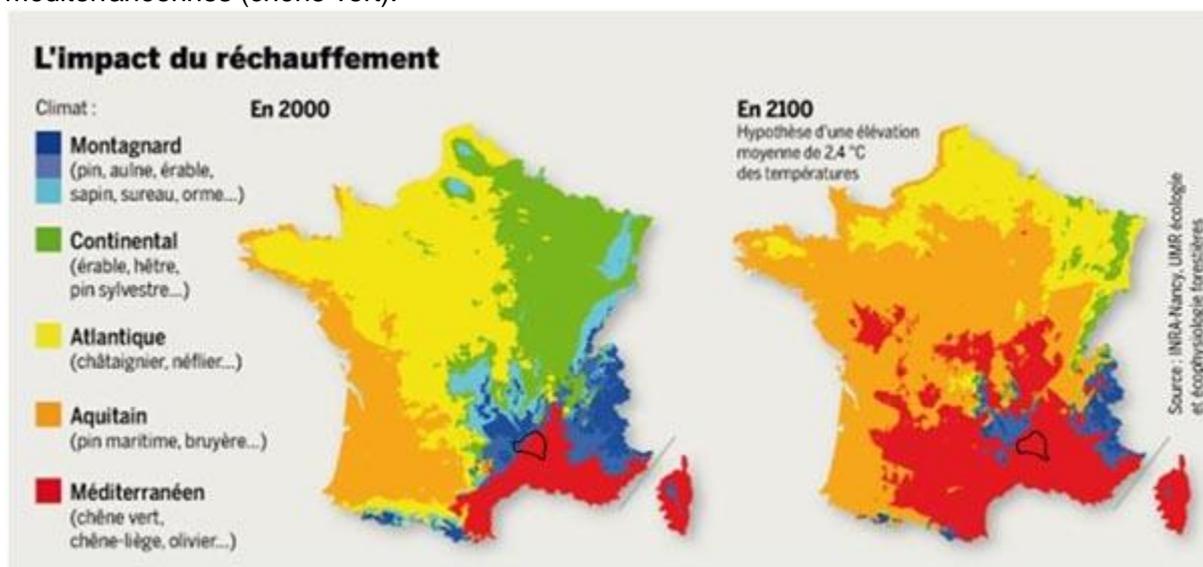
3.5.4.1 Milieux terrestres

Le changement climatique perturbe le fonctionnement des arbres et des écosystèmes, en induisant un allongement de la saison de végétation de plusieurs jours par décennie (débourrement plus précoce, senescence des feuilles plus tardive). La production des forêts tempérées s'en trouve augmentée, de même que les besoins en eau donc le stress hydrique sur les marges méridionales des espèces.

MODIFICATION DES AIRES DE REPARTITION

Les incertitudes restent importantes, tant sur l'évolution du climat que sur la réaction des espèces d'arbres. Cependant, le changement climatique est également susceptible de modifier la répartition des espèces telle qu'elle est connue aujourd'hui, en faisant remonter les peuplements méditerranéens vers le nord. C'est sur la marge méridionale ou inférieure de leur aire de répartition que leur régression sera rapide à cause de l'accroissement du déficit hydrique. Déjà, les dépérissements et mortalités constatés rendent compte d'un fort impact des dernières anomalies climatiques.

Les modélisations à l'échelle de la France concernant l'évolution des bioclimats en fonction de la température (Cf. figure ci-dessous) prédisent que sur le territoire ardéchois, les formations montagnardes (pin, aulne, érable...) régresseront fortement au profit des formations méditerranéennes (chêne vert).



Pour la faune, on observera également des modifications d'aires de répartition. En effet de nombreux organismes, notamment ectothermes, ont des limites septentrionales et méridionales de répartition géographique fixées par des isothermes. Les papillons, par exemple, sont connus comme étant généralement très sensibles au paramètre température. Ces modifications d'aires traduisent des dynamiques de colonisations/extinctions en limite de distribution ou des déplacements « réels » d'individus par migration. Or toutes les espèces ne sont pas capables de suivre les modifications de leur environnement dues au changement climatique par la colonisation de nouveaux espaces, parce que d'autres paramètres règlent leur répartition. Par conséquent, cela se traduit par des déclin d'espèces, pour celles qui ne sont pas en mesure de se développer compte tenu des nouvelles conditions et des espaces disponibles, et par des progressions, pour celles qui le peuvent.



MODIFICATION DES CYCLES DE VIE

Le réchauffement climatique entraîne des modifications dans la disposition temporelle des étapes du cycle de vie des organismes. Les hivers trop doux provoquent une levée de dormance de la flore trop tôt et plus forte sensibilité aux gelées du printemps, une sortie d'hivernage trop tôt pour une bonne partie de la faune, augmentation des parasites, blocage de la reproduction (de la spermatogénèse) chez certains insectes... Par ailleurs, les compétitions entre espèces, de même que les cycles des champignons pathogènes et des insectes ravageurs, sont également modifiés, avec des conséquences en chaîne sur la composition et le fonctionnement des écosystèmes forestiers¹⁹.

En moyenne, on constate depuis quelques décennies que la phénologie des êtres vivants (c'est-à-dire le positionnement dans l'année et la durée des phases du cycle de vie) répond au changement climatique.

Comme pour les modifications d'aires de répartition, on trouve des espèces capables de répondre aux modifications en avançant leur phénophase et d'autres qui en sont moins capables. Ainsi, les espèces qui, faute de pouvoir avancer leur phénologie, se retrouvent en décalage vis-à-vis de leur ressource, connaissent un déclin. C'est par exemple le cas chez les oiseaux migrateurs qui parviennent difficilement à ajuster leur date de retour migratoire, laquelle est contrainte par de nombreux paramètres indépendants de la température sur le lieu de reproduction.

Chez les oiseaux le cas du Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*), présent sur le bassin versant de l'Ardèche, a par exemple été bien documenté. Both et al. (2006) ont montré sur différentes populations hollandaises de cet oiseau migrateur trans-saharien que la tendance démographique à long terme était corrélée à la date du pic d'abondance de chenilles, dont dépend cet oiseau insectivore, et au coefficient de corrélation entre la date de ponte moyenne de la population et la température printanière.

Enfin, la démographie des espèces face au changement climatique ne dépend pas uniquement de l'espèce elle-même mais plus largement de toutes les espèces ayant des liens fonctionnels avec elle. En d'autres termes, il faut tenir compte des réponses relatives des espèces et des liens de prédation, de compétition, de facilitation au sein des écosystèmes qui forment des réseaux trophiques complexes. L'exemple du gobemouche est parlant : pour maintenir une démographie stable, il doit avancer sa date de ponte d'un temps équivalent à celui de l'avancée du pic de ressource (ici les chenilles dont il dépend).

QUELS MILIEUX ET ESPÈCES SUR LE BASSIN VERSANT A 2050 ?

Un des effets du changement climatique le plus attendu et qui pourrait s'observer dès 2050 est la modification des peuplements forestiers, avec une mortalité assez importante des sujets en forêt à cause du stress hydrique, et la progression du Chêne vert, gommant de plus en plus les micro-spécificités territoriales dont jouit le bassin versant aujourd'hui. A l'interface de plusieurs bioclimats, avec une topographie variée, le territoire pourrait voir ses paysages s'uniformiser.

Concernant les espèces, les oiseaux sont considérés comme de bons indicateurs des changements globaux en général, et des changements climatiques en particulier. En effet, ils sont situés à un niveau assez haut dans les chaînes trophiques et intègrent par conséquent de nombreux paramètres de la modification de leurs environnements. La canicule de 2003 a permis notamment d'étudier la réponse de plusieurs espèces d'oiseaux à de fortes chaleurs prolongées, permettant de se faire une idée d'une réponse à plus long terme de ces espèces en cas de réchauffement climatique. Jiguet et al. (2006) ont ainsi mis en évidence que les espèces qui avaient le plus souffert étaient celles dont les aires de distribution avaient les amplitudes thermiques les plus faibles (étude portée sur 406 espèces, dont 171 françaises).

¹⁹ Menzel, Estrella et al. (2001) ont observé une avancée dans le débourrement des bourgeons et la floraison de 1,4 à 3,1 jours, par décennie, sur une cinquantaine d'années.



A terme, cela signifie une extension des espèces généralistes et une diminution des espèces spécialistes. Ces prévisions corroborent avec les tendances déjà observées avec le programme STOC qui étudie depuis 2002 l'évolution des cortèges d'oiseaux. Quelques exemples ci-dessous :

- Espèces généralistes qui pourraient progresser : Mésanges bleue et charbonnière, Merle noir, Rougegorge familier, Pie bavarde, Corneille, Fauvette à tête noire...
- Espèces méditerranéennes qui pourront étendre leur aire de répartition et être plus fréquente ou apparaître sur le territoire : Fauvette passerinette, Fauvette mélanocéphale, Cochevis huppé, Rollier d'Europe, tous les reptiles de manière générale ;
- Espèces de milieux tempérés qui devraient régresser : Pic noir, Gobemouche noir, Fauvette babillarde, Pouillot fitis...

3.5.4.2 Milieux humides

Evaluer l'impact du changement climatique sur les zones humides nécessite une bonne prise en compte des mécanismes impliqués dans le fonctionnement hydro-géomorphologique de ces milieux. En effet, certaines études soulignent que la plus grande vulnérabilité des zones humides est majoritairement liée aux précipitations qui les alimentent en eau (Winter, 2000). Les milieux connectés aux nappes phréatiques devraient au contraire être moins exposés. Cependant, ces tendances ne peuvent être généralisées et dépendent très fortement du contexte local. La composante socio-économique joue également un rôle important car certains milieux résultent de l'équilibre entre les conditions hydro-géomorphologiques, écologiques et un mode d'occupation, d'exploitation par les sociétés. Dans ce cas, l'état du milieu et son maintien à un stade donné dépendent d'interventions humaines régulières.

Bien que par définition, les zones humides soient caractérisées par des niveaux d'eau fluctuants, il est maintenant admis que des modifications du fonctionnement hydrologique en lien avec le changement climatique pourraient influencer de manière importante la biodiversité et le fonctionnement de ces milieux (MEA, 2005, résolution X.24 de la convention Ramsar)

Les différents types de zones humides identifiées dans le SAGE (têtes de bassin, liées au cours d'eau et plaines alluviales, et zones humides liées aux cours d'eau intermittents de type méditerranéen) permettent de différencier la nature et l'ampleur des impacts du changement climatique sur ces milieux :

- **Les zones humides de tête de bassin**, principalement situées en secteur de montagne sur le bassin versant, peuvent être caractérisées par une plus forte amplitude des températures, des précipitations plus élevées et une présence prolongée du manteau neigeux. Concernant les écosystèmes, cela signifie une dynamique assez lente de végétation, de la décomposition de la matière végétale et de l'adaptation physiologique de certaines espèces. La topographie d'implantation de ces zones humides fait que la disponibilité de l'eau est variable (sources, dépression, ruptures de pente, parties sommitales, pentes...). Leurs sols sont plutôt oligotrophes. Sur le bassin de l'Ardèche, nombreuses sont ces zones humides à être des tourbières. Sur ces milieux, les sécheresses répétées favoriseront la minéralisation de la matière organique et le relargage de nutriments permettant à certaines espèces de sphagnes (tels *Sphagnum squarrosum* and *S. timbriatum*) ou de *Carex* (*Carex rostrata*) de se développer au dépend d'espèces plus rares (*Carex diandra*) (Dam et Beltman, 1992) (Dam et Beltman, 1992). Ainsi alors qu'une sécheresse ponctuelle permet d'accroître la biodiversité (Keddy et Reznicek 1986, Mulhouse et al., 2005), un allongement de ce phénomène pourrait **favoriser l'implantation de couverts monospécifiques généralement composés d'espèces invasives** (Kercher and Zedler 2004).



- **Les zones humides liées au cours d'eau de type méditerranéens**, principalement situées au centre du bassin versant (secteur Confluences, Piémonts et Boucle albenassienne). Elles se caractérisent par l'absence d'écoulement une partie de l'année laissant le lit à sec avec des dépressions en eau permettant le développement d'une végétation hygrophile ou hydrophile implantées. Celles-ci ont alors un fonctionnement s'apparentant à celui d'un chapelet de mares hébergeant une faune et une flore spécifique. Elles constituent des zones humides stratégiques du fait de leur valeur patrimoniale, par les spécificités de leur fonctionnement et leur faible présence à l'échelle du département. Malgré une bonne connexion potentielle avec la nappe (zone karstique), ces milieux de faible profondeur seront fortement exposés aux conséquences des vagues de chaleur plus fréquentes, la hausse des températures, ou encore la diminution des précipitations en période printanière et estivale. L'évapotranspiration induite pourrait réduire fortement l'approvisionnement en eau, faisant disparaître ces milieux temporaires, ou ne les alimentant que sur une période trop courte pour permettre aux espèces d'y effectuer leurs cycles de vie.
- **Les zones humides liées aux cours d'eau des plaines alluviales**, présentant des surfaces étendues et composées d'une mosaïque de milieux représentée tout particulièrement par les bras secondaires, les forêts alluviales et les prairies humides. Ces zones humides assurent un rôle majeur dans la régulation des régimes hydrologiques (zones d'expansion des crues). Ils constituent des espaces naturels diversifiés et étendus et un élément structurant du paysage (rôle important de corridor biologique), dans un contexte topographique souvent accidenté et soumis aux pressions agricoles et urbaines. Ces zones humides sont directement liées au fonctionnement hydrologique des nappes alluviales et seront également influencées par d'autres paramètres comme la température ou la fréquence des vagues de chaleurs. Associées aux nappes souterraines, elles devraient cependant être plus résilientes que les autres zones humides du territoire.

En conclusion les différents paramètres amenés à évoluer en fonction du dérèglement climatique pourront avoir les conséquences suivantes :

- Augmentation de température : entrainera une élévation importante de l'évapotranspiration affectant directement les niveaux d'eau surfacique, mais également l'humidité édaphique de plusieurs zones humides, pouvant faire disparaître entièrement certains cortèges floristiques.
- Modification des régimes de précipitation : Bien qu'aucune tendance claire ne ressorte à moyen terme, une baisse des précipitations en période estivale semble probable à plus long terme (voir §2.3). L'effet combiné de l'augmentation des températures et de la réduction des précipitations tendra à favoriser la survenue de périodes de sécheresse. Cela accentuera le stress hydrique auquel sont soumises les zones humides en période estivale, pouvant provoquer l'assèchement complet de ces milieux sur des périodes prolongées, perturbant les fonctionnements cycliques des espèces associées.

Niveaux piézométriques : Une réduction des précipitations en période estivale et une augmentation de l'évapotranspiration pourraient également impacter les niveaux piézométriques de certains aquifères (notamment dans le cas d'aquifères au comportement peu inertiel).

Le changement climatique en modifiant le fonctionnement des zones humides devrait ainsi avoir un impact sur les services qu'elles rendent à la société. Des modifications dans le fonctionnement hydrologique de ces milieux pourraient limiter leur capacité à écrêter les crues ou au contraire à assurer un rôle de soutien en période d'étiage. La réduction de l'humidité des sols pourrait affecter la production agricole ou forestière (populiculture) menaçant les activités économiques locales. Les modifications des niveaux d'eau et des communautés végétales et animales pourraient limiter la pratique d'activités récréatives telles que les sports de nature, les activités de chasse et de pêche.



3.5.4.3 Milieux aquatiques

En modifiant la température, l'hydrologie et la qualité de l'eau, le changement climatique modifie les conditions de vie des espèces aquatiques. En conséquence, les débits moyens mensuels des rivières devraient diminuer et les étiages se renforcer sur de vastes portions du territoire. Enfin, la contribution des nappes au soutien d'étiage pourrait diminuer de même sur leur niveau piézométrique. Les activités humaines viendront très probablement renforcer les effets du changement climatique sur la ressource en eau notamment à travers une augmentation des prélèvements destinés à l'alimentation en eau potable ou à l'agriculture

MILIEUX AQUATIQUES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'évolution de certains caractères physiologiques en réponse à une augmentation de la température de l'eau engendre des modifications au niveau de la reproduction, de la croissance et des rythmes saisonniers. En outre, certaines espèces se déplacent le long du cours d'eau en étendant leur limite supérieure lorsque le déplacement n'était pas contraint par d'autres facteurs comme les seuils ou les barrages. Ces déplacements entraînent une modification de la composition des communautés avec pour conséquence une variation de la richesse spécifique et du nombre d'espèces dominantes

La difficulté de mener une étude prospective concernant les milieux aquatiques sur le bassin versant de l'Ardèche réside dans la faible proportion de débits naturels observés, une majorité de cours d'eau ayant des débits soutenus. Les débits artificiels ayant également un impact sur la thermie des cours d'eau, les modélisations sont difficilement réalisables.

De manière générale, **l'augmentation de la température des cours d'eau** va impacter beaucoup d'invertébrés, à la base des chaînes trophiques.

La Fédération de Pêche de l'Ardèche estime que cette hausse de température attendue, en corrélation avec la hausse qu'ils observent ces dernières années, fera disparaître la truite dans le sud Ardèche, excepté sur les zones de résurgences. La truite ne sera pas la seule impactée et toutes les espèces rhéophiles (et donc sensibles aux températures hautes), comme le Chabot, la Lamproie de planer ou encore le Barbeau méridional seront concernées.

A l'inverse, certaines espèces devraient profiter des évolutions attendues et pourraient s'étendre, comme le Barbeau fluviatile.

Certains auteurs ont également observé la prolifération d'espèces planctoniques tropicales dans les eaux françaises (Cellamare, 2010), des changements importants dans la structuration des communautés de mollusque du lac d'Annecy (Mouthon et Magny, 2004) ou encore une modification des dates de reproduction de certains poissons comme le gardon.

MILIEUX AQUATIQUES ET ACTIVITES HUMAINES

Au-delà du changement climatique, les milieux aquatiques du bassin versant sont fortement dépendant des activités humaines : barrages, seuils, prélèvements, tourisme... toutes ces activités ont des effets sur les milieux aquatiques et les espèces qui en dépendent.

En effet, les **ouvrages hydrauliques**, lorsqu'ils ne sont pas équipés de passes à poisson fonctionnelles, font obstacles aux continuités écologiques. Des espèces patrimoniales peuvent être particulièrement menacées par le cloisonnement de leurs habitats et les perturbations hydrologiques. On peut notamment citer comme l'alose, la lamproie, la moule d'eau douce, l'apron du Rhône, tout comme le barbeau méridional (espèce caractéristique des milieux méditerranéens) ou encore l'écrevisse à patte blanche, dont l'aire de répartition sur les têtes de bassin a subi une importante régression. A noter que parfois, ce sont les ouvrages infranchissables qui permettent de préserver des populations d'écrevisses à pattes blanches, en empêchant l'accès aux écrevisses invasives qui lorsqu'elles arrivent dans un milieu, font généralement disparaître notre espèce indigène.



La loutre, qui a récemment recolonisé le bassin versant, pourrait être menacée par la modification profonde de ses habitats, et par la diminution de sa ressource alimentaire (poissons, écrevisses), également impactée par le changement climatique.

Lorsque les ouvrages sont équipés de dispositifs de franchissement rétablissant la transparence écologique et sédimentaire, l'impact de ces ouvrages est moindre. Cependant, **une réduction des débits moyens et à l'étiage pourrait rendre inopérant ces dispositifs en diminuant leur alimentation en eau, les rendant alors inopérant.** De plus, si la ligne d'eau à l'aval des dispositifs tend à baisser dans les cours d'eau, ceux-ci deviendraient alors moins fonctionnels.

Les **prélèvements pour l'eau potable, les prélèvements domestiques ou l'agriculture**, comme pour les zones humides, impactent les niveaux d'eau et rendent les milieux aquatiques plus vulnérables en période de sécheresse, menaçant les équilibres écologiques en place. Les prévisions indiquent un risque de vidange rapide de certains aquifères au cours de l'étiage si la durée de celui-ci augmente. Les prélèvements liés à l'activité humaine devraient accentuer ce phénomène et ses conséquences dans le futur. Cela sera d'autant plus critique au niveau des résurgences karstiques, qui permettent de créer des refuges de températures et maintenir certaines espèces salmonicoles en aval du bassin.



4 QUELLES CONSÉQUENCES SOCIO-ÉCONOMIQUES POUR LE TERRITOIRE ?

Le changement climatique génère des pressions sur les écosystèmes locaux, les populations qui s'y épanouissent et les activités qu'elles y développent. Diagnostiquer les impacts du changement climatique sur les usages de l'eau nécessite de comprendre les dynamiques socio-économiques à l'œuvre dans le territoire et l'organisation des différents usages de l'eau. Les paragraphes suivants visent à caractériser :

- La **dynamique démographique et d'occupation du sol** sur le territoire. Au même titre que le changement climatique, ces moteurs influencent l'évolution des usages de l'eau, en termes de volume total mais également en termes de répartition spatio-temporelle de la demande et de ressources mobilisables pour répondre aux besoins (§ 4.1).
- Le fonctionnement de **l'alimentation en eau potable** et les ressources mobilisées dans le but d'identifier les forces et faiblesses de la structuration actuelle du service pour faire face au changement climatique (§ 4.2).
- **L'offre touristique** et les moteurs de l'attractivité du territoire, la place de cette filière dans la dynamique économique locale et les enjeux auxquels elle est confrontée. Ce panorama est nécessaire à l'identification des atouts touristiques du territoire qui pourraient être renforcés ou fragilisés par les évolutions du climat (§ 4.2).
- La structuration des **activités agricoles** et leur besoin en eau d'irrigation. Les effets du changement climatique sont déjà assimilés par de nombreux producteurs. Les solutions d'adaptation sont liées à de multiples paramètres : une meilleure gestion des ressources en eau agricole, une adaptation des itinéraires techniques, une sécurisation de la vocation agricole des espaces où la ressource est disponible, ... (§ 4.4).

136

4.1 DEMOGRAPHIE ET OCCUPATION DU TERRITOIRE

Ce paragraphe vise à décrire l'occupation des sols ainsi que les dynamiques démographiques à l'œuvre sur les territoires étudiés. Ces variables doivent être considérées pour comprendre l'évolution de la demande en eau sur le territoire. En effet, elles peuvent accroître ou limiter les effets du changement climatique sur les activités et la qualité de vie, par exemple sur les volets suivants :

- Au même titre que le changement climatique, la démographie est un facteur majeur de l'évolution de la demande en eau potable. L'augmentation de la population est par exemple un facteur d'accroissement de la demande en eau. La répartition de la population entre résidents permanents et touristes génère également une irrégularité de la demande en eau potable au cours de l'année, selon une dynamique inverse de la disponibilité de la ressource. Au-delà de l'aspect quantitatif, il est nécessaire de la prendre en compte pour adapter les infrastructures liées au petit cycle de l'eau (transfert, potabilisation, stockage, distribution, assainissement).
- L'évolution des rapports entre zones agricoles et urbanisées, ainsi que la spéculation foncière font évoluer les pratiques agricoles. Les vallées agricoles sont particulièrement soumises à cette pression, alors qu'elles bénéficient de ressources en eau d'irrigation sécurisées.
- Si le changement climatique peut faire évoluer le risque inondation, l'évolution de l'occupation des sols, depuis la parcelle jusqu'au bassin versant modifie les écoulements et peut accroître le risque de ruissellement et la violence des crues.



4.1.1 Occupation des sols : atout et faiblesse face au changement climatique

La prédominance des espaces à caractère naturel caractérise le bassin versant de l'Ardèche. Cette spécificité renforce sa résilience au changement climatique (stockage de carbone, infiltration des eaux, espaces refuge pour la biodiversité, îlots de fraîcheur...). La reconfiguration de l'occupation du sol génère néanmoins de nouveaux risques qu'il convient de prendre en compte (urbanisation et inondations, disparition de paysages agricoles résilients, augmentation du risque incendie, ...)

4.1.1.1 Un territoire caractérisé par la prédominance des espaces naturels

Sources de données mobilisées

Comme pour l'analyse développée dans le paragraphe concernant les écosystèmes aquatiques et humides, l'évolution de l'occupation du sol sur le bassin versant a été étudiée en utilisant les données d'**inventaire de l'occupation des sols Corine Land Cover (CLC)**. Les données Corine Land Cover sont hiérarchisées selon une nomenclature en trois niveaux et comprennent au total 44 postes différents d'occupation du sol. Pour faciliter l'analyse, les différents postes ont été regroupés en quatre catégories du premier niveau du CLC :

- *Territoires artificialisés* : zones urbanisées, zones industrielles et réseaux de communication, mines, décharges, chantiers, espaces verts
- *Territoires agricoles* : terres arables, cultures permanentes, prairies
- *Forêts et milieux semi-naturels* : forêts, milieux à végétation arbustive ou herbacée, espaces ouverts avec peu de végétation
- *Surfaces en eau* : cours d'eau et plans d'eau

Occupation du sol en 2018

Le bassin versant de l'Ardèche est caractérisé par la prédominance des espaces à caractère naturel (80 %) et par une agriculture centrée sur les vallées et les coteaux (17 %). L'analyse a révélé la forte hétérogénéité dans l'occupation des sols et sa dynamique à l'échelle des sous territoires d'étude. La Carte 9 en présente le détail.



Les reliefs sont en majorité recouverts par de la forêt et des milieux semi-naturels, en particulier le secteur Montagne. Cet espace, où les températures estivales sont plus douces, est prisé par les populations locales comme par les touristes lors des épisodes de fortes chaleurs.

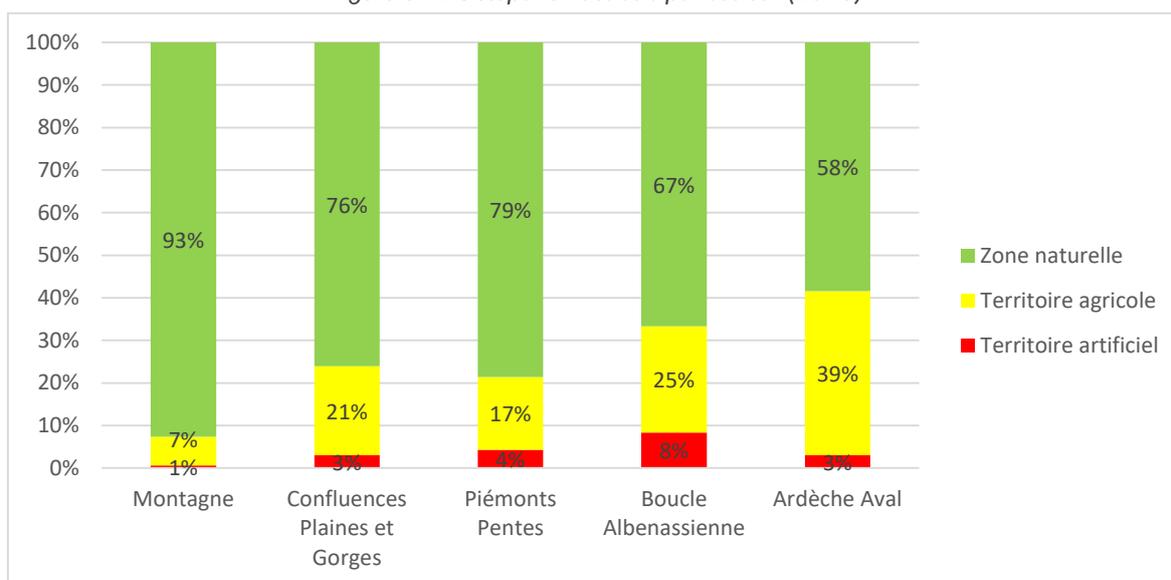
Les forêts et milieux semi-naturels s'amenuisent dans les Piémonts le secteur Confluences pour laisser place à l'agriculture dans les vallées et les coteaux :

- Sur les coteaux, les paysages de culture en terrasse font partie du patrimoine territorial. S'ils sont de moins en moins entretenus, ces systèmes traditionnels permettent de limiter la sensibilité hydrique par un accroissement de l'épaisseur des sols.
- L'activité agricole est davantage développée sur la boucle albenassienne (vallées de l'Ardèche et l'Auzon-Claduègne, coteaux du Vivarais), ainsi que dans le secteur Ardèche Aval (plaine de Confluence avec le Rhône). La présence de réseaux d'irrigation y permet une agriculture plus diversifiée.

La moitié des surfaces artificialisées se situe sur le secteur de la boucle Albenassienne, dont l'influence s'étend le long des axes routiers en direction des secteurs Piémonts et Confluences. Ces vallées urbanisées sont caractérisées par une sensibilité au risque inondation.

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

Figure 87 : Occupation des sols par secteur (2018)



Source : Données Corine Land Cover



4.1.1.2 Une reconfiguration des usages et l'apparition de nouveaux enjeux

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.

4.1.1.2.1 Evolution de l'occupation des sols par secteur

Secteur Ardèche Aval

Figure 88 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Ardèche Aval entre 1990 et 2018



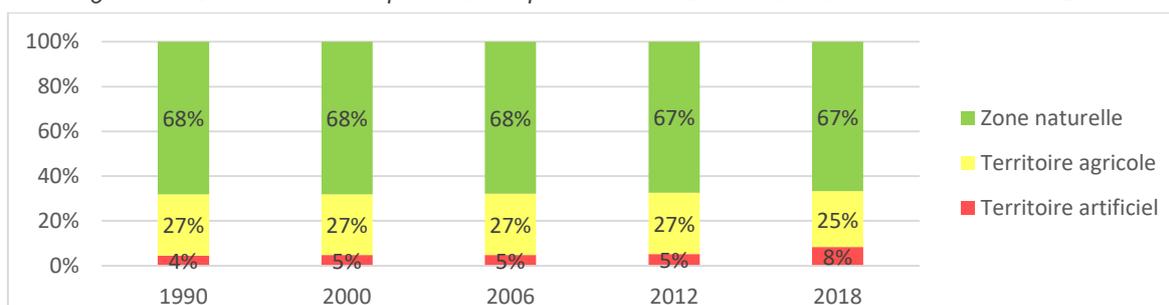
Source : Données Corine Land Cover

Le secteur Ardèche Aval est caractérisé à l'échelle du bassin versant par la **forte emprise des espaces agricoles par rapport aux espaces naturels** (15% des espaces agricoles du bassin versant, pour un secteur représentant 7 % du bassin versant).

Au cours des trente dernières années, les espaces artificialisés ont y été multipliés par 2,4, ce qui correspond à la moyenne du bassin versant. Cette **artificialisation s'est majoritairement faite au détriment des espaces agricoles** (- 2 km²) et, en moindres mesure, des espaces naturels (- 0,6 km²).

Secteur Boucle Albenassienne

Figure 89 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Boucle Albenassienne entre 1990 et 2018



Source : Données Corine Land Cover

Le secteur de la boucle Albenassienne est caractérisé à l'échelle du bassin versant par la **forte emprise des espaces artificialisés autour de l'agglomération d'Aubenas** (48% des espaces artificialisés du bassin versant, pour un secteur représentant 20 % du bassin versant). 40 % des surfaces artificialisées sur le bassin versant depuis 1990 l'ont été sur ce secteur (+18 km²).

La boucle albenassienne reste un espace de production important, comptant presque le tiers des surfaces agricoles du bassin versant. Cependant, **l'artificialisation s'est majoritairement faite au détriment des espaces agricoles ces trente dernières années** (- 12 km²) et, en moindres mesure, des espaces naturels (- 6 km²). La régression des espaces agricoles sur le secteur de la boucle Albenassienne (- 9 %) est trois fois plus importante que celle constatée à l'échelle du bassin versant (- 3 %).



Secteur Piémonts

Figure 90 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Piémonts entre 1990 et 2018



Source : Données Corine Land Cover

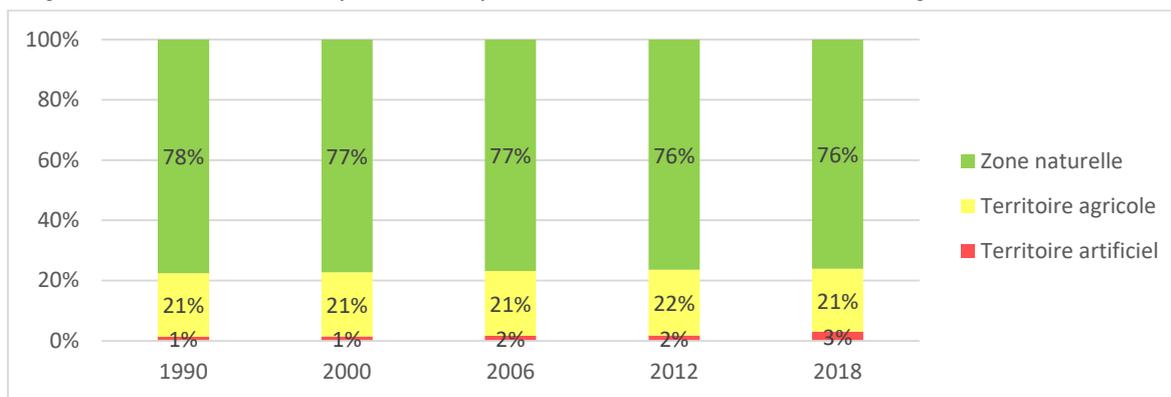
L'occupation des sols sur le secteur Piémonts est représentative de celle du bassin versant de l'Ardèche avec une **forte prédominance des espaces à caractère naturel**.

Ce secteur se distingue par **l'importance de l'artificialisation sur la période étudiée** :

- Dans l'absolu : 15 km² ont été consommés ces trente dernières années. **Un tiers des espaces artificialisés sur le bassin versant depuis 1990 l'ont été sur le secteur Piémonts.**
- Relativement à l'occupation locale du sol : La surface artificialisée a été multipliée par 6 entre 1990 et 2018. Ce **coefficient est largement supérieur à celui rencontré sur les autres secteurs**. Cette artificialisation s'est faite pour deux tiers au **détriment des espaces agricoles** (- 11 km²). C'est sur ce secteur que les espaces agricoles ont le plus régressé (- 13 %).

Secteur Confluences Plaines et Gorges

Figure 91 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Confluences Plaines et Gorges entre 1990 et 2018



Source : Données Corine Land Cover

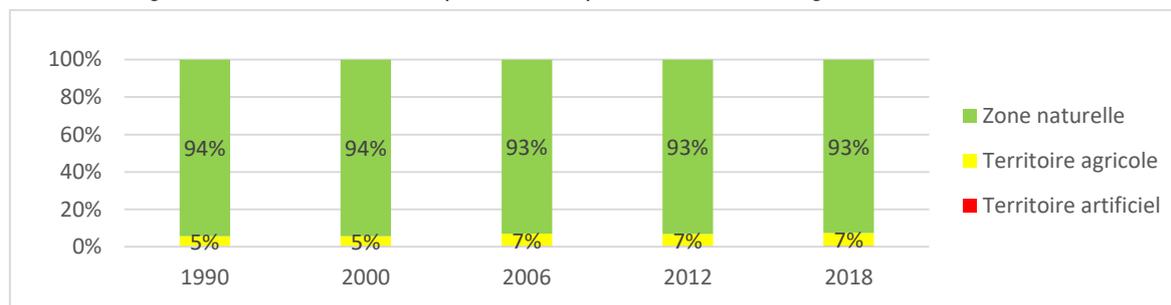
L'occupation des sols sur le secteur Confluences Plaines et Gorges est représentative de celle du bassin versant de l'Ardèche avec une **forte prédominance des espaces à caractère naturel**.

Au cours des trente dernières années, les espaces artificialisés ont y été multipliés par 2,3 ce qui correspond à la moyenne du bassin versant. Contrairement aux secteurs présentés précédemment, cette **artificialisation s'est majoritairement faite au détriment des espaces naturels** (- 7 km²) et, en moindres mesure, des espaces agricoles (- 1 km²).



Secteur Montagne

Figure 92 : Évolution de l'occupation du sol pour le secteur Montagne entre 1990 et 2018



Source : Données Corine Land Cover

Le secteur Montagne se distingue par la très forte prédominance des espaces à caractère naturel. Les surfaces artificialisées représentent moins de 1% de la superficie totale du secteur. Les surfaces agricoles sont elles aussi très faibles : le plus grand secteur étudié (39 % du bassin versant), est celui qui compte la plus faible surface agricole (14 % des surfaces agricoles du bassin).

Depuis 1990, les surfaces artificialisées ont été multipliées par 2,4, ce qui correspond à la moyenne du bassin versant (+ 3 km²). Les plus grandes modifications de l'occupation des sols sont à trouver dans la **diminution des espaces naturels au profit des espaces agricoles** (+ 11 km²). Le secteur Montagne est le seul sur lequel on observe une augmentation des surfaces agricoles au cours des trente dernières années (+ 24 %).

4.1.1.2.2 Synthèse à l'échelle du bassin versant

Entre 1990 et 2018, d'importantes transformations sont constatées sur le territoire :

- A l'échelle du bassin versant, **les surfaces artificialisées ont plus que doublé** (x 2,35). Sur les 47 km² artificialisés ces 30 dernières années, 18 l'ont été sur la boucle Albenassienne, 15 sur le secteur Piémonts, 8 sur le secteur Confluences, 3 sur les secteurs Ardèche aval et Montagne. 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**. Les matériaux et les configurations urbaines peuvent par ailleurs **accroître le phénomène d'îlot de chaleur**.
- **Deux tiers de l'artificialisation s'est faite au détriment d'espaces agricoles**. A l'échelle du bassin versant, cela représente une perte de 14 km² (- 3%). Néanmoins, cette situation est très variable selon les secteurs. **Les secteurs les plus touchés par ce phénomène sont la boucle albenassienne et les Piémonts qui ont perdus 22 km² d'espaces à caractère agricole**, tandis que **le secteur Montagne en a gagné 11**. Les phénomènes spéculatifs à proximité des zones urbanisées limitent l'accès au foncier agricole le plus résilient au changement climatique (sols épais des vallées, secteurs irrigués, ...). Par ailleurs certaines terrasses cultivées cessent d'être entretenues sur les Piémonts et le pin s'y développe. Ce phénomène génère un accroissement du risque incendie à proximité de zones d'habitation.
- **Un tiers de l'artificialisation s'est faite aux dépens des espaces à caractère naturel**. Ils ont **diminué de façon comparable sur tous les territoires étudiés** (-1 % sur le secteur Ardèche Aval, - 2 % ailleurs). Cela représente une perte totale de 33 km². Le secteur Montagne se démarque néanmoins : 80 % de la réduction des espaces naturels est liée à l'expansion des espaces agricoles et non à l'artificialisation.

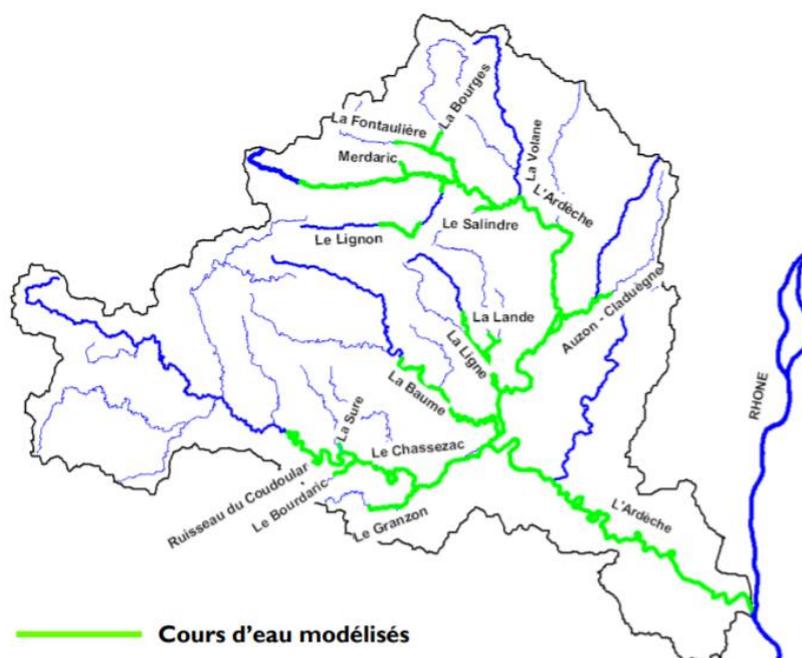


4.1.2 Répartition des activités et vulnérabilité au risque inondations et ruissellement

4.1.2.1 Une forte vulnérabilité au risque inondation

La dernière crue significative de l'Ardèche et de ses affluents date de 1992, elle a causé 4 morts et des dommages s'élevant à près de 12 millions d'euros (Sage Ardèche, 2012). Depuis, la connaissance du risque inondation s'est largement améliorée sur les principaux cours d'eau du bassin (meilleure connaissance de l'aléa avec une caractérisation des taux de retour, meilleure connaissance de la vulnérabilité avec la caractérisation des zones inondables et au recensement des usages du sol dans ces espaces). La connaissance du risque inondation fait cependant encore défaut sur certains affluents, comme en témoigne la Carte 10.

Carte 10 : Cartes des cours d'eau ayant fait l'objet d'une modélisation hydraulique



(EPTB, Programme d'Actions de Prévention des Inondations du bassin versant de l'Ardèche 2017-2021, 2017)

Aucun approfondissement spécifique n'a été réalisé dans le cadre de cette étude. En l'absence de connaissances sur l'évolution de l'aléa en contexte de changement climatique, les principaux éléments de vulnérabilité présentés dans le PAPI sont rappelés ci-dessous (EPTB, Programme d'Actions de Prévention des Inondations du bassin versant de l'Ardèche 2017-2021, 2017). Attention, ces estimations ne portent que sur les territoires où l'aléa est connu.

- En termes de d'activités, les crues de période de retour inférieure à 30 ans touchent essentiellement les campings et les entreprises (zones d'activité). Pour les crues moins fréquentes, les dommages sur les logements augmentent fortement (35% des dommages pour une période de retour 300 ans). Les dommages financiers liés aux activités agricoles (cultures et sièges des exploitations) sont moins importants que ceux associés aux risques sur le bâti. Néanmoins, les parcelles situées en bordure de cours d'eau restent particulièrement vulnérables au risque inondation.
- Pour les activités économiques de type industriel/artisanal, deux secteurs ont été identifiés à risque dans le SAGE : le secteur de Lalevade à Saint-Didier-Sous-Aubenas et la zone d'activité de Joyeuse. Aucun site dit dangereux n'est localisé dans l'enveloppe approchée des inondations potentielles des cours d'eau mais les zones d'activité potentiellement situées en zone inondables regroupent plus de 9 000 emplois.



- Plus de 19 000 personnes résident dans l'enveloppe approchée des inondations potentielles des cours d'eau. Les secteurs sur lesquels les dommages potentiels sont les plus importants sont le secteur de Vallon Pont d'Arc, la plaine d'Aubenas et la confluence entre l'Ardèche, la Beaume et le Chassezac. 4 à 27 établissements sensibles²⁰ sont également identifiés selon le taux de retour considéré (30 à 300 ans), pour une capacité d'accueil allant de 225 à 2 142 personnes. En particulier pour un taux de retour 30 ans : un village de gîtes, une crèche, une école primaire et une base de loisir sont concernés.
- En saison touristique, l'enjeu humain associé au risque inondation est accentué. Si la plupart des épisodes cévenols surviennent à l'automne quand le taux de remplissage des campings est faible, l'hypothèse d'une pluie intense au mois d'août n'est pas à écarter. Le PAPI souligne les chiffres suivants pour les secteurs où l'aléa est connu :
 - Le nombre de campings inondables varie selon la crue considérée de 102 à 119 (10 000 à 11 000 emplacements, non intégralement en zone inondable).
 - 97 campings commencent à être inondés (plage comprise) par une crue d'occurrence 5 ans, et 12 campings sont inondés à plus de 50 % par une crue d'occurrence 5 ans.
 - Pour une crue d'occurrence 100 ans, 51 campings sont inondés à plus de 80 %.

Par ailleurs, les touristes moins sensibilisés au risque inondation peuvent adopter des comportements les mettant davantage en danger en dehors de leur lieu d'hébergement. Des stratégies de gestion du risque ont été mises en place. Sur le département de l'Ardèche, l'État en lien avec la Fédération Régionale de l'Hôtellerie de Plein Air, a élaboré une doctrine permettant de concilier la nécessaire adaptation des pratiques du secteur avec les objectifs de protection des personnes et des biens ainsi que la réduction de vulnérabilité des établissements. La prévision des crues (et bientôt des zones inondées), les systèmes d'alerte automatisés des Préfectures, le système d'alerte interne à la FRHPA, ainsi que la préparation à la gestion de crise des communes et établissements de plein air font partie des actions permettant de poursuivre ces objectifs.

- La question des infrastructures a également une importance majeure :
 - Transports : selon le PAPI, près de 40 kilomètres de voies principales sont potentiellement en zone inondable et plus de 804 km sur le réseau secondaire. 15 kilomètres de voies ferrées sont aussi dans des zones d'inondations potentielles. un plan d'évacuation a été mis en place. La capacité à évacuer l'ensemble des campings simultanément par la route peut néanmoins poser question.
 - Alimentation en eau potable et systèmes d'assainissement : Le PAPI rappelle qu'un nombre important de puits de captage qui exploitent les nappes alluviales sont situés dans l'enveloppe approchée des inondations potentielles des cours d'eau. Ces ouvrages peuvent subir des dommages mécaniques liés à la submersion et/ou être affectés par une pollution de la nappe alluviale lors des crues. De multiples stations d'épuration sont également situées dans des zones à risque.
 - La vulnérabilité des réseaux de communication et de transport d'électricité est également questionnée.

4.1.2.2 Une connaissance limitée du risque de ruissellement

Le risque de ruissellement est mal connu. Des analyses ciblées ont conduit à identifier des secteurs prioritaires pour :

- Le ruissellement urbain : Aubenas, Largentière, Les Vans, Vallon / Salavas, Ruoms, bassin Auzon Claduègne
- Le ruissellement agricole : bas Chassezac et Auzon Claduègne

²⁰ « Les établissements considérés comme sensibles sont les centres de loisirs, les centres de vacances, les établissements de santé, les structures d'accueil pour personnes âgées ou handicapées, les établissements d'enseignement ou de formation et les établissements pénitentiaires. » (EPTB, Programme d'Actions de Prévention des Inondations du bassin versant de l'Ardèche 2017-2021, 2017)



Le PAPI rappelle que « les précipitations fréquentes sont potentiellement destructrices et désorganisatrices » mais que « le surdimensionnement des équipements pour le traitement des pluies extrêmes peut occasionner des surcoûts pour un bénéfice important localement mais minime à l'échelle du bassin versant ». Il privilégie donc le traitement des eaux pluviales pour des phénomènes fréquents en privilégiant l'amélioration de la situation sur les secteurs bâtis.

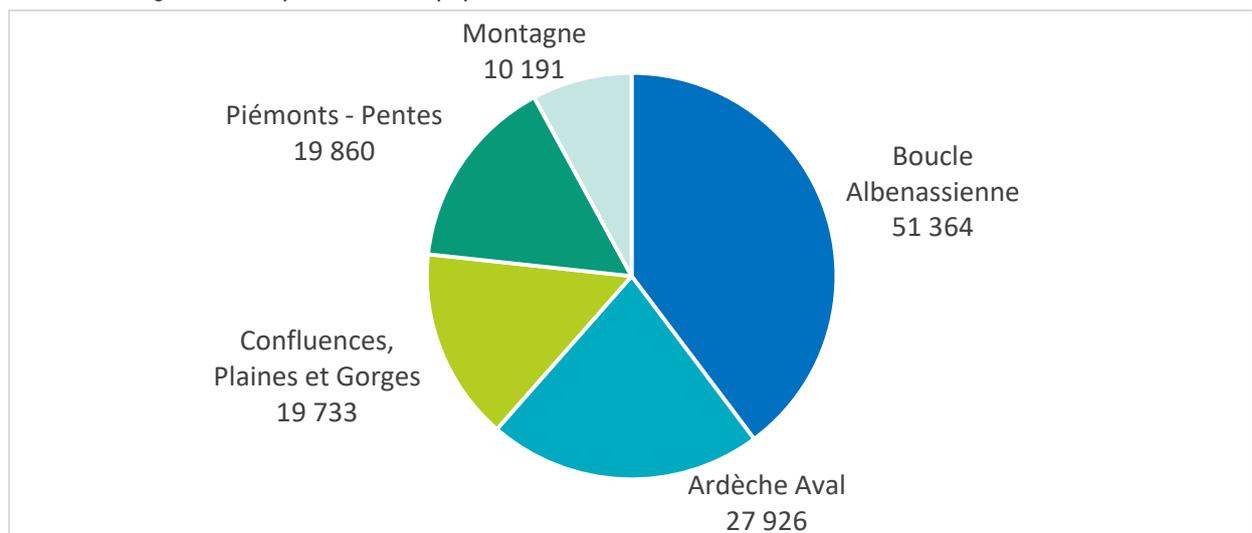
4.1.3 Dynamique démographique et variabilité spatio-temporelle de la fréquentation en période touristique

Le bassin versant de l'Ardèche est un territoire à dominante rurale, caractérisé par une forte présence touristique. De fait, le nombre et répartition de la population évolue fortement au cours de l'année, ce qui n'est pas sans contrainte sur les aménagements. D'ici 2050, il est prévu que la population du territoire continue d'augmenter ; le Schéma de Cohérence Territoriale – SCoT – tient compte de ces spécificités démographiques pour rééquilibrer la croissance démographique.

4.1.3.1 Une population permanente inégalement répartie sur le bassin versant

La population actuelle du bassin versant de l'Ardèche est de 129 000 habitants, dont la répartition géographique est décrite dans la Figure 93.

Figure 93 : Répartition de la population du bassin versant entre les différents secteurs d'étude



Traitement de données INSEE 2017

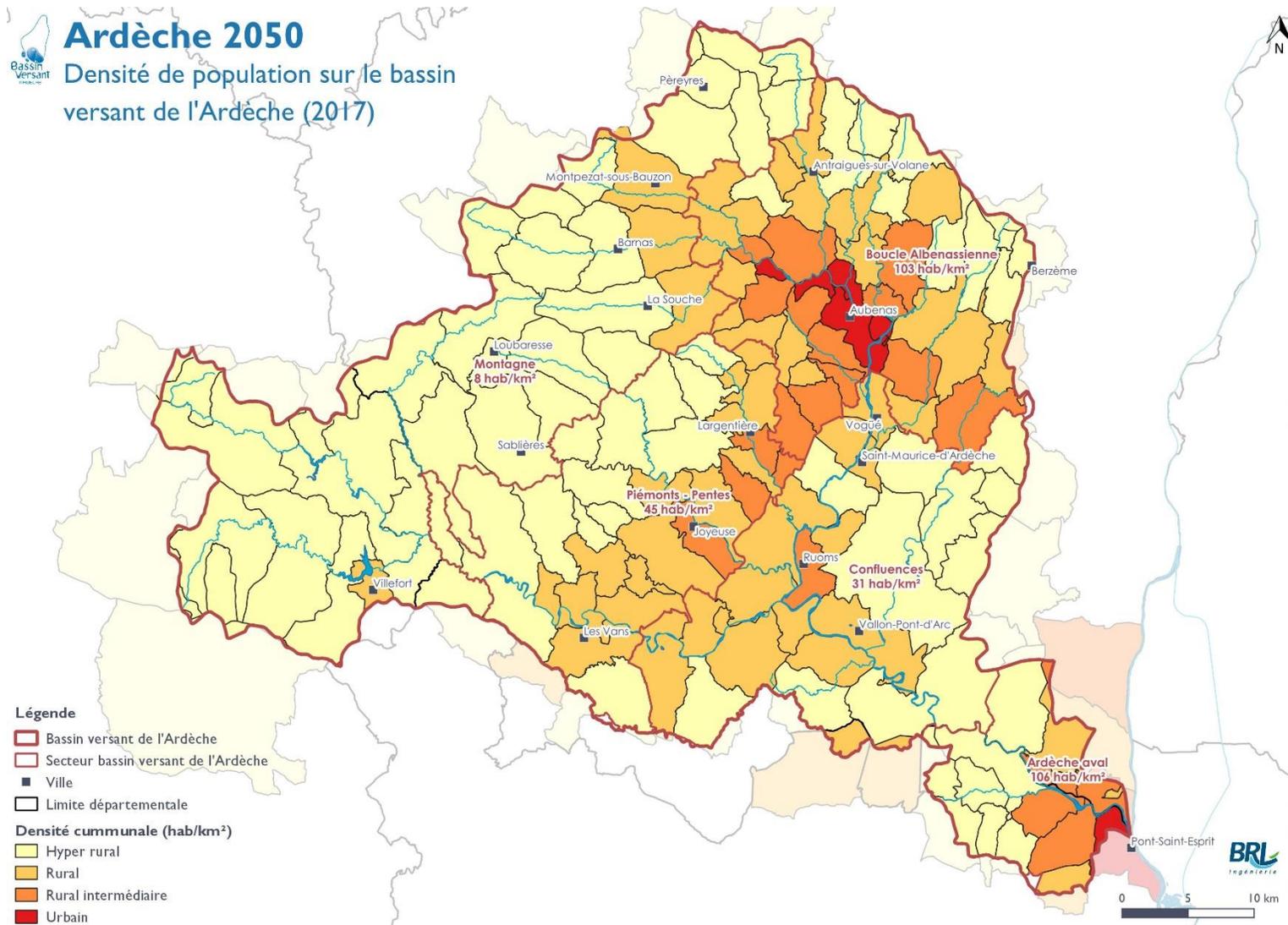
Il s'agit d'un territoire à très faible densité : 41 habitants au km² (contre 119 à l'échelle de la France métropolitaine). Sur 156 communes, 6 sont considérées par l'INSEE comme peu denses (entre 300 et 5000 habitants au km²), 75 comme très peu denses (entre 25 et 300 habitants au km²) et 75 sont trop peu peuplées pour entrer dans l'une de ces catégories. On peut alors les qualifier d' « hyper-rurales » (Depraz, 2017).

La carte ci-dessous s'appuie sur cette typologie pour construire une grille de densité adaptée au bassin versant ardéchois :

- Urbain : plus de 300 habitants au km²
- Rural intermédiaire : entre 100 et 300 habitants au km²
- Rural : entre 25 et 100 habitants au km²
- Hyper rural : moins de 25 habitants au km²



Carte 11 : Densité de population sur le bassin versant de l'Ardèche



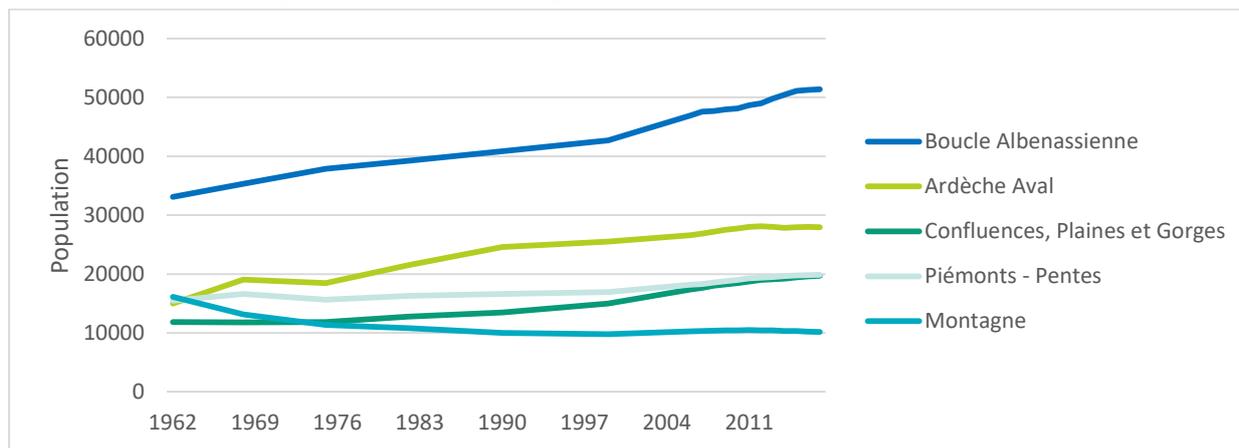
Traitement de données INSEE



Ce constat masque néanmoins une différence importante entre les territoires étudiés, à la fois en termes de densité et d'attractivité :

- Deux territoires constituent des pôles urbains majeurs avec une densité supérieure à 100 habitants au km². Ils sont organisés autour de centralités de plus de 10 000 habitants :
 - La boucle albenassienne représente le principal pôle d'activité du bassin versant. Plusieurs villes atteignent le seuil des 2 000 habitants dans la périphérie directe d'Aubenas et la densité de population diminue avec l'éloignement au centre économique. Ce territoire a porté 45% de la croissance démographique du bassin versant avec un taux de croissance moyen de 1% par an ces 20 dernières années.
 - Le secteur Ardèche Aval marque l'ouverture du territoire sur la vallée du Rhône. La ville de Pont Saint-Esprit, à la confluence avec le Rhône est également un centre socio-économique majeur. Après une forte croissance dans les années 1970 et 1980, le dynamisme démographique de ce territoire est aujourd'hui limité, avec un taux de croissance démographique moyen deux fois plus faible que celui de la boucle albenassienne ces vingt dernières années.
- Deux territoires se structurent autour de pôles secondaires attractifs :
 - Les communes du piémont constituent un axe homogène de densité moyenne le long de la D104 entre Largentière et Les Vans. La croissance démographique y est comparable à celle de la boucle albenassienne depuis 1999.
 - Le secteur Confluences, Plaines et Gorges est relativement peu dense. La population est essentiellement rassemblée autour des villes de Ruoms et Vallon-Pont-d'Arc. Ce territoire, renforcé par la croissance de l'activité touristique, connaît une très forte croissance démographique depuis les années 1960 (+1,5% par an en moyenne ces vingt dernières années).
- Le secteur de montagne, avec une densité moyenne de 8 habitants au km² est extrêmement peu peuplé. Le phénomène d'exode massif entre 1960 et 1990 semble néanmoins s'être arrêté et la population est restée relativement stable ces vingt dernières années.

Figure 94 : Evolution démographique par sous bassin (1960-2017)



Données INSEE

Le SCoT de l'Ardèche Méridionale révèle par ailleurs le vieillissement de la population, particulièrement sur les secteurs de Piémont et de Montagne, caractérisés par un solde naturel négatif. Le solde migratoire est quant à lui partout positif. La pyramide des âges y est caractéristique des espaces ruraux : « surreprésentation des retraités et un déficit de jeunes, notamment lié aux mobilités scolaires et professionnelles ». La population est par ailleurs peu aisée sur le territoire du SCoT de l'Ardèche Méridionale. Le revenu fiscal moyen de référence est inférieur de 5 972 € à la moyenne départementale et de 21 137 € à la moyenne régionale. Les principales poches de pauvreté se concentrent sur les territoires peu denses des Cévennes méridionales et du plateau ardéchois.

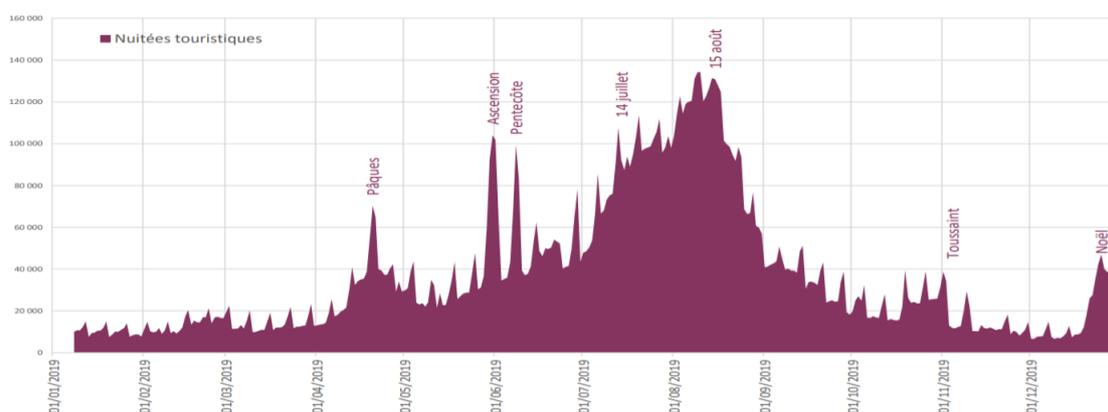


4.1.3.2 Une redistribution de la population en période touristique

Une fréquentation touristique centrée sur la saison estivale et les week-ends prolongés

La Figure 95 présente la répartition du nombre de nuitées touristiques au cours de l'année pour le département de l'Ardèche, chiffres produits par l'agence départementale de développement touristique. La **période de forte affluence se situe entre le 1^{er} et le 20 août**, avec un maximum atteint le samedi 10 août pour l'année 2019. Hors congés estivaux, de fortes affluences sont à noter durant les vacances, de Pâques, de la Toussaint et de Noël mais très peu durant les vacances de février. En outre, les **week-ends prolongés du printemps génèrent les plus fortes variations hebdomadaires de demande en eau potable**.

Figure 95 : Répartition intra-annuelle des nuitées touristiques (département de l'Ardèche, année 2019)



Source : (ADT, Memento du tourisme Ardeche, 2020)

Un doublement de la population en période de forte affluence

La population touristique du bassin a été estimée sur la base des données INSEE 2020 présentant pour chaque commune, le nombre de :

- résidences secondaires (24 601 sur le BV) - chambres d'hôtel (1 928 sur le BV)
- camping (19 537 sur le BV) - hébergement collectifs (21 sur le BV)

Le Tableau 11 présente les hypothèses utilisées pour estimer la fréquentation touristique à l'échelle de chaque commune.

Tableau 11 : Hypothèses utilisées pour estimer la fréquentation touristique

STRUCTURE	NOMBRE DE SITES	MOYENNE DE LIT PAR SITE	TAUX DE REMPLISSAGE ESTIVAL	POPULATION TOURISTIQUE ESTIVALE	SOURCE
CHAMBRE D'HOTEL	1 928	2,33	77 %	3 459	(ADT, Le parc d'hébergements touristiques , 2020)
EMPLACEMENT DE CAMPING	19 537	2,97	71 %	41 198	(ADT, L'hôtellerie de plein air - Bilan 2019 Sud Ardèche, 2020)
HEBERGEMENT COLLECTIF	21	92	Supposé équivalent aux hôtels	1 488	(ADT, L'hôtellerie - Bilan 2019 Sud Ardèche, 2020)
RESIDENCES SECONDAIRES	24 601	5	50,9%	62 733	(ADT, Les résidences secondaires en Ardèche, 2006)



Suivant ces hypothèses, la **capacité d'accueil touristique** (nombre de lits) est estimée à **187 000** personnes et la **fréquentation touristique du mois d'août** est estimée à **109 000** personnes. A titre comparatif, la population permanente est de 129 000 habitants. En d'autres termes, nous considérons que la population desservie au mois d'août en eau potable est **multipliée par 1,8 par rapport à la population permanente**.

Selon les hypothèses présentées ci-dessus, le taux de remplissage des structures marchandes et non marchandes d'hébergement touristique est de 60 % au mois d'août. Néanmoins, l'étude ressources souterraines stratégiques considère que celui-ci peut monter jusqu'à **80% de la capacité d'accueil lors des pics de fréquentation**. La population touristique du bassin versant serait alors de 150 000 personnes. En d'autres termes, lors du pic de fréquentation touristique, nous considérons que la population desservie en eau potable est **multipliée par 2,2 par rapport à la population permanente**.

4.1.3.3 Une population et des infrastructures touristiques inégalement réparties sur le bassin versant

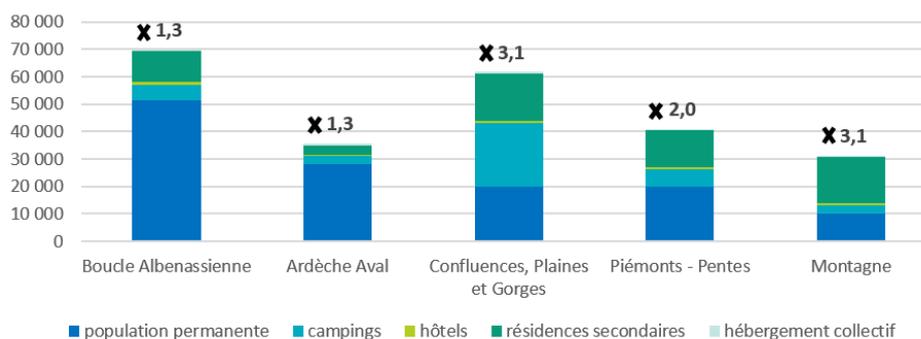
La Figure 96 présente la variation de population générée en période estivale par la fréquentation touristique à l'échelle de chaque secteur. Faute de données, les chiffres présentés ci-dessous omettent les gîtes et locations meublées. On y constate que l'affluence touristique modifie largement la répartition démographique sur le bassin versant :

- A l'échelle du bassin versant, l'accueil touristique en hôtel ou camping génère une hausse de 35 % de la population. Ce phénomène est moins visible sur la Boucle Albenassienne et l'aval du bassin. A l'inverse, la population du secteur Confluences, plaines et Gorges est multipliée par 2,2 (sans tenir compte des résidences secondaires). Elle atteint alors un niveau comparable à celle du secteur de la boucle albenassienne. L'hôtellerie de plein air a une capacité d'accueil 15 fois supérieure à celle de l'hôtellerie traditionnelle.

Certaines communes sont particulièrement impactées par cet afflux de population : Sampzon voit sa population multipliée par 17,5 et 5 communes voient leur population quadrupler (Berrias-et-Casteljaux, Saint-Maurice-d'Ardèche, Salavas et Vallon-Pont-d'Arc, ainsi que Pourcharesses sur le secteur Montagne). Les infrastructures d'alimentation en eau potable et d'assainissement doivent être dimensionnées pour desservir ces populations une partie de l'année seulement.

- L'augmentation de population estivale générée à l'échelle du bassin versant par les résidences secondaires varie entre + 10 % et + 170 % selon les secteurs (+ 50% à l'échelle du bassin). Ce phénomène touche avant tout le secteur Montagne, qui compte davantage de résidences secondaires que de résidences principales (multiplication de la population d'un facteur 4 si la capacité d'accueil maximale des résidences secondaires est atteinte). La capacité d'accueil en résidence secondaire est également conséquente sur les secteurs Piémonts et Confluences, plaines et Gorges. Elle générerait respectivement une hausse de population de 60 et 80%).

Figure 96 : Estimation de la population du bassin versant de l'Ardèche au mois d'août



Traitement de données INSEE



4.1.3.4 Prospective démographique

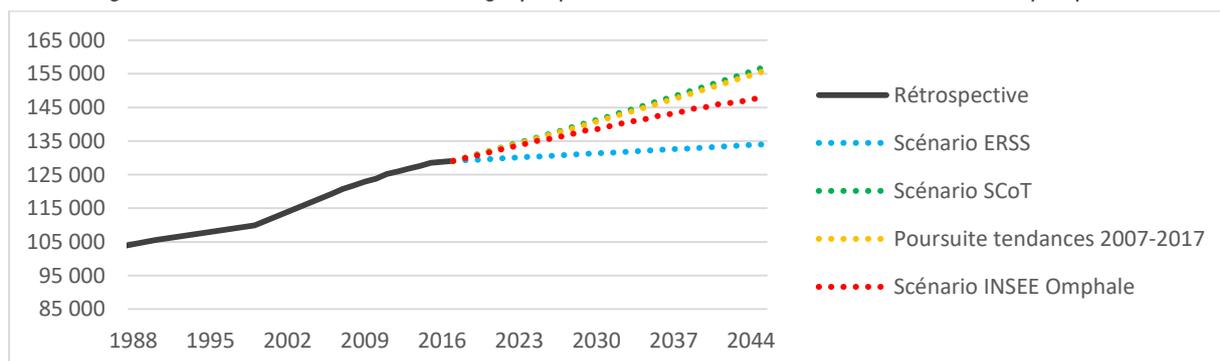
Plusieurs ressources permettent d'évaluer l'évolution de la population du bassin versant :

- **Les documents locaux d'urbanisme** : le SCoT de l'Ardèche Méridionale estime l'augmentation de population à horizon 2045, à partir de scénarios tendanciels et dans l'optique volontariste d'un rééquilibrage du gain de population entre territoires. Le SCoT envisage ainsi de maintenir le rythme de croissance de l'aire Albenassienne (+0,7% par an), de ralentir la croissance du Sud du territoire (+0,75% par an) et de maintenir une croissance sur le secteur de Montagne (+0,37% par an). Ces hypothèses ont été appliquées à la population des territoires d'études, en utilisant le taux de croissance de l'Aire Albenassienne pour les secteurs Piémonts et Ardèche Aval.
- **Les projections départementales de l'INSEE** : L'INSEE publie des projections démographiques pour tous les départements à horizon 2050. Selon ces projections, la croissance démographique ralentit progressivement dans la première moitié du XIXème siècle. Elle est en moyenne de + 0,48 % par an d'ici à 2045. Tout le bassin versant ne se situe pas en Ardèche. Cependant, le SCoT du Gard Rhodanien révèle que la croissance démographique du territoire se rapproche davantage de celle du département ardéchois que gardois. L'extension des hypothèses démographiques du département de l'Ardèche aux marges du bassin versant ne semble donc pas hors de propos.
- **La projection des tendances récentes observées dans les données INSEE à l'échelle des sous-territoires d'étude** : Le taux de croissance démographique annuel moyen entre les recensements de 2007 et 2017 a été évalué pour chaque territoire d'étude et projeté sur une tendance similaire dans les années futures.
- **L'Etude ressource souterraines stratégiques** : portant sur le territoire du SAGE, elle estime à 0,16% le taux de croissance annuel moyen entre 2012 et 2045.

La Figure 97 prolonge les tendances démographiques de ces trente dernières années selon ces différents scénarios et dessine trois tendances :

- Les **hypothèses du SCoT et la poursuite des tendances observées entre 2007 et 2017** produisent des résultats similaires. Ces scénarios produisent la plus forte croissance démographique et conduisent à estimer à 157 000 personnes la population permanente du bassin versant à horizon 2045 (**+ 21 % par rapport à 2017**).
- Les **hypothèses INSEE** produisent des résultats intermédiaires et conduisent à estimer à 148 000 personnes la population permanente du bassin versant à horizon 2045 (**+ 15 % par rapport à 2017**).
- Les **hypothèses de l'ERSS** sont beaucoup plus modérées et conduisent à estimer à 135 000 personnes la population permanente du bassin versant à horizon 2045 (**+ 5 % par rapport à 2017**).

Figure 97 : Courbes d'évolution démographique à horizon 2045 selon différents scénarios prospectifs



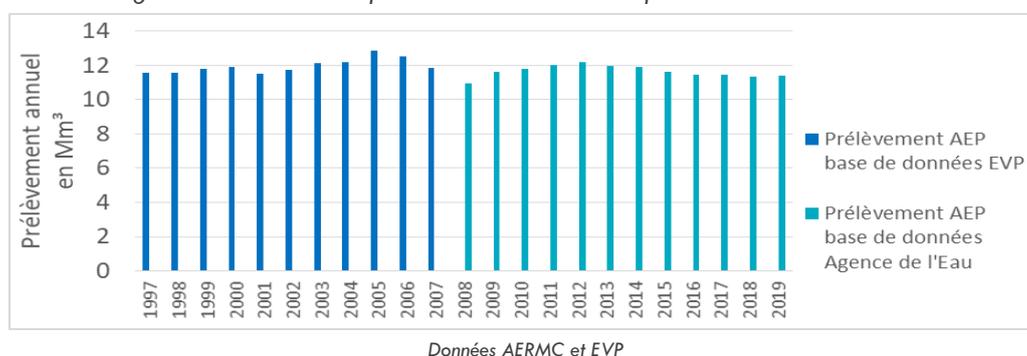


4.2 CONSÉQUENCES POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

4.2.1 Prélèvement actuel sur le bassin versant

La Figure 98 présente l'évolution des prélèvements pour l'alimentation en eau potable déclarés à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse depuis 2008. Elle intègre l'ensemble des prélèvements pour l'usage « eau potable » (souterrains et de surface) effectués sur le bassin versant géographique, à l'exception de ceux réalisés dans les « formations variées côtes du Rhône rive gardoise »²¹. Les prélèvements antérieurs à l'année 2008 sont issus des bases de données Agence de l'Eau exploitée dans le cadre de l'étude volumes prélevables (recensés sous l'usage « distribution publique »). Cette mise en perspective permet de relativiser la baisse de prélèvement observée entre 2012 et 2019. Sur les années récentes, les prélèvements déclarés sur le bassin versant s'élèvent à 11,4 Mm³ par an.

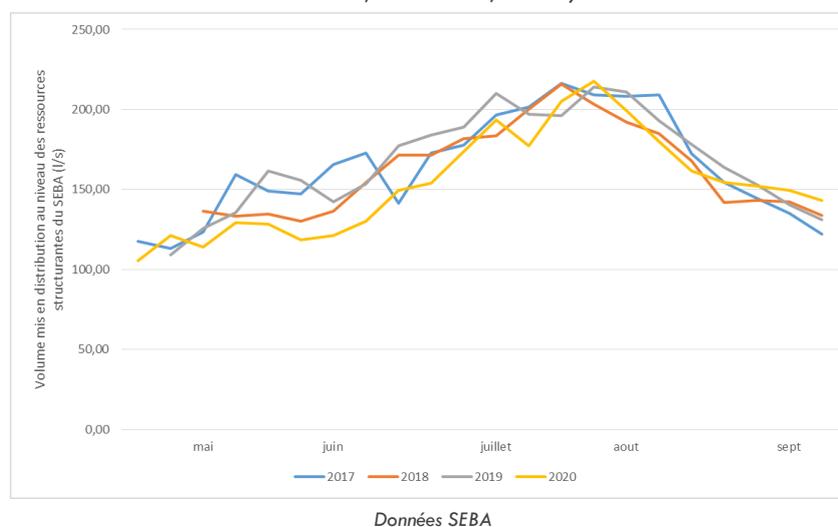
Figure 98 : Prélèvement pour l'alimentation en eau potable sur le bassin versant



152

La demande est irrégulière au cours de l'année : la fréquentation touristique estivale génère un pic de la demande en eau potable. Ce phénomène est par exemple observé sur les réseaux du principal producteur d'eau potable du bassin versant, le SEBA (44% du prélèvement sur le bassin d'après la base des redevances AERMC). La Figure 99 révèle ainsi l'existence d'un pic du besoin entre la mi-juillet et la mi-août.

Figure 99 : Volume mis en distribution au niveau des infrastructures principales du réseau du SEBA (Pont de Veyrières, Gerbial, La Beaume, Mazet)



²¹ Les prélèvements dans la masse d'eau « Alluvions du Rhône du défilé de Donzère au confluent de la Durance et alluvions de la basse vallée de l'Ardèche » situés sur le bassin versant géographique ont été conservés car les données disponibles ne permettaient pas de distinguer la ressource impactée.



Le Tableau 12 présente les masses d'eau impactées par les prélèvements pour l'eau potable. Ces prélèvements n'ont pas tous le même impact sur les débits du cours d'eau :

- A lui seul, le prélèvement dans la retenue de Pont de Veyrières représente 30 % du prélèvement total. Ce prélèvement est réalisé dans une ressource alimentée par les apports du bassin versant de la Loire : il n'impacte pas directement le débit de l'Ardèche (sauf dans des cas particuliers où il n'y aurait pas d'apport depuis Montpezat pendant plus de dix jours consécutifs et où il n'y aurait pas de déstockage dans la retenue de Pont de Veyrières).
- 47 % des prélèvements sont effectués dans les cours d'eau ou au niveau des sources : ils influencent directement les cours d'eau superficiels. Les prélèvements dans les sources représentent une part conséquente du prélèvement global (34 %), mais le prélèvement moyen par ouvrage est extrêmement faible : il s'agit de ressources diffuses majoritairement exploitées pour répondre à des besoins de proximité et difficilement substituables dans les espaces peu denses et topographiquement contraints.
- 23 % du prélèvement est réalisé dans des nappes, dont les liens avec les cours d'eau superficiels varient selon les territoires.

Tableau 12 : Milieux impactés par les prélèvements AEP

	VOLUME MOYEN 2017-2019 (M ³)	PART DU PRELEVEMENT TOTAL (MOYENNE 2017-2019)	NOMBRE DE PRELEVEMENTS
BARRAGE ET SON PLAN D'EAU	3 468 279	30 %	2
SOURCE	3 844 420	34 %	183
NAPPE	2 628 211	23 %	42
COURS D'EAU	1 451 726	13 %	13
TOTAL GENERAL	11 392 636	100 %	240

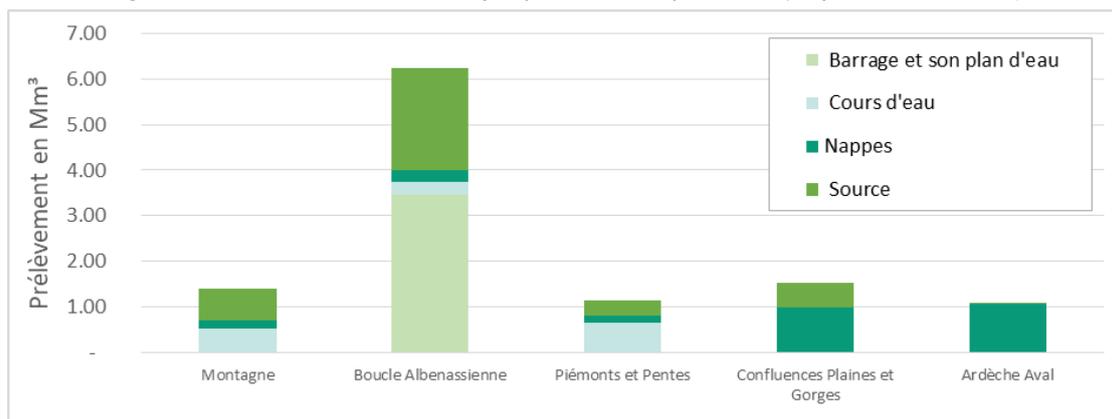
Traitement de données Agence de l'Eau

La Figure 100 présente, par sous-secteur, le prélèvement annuel moyen par type de ressource²². 55 % du prélèvement est effectué sur le secteur de la Boucle Albenassienne. Ce secteur concentre les prélèvements pour deux raisons : une forte densité de population et la présence de la retenue de Pont de Veyrières utilisée par le SEBA pour alimenter également les secteurs Piémonts et Confluences. En été, l'importance relative de ce secteur augmente car c'est majoritairement à cette saison que d'autres collectivités sollicitent les réseaux du SEBA. Les sources sont exploitées sur l'ensemble du bassin versant. Les prélèvements en nappe sont davantage présents à l'aval du bassin versant.

²² Les prélèvements dans les formations variées côtes du Rhône rive gardoise ne sont pas intégrés, ce qui explique le prélèvement relativement faible sur le secteur Ardèche Aval (prélèvement de l'ordre de 0,25 Mm³).



Figure 100 : Prélèvement annuel moyen par secteur et par milieu (moyenne 2017-2019)



Traitement de données Agence de l'Eau

4.2.2 Problématiques territoriales de l'alimentation en eau potable

Les éléments de description du fonctionnement actuel de l'alimentation en eau potable ainsi que la description des enjeux quantitatifs et qualitatifs identifiés pour l'avenir sont issus de l'étude ressources souterraines stratégiques et des schémas départementaux d'alimentation en eau potable (notés ci-dessous SDAEP 07 en Ardèche, SDAEP 30 dans le Gard, SDAEP 48 en Lozère).

4.2.2.1 Organisation de la desserte

Le territoire comprend de multiples unités gestion et de distribution. Ces structures sont de taille extrêmement variable et **cinq d'entre elles effectuent 75% du prélèvement total** :

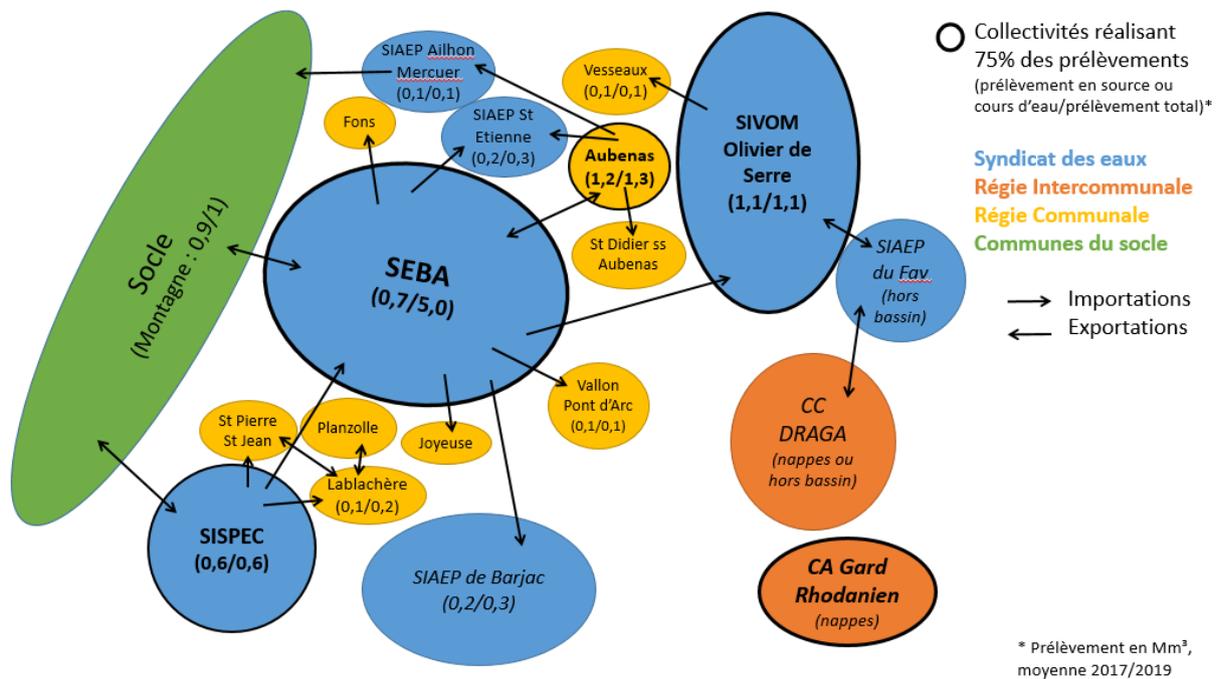
- 9 *syndicats*, parmi lesquels :
 - **Le SEBA** rassemble 44 communes et 27 % de la population du bassin versant. Le SEBA est également exportateur vers de nombreuses autres collectivités, comme l'illustre le schéma des liens entre unités de gestion (Figure 101). En 2019, le SEBA réalisait **44% du prélèvement** pour l'alimentation en eau potable du bassin versant (base de redevances AERMC, toutes ressources confondues). Cependant, 70% de ce prélèvement est principalement issu des apports du bassin versant de la Loire dans la retenue de Pont de Veyrières : le syndicat ne réalise que 13 % des prélèvements en sources ou cours d'eau dans le bassin versant.
 - **Le SIVOM Olivier de Serre** compte 17 communes et alimente 9% de la population du bassin versant. En 2019, la structure réalisait **10 % du prélèvement** pour l'alimentation en eau potable du bassin versant (base de redevances AERMC, toutes ressources confondues). Le prélèvement du SIVOM est presque intégralement réalisé sur des ressources affectant les milieux superficiels (19% des prélèvements en sources ou cours d'eau réalisés sur le bassin versant).
 - **Le SI du Service public de l'eau en Cévennes (SISPEC)** fédère 8 communes comptant 6 % de la population du bassin versant. En 2019, la structure réalisait **5 % du prélèvement** pour l'alimentation en eau potable du bassin versant (base de redevances AERMC, toutes ressources confondues). Essentiellement alimenté par le Chassezac soutenu, l'ensemble prélèvement du SISPEC affecte les milieux superficiels (10% des prélèvements en sources ou cours d'eau réalisés sur le bassin versant).
- Deux structures de gestion intercommunale :
 - **La régie intercommunale de la communauté d'agglomération du Gard Rhodanien**, dans le bassin de Pont-Saint-Esprit. Située à l'aval du bassin versant, ses prélèvements impactent en majorité la nappe d'accompagnement du Rhône. Cette collectivité réalisait en 2019 **10 % des prélèvements**.



- La régie intercommunale de la Communauté de Commune du Rhône aux Gorges de l'Ardèche (DRAGA). Cette régie dessert la rive gauche de l'Ardèche à la sortie des Gorges et d'autres secteurs à l'extérieur du bassin versant. Ses prélèvements dans le bassin versant géographique de l'Ardèche restent limités (2% du prélèvement en 2019).
- De multiples régies communales, parmi lesquelles les villes **d'Aubenas (11% du prélèvement 2019)** et Lablachère (2% du prélèvement 2019). En particulier, la commune d'Aubenas est le préleveur qui cumule le plus de prélèvements impactant directement les cours d'eau : la source de Cheyron fournit 21 % du prélèvement total en sources ou cours d'eau à l'échelle du bassin versant.

Certains syndicats fédèrent par ailleurs des communes à l'extérieur du bassin versant, pour une population permanente estimée à 13 000 personnes. Ces structures sont indiquées en italique dans la Figure 101. Cependant, au moins la moitié de ces habitants sont desservis par des prélèvements dans des ressources sans impact sur l'Ardèche et ses affluents (bassin du Rhône).

Figure 101 : Schéma des liens entre les principales unités de gestion et distribution d'eau potable



BRLingénierie, d'après l'étude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche, Syndicat mixte Ardèche Claire, 2017

Les différentes unités gestionnaires d'eau potable sont représentées sur la Carte 13, à partir d'un découpage présentant 3 zones aux enjeux spécifiques face au changement climatique :

- Communes de piémonts et de plaine bénéficiant d'un réseau hydraulique dense alimenté par quelques ressources abondantes, où les enjeux de sécurisation dominent (interconnexions, sécurisation des ressources principales et dimensionnement du réseau pour couvrir le pic estival).
- Communes d'altitude et de pente peu denses où l'alimentation en eau potable est majoritairement gérée en régie à l'échelle des hameaux, rencontrant des enjeux quantitatifs sur des ressources à faible capacité de stockage et fortement dépendantes des conditions hydro climatiques.
- Communes de l'aval du bassin versant desservies par de nombreuses ressources (nappes alluviales du Rhône et de l'Ardèche, karst Urgonien ...) où les enjeux qualitatifs sont en cours de résolution par mise en place d'usines de traitement et d'interconnexions.



4.2.2.2 Des enjeux hétérogènes au sein du bassin versant

1. L'interconnexion : force et fragilité du service d'alimentation en eau potable au cœur du bassin versant

Les secteurs de la boucle Albenassienne, du Piémont et des Confluences entre l'Ardèche et ses principaux affluents forment un **territoire intégré** de gestion de l'alimentation en eau potable. Ils sont en effet organisés autour d'un **large réseau d'interconnexions** permettant de valoriser certaines ressources relativement abondantes. Ce secteur réalise **78 % du prélèvement pour l'alimentation en eau potable du bassin versant** (9 Mm³ en moyenne entre 2017 et 2019).

Ce territoire, mobilise des ressources très diversifiées. Le débit prélevé est issu :

- Du prélèvement superficiel dans le barrage de Pont de Veyrières (39%).
- De captages de sources (35%).
- De forage dans des nappes (16%) dont les interactions avec les eaux superficielles ne sont pas toujours identifiées par les préleveurs (nappe d'accompagnement du Chassezac, de la Beaume et l'Ardèche, aquifères karstiques).
- De cours d'eau superficiels (11 %), essentiellement le Chassezac soutenu et la Claduègne. Le secteur Auzon Claduègne étant déficitaire, le SIVOM Olivier de Serre anticipe une réduction de ce prélèvement.

Le **réseau de Pont de Veyrières**, initié en 1988 et porté par le SEBA, a pour objectif la fourniture d'eau à 80 communes du bassin versant, dont certaines connaissaient des problèmes d'alimentation en eau potable à l'étiage. Il dessert les 44 communes adhérentes au SEBA 44, des syndicats achetant au SEBA (Olivier de Serres (18 communes), Barjac (12 communes), Saint-Etienne/Saint-Sernin (2 communes), ainsi que les communes de Vallon-Pont-d'Arc, Joyeuse, Aubenas, Chirols et Fons. Ce réseau sollicite principalement 2 ressources :

- Un captage dans le barrage de Pont de Veyrières, principalement alimenté par l'apport du bassin versant de la Loire. L'unité de potabilisation peut actuellement traiter 1 100 m³/h (300l/s).
- Les apports du puits de Gerbial (nappe d'accompagnement du Chassezac), pouvant traiter 350 m³/h, renforcé par le forage karstique des fontaines.

D'autres liaisons sont organisées :

- A partir du réseau de la ville d'Aubenas, vers les Syndicats Ailhon-Mercuer, St-Etienne/St-Sernin et les communes de Lentillères, St-Didier-sous-Aubenas et Ucel.
- Entre les syndicats du Fay et Olivier de Serre.

Enjeu quantitatif sur les secteurs déficitaires : vers un renforcement des interconnexions?

En dehors des 44 communes adhérentes au SEBA, **des déficits quantitatifs à horizon 2030 sont identifiés par le SDAEP**. Outre l'amélioration des rendements des réseaux, un enjeu majeur pour l'alimentation en eau potable de ces territoires réside dans le **renforcement des interconnexions** depuis les réseaux excédentaires ou la **recherche de ressources alternatives** (souterraines ou extérieures au bassin versant).

Au sein du sous-bassin versant déficitaire Auzon Claduègne, les solutions sont orientées vers la recherche de nouvelles ressources :



- La partie Est du syndicat Olivier de Serre (SIVOM ODS) est alimentée à partir d'un prélèvement mobilisant la Claduègne. Cette ressource étant déficitaire, le Schéma directeur prévoit d'y arrêter les prélèvements. Les conduites actuelles ne permettent pas de transférer l'eau du réseau depuis Pont de Veyrières. Plusieurs scénarios sont à l'étude (interconnexion SEBA, interconnexion avec les ressources souterraines de la DRAGA, via le syndicat du Fay, forages, ...)
- Le syndicat du Fay est en grande partie alimenté par le prélèvement du SIVOM Olivier de Serre sur la Claduègne (1/5 du prélèvement lui est destiné). Le syndicat est actuellement en limite de ressources. La diminution de ses ressources en parallèle de l'augmentation du besoin génère une situation de déficit à court terme. La solution envisagée pour résoudre ce déficit est une **interconnexion avec des ressources extérieures au bassin versant** (vallée du Rhône, DRAGA).

Sur le reste du bassin versant, le renforcement des interconnexions est envisagé comme une solution face au déficit identifié par le SDAEP07 :

- Un déficit pourrait survenir au niveau de la commune de Fons. Cependant, celle-ci est reliée au réseau de Pont de Veyrières et peut réviser le débit souscrit.
- La Commune de Lagorce voit ses besoins en eau potable augmenter du fait du développement de l'usine Melvita. Afin de garantir la pérennité de l'activité économique, la commune doit augmenter ses ressources. En 2014, une recherche de n'a pas donné de résultats. L'hypothèse d'un nouveau forage ou d'une interconnexion avec le réseau de Pont de Veyrières sont évoquées par le SDAEP.

Cependant, les interconnexions ne doivent pas être envisagées comme une solution de facilité car elles trouvent également leurs limites à moyen terme :

- Selon le SDAEP07, les systèmes interconnectés à Aubenas ne pourront pas compter intégralement sur les prélèvements actuels de la commune pour compenser l'intégralité de la hausse de leurs besoins à horizon 2030.
- **La capacité du réseau ossature à satisfaire une telle augmentation du débit de pointe est questionnée par le SEBA.** En climat stationnaire, les ressources sont disponibles pour alimenter le réseau ossature, la question de leur distribution se pose néanmoins. Selon les techniciens du SEBA, le réseau est actuellement en limite de saturation en période de pointe et des difficultés d'alimentation sont constatées depuis 2017 au début du mois d'août. Le réseau ossature dessert une vingtaine de réservoirs de têtes de collectivités. Sur certains réservoirs se vident plus rapidement qu'ils ne sont alimentés en période de pointe. La vitesse de remplissage des réservoirs est limitée par le dimensionnement du réseau. Par ailleurs, le remplissage des réservoirs de plus basse altitude génère des pertes de charge dans le réseau et complique l'alimentation d'autres secteurs. Des solutions de gestion (lissage du remplissage par une approche plus fine) ou des interventions sur le réseau (mise en place d'accélérateurs sur les secteurs de faible charge, agrandissement des canalisations sur certains secteurs) peuvent constituer des solutions à ces problématiques. Le SEBA rappelle néanmoins que ce type d'investissement doit être discuté au regard de la courte période sur laquelle il serait utile à l'échelle annuelle. En l'état actuel, l'alimentation de nouveaux secteurs en période de pointe par le réseau ossature semble difficile à garantir.



Enjeux quantitatifs liés à la réduction du débit des sources sur les secteurs difficiles à connecter au réseau

En climat actuel, le SEBA fait le constat d'une difficulté à garantir l'alimentation en eau potable de certains secteurs de son périmètre lors des périodes particulièrement sèches. Les sources des Piémonts disposent en effet d'une faible capacité de recharge et certains épisodes alliant déficit pluviométrique, pic de fréquentation et augmentation des consommations lors des vagues de chaleur questionnent la capacité de ces sources à satisfaire la demande. Ces communes rencontrent les mêmes enjeux que ceux du secteur Montagne mais bénéficient de certaines interconnexions grâce à leur adhésion au SEBA. La remontée d'eaux vers les secteurs d'altitude est néanmoins problématique et le renforcement des interconnexions est techniquement et financièrement difficile à envisager selon le syndicat.

Le SDAEP07 identifie également un potentiel déficit quantitatif au Nord-Ouest du SIVOM ODS du fait de la diminution des débits d'étiage de la source de Ladoue. La commune de Vesseaux dispose également d'un droit d'eau sur cette ressource.

Une alimentation en eau potable pour moitié dépendante d'une seule ressource : un réel enjeu de sécurisation

Ressource principale du territoire, **le réseau de Pont de Veyrières est considéré par le schéma départemental d'alimentation en eau potable comme particulièrement sensible**, dans le cas d'une pollution sur un captage principal. **L'enjeu majeur réside dans la sécurisation du réseau en période de pointe.** Dans l'hypothèse d'un arrêt de l'usine de Pont de Veyrières, pour des problèmes techniques ou du fait d'une pollution accidentelle de la ressource, l'usine de Gerbial ne serait pas en mesure de faire remonter de l'eau en amont du réseau ossature. De fait, moins de 50 % des besoins sont sécurisés en période de pointe. Le SDAEP07 conclut que la sécurisation est à parfaire au regard des enjeux touristiques. Hors période de pointe, la possibilité de recourir à des ressources secondaires est ouverte à une grande majorité des unités de gestion sollicitant Pont de Veyrières. Les débits objectifs de sécurisation sont fixés par le schéma départemental d'alimentation en eau potable à 5 000 m³/j et jusqu'à 15 000 m³/j dans l'idéal. Pour faire face à cet enjeu, différentes pistes sont envisagées selon les secteurs :

- Le forage du Villaret, en amont du réseau dispose d'une capacité résiduelle de 1 500 m³/j.
- Des prélèvements en ressources souterraines.
- La remontée des eaux de la vallée du Rhône.

Les experts du SEBA soulignent néanmoins que les scénarios représentent des projets techniques, financiers et politiques de grande ampleur, dont **la pertinence et les modalités de portage doivent être discutées à grande échelle.** De tels réseaux destinés à une sécurisation estivale ne peuvent en effet être initiés de façon isolée par une collectivité ou un gestionnaire d'eau potable.

Des enjeux similaires sont identifiés sur le secteur Piémonts et le SDAEP07 prône une sécurisation des ressources par interconnexion pour différents acteurs :

- Le Sud-Ouest du SEBA est alimenté essentiellement par les prélèvements de Mazet Plage et de l'île Vernon. En période de pointe, en cas d'interruption des prélèvements pour des raisons qualitatives, il existe un risque d'interruption du service. Le SDAEP07 envisage donc une sécurisation par le réseau de Gerbial. La commune de Joyeuse, intégralement alimentée par le SEBA est également concernée par cette problématique de sécurisation.
- Le syndicat du pays des Vans dépend à 75 % de la ressource superficielle du Chassezac (prise de Chantequinson). La réhabilitation des stations de traitement des sources Evesques et Bosmale permettrait de réduire à 60% la dépendance à cette ressource et limiterait la vulnérabilité à une pollution accidentelle des eaux superficielles. La sécurisation du service passe également par un raccordement au réseau du SEBA selon le SDAEP07. La commune de Lablachère, souffrant de problèmes qualitatifs sur ses ressources propres et partiellement alimentée par le syndicat du pays des Vans est également concernée par ce projet de sécurisation.



**BILAN DES FACTEURS DE VULNERABILITE DE L'AEP SUR LES SECTEURS
BOUCLE ALBENASSIENNE, CONFLUENCES ET PIEMONTS**

- Forte variabilité intra-annuelle de la demande : s'il est excédentaire à l'échelle annuelle, le réseau du SEBA permet difficilement de satisfaire la demande en période de pointe actuellement. Indépendamment de l'évolution de la ressource disponible, un réel enjeu est lié au dimensionnement du réseau ossature. Considérant cette variabilité intra-annuelle de la demande, la capacité du réseau ossature à satisfaire les besoins de davantage de collectivités en période de pointe est remise en question par les experts du SEBA.
- Les secteurs alimentés par des sources et difficiles à connecter au réseau pour des raisons géographiques souffrent déjà de difficultés d'approvisionnement en période de pointe lorsque le débit des sources diminue du fait des sécheresses météorologiques.
- En été, l'alimentation en eau potable dépend d'un petit nombre de ressources, qui ne sont pas sécurisées. Cela limite largement la résilience en cas de pollution accidentelle ou d'incident dans les usines de production.

2. Problématiques liées à l'isolement sur le secteur Montagne

Le secteur Montagne, représente 12% du prélèvement total sur le bassin versant (1,4 Mm³ en moyenne entre 2017 et 2019). Les prélèvements se font essentiellement au niveau de captages de sources. Des prélèvements conséquents sont également réalisés en cours d'eau en amont de la Beaume et de la Fontaulière. Différentes caractéristiques rendent ce territoire particulièrement sensible aux étiages et déficits pluviométriques (40% de la population du secteur Montagne du SDAEP est alimenté par une ressource déficitaire en mois de pointe (OTEIS, 2015)) :

- L'habitat est regroupé en de petits hameaux **difficiles à interconnecter du fait du relief**. La gestion de l'eau est donc faite en régie communale pour toutes les communes du territoire à l'exception de La-Bastide-Laurent (SIVOM du Haut-Altier) et des communes du SEBA à la frontière du secteur Montagne. Le nombre d'habitants desservis par chaque point d'eau est faible (50 sur la zone considérée par le SDAEP07, contre 690 sur le secteur Sud Ardèche).
- La seule ressource mobilisable est issue du socle cristallin et les arènes granitiques. **Le débit des sources est particulièrement dépendant des conditions hydroclimatiques.**

Le SDAEP07 identifie un **fort risque de déficit quantitatif** sur ce secteur mais affirme cependant qu'*« il n'est pas imaginable de sécuriser toutes les UDI des zones de montagnes ou de plateaux par une ressource secondaire : la topographie, l'éloignement des hameaux et le faible nombre d'abonnés sur lesquels seront impactés les investissements, se révèlent rédhibitoires »*. Ce document ne prévoit aucune mobilisation de nouvelles ressources d'intérêt intercommunal ou départemental sur le secteur.

Sur la partie ardéchoise du secteur Montagne, l'amont du bassin Beaume Drobie, l'Ardèche non soutenue et le Lignon sont des bassins déficitaires. Le PGRE envisage une réduction du prélèvement pour l'eau potable de l'ordre 65 000 m³/an par le biais des réductions des fuites sur les réseaux. Une seule solution de substitution est envisagée par le SDAEP07 : l'interconnexion au réseau du SEBA pour la commune la plus peuplée du secteur : Jaujac.

Sur la partie lozérienne du secteur Montagne, l'Altier à l'amont du Lac de Villefort est également un secteur déficitaire mais les prélèvements pour l'eau potable représentent seulement 2% du prélèvement à l'étiage. Cependant, le développement touristique autour du lac génère des besoins saisonniers importants. Plusieurs communes sont considérées par le SDAEP48 en déficit quantitatif. Le document envisage de créer une nouvelle prise d'eau sur le lac de Villefort pour alimenter Pourcharesses et de sécuriser les réseaux de Villefort et Saint-André-Capcèze. Peu de bénéfices sont attendus par le PGRE de la réduction des fuites sur les réseaux (600 m³/an) car le prélèvement pour l'alimentation en eau potable dans des ressources superficielles non stockées est extrêmement faible (27 000 m³/an).



La **qualité microbiologique** de certaines ressources est par ailleurs dénoncée par le SDAEP07 et en partie expliquée par le temps de séjour important dans les réservoirs dans les secteurs touristiques où les infrastructures sont surdimensionnées par rapport aux besoins moyens. Ce secteur est en effet caractérisé par un **très fort coefficient de pointe de la demande en eau potable pendant la saison touristique** (x4,96 en 2009 dans le secteur Montagne du SDAEP07).

BILAN DES FACTEURS DE VULNERABILITE DE L'AEP SUR LE SECTEUR MONTAGNE

- Forte dépendance du débit des sources aux conditions hydroclimatiques et risque de déficit quantitatif important identifié par le SDAEP07.
- Sécurisation difficile des prélèvements du fait des contraintes topographiques et de la faible densité de l'habitat.
- Forte variabilité intra-annuelle de la demande et surdimensionnement des infrastructures pouvant générer des problématiques qualitatives.
- Mauvaise connaissance des systèmes AEP et rendements associés (SDAEP07)

3. Des ressources relativement sécurisées sur le secteur Ardèche Aval

Le secteur Ardèche aval effectue 10 % du prélèvement dans le bassin versant de l'Ardèche (1,1 Mm³), sans considérer les prélèvements dans les formations variées côtes du Rhône rive gardoise. Il est caractérisé la diversité des ressources mobilisées pour l'alimentation en eau potable.

La rive gauche de l'Ardèche à la sortie des Gorges se situe dans le département de l'Ardèche. L'alimentation en eau potable y est gérée par la DRAGA qui dispose de multiples forages :

- Gerige (Urgonien) , qui est sujet à des problèmes de turbidité en période de pointe ou par temps de pluie (0,8 Mm³ en 2017). La construction d'une usine de traitement de la turbidité a été initiée en 2019 afin de résoudre les problèmes qualitatifs sur la ressource principale.
- Piboulette (nappe alluviale de l'Ardèche) : sa productivité a largement été réduite par l'abandon d'un seuil sur la rivière (0,3 Mm³ en 2017).
- Le Fraou et les Maronnier (nappe alluviale du Rhône) : production variable en fonction de l'étiage et de la cote du Rhône (0,3 Mm³ en 2017).

Selon l'étude ressources souterraine stratégiques, ces forages sont à peine suffisants pour satisfaire la demande en période de pointe. La DRAGA a donc diversifié ses ressources par l'ouverture d'un nouveau forage dans l'Urgonien (forage F2 des llettes). Ce forage permettra de sécuriser le Sud de la communauté de communes et de secourir la ressource principale (Gérige). A terme, si la capacité de ce nouveau forage le permet, la DRAGA envisage d'abandonner les forages dans le Rhône. Aucun problème quantitatif ne semble donc apparaître sur ce secteur.

La rive droite de l'Ardèche à la sortie des Gorges se situe dans le département du Gard. Le SIAEP Saint Alexandre prélève dans la nappe alluviale du Rhône. Selon le SDAEP30, il n'existe pas d'enjeu quantitatif pour les 8 autres unités de gestion de ce bassin (7 communes et le SIAEP de Barjac). Le prélèvement pour l'eau potable en période de pointe est estimé à 6000 m³/j (70 l/s) et les ressources sont diversifiées : alluvions de l'Ardèche, Ludien, Karst Urgonien et calcaire Crétacé supérieur. De nouveaux forages sont attendus dans les sables ou calcaires locaux mais ils ne se substitueront pas à des prélèvements dans la nappe alluviale de l'Ardèche. Un nouvel ouvrage de 200 m³/j devrait voir le jour dans les alluvions de l'Ardèche.

BILAN DES FACTEURS DE VULNERABILITE DE L'AEP SUR LE SECTEUR ARDECHE AVAL

- Enjeux quantitatifs non prégnants, bonne interconnexion permettant la sécurisation des prélèvements.
- Solutions de résorption des problématiques qualitatives en cours de déploiement.



4.2.3 Evolution attendue de la demande en eau potable

PROSPECTIVE DEMOGRAPHIQUE

Comme présenté à la section 4.1.3.4, plusieurs scénarios d'évolution de la population permanente existent sur le bassin versant :

- Les **hypothèses du SCoT et la poursuite des tendances observées entre 2007 et 2017** produisent des résultats similaires. Ces scénarios produisent la plus forte croissance démographique et conduisent à estimer à 157 000 personnes la population permanente du bassin versant à horizon 2045 (**+ 21 % par rapport à 2017**).
- Les **hypothèses INSEE** produisent des résultats intermédiaires et conduisent à estimer à 148 000 personnes la population permanente du bassin versant à horizon 2045 (**+ 15 % par rapport à 2017**).
- Les **hypothèses de l'ERSS** sont beaucoup plus modérées et conduisent à estimer à 135 000 personnes la population permanente du bassin versant à horizon 2045 (**+ 5 % par rapport à 2017**).

EVOLUTION DU RENDEMENT DES RESEAUX

Le rendement des réseaux correspond à la part du volume prélevé effectivement consommée. Cet indicateur traduit les pertes au cours des processus de traitement, adduction et distribution. Une amélioration des rendements des réseaux permet de limiter le prélèvement nécessaire pour garantir une consommation donnée ou d'augmenter le volume consommé pour un même volume prélevé.

L'étude Ressources souterraines stratégiques estime à **69,9% le rendement moyen des réseaux** d'alimentation en eau potable pour l'année 2012. Ce résultat correspond à la moyenne des rendements connus, pondérée par les populations desservies pour chaque unités de gestion et de distribution (les rendements de 66 d'entre elles sont connus, sur 86 au total). Rapporté au prélèvement de l'année 2012, cela représente un **différentiel de 4,4 Mm³ entre le volume prélevé et le volume consommé**.

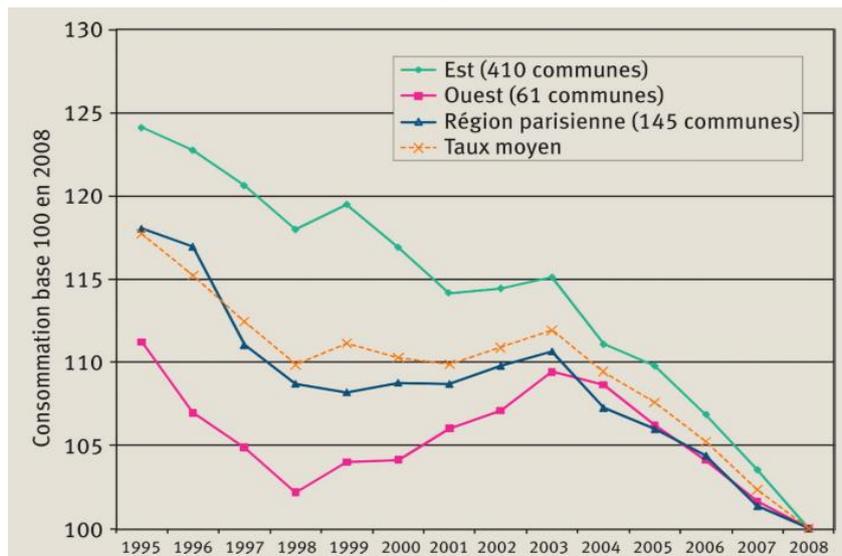
L'objectif du SAGE est d'atteindre un rendement de 75%. Rapporté au prélèvement de l'année 2012, cette amélioration du rendement moyen de 5 points de pourcentage représente une économie de 0,8 Mm³. Cette économie générée par l'amélioration des rendements sera d'autant plus importante que le besoin en eau potable va évoluer parallèlement à la population.

EVOLUTION DE LA CONSOMMATION UNITAIRE

Au niveau national, après une phase de croissance régulière jusque dans les années 90, puis une phase de stabilité, la consommation unitaire a connu une phase de déclin. Différentes raisons expliquent cette baisse : un prix de l'eau qui augmente, des progrès technologiques avec notamment des équipements électroménagers qui consomment moins, une meilleure sensibilisation des usagers à l'économie d'eau (Montginoul, 2013).



Figure 102 : Evolution des volumes facturés moyens sur 616 communes – Base 100 en 2008



Source : FNCCR (communication personnelle, avril 2011)

L'étude ressources souterraines stratégiques estime à 149,8 l/j/hab la consommation moyenne sur le bassin versant, ce qui correspond à la moyenne nationale. Plusieurs actions d'équipement des communes, campings et particuliers en dispositifs hydro-économiques ont été menées dans le cadre des contrats de rivières. Elles visent à diminuer la consommation unitaire.

Les analyses prospectives réalisées lors de l'étude ressources souterraines stratégiques font l'hypothèse d'une amélioration du rendement des réseaux pour atteindre l'objectif de 75% fixé par le SAGE. Elles supposent également une réduction de la consommation unitaire de 5 % par an à horizon 2045 (- 0,15 % par an à partir de 2012).

BILAN DU BESOIN FUTUR

Prélèvement annuel moyen

Le Tableau 13 synthétise les évolutions possibles du **prélèvement annuel entre 2012 et 2045**, pour les scénarios INSEE et SCoT d'évolution démographique, et pour les hypothèses suivantes :

- Hypothèse haute : stabilité des rendements des réseaux et de la consommation unitaire
- Hypothèse moyenne : amélioration du rendement des réseaux selon les objectifs du SAGE Ardèche (75 %) et stabilité de la consommation unitaire
- Hypothèse basse : amélioration du rendement des réseaux selon les objectifs du SAGE Ardèche et diminution de la consommation unitaire de 5 %.

Ces chiffres font l'hypothèse d'une augmentation de la fréquentation touristique au même rythme que la population permanente.

Le prélèvement de l'année de référence s'appuie sur les données 2012 de l'étude ressources souterraines stratégiques, qui intègrent certaines communes de la vallée du Rhône en interaction avec les communes du bassin versant.



Tableau 13 : Evolution possible du prélèvement annuel moyen sur le bassin versant

	SCENARIO INSEE		SCENARIO SCOT	
HYPOTHESE HAUTE (INACTION)	+ 17%	+ 2,5 Mm ³	+ 25%	+ 3,6 Mm ³
HYPOTHESE MOYENNE (ACTION SUR LES RESEAUX)	+ 9 %	+ 1,2 Mm ³	+ 16%	+ 2,3 Mm ³
HYPOTHESES BASSE (ACTION SUR LES RESEAUX ET LES COMPORTEMENTS)	+ 3%	+ 0,5 Mm ³	+ 10%	+ 1,5 Mm ³

Selon les hypothèses retenues, l'augmentation du besoin annuel moyen est comprise entre + 0,5 et + 3,6 Mm³ à horizon 2045 (+3 % à + 25% par rapport à 2012). Ces chiffres démontrent **l'influence majeure d'une politique d'amélioration des rendements des réseaux** sur l'évolution des prélèvements : quel que soit le scénario démographique retenu, **l'hypothèse d'atteinte des objectifs du SAGE limite de 1,2 Mm³ l'augmentation du prélèvement entre 2012 et 2045**. La réduction de la consommation unitaire, par la sensibilisation et la distribution d'équipements hydro-économiques adaptés, peuvent également se révéler efficaces. La valeur de 5% de réduction utilisée ici est néanmoins utilisée à titre illustratif et ne s'appuie sur aucun objectif chiffré.

A titre comparatif, l'étude ressources souterraines stratégiques avait estimé entre + 0,3 Mm³ et + 2,1 Mm³ l'augmentation du besoin à horizon 2045 par rapport à 2012 (+2,1% à +14,7%)

Prélèvement en période de pointe

L'étude ressources souterraines stratégiques estime à 1,8 Mm³ le prélèvement du mois d'août (2 fois le prélèvement mensuel moyen).

En considérant une évolution similaire de la population touristique et de la population permanente, les **volumes additionnels à mettre en distribution au mois d'août** seraient compris :

- Entre **0,1 et 0,3 Mm³ selon le scénario démographique INSEE** (selon les hypothèses sur l'amélioration des réseaux et l'évolution la consommation unitaire).
- Entre **0,2 et 0,4 Mm³ selon le scénario démographique du SCoT**.

L'étude ressources souterraines stratégiques fait l'hypothèse d'une évolution différenciée de la population permanente et de la population touristique. Les résultats présentés dans cette étude supposent une augmentation de la population en période de pointe de + 33 % à horizon 2045 (population permanente et saisonnière). A climat constant, les volumes additionnels à mettre en distribution au mois d'août seraient compris entre **0,4 Mm³ et 0,6 Mm³** (selon les hypothèses sur l'amélioration des réseaux et l'évolution la consommation unitaire).

En particulier, les unités de gestion les plus concernées par une augmentation du prélèvement en période de pointe sont :

- Le SEBA
- Le Syndicat des Vans
- Le SIVOM Olivier de Serre
- Le Syndicat du Fay
- Le Syndicat Saint-Pierre Saint-Sernin
- Le DRAGA
- Le syndicat de Barjac
- Les communes de Lagorce, Planzolles, Loubaresse, Asperjoc



4.2.4 Impacts du changement climatique sur l'alimentation en eau potable

4.2.4.1 Impact du changement climatique sur la disponibilité de la ressource

Le changement climatique entrainera une baisse de la disponibilité de la ressource à l'étiage. Toutes les ressources ne sont cependant pas concernées de la même façon.

Les prélèvements effectués à l'étiage dans le Chassezac et sa nappe alluviale sont sécurisés par les dispositifs de soutien d'étiage depuis les ouvrages amont. Ce soutien constitue une force dans un contexte de changement climatique. Cette affirmation pourrait être nuancée en fonction des résultats auxquels aboutira l'étude EDF-Eaucéa en cours : une diminution des volumes de soutien d'étiage sous l'effet du climat ne serait pas sans conséquence pour les collectivités situées en aval des ouvrages et prélevant dans les cours d'eau et leur nappe d'accompagnement.

De la même manière, **la ressource prélevée au niveau du barrage de Pont de Veyrières** (soit, comme indiqué plus haut, 30% des volumes mobilisés pour l'AEP sur le bassin) **bénéficie d'une sécurisation par le complexe de Montpezat** (ressource Loire). Un point de vigilance est à souligner : le volume de transfert interbassin pourrait être réduit sous l'impact du changement climatique (risque de non remplissage des ressources de soutien d'étiage, risque de diminution de la part de ces volumes transférés au bassin versant de l'Ardèche pour l'atteinte des objectifs de soutien d'étiage côté Loire). Dans le contexte actuel, l'essentiel des volumes stockés sont mobilisés pour le soutien d'étiage de l'Ardèche : le prélèvement pour l'eau potable dans la retenue de Pont de Veyrières en période de soutien d'étiage représente entre 10 et 15 % des 12,1 Mm³ potentiellement stockés dans le complexe de Montpezat (restitutions Loire comprises). En supposant une priorisation de l'approvisionnement en eau potable, la marge de sécurité semble donc encore importante pour l'alimentation en eau potable de l'usine de Pont de Veyrières. Le risque de rupture d'approvisionnement, lié à un problème technique dans une galerie par exemple, n'est par ailleurs pas à exclure, mais peu corrélé aux évolutions du climat. En aval de la retenue de Pont de Veyrières cependant, une diminution des volumes de soutien d'étiage sous l'effet du climat ne serait pas sans conséquence pour les collectivités prélevant dans les cours d'eau et leur nappe d'accompagnement. De nouveau, les conclusions de l'étude EDF-Eaucéa permettront d'éclairer ce point. Le partage de la ressource stockée avec le bassin de la Loire constitue également un paramètre susceptible de faire évoluer cet équilibre.

L'évolution du débit des sources, autre ressource majeure mobilisée pour satisfaire la demande en eau potable du bassin versant est beaucoup plus difficile à déterminer avec précision. Une grande partie de ces sources sont localisées sur les parties amont du bassin versant, sur les aquifères de socle. Comme indiqué au chapitre 3.2, ces aquifères de socle sont théoriquement relativement inertiels, la sensibilité au changement climatique peut être qualifiée de moyenne ; il s'agit généralement d'aquifères de faible capacité, qui se remplissent pour des pluies efficaces faibles et seraient moins impactés que les aquifères karstiques de par leur inertie par l'augmentation de la durée des étiages hydrogéologiques. C'est un avis à nuancer ; dans ce domaine hydrogéologique, les configurations sont nombreuses et variables : il faut s'attendre à observer des systèmes peu sensibles (présence d'altérites) à des systèmes plus sensibles (réseaux de fissures sans réserve significative). Au vu de l'enjeu fort d'alimentation en eau potable, une étude spécifique pour estimer le degré d'inertie des 140 points de captage de ce domaine (définition de la courbe de restitution des débits) est recommandée.

4.2.4.2 Impact du changement climatique sur la qualité de l'eau mise en distribution

Afin d'éviter un risque de prolifération bactérienne, la température des eaux distribuées doit être inférieure à 25 °C (référence de qualité mentionnée dans l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007 relatif aux limites et aux références de qualité des eaux brutes et des EDCH). Le changement climatique peut générer une augmentation de la température des eaux prélevées et accélérer sont réchauffement au cours des processus de traitement et de distribution.



Cette question est d'ores et déjà un point de vigilance pour les gestionnaires de l'alimentation en eau potable sur le bassin versant : la température de l'eau distribuée a déjà ponctuellement dépassé les 25°C au cours de ces dernières années.

En prévention, plusieurs stratégies sont envisageables tels qu'un renforcement du suivi de la problématique, une stratégie de lutte contre le réchauffement des eaux superficielles, une vigilance sur la protection thermique des réservoirs et canalisations.

4.2.4.3 Impact du changement climatique sur la demande en eau

L'augmentation des températures extrêmes, de la durée, de l'intensité et de la fréquence des vagues de chaleurs risque d'accentuer le pic de demande en eau potable. Ces dernières années, les deux premières semaines d'août ont déjà constitué pour les gestionnaires des périodes critiques pour la continuité et la qualité du service d'approvisionnement en eau potable.

En intérieur, l'augmentation des températures est susceptible d'augmenter la fréquence des douches et de l'utilisation de systèmes de refroidissement comme des brumisateurs. En extérieur, la demande pour l'arrosage des jardins ou le remplissage des piscines pourrait croître.

Plusieurs méthodes de prévision de la demande existent et l'estimation du pourcentage d'augmentation de la demande varie selon les hypothèses retenues, quelques résultats de la recherche sont présentés à titre illustratif dans l'encadré ci-dessous.

Par ailleurs le changement climatique aura des effets sur l'activité touristique : l'évolution de la population saisonnière desservie pourrait avoir un impact plus important que celui lié à l'augmentation des consommations individuelles sous l'effet du climat.



Comment modéliser l'impact du changement climatique sur la demande en eau potable ?

Citation issue de l'article La prévision à moyen et long terme de la demande en eau potable : bilan des méthodes et pratiques actuelles (Rinaudo & Neverre, 2019)

« Des études mobilisant trois approches méthodologiques distinctes ont été conduites en France ou à l'étranger sur ce sujet.

La première approche consiste à établir des corrélations statistiques entre la consommation et les variables climatiques à partir de données observées dans le passé. Ces relations sont ensuite utilisées en simulation pour évaluer les conséquences probables de différents scénarios de changement climatique. En France, le SMEGREG (Syndicat mixte d'étude et de gestion de la ressource en eau du département de la Gironde) a par exemple montré que, pendant les étés chauds et secs, le volume mis en distribution dans le département de la Gironde augmente de 1,6 % par degré d'augmentation de la température maximale (Hébert et al., 2009). Une étude conduite début 2000 au Royaume Uni estime que le changement climatique n'augmenterait la demande annuelle en eau potable que de 2 %, toutes choses égales par ailleurs (Goodchild, 2003). Une étude similaire à Seattle aux USA estime cet impact à 7 % pour 2030 et 15 % pour la fin du siècle (Polebitski et al., 2011). À noter que ce faible pourcentage cache le fait que la hausse sera concentrée sur quelques mois en été et augmentera le pic de consommation de manière significative. L'une des limites de cette approche statistique est qu'elle suppose que les usagers se comporteront de la même manière aujourd'hui et dans le futur.

Une deuxième approche consiste à calculer les besoins d'irrigation des jardins pour le climat futur. Cette estimation peut être réalisée avec des modèles agronomiques, en se basant par exemple sur les besoins d'une pelouse. Cette méthode a été utilisée dans le sud de la France par Desprats et al. (2013). Utilisant des photographies aériennes à haute résolution, les auteurs quantifient d'abord les surfaces de jardin arrosées et celles des piscines pour 45 000 maisons. Ils estiment ensuite les besoins en eau associés pour le climat présent et futur. Les résultats suggèrent que la consommation des usagers résidant en maisons individuelles augmentera de l'ordre de 8-10 %, soit une hausse de 4 à 5 % de la demande totale pour des agglomérations comme celles de Montpellier et Perpignan.

Une troisième approche, déployée au Royaume Uni (Downing et al., 2003), repose sur l'utilisation des modèles de simulation des micro-composantes (section 2.4). Les paramètres relatifs à la fréquence de certains usages ou à la consommation associée à chaque utilisation sont modifiés, en s'appuyant éventuellement sur des observations passées (voir exemple du SMEGREG, Hébert et al., 2009). Cette étude anglaise suggère que l'impact sera faible, de l'ordre de 1,8 % en 2020 et entre 2,7 et 3,7 % en 2050.

L'un des problèmes communs à toutes les études citées ci-dessus est l'incertitude associée aux prévisions d'évolution du climat. Les prévisions issues des modèles climatiques globaux sont assez contrastées, parfois même contradictoires (en termes de sens de variation) sur certains territoires. Il en résulte une grande incertitude quant à l'impact sur la demande en eau. Cette incertitude est illustrée par une étude américaine déjà ancienne (Boland 1997) qui estimait l'impact sur la demande du changement climatique entre - 4 % et + 11 %. L'approche la plus commune pour résoudre cette difficulté consiste à travailler sur des ensembles de modèles (voir par exemple Goodchild 2003 ; Polebitski et al., 2011 ; Desprats et al., 2011) »



4.2.5 Synthèse de la vulnérabilité au changement climatique du système d'alimentation en eau potable

- L'alimentation en eau potable représente le premier poste de prélèvement sur le bassin versant de l'Ardèche (11,4 Mm³). La demande varie fortement au cours de l'année, ce qui génère des problématiques de dimensionnement des infrastructures en climat actuel (qualité de l'eau dans les réservoirs sur le secteur Montagne, adduction d'eau en période de pointe sur le réseau ossature). L'évolution des comportements dans un contexte d'intensification et d'allongement des vagues de chaleurs est susceptible d'accroître ces problématiques en augmentant la demande en période de pointe.

- L'existence d'un réseau structurant génère une solidarité pour l'alimentation en eau potable des secteurs Piémonts, Boucle Albenassienne et Confluences. Le réseau ossature a permis de sécuriser l'alimentation de toutes les communes du SEBA et de résoudre divers déficits quantitatifs : il constitue une force pour l'alimentation en eau potable du territoire.

Les ressources apportées par transfert depuis le bassin versant de la Loire représentent en moyenne 30% du prélèvement pour l'alimentation en eau potable de tout le territoire et davantage en saison estivale. La sécurisation du réseau ossature pose question dans l'hypothèse d'un arrêt d'alimentation par l'usine de Pont de Veyrières en période de pointe. De la même façon, la sécurisation des 9,6 Mm³ de soutien d'étiage à partir de Puylaurent sont stratégiques pour l'alimentation en eau potable de la basse vallée du Chassezac (Chantequinson, Mazet, Gerbial).

- De nombreuses communes des secteurs de Pentes et de Montagne ne peuvent être sécurisées par des interconnexions. Des déficits quantitatifs s'y font déjà sentir. Elles sont majoritairement alimentées par des sources dont le débit baisse en cas de sécheresses météorologiques. L'augmentation de la demande en eau lors des vagues de chaleur ou des pics de fréquentation touristique, conjuguée aux incertitudes sur les évolutions des précipitations constituent des facteurs de risque additionnels. L'amélioration des rendements des réseaux d'eau potable est un levier de réduction de vulnérabilité pour ces secteurs. Des pistes de stockage sont également envisagées.

- Face à l'augmentation des besoins en eau potable, certains déficits quantitatifs émergent. L'étude ressources souterraines stratégiques a montré l'intérêt d'une amélioration des rendements des réseaux pour limiter l'augmentation du besoin. D'autres leviers existent :

- Le renforcement des interconnexions, potentiellement limité au sein du bassin versant. La ville d'Aubenas ne dispose pas des ressources suffisantes pour couvrir l'augmentation de ses besoins et de ceux des collectivités qu'elle dessert actuellement. La sécurisation des collectivités par le réseau ossature de Pont de Veyrières en l'état ne peut pas être une solution pour toutes les communes en période de pointe : le réseau n'est pas dimensionné pour garantir un tel service et des contraintes topographiques empêchent la desserte de nombreux secteurs. Une alimentation par la vallée du Rhône est actuellement en cours de déploiement pour le Nord Est du territoire. Ce projet ne fait néanmoins pas l'objet d'une stratégie de sécurisation à l'échelle du bassin versant.
- La mobilisation de ressources souterraines stratégiques, dont la connaissance s'est améliorée au cours des années passées. Les modalités de protection et d'usage de ces ressources restent néanmoins à définir pour élaborer une stratégie claire et partagée.

- La qualité des ressources en eau exploitées pour l'eau potable constitue une force du territoire. Certaines problématiques qualitatives pourraient émerger dans un contexte de changement climatique. En particulier, la température des eaux prélevées est un signal faible déjà surveillé par les gestionnaires.



4.3 CONSEQUENCES POUR L'ACTIVITE TOURISTIQUE

4.3.1 Le tourisme, moteur de l'économie territoriale

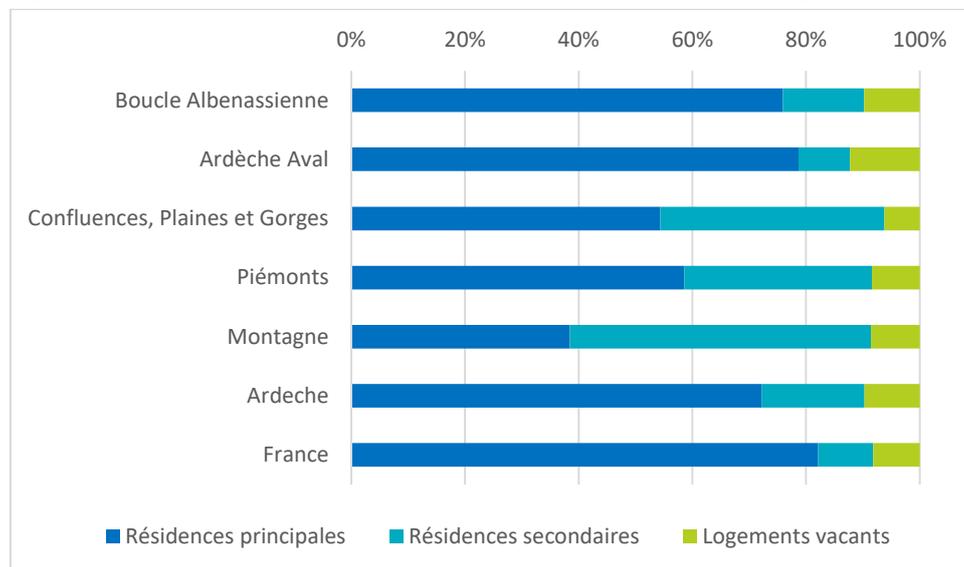
La forte attractivité touristique du bassin versant de l'Ardèche

Le bassin versant de l'Ardèche bénéficie d'une **attractivité touristique** majeure. A l'échelle départementale, 24 % des touristes sont issus de la région Auvergne Rhône Alpes, 45 % du reste de la France et 31 % de pays étrangers, en majorité des Pays-Bas, d'Allemagne et de Belgique (ADT, Memento du tourisme Ardeche, 2020).

Le territoire concentre 75 % de la capacité d'accueil en hôtellerie de plein air du département. Le nombre de nuitées en 2019 dans le bassin versant de l'Ardèche est estimé à **424 000 dans les hôtels** et **3 422 000 dans les campings**²³. Le memento du tourisme ardéchois (ADT, Memento du tourisme Ardeche, 2020), réalisé par l'Agence de Développement Touristique révèle néanmoins que **l'hébergement marchand ne représente que 40% de la capacité d'accueil touristique du département de l'Ardèche**. En incluant l'hébergement non marchand, l'Agence de Développement Touristique de l'Ardèche estime à 14 millions le nombre de nuitées touristiques dans le département, soit **9,9 millions de nuitées dans le bassin versant**²⁴.

Aussi, le bassin versant de l'Ardèche est marqué par une **très forte part de résidences secondaires** dans le parc de logements (27 contre 18% à l'échelle départementale et 12% à l'échelle régionale). Si les secteurs albenassien et spiripontain sont peu concernés par ce phénomène, les résidences secondaires composent 39 % du parc de logement du secteur Confluences, plaines et gorges, dont l'économie est massivement orientée vers le tourisme. Sur le secteur Montagne, tirant peu de revenus de l'activité touristique, les résidences secondaires sont plus nombreuses que les résidences permanentes (respectivement 53% et 39%).

Figure 103 : Part de résidences principales et secondaires dans le parc de logements en 2017



Traitement de données INSEE2017

²³ L'INSEE communique à l'échelle départementale le nombre de nuitées dans les hôtels et les campings. Cette donnée est ramenée, pour les trois départements considérés, à la part des structures d'hébergement marchand situées dans le bassin versant de l'Ardèche.

²⁴ En considérant selon la méthode présentée au paragraphe 4.2.1 que la capacité d'accueil touristique sur le bassin versant de l'Ardèche (tous départements confondus) est équivalente à 70 % de la capacité touristique du département de l'Ardèche.

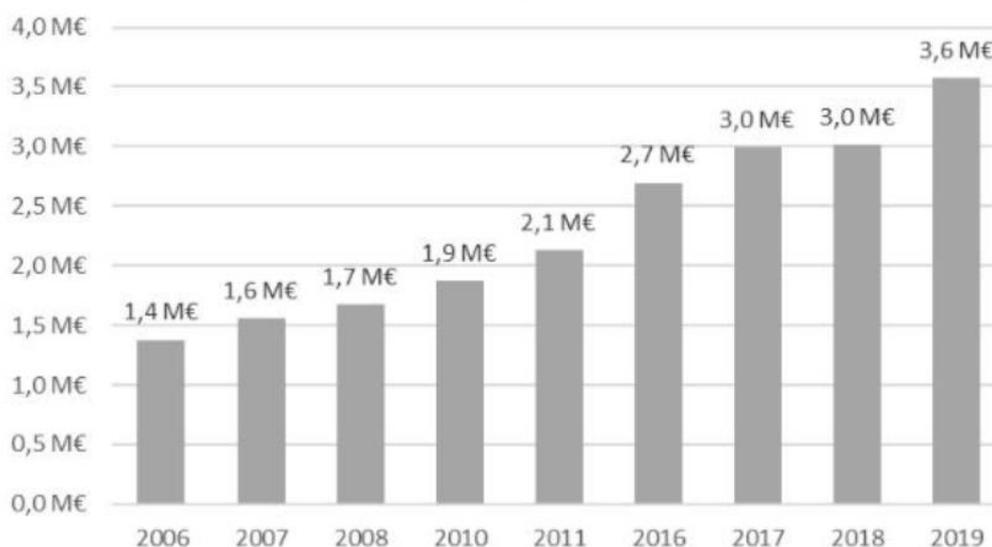


Une activité économique majeure pour le bassin versant

Le tourisme est **un secteur d'emploi** majeur pour le bassin versant. En 2009, **9% de l'emploi salarié du pays de l'Ardèche méridionale** est affilié à ce secteur (SCoT de l'Ardèche Méridionale, 2020), contre 5 % actuellement à l'échelle départementale (ADT, Memento du tourisme Ardeche, 2020). Au 30 juin 2019, ce secteur représentait 5 700 emplois dans le département de l'Ardèche, dont la capacité d'accueil touristique est à 70% concentrée sur le bassin versant de l'Ardèche. 46 % des emplois touristiques sont liés à la **restauration** et 36 % sont liés à **l'hébergement touristique** et marchand (ADT, Indicateurs économiques du tourisme, 2019).

Le tourisme génère également un **flux économique** important vers le territoire. En 2019 dans le département de l'Ardèche, chaque touriste a dépensé en moyenne 33€ par jour, 50€ s'il a profité d'un hébergement marchand (soit 670 millions à l'échelle du département de l'Ardèche). La **taxe de séjour** représente également une ressource conséquente pour les collectivités : 4 M € ont été perçus en 2019 par les EPCI du département de l'Ardèche, 3 M € sur le territoire du bassin versant (ADT, La taxe de séjour en Ardèche, 2019). Comme le montre la Figure 104, elle a été multipliée par 2,6 depuis 2006 (hausse de la fréquentation touristique et optimisation de la collecte).

Figure 104 : Taxe de séjour perçue en Ardèche (2006-2019)



Source : (ADT, L'hôtellerie - Bilan 2019 Sud Ardèche, 2020)

Les revers économiques de l'« hyper-développement » du tourisme

Le SCoT de l'Ardèche Méridionale analyse les moteurs du développement territorial à partir de sa capacité à capter de la richesse au-delà de ses frontières. Cet enrichissement peut provenir de revenus productifs (exportations), de revenus publics (salaires des actifs travaillant dans les fonctions publiques de l'Etat), des revenus résidentiels (pensions de retraite, dépenses touristiques, revenus des actifs travaillant à l'extérieur du territoire) et des revenus sociaux liés aux transferts sociaux. Sur le territoire du SCoT, **40 % des revenus captés sont issus des dépenses touristiques, soit le triple de la moyenne généralement observée dans les SCoT ruraux**. Le SCoT de l'Ardèche Méridionale parle donc d'« hyper-développement touristique ».

Ce phénomène génère une forte saisonnalité de l'activité économique : trois quart des offres d'emploi recensées par Pôle Emploi sur le territoire du SCoT en 2014 étaient saisonniers. Cette polarisation de l'activité sur la saison estivale génère en parallèle une **précarité de l'emploi** et un **surdimensionnement de certains équipements collectifs**, dont l'alimentation en eau potable et l'assainissement.

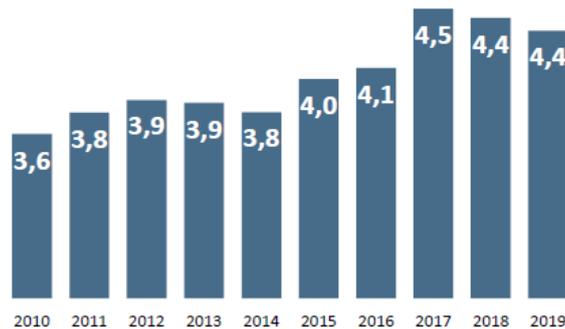


4.3.2 Les enjeux de la filière touristique

Historiquement développé autour du thermalisme (Neyrac-les-Bains, Saint-Laurent-les-Bains, Vals-les-Bains), le bassin versant de l'Ardèche attire aujourd'hui par son image de **destination « nature »**. Cette vision est confirmée par le memento 2020 de l'Agence départementale de développement touristique : « les sites naturels et les paysages » est la première raison évoquée par les touristes pour justifier de leur venue dans le sud du département en haute-saison.

Au cours des dernières décennies, la fréquentation touristique a largement augmenté. Le nombre de nuitées en hôtellerie de plein air a par exemple augmenté de près d'un millions pendant la décennie passée (Figure 105).

Figure 105 : Evolution des nuitées en camping entre avril et septembre (2010-2019)



(ADT, Memento du tourisme Ardeche, 2020)

Cependant, **la massification des flux touristiques pose aujourd'hui problème** pour garantir cette promesse client de destination nature. Suite à un développement économique important ces dernières décennies, la filière rencontre aujourd'hui de nombreuses problématiques.

La déconcentration spatiale des flux touristiques

A l'inverse des autres secteurs économiques, l'activité touristique se concentre sur le **secteur Confluences, plaines et Gorges, à proximité des rivières et des principaux sites touristiques**. Ce secteur affronte des problèmes de saturation tandis que les autres bénéficient peu de la présence des visiteurs.

Des stratégies sont donc mises en place dans le cadre de la feuille de route « Ardèche horizon 2020 » par différents acteurs comme Ardèche Tourisme, les offices de tourisme ou l'association Ardèche Loisirs et Patrimoines :

- Proposer de nouvelles itinérances touristiques, à l'échelle du département mais aussi des communes, en travaillant sur la signalétique ;
- Développer une offre globale et cohérente s'appuyant sur une stratégie marketing drainant les flux vers des sites répartis sur l'ensemble du département (« Pass Ardèche » mis en place par l'association Ardèche Loisirs et Patrimoines par exemple) ;
- Valoriser le patrimoine culturel : La labellisation « plus beaux villages de France » (Vogüé, Balazuc) ou « Villages de caractère » (12 communes) sont des outils efficaces pour l'attractivité touristique du territoire. La démultiplication des sites de découverte, autour par exemple du patrimoine dolménique, archéologique ou paléontologique, permet également de distribuer la fréquentation.

En dehors des secteurs Piémonts, Confluences, Plaines et Gorges, **un tourisme diffus se développe, sur les pentes et la Montagne**, par exemple lié à la découverte des espaces naturels à travers la randonnée, le VTT ou le cyclotourisme. La stratégie du parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche participe à la structuration de cette offre. Le développement d'itinéraires pédestres ou cyclables, la labélisation « Géopark mondial UNESCO » du PNR en 2014 ou encore l'installation du parcours artistique « le partage des eaux » sont ainsi des facteurs d'attractivité.



L'allongement de la période de fréquentation touristique et le lissage du pic de fréquentation

Un enjeu majeur pour le développement économique du territoire est **d'étendre la période touristique**. En effet, la fréquentation est actuellement concentrée sur les mois de juillet et août, période où les touristes profitent des loisirs d'eau vive et des sites de baignade. Cela génère une forte saisonnalité de l'activité économique et donc une certaine précarité de l'emploi. Plusieurs actions sont mises en place dans le cadre de la feuille de route « Ardèche horizon 2020 » et de la stratégie du PNR des Monts d'Ardèche :

- La **valorisation du patrimoine culturel** permet en parallèle la déconcentration spatiale et temporelle des flux. Deux sites attirent plus de 100 000 visiteurs par an : la Grotte Chauvet 2 – Ardèche (284 000 visiteurs en 2019) et le Grand Site de l'Aven d'Ornac (122 000 visiteurs en 2019). L'ouverture du site Chauvet 2 a permis une augmentation visible de la fréquentation en basse saison.
- **L'organisation d'événements** en dehors de la période de forte fréquentation :
 - Sportifs (L'Ardéchoise, l'International de Pétanque de Ruoms, triathlon de l'Ardèche, ...)
 - Artistiques (Ardèche Aluna Festival, Rencontre des Cinémas d'Europe, ...)
 - De valorisation du patrimoine (castagnades autour de la châtaigne, fascinants week-end autour de la vigne, ...)

La préservation des sites naturels et la régulation de la fréquentation

Les rivières et les gorges attirent pour la **baignade et les sports d'eaux vives** : 42 % des touristes estivaux pratiquent le kayak dans le sud du département (ADT, Memento du tourisme Ardeche, 2020). La pêche est également une activité qui attire beaucoup : plus de la moitié des permis de pêche délivrés par la fédération départementale le sont à des non résidents ardéchois. L'offre de sports en eaux vives se diversifie aujourd'hui avec l'émergence de nouvelles pratiques (randonnée liée à l'eau, stand up paddle, canyoning...). La diversification des pratiques génère de nouveaux conflits d'usage, par exemple entre randonneurs et pêcheurs.

Cependant, la sur-fréquentation des espaces naturels d'intérêt patrimonial peut avoir des effets délétères sur :

- L'économie touristique : Le tourisme de masse atteint un niveau de saturation qui risque de détériorer la « promesse client », l'image de marque de la nature sauvage et préservée en Ardèche. A l'été 2020 par exemple, le territoire a souffert médiatiquement des images de saturation des sites de canoë-kayak. Cet épisode de sur-fréquentation des Gorges relayé sur les réseaux a abimé des efforts de communication conduits de longue date par les acteurs du tourisme.
- L'environnement : Les gestionnaires constatent aujourd'hui un étalement des zones fréquentées par les touristes et l'émergence de la pratique de randonnée aquatique appuie cette analyse. L'amont des cours d'eau est de plus en plus fréquenté, laissant de moins en moins de zones de refuge à la biodiversité. Le piétinement et les apports de déchets sont également problématiques. Par ailleurs, des pollutions plastiques dues aux frottements des canoës ont été constatées dans les eaux de surface.
- La société locale : La population ardéchoise a aujourd'hui une image globalement très positive du tourisme, à la fois pour son intérêt économique mais aussi pour la mise en valeur du patrimoine et l'offre d'activités culturelles. Cependant, l'impact de la fréquentation touristique sur la propreté des sites et le développement d'infrastructures est jugé plus négativement qu'ailleurs dans la région Rhône Alpes (Travelsat, 2020). Une attention particulière est à apporter à ce point pour éviter le développement d'un sentiment de « tourismophobie » au sein de la population locale.



Face à ces défis, l'EPTB porte depuis de nombreuses années le Schéma de Cohérence des Activités de Loisirs (SCAL) dont l'objectif est à la fois d'améliorer la qualité d'accueil (surveillance de la qualité, équipements, sécurisation, communication) et de limiter la fréquentation des sites les plus sensibles écologiquement par l'aménagement de sites publics de loisirs (baignade et canoë).

La fréquentation touristique est cependant difficile à chiffrer et à réguler. Des études de fréquentation sont envisagées par les documents de la politique de l'eau mais n'ont pas été mises en place. La mise en place d'une stratégie de régulation de la fréquentation ne peut être envisagée que si :

- Elle est pensée à l'échelle du bassin versant dans son ensemble : La limitation de fréquentation sur quelques sites d'intérêt écologique majeur risquerait de générer une augmentation de la fréquentation sur d'autres. La stratégie mise en place par le PNR des Monts d'Ardèche sur des cours d'eau extérieurs au bassin a ainsi généré un déplacement du problème sur d'autres secteurs (dont l'amont de l'Ardèche).
- Elle intègre l'ensemble des acteurs : L'acceptabilité et la réussite d'une telle démarche ne peut s'envisager sans la collaboration de l'ensemble des acteurs de la filière et la mise en place d'outils de régulation innovants et valorisant les efforts concédés par les acteurs. Il existe déjà des synergies sur lesquelles il est possible de capitaliser : les acteurs économiques (campings, services de location ou d'encadrement d'activités nautiques, ...) et les autorités responsables du développement économique et touristique des territoires (intercommunalités, office de tourisme, ...) travaillent en commun sur différents sujets liés au développement durable (gestion de l'énergie et des déchets notamment).

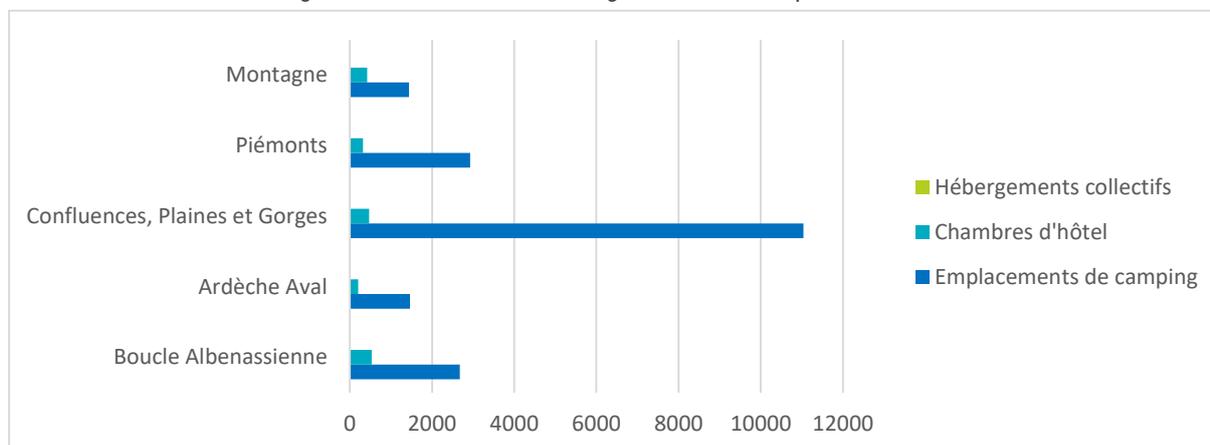
La montée en gamme de l'offre touristique

Les infrastructures existantes sur le territoire ne permettent pas l'accueil d'un public diversifié. Face à ce constat et aux analyses de sur-fréquentation, de nombreux acteurs estiment que l'avenir du secteur ne doit pas passer par l'augmentation du nombre de touristes mais par la montée en gamme de l'offre d'hébergement.

Si les hôtels sont répartis de manière relativement homogène sur le territoire, ils représentent une très faible capacité d'accueil. Par ailleurs, il n'existe pas d'offre d'hôtellerie de haut de gamme.

En parallèle, l'hôtellerie de plein air est surreprésentée dans l'offre d'hébergement (Figure 106). Le secteur confluences, plaines et gorges rassemble les deux tiers des emplacements de camping du bassin versant et près de la moitié des emplacements du département. Au-delà de l'absence d'offre dédiée à un public aisé, l'implantation de nombreux campings à proximité des cours d'eau rend le secteur touristique particulièrement vulnérable aux aléas climatiques à travers le risque inondation. Cette concentration de campings entraîne en outre des difficultés de traitement des effluents et génère un risque de dégradation de la qualité des eaux amplifié par le changement climatique.

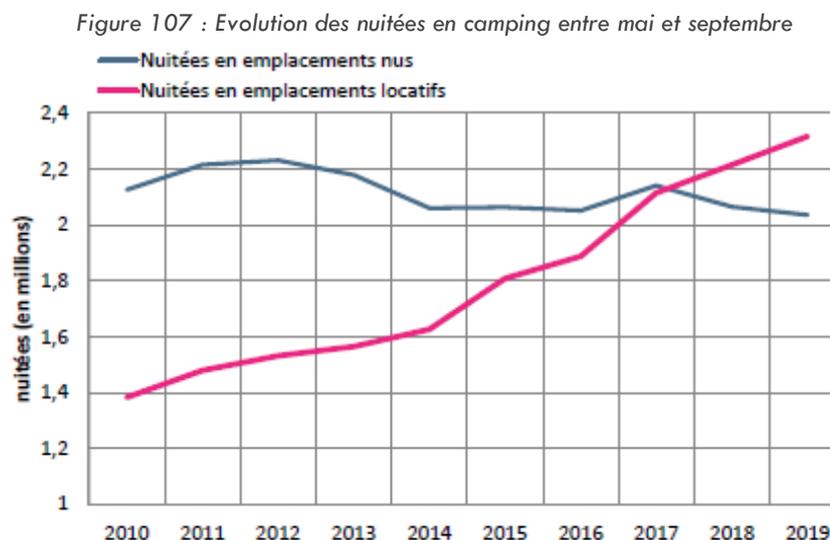
Figure 106 : Structures d'hébergement marchand par sous bassin



Traitement de données INSEE 2020



Le secteur de l'hôtellerie de plein air s'est ouvert à une nouvelle clientèle au cours de la décennie passée, avec l'équipement de nombreux emplacements. En 2018 la fréquentation des emplacements locatifs a dépassé celle des emplacements nus (Figure 107).



(ADT, Memento du tourisme Ardeche, 2020)

4.3.3 Les impacts potentiels du changement climatique sur la filière

Selon le rapport de l'observatoire régional des effets du changement climatique, « les professionnels du tourisme ne constatent pas d'impact direct du changement climatique sur leur activité. Mais une évolution significative du climat pourrait avoir des répercussions non négligeables sur le secteur » (ORECC, 2017). Dans le bassin versant de l'Ardèche en particulier, le fort lien entre le développement touristique et les ressources en eau amplifie cette vulnérabilité.

Les paragraphes suivants identifient les piliers de l'activité touristique du bassin versant qui pourraient être renforcés ou fragilisés par les évolutions du climat. Ces réflexions s'appuient sur des entretiens réalisés dans le cadre de la démarche Ardèche 2050, notamment avec l'agence départementale de développement touristique, et sur des rapports spécifiques à la thématique réalisés par l'observatoire régional des effets du changement climatique et le PNR des Monts d'Ardèche (étude spécifique aux bassins de la Beume et du Chassezac).

4.3.3.1 Difficultés à assurer une demande en eau potable croissante pour l'alimentation de la population touristique

Le secteur touristique est un gros consommateur d'eau potable pendant l'été. Ses consommations devraient augmenter dans les années à venir sous l'influence du changement climatique. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur constitue en effet un facteur d'augmentation de la demande. D'autres influences que le climat devraient en parallèle conduire à l'augmentation de la demande du secteur : l'augmentation possible de la fréquentation touristique sur la période de pointe et la montée en gamme de l'hôtellerie de plein air. Le développement des emplacements équipés est en effet un facteur d'augmentation de la consommation unitaire.



Certains hameaux des secteurs de Montagne ou de Pente voient en outre leur population augmenter fortement pendant l'été sans disposer des infrastructures nécessaires. Situés en tête de bassin versant, ils sont temporairement alimentés par des citernes. Ces situations pourraient se multiplier dans un contexte de réduction du débit des sources lors de sécheresses et d'attractivité croissante du secteur face à l'augmentation des températures dans la plaine.

Les perspectives d'augmentation de la demande touristique accentueraient le déséquilibre de la demande en période de pointe et poserait simultanément la question de la disponibilité de la ressource et du dimensionnement des infrastructures d'adduction et d'assainissement.

La mise en place de systèmes hydro-économiques et la promotion des vertus d'un tourisme responsable sont des axes envisagés par le PNR des Monts d'Ardèche pour réduire la vulnérabilité globale du territoire face au changement climatique.

4.3.3.2 Modification des possibilités de pratique des activités touristiques liées à l'eau et risque d'accentuation de leurs impacts sur les milieux

L'étude du PNR des Monts d'Ardèche identifie la vulnérabilité au changement climatique des différentes activités de loisir proposées sur le bassin versant (PNR des Monts d'Ardèche, 2014). Les résultats de ces analyses ont été exploités et enrichis afin d'identifier de quelle manière le changement climatique peut impacter la pratique des activités touristiques :

■ **Du fait de l'évolution des débits :**

- *Une concentration des activités* : La baisse des débits de certains cours d'eau risque de générer un report de la pratique d'activités nautiques vers des rivières le permettant. Dans des dynamiques de baisse des débits non soutenus et d'augmentation de la pratique de ces activités, des problématiques de sur-fréquentation des axes soutenus pourraient émerger. De même, les baigneurs ont tendance à se concentrer sur les sites où la morphologie du cours d'eau offre les meilleures conditions. Le changement climatique devrait donc avoir pour conséquence de renforcer la concentration sur les sites de baignade attractifs ainsi que vers l'amont des bassins versants, zones rendues plus attractives par leur fraîcheur.
- *Une forte dépendance au soutien d'étiage* : Le canoë se pratique essentiellement sur des secteurs bénéficiant de soutien d'étiage. Ce soutien d'étiage garantit également la préservation d'espace de pratique du canyoning toute la saison. En été, la pérennisation de ces pratiques est assurée grâce au soutien d'étiage. La mise en place de conventions prévient a priori la survenue de conflits d'usage. Le renouvellement des concessions hydro-électriques ou l'évolution des capacités de remplissage des retenues dans un contexte de changement climatique pourraient néanmoins remettre en cause ces acquis. **(à confirmer/nuancer à réception des résultats de l'étude EDF-Eaucea).**
- *Incertitudes pour la pratique du canoë-kayak hors période de soutien d'étiage* :
 - Le canoë nécessite un débit ni trop important ni trop faible, l'évolution des débits est donc le premier facteur influençant l'évolution de la pratique. Au printemps, les ouvrages hydro-électriques ne sécurisent pas la ressource, essentiellement dépendante des précipitations. La multiplication de printemps sec, comme celui de 2011, pourrait remettre en cause l'activité. L'évolution des débits devrait cependant avoir peu d'impact sur l'activité des loueurs de canoë, car la clientèle printanière est souvent constituée d'un public confirmé disposant de son propre matériel. De plus, l'essentiel de leur chiffre d'affaire se fait durant l'été. Au printemps, le public scolaire représente également une part importante des usagers.



- Les pratiquants de kayak sportif sont beaucoup moins nombreux que les pratiquants de canoë pour le loisir mais contribuent au rayonnement du territoire. Ils préfèrent pratiquer au printemps et à l'automne, quand les débits sont renforcés par les précipitations. Ils font part de leur ressenti sur l'évolution des conditions de pratique en intersaison : « *Il y aurait souvent trop ou trop peu d'eau. Il est certain en tout cas que l'organisation de compétitions est de plus en plus compliquée. Pour les grandes compétitions, le calendrier doit être fixé deux mois à l'avance, ce qui oblige à négocier avec EDF pour les lâchers des barrages, s'il n'y a pas assez d'eau, ce qui par ailleurs doit également être discuté avec les pêcheurs et les naturalistes* » (propos du président du comité départemental de Canoë kayak (PNR des Monts d'Ardèche, 2014)).

- **Du fait de l'élévation de la température de l'air et des cours d'eau** : La température de l'air est le premier facteur qui incite à la baignade (juin à août) ou à la pratique d'activités de loisir (avril à septembre). L'élévation de la température moyenne de l'air et des cours d'eau pourrait conduire à *un allongement de la période de sollicitation*.
- **Du fait de la dégradation de la qualité des eaux** : L'augmentation de la température de l'eau sous l'influence du réchauffement climatique pourrait conduire à altérer la qualité des eaux (eutrophisation et prolifération bactérienne accrues). La qualité de l'eau est évoquée comme un frein à la baignade et peut conduire à des interdictions réglementaires. Elle influence peu la pratique du canoë (enjeu sanitaire moins prégnant) ou du canyoning (davantage pratiqué à l'amont des cours d'eau).
- **Du fait de la multiplication des épisodes de chaleur intense** : Les épisodes de forte chaleur génèrent des *risques supplémentaires lors de la pratique sportive*, notamment pour des publics débutants (canoë, randonnée aquatique, ...). Le risque d'hyperthermie est démultiplié quand les températures dépassent les 30 °C, pouvant causer maux de têtes, vomissements, pertes de connaissances et même des arrêts cardiaques. Ces températures seront régulièrement atteintes sur le bassin versant de l'Ardèche dans un contexte de changement climatique. Il est possible d'adapter les activités, par exemple en faisant évoluer les horaires de pratique plus tôt le matin ou tard le soir, en créant des zones d'ombrage et des îlots de fraîcheur sur les parcours et les sites les plus visités, en faisant évoluer la localisation des sites de pratique. Certaines de ces solutions peuvent néanmoins générer des risques de maladaptation en accroissant les nuisances pour la faune et la flore (étalement des horaires et des espaces de pratique).
- **Du fait de l'évolution du cortège piscicole et de la faune emblématique** : la banalisation faunistique, en lien avec l'augmentation de la température de l'eau peut être un facteur de *perte d'attractivité* du territoire (déjà constatée par des professionnels sur le secteur Loire Amont avec la chute de la population de truites).

4.3.3.3 Apparition d'espèces envahissantes susceptibles de nuire à la fréquentation

Le changement climatique favorise le développement de nouvelles espèces nuisibles qui peuvent nuire à l'image du territoire (PNR des Monts d'Ardèche, 2014). En Ardèche, certaines espèces ont déjà été identifiées comme problématiques :

- **Le moustique tigre** : le sud de l'Ardèche est classé comme département colonisé par le moustique tigre, vecteur du chikungunya et de la dengue. Le changement climatique n'est pas directement à l'origine de l'expansion de ce parasite mais il favorise son adaptation sous nos latitudes.
- **L'ambrosie** : Le changement climatique favorise la dispersion des pollens de cette plante allergène (augmentation de la fréquence des épisodes de plusieurs jours de vent) et allonge la saison pollinique. D'autres plantes envahissantes prennent la place des plantes endémiques mises en difficultés du fait de l'augmentation des températures. On peut notamment citer *la renouée du Japon* dont le développement sur le bassin versant inquiète de nombreux gestionnaires de milieux.



- *Le phlébotome* : Les phlébotomes sont des moucherons nocturnes transmettant les leishmanioses et des maladies virales. On ne les trouve que l'été dans le Sud de la France. Le risque de contamination s'accroît avec le réchauffement climatique et l'augmentation des échanges et de la population canine.

4.3.3.4 Opportunités touristiques liées au changement climatique

Redistribution spatio-temporelle de la fréquentation au sein du bassin versant

Le changement climatique pourrait enfin apporter de nouvelles opportunités à l'ensemble de la filière touristique, notamment par l'allongement de la période de fréquentation. En effet, « l'analyse de l'indice de confort climato-touristique²⁵ sur le territoire indique une évolution à la baisse de l'attractivité climatique estivale, au sud et à l'est de la France principalement. En revanche, aux intersaisons et notamment aux mois de mai et juin, l'attractivité climatique en 2100 égalerait l'attractivité climatique estivale actuelle » (ORECC, 2017).

L'augmentation des températures pourrait également requalifier de nouveaux espaces et rééquilibrer la fréquentation touristique, au bénéfice des secteurs de Pentes et de Montagne offrant des conditions climatiques plus clémentes. En 2003, une hausse de la fréquentation touristique des espaces montagnards a ainsi été constatée à l'échelle régionale (ORECC, 2017). Les collectivités désireuses de développer l'attractivité de ces territoires devront néanmoins s'interroger sur la régulation de la fréquentation des espaces naturels à fort enjeu écologique et sur leur capacité à satisfaire les besoins de ces populations accueillies (dimensionnement des infrastructures d'alimentation en eau potable et d'assainissement notamment).

De la même manière, certaines activités culturelles pourraient bénéficier de l'augmentation des températures. Les grottes ou musées climatisés peuvent faire figure d'espace refuge.

De nouvelles activités pourraient se développer au sein d'îlots de fraîcheur, comme les couverts forestiers. Cependant, l'aggravation du risque de feux de forêts est à considérer sur les secteurs de Piémont et de Montagne : il pourrait nuire à l'attractivité du territoire (hausse de la vulnérabilité des hébergements touristiques, fermeture de certains espaces à la fréquentation).

Evolution de l'attractivité du territoire

Selon le rapport de l'observatoire régional des effets du changement climatique, le changement climatique pourrait modifier significativement les choix de destination sur le long terme. Le bassin versant de l'Ardèche présente des atouts pour tirer profit de cette redistribution des flux.

- Ce rapport anticipe en effet une perte d'attractivité des secteurs urbanisés contraints par de forts îlots de chaleur. Le territoire bénéficie à l'inverse d'une image de « destination nature ».
- De nouvelles opportunités sont identifiées autour du tourisme de Montagne pendant l'été pour profiter de la fraîcheur offerte par ces espaces.
- L'intensification des étiages est identifiée comme motif de perte d'attractivité des espaces organisés autour du tourisme d'eau. Les infrastructures de soutien d'étiage constituent en cela un véritable atout pour pérenniser l'attractivité du bassin versant de l'Ardèche en comparaison avec d'autres territoires moins artificialisés.

²⁵ Indicateur découlant d'une multiplicité de paramètres climatiques influençant la qualité de l'expérience touristique vécue (températures moyenne et maximale, humidité moyenne et maximale, précipitations, ...), chaque indicateur pouvant être pondéré.



4.3.4 Synthèse de la vulnérabilité du secteur touristique au changement climatique

- Le bassin versant bénéficie d'une filière touristique dynamique, réel levier de développement économique. Cependant, ces activités sont hyper-concentrées spatialement et temporellement. Cela soulève des problématiques de dimensionnement des infrastructures, renforcées par le changement climatique qui risque d'accroître la différence entre la demande en eau en période moyenne et en période de pointe :
 - Pour une population desservie identique, la demande en eau potable et assainissement pourrait croître en période de pointe du fait de l'augmentation des températures et de l'allongement de la durée des vagues de chaleur.
 - L'attractivité du bassin versant pourrait augmenter, notamment grâce à son image de destination nature et la place accordée aux loisirs liés à l'eau.
- La filière bénéficie des ressources de soutien d'étiage sur l'Ardèche et le Chassezac. Dans un contexte de changement climatique, cette sécurisation pérennise l'offre de loisirs liés à l'eau et constitue une force du territoire en comparaison avec des bassins versant ne disposant pas de ce type d'infrastructure. Néanmoins, le risque d'intensification des conflits d'usages entre activités nautiques sur les axes soutenus est à prendre en considération.
- L'augmentation des températures moyennes pourrait avoir une influence sur le comportement des touristes présents sur le bassin versant. D'un point de vue temporel, les températures seront propices à un allongement de la période de fréquentation, opportunité pour les acteurs économiques bénéficiant de ces activités. D'un point de vue spatial, une redistribution des activités pourrait se faire :
 - Au bénéfice de certains espaces bénéficiant encore peu de cette activité. L'attractivité des secteurs Piémonts et Montagne pourrait ainsi augmenter, auprès de populations intéressées par la recherche d'îlots de fraîcheurs.
 - Au détriment de certains espaces naturels encore peu anthropisés, notamment en tête de bassin versant. L'extension des espaces dédiés aux activités de loisirs et nécessité de préserver des zones de refuge de la biodiversité sont deux enjeux accentués par le changement climatique qu'il s'agit de concilier sur le bassin versant.
- Une certaine précaution est enfin de mise face à certains aléas dont l'évolution n'est pas connue sous l'influence du changement climatique. Sur l'ensemble du territoire, la prolifération d'espèces invasives pourrait générer une baisse d'attractivité touristique (qualité du séjour, risques sanitaires, intérêt paysager). La précaution face aux évolutions du climat est également susceptible de bloquer le développement touristique du secteur Confluences. Le risque humain et matériel est avéré pour l'hôtellerie de plein air face aux inondations et ne devrait pas s'amenuiser sous l'influence du changement climatique. Le bassin versant de l'Ardèche peut générer des crues très rapides suites à des précipitations intenses. Si l'enjeu humain est moins fort à l'automne, l'hypothèse d'un épisode cévenol à la fin de l'été n'est pas à écarter.

4.4 CONSÉQUENCES POUR L'ACTIVITÉ AGRICOLE

L'activité agricole occupe une superficie relativement faible du bassin versant de l'Ardèche et l'irrigation reste peu répandue à l'exception des activités arboricoles en régression. La part des surfaces irriguées reste faible mais les évolutions climatiques récentes laissent à penser que cette part pourrait augmenter dans les années à venir, faisant ainsi émerger le besoin d'une vision globale des besoins et des ressources mobilisables pour les activités agricoles. En amont de cette réflexion, les paragraphes suivant visent à :



- Caractériser les spécificités de l'agriculture ardéchoise.
- Décrire les structures existantes et les ressources en eau actuellement mobilisées sur le bassin versant.
- Distinguer, pour les principales filières, les impacts ressentis ou attendus du changement climatique.
- Préciser les perspectives des infrastructures hydro-agricoles existantes ou dont le développement pourrait être exposé dans les années à venir.

4.4.1 Données mobilisées

L'établissement du portrait agricole du bassin versant s'appuie sur des entretiens réalisés avec la Chambre d'Agriculture de l'Ardèche, une coopérative de producteurs, un gestionnaire de réseaux d'irrigation et le président d'un syndicat d'irrigation. Ces entretiens ont permis de comprendre les spécificités de l'agriculture locale, les dynamiques des différentes filières, les stratégies de recours à l'irrigation, les perceptions des impacts du changement climatique par les usagers et les stratégies d'adaptation envisagées.

Ces entretiens sont venus actualiser des rapports sur la question réalisés il y a déjà plusieurs années :

- Le rapport « Irrigation durable en Ardèche », réalisé en 2009 pour le Conseil Départemental, apporte des éléments rétrospectifs pour analyser l'évolution du discours sur le recours à l'irrigation.
- L'étude volumes prélevables synthétise les résultats des inventaires réalisés par les chambres départementales d'agriculture et apporte des informations sur l'organisation de l'irrigation sur le bassin versant. Elle apporte également des estimations de prélèvement agricole entre 1997 et 2008.

Des données ont également été traitées afin de caractériser les espaces agricoles, les dynamiques des filières et d'étudier l'évolution des volumes prélevés pour l'agriculture :

- Les données chiffrées les plus précises sont disponibles à l'échelle communale. Ces chiffres sont issus du recensement général agricole et datent de 2010 (RA 2010). Cette base est extrêmement complète et s'appuie sur un recensement de l'ensemble des exploitations agricoles. Les données sont fournies à l'échelle communale. Deux limites sont associées à l'interprétation de ces données : leur ancienneté et l'attribution des surfaces cultivées à la commune du siège des exploitations agricoles et non à la commune où elles se situent effectivement. Ce dernier biais peut fausser les données aux frontières du territoire d'étude ainsi que les répartitions géographiques entre secteurs.
- Afin d'offrir un portrait plus actualisé, une mise à jour de ces chiffres est proposée à partir des memento régionaux de la statistique agricole (Agreste). Ces mementos permettent de retracer l'évolution des pratiques agricoles entre 2010 et 2019 à l'échelle départementale. Ces mementos ne traitent pas de la question de l'irrigation.
- Les données du registre parcellaire graphique, trop partielles, n'ont pas été jugées représentatives de l'agriculture du bassin versant. Elles ne sont pas utilisées pour ce panorama.



- Pour estimer les volumes prélevés, nous disposons des chroniques de prélèvements déclarés dans la base de données Agence de l'Eau. Cette base de données présente néanmoins certaines lacunes. Seuls les usagers effectuant un prélèvement supérieur à 10 000 m³/an sont redevables. En 2008, l'étude volumes prélevables estime à 10 % les surfaces irriguées non recensées dans la base de données de l'Agence. Certains prélèvements non équipés de compteurs sont estimés par forfait, ce qui conduit généralement à une surestimation du prélèvement dans une logique d'incitation à l'équipement. L'incertitude associée a diminué au cours de la décennie passée dans la mesure où de nombreux préleveurs se sont équipés de compteurs volumétriques. Néanmoins, nous proposons d'appliquer les méthodes de correction des prélèvements forfaitaires utilisées dans l'étude volumes prélevables afin de permettre la comparaison diachronique des résultats (voir paragraphe 4.4.3.1).
- Le rapport « Changement climatique et évolution de l'agriculture et des besoins en eau d'irrigation sur le bassin versant de l'Ardèche » réalisé par la chambre d'agriculture de l'Ardèche (CA07, 2021), a également été utilisé pour donner une estimation des besoins en eau additionnels pour l'agriculture à horizon 2050.

4.4.2 Une agriculture éparse, peu intensive et diversifiée

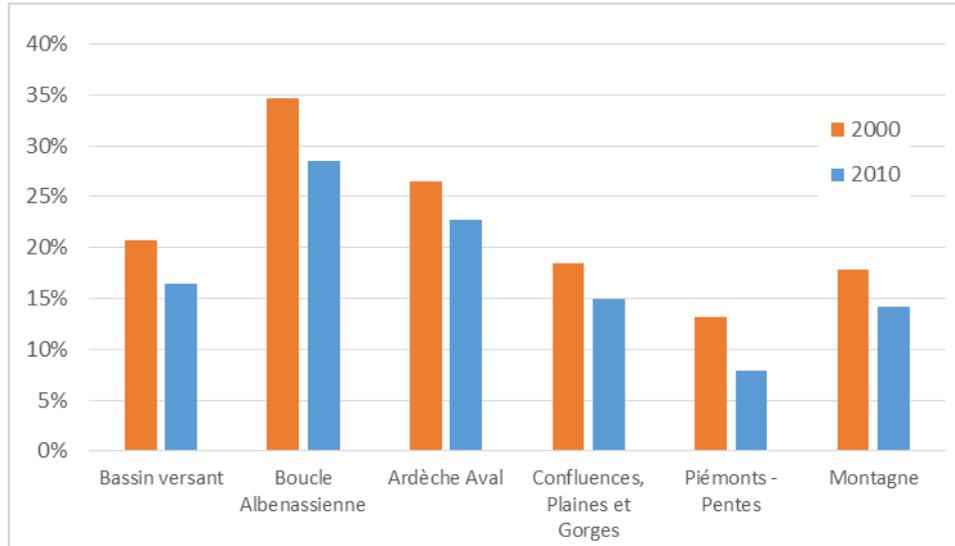
Une agriculture éparse

D'après l'analyse du RGA 2010 à l'échelle communale, la surface agricole utile (SAU) du bassin versant est de 50 000 ha en 2010. **Les surfaces agricoles ne représentent donc que 16 % du territoire.** Ce chiffre coïncide avec les résultats issus de l'analyse du Corine Land Cover (section 4.1) qui a permis de montrer que **le bassin versant de l'Ardèche est caractérisé par la prédominance des espaces naturels et forestiers.** Il s'agit d'une spécificité du bassin versant : à la surface agricole utile représentait 40% du territoire régional et 49% du territoire national en 2019 (Memento de la statistique Agricole).

La Figure 108 présente la part de chaque secteur occupée par l'activité agricole. On y observe que cette faible densité agricole s'accroît à l'échelle infra-territoriale, et notamment sur le secteur Piémonts, davantage contraint par le relief. Cette figure s'appuie également sur le RGA de 2000 pour montrer l'évolution de la part des surfaces agricoles **entre 2000 et 2010**. On y observe une **importante régression sur l'ensemble du territoire (-20%), et relativement plus rapide sur le secteur Piémonts (-40%)**. Cette perte de SAU est plus importante que celle relevée à l'échelle départementale (-11%). Elle s'accompagne d'une **perte d'emplois agricoles de 30% entre 2000 et 2010**, soit plus de 1000 unités de travail annuel.



Figure 108 : Part des surfaces agricoles en 2000 et 2010 par territoire



Traitement de données RGA 2000 et 2010

Il semble néanmoins que ce **phénomène d'érosion de la SAU n'ait été sinon arrêté, du moins largement freiné au cours de la décennie passée**. A l'échelle départementale, les mémentos de la statistique agricole montrent entre 2013 et 2018 une stabilité de la SAU des exploitations départementales autour de 120 000 ha.

Une agriculture peu intensive

Les surfaces agricoles du bassin versant sont **majoritairement constituées d'espaces pastoraux peu productifs**. Les surfaces toujours en herbe (STH) représentaient ainsi 56 % de la SAU du territoire en 2010. Ce chiffre masque néanmoins une hétérogénéité infra-territoriale. **Les STH constituent 80 % de la SAU des secteurs Montagne et boucle albenassienne** (plateau du Coiron). A titre indicatif, cela représente le double de la moyenne régionale. **Les STH sont moins présentes dans les vallées** où les sols et le relief sont plus propices à la culture : elles ne représentent que 3 % de la SAU du secteur Ardèche Aval. Entre 2013 et 2019, les surfaces toujours en herbe ont augmenté de 3% à l'échelle départementale.

Les exploitations du bassin versant sont de petite taille. La SAU moyenne des exploitations du bassin versant est de 25 ha en 2010, ce qui est similaire à la moyenne départementale de l'Ardèche mais largement inférieur aux moyennes régionale et nationale (respectivement 47 et 56 ha en 2019, memento de la statistique agricole). Ces chiffres reflètent l'adaptation des exploitations aux contraintes de reliefs fortement marquées sur le bassin versant. Sur le secteur Piémonts en particulier, elles ont une taille moyenne de 8 ha. Issus du RGA 2010, il est peu probable que ces chiffres aient évolué : les mémentos de la statistique agricole montrent une stabilité de la taille moyenne des exploitations dans le département.

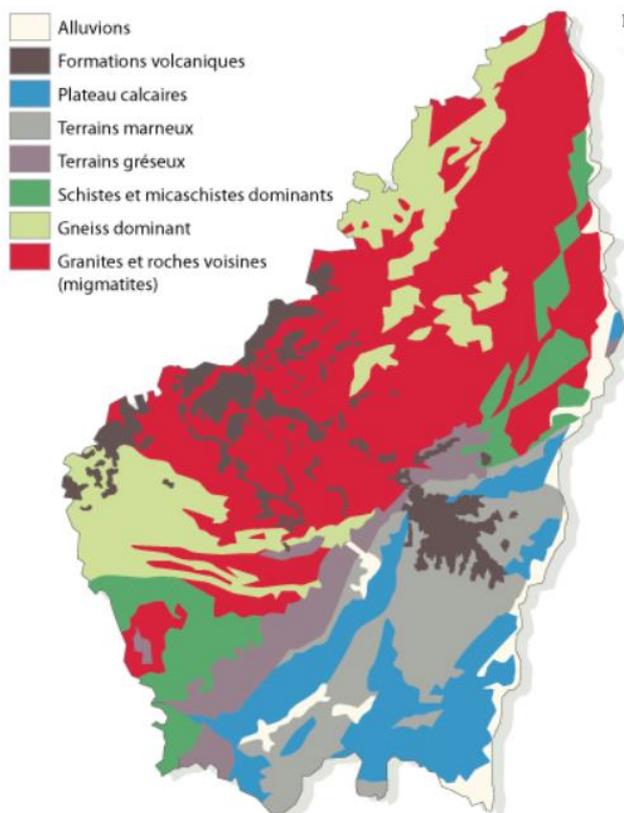
En outre, **le label « agriculture biologique »** est particulièrement développé dans le département, où il représente 23% de la SAU en 2019 (memento de la statistique agricole). A l'échelle régionale, ce label ne représente que 9,5% de la SAU.

Une agriculture diversifiée

L'activité agricole du bassin versant est particulièrement diversifiée du fait de la variabilité de la pluviométrie entre secteurs, des fortes contraintes topographiques et de l'hétérogénéité des sols (Figure 109).



Figure 109 : Caractéristiques pédologiques du département de l'Ardèche



<http://www.ardeche.gouv.fr/le-sol-et-la-foret-a936.html>

A l'échelle du bassin versant, plusieurs espaces agricoles se distinguent, fonction de la topographie et des caractéristiques pédologiques :

- Les **vallées constituées de sols marneux et calcaires** sont dominées par la viticulture (plus de 7 000 ha en 2010). Cette filière est très structurée autour de coopératives et de l'Union Commerciale des Vignerons Ardéchois. Un effort qualitatif de ré-encépagement conduit depuis les années 1980 et la valorisation commerciale autour de l'IGP « Ardèche » ont contribué à la dynamique de la filière, qui n'arrive pas aujourd'hui à satisfaire l'ensemble de la demande. Historiquement, l'arboriculture occupait également une place importante dans les vallées, principalement autour de la culture de la pêche et de l'olive. Malgré le déclin des filières fruitières suite à plusieurs gels successifs, le potentiel productif reste important et diversifié (olive, cerise, kiwi, abricot, ...). D'autres activités sont développées, notamment autour des agglomérations et des réseaux d'irrigation, comme le maraîchage, la culture semencière, la culture de plantes aromatiques et médicinales.
- Les **Pentes et les Piémonts, constitués de sols gréseux** sont favorables à la culture de la châtaigne entre 500 et 700 m d'altitude, on y trouve également de l'élevage et des espaces fourragers. Sur ce territoire, les paysages de terrasse constituent une adaptation au risque d'érosion sur ces secteurs de pente soumis aux épisodes cévenols. La castanéiculture et la transformation contribuent à l'identité territoriale. La filière est en pleine croissance depuis la labellisation AOP et l'émergence des marchés sans gluten. La production est aujourd'hui largement inférieure à la demande. Les vignes sont également présentes sur les piémonts (plus de 1000 ha en 2010). De façon plus anecdotique, il existe des espaces de production et transformation de plantes aromatiques et médicinales.



- Le **secteur Montagne** est un territoire d'élevage où les espaces fourragers sont dispersés au sein de vastes espaces à caractère naturel. Ce territoire est inclus dans le périmètre du Parc naturel régional des Monts d'Ardèche. L'élevage y est épars et diversifié. En climat actuel, le secteur est déjà déficitaire en termes d'apports en paillage et protéines. L'élevage ovin est structuré autour d'une coopérative Drôme-Ardèche ; des réflexions sont en cours pour mieux valoriser ses produits, avec une marque d'agneau de l'Ardèche. La filière caprine commercialise localement ses fromages et bénéficie pour l'export de l'AOP Picodon. Elle rencontre néanmoins des difficultés à écouler sa viande. Quelques élevages bovins sont présents sur le plateau. La coopérative laitière de Vals-les-Bains collecte le lait et l'abattoir d'Aubenas offre un débouché pour la viande. Ces deux structures doivent néanmoins s'approvisionner à l'extérieur du territoire pour atteindre des volumes suffisants.
- Au Nord-Est du territoire, le **plateau du Coiron est une table basaltique** dominant les plateaux calcaires et dépressions marneuses du bas vivarais. Contraint par de fortes pentes, il s'agit d'une terre d'élevage, essentiellement bovin. Les bois et herbages du Coiron ne sont pas inclus dans le périmètre du Parc naturel régional des Monts d'Ardèche.

4.4.3 Un recours croissant à l'irrigation organisé autour de ressources structurantes et sécurisées

A l'exception des fonds de vallées, les sols du bassin versant sont peu épais, leur réserve utile est donc très faible. Des solutions d'adaptation ont historiquement été mises en place pour développer l'agriculture sur le territoire. Pratique marginale à l'échelle du bassin versant en 2010, l'irrigation semble s'être développée au cours de la décennie passée. Elle fait essentiellement appel à des ressources sécurisées et s'organise collectivement à partir d'infrastructures majeures. L'existence de ces structures collectives facilite la connaissance et le suivi des prélèvements agricoles.

Des infrastructures représentant l'histoire agricole du territoire

Les infrastructures utilisées et les secteurs irrigués ont évolué au cours des décennies passées.

Historiquement, l'irrigation s'est développée dans les zones de pentes aménagées en terrasses, avec nombreux réseaux gravitaires alimentant des espaces fourragers, maraîchers ou des châtaigneraies. Par le passé, la culture du murier était également irriguée et la force motrice des cours d'eau utilisée pour l'industrie textile. Ces béalières sont aujourd'hui peu utilisées et entretenues, certaines ont été fermées pour respecter les débits réservés dans les cours d'eau. En parallèle de l'abandon des béalières, quelques forages agricoles se sont développés sur le secteur Piémonts suite à la succession d'épisodes de sécheresse. L'estimation de leur nombre reste néanmoins difficile. L'étude des ressources souterraines stratégiques estime par exemple à 300 (essentiellement domestiques et agricoles) le nombre de forages sur les grès du Trias dont seulement une quarantaine sont déclarés.

Dans les années 1970, deux grands réseaux d'irrigation se sont développés à l'initiative du département, initialement à vocation de soutien des filières fruitières dans les plateaux et vallées :

- Le réseau du Bas Chassezac, propriété du SDEA, couvre une plaine importante dans la basse vallée du Chassezac. Suite aux gels successifs, l'agriculture a évolué sur ce territoire vers la culture semencière, qui a bénéficié de la présence de ce réseau. Depuis quelques années, la vigne se développe également autour de ce réseau. Le potentiel de production maraîchère y est peu développé malgré la proximité des agglomérations des Vans et de Ruoms et Joyeuses. Ce réseau alimente plus de 300 exploitants sur près de 2000 ha
- Le réseau de la plaine de Lussas, alimenté par le barrage de Darbes (420 000m³), au Nord-Est du territoire et à proximité de l'agglomération d'Aubenas. Face au déclin des filières arboricoles, ce réseau est également valorisé pour le développement de la filière viticole.



En complément, le réseau BRL, alimenté par un pompage dans la nappe d'accompagnement du Rhône et sans impact sur le cours de l'Ardèche dessert une partie du secteur Ardèche aval. Ce réseau est essentiellement destiné à l'irrigation de vignes et vergers.

Tout le long de l'Ardèche et du Chassezac, plusieurs réseaux d'irrigation se sont également développés de façon diffuse, en lien avec les eaux superficielles ou la nappe alluviale du cours d'eau soutenu. Ces réseaux structurants portent localement des problématiques inhérentes aux trajectoires d'aménagement et d'économie du territoire, mais également aux évolutions de la réglementation :

- Le vieillissement de ces réseaux anciens génère des baisses de rendements. Les travaux de modernisation des réseaux entraînent localement une augmentation du coût de l'eau pour les irrigants qui témoignent en conséquence d'une diminution de la rentabilité de leurs exploitations.
- Les réseaux situés en plaine à proximité des zones urbanisées font face à une pression foncière importante. Une diminution des surfaces cultivées s'observe dans les secteurs irrigables les plus attractifs. De fait, certaines ASA sont constituées de nombreux usagers domestiques (arrosage de jardin, de potagers, remplissage de piscine), n'ayant ni la capacité ni la volonté d'investir dans ces réseaux.
- Un certain nombre de réseaux pompent ou dérivent l'eau à partir d'ouvrage en travers des cours d'eau. Ces ouvrages doivent être mis en conformité vis-à-vis des obligations de continuité écologique et de débit réservé, sans que leurs propriétaires ou associations de propriétaires n'en aient les moyens.

A partir des données de la Chambre d'Agriculture d'Ardèche, l'étude volumes prélevables estime à 18 le nombre de retenues et barrages à vocation agricole, dont 8 sur des cours d'eau. C'est extrêmement peu en comparaison avec le nord du département. En excluant le barrage de Darbes évoqué ci-dessus et les volumes stockés pour le soutien d'étiage à partir des complexes hydroélectriques, le volume stocké par ces retenues est de 41 000 m³.

Une irrigation majoritairement collective

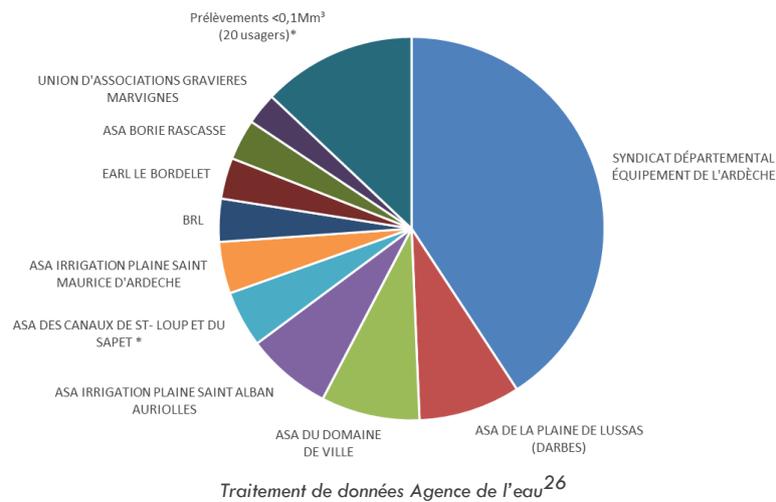
L'étude volumes prélevables, sur la base des inventaires des chambres d'agriculture et des données BRL, révèle que l'irrigation est majoritairement collective sur le bassin versant de l'Ardèche :

- **83 % des surfaces irriguées le sont via des réseaux ou une structure collective.** Beaucoup d'irrigants sont structurés en ASA ou regroupés sur un réseau collectif. Tous ces prélèvements apparaissent dans la base Agence de l'Eau pour les départements du Gard et de l'Ardèche. En Lozère, l'ASL de Prévencières n'est pas renseignée. Les données transmises par le préleveur lors de l'EVP ont été ajoutées à la base de données Agence (prélèvement moyen 2005-2008 : 82 708 m³, pour un maximum de 128 892 m³ en 2006).
- **Les prélèvements individuels sont plus difficiles à connaître :** seuls les usagers effectuant un prélèvement supérieur à 10 000 m³/an sont redevables. En 2007, dans la base Agence de l'Eau seulement 7 % les surfaces irriguées l'étaient à partir de prélèvements individuels. Dans le même temps, l'étude volumes prélevables estimait que 17% des surfaces irriguées l'étaient à partir de prélèvements individuels. Cette étude estime à 190 ha les surfaces irriguées par des prélèvements individuels non recensées dans la base de données Agence de l'Eau (soit 10% des surfaces irriguées).

Cette structuration autour de réseaux collectifs et d'ouvrages structurants ressort à l'étude des prélèvements déclarés à l'Agence de l'eau. La Figure 110 présente les volumes prélevés par les usagers déclarant des prélèvements à l'Agence de l'Eau sur les années récentes. En moyenne sur les années 2017 à 2019, le syndicat départemental d'équipement de l'Ardèche (SDEA) réalisait 41% du prélèvement (réseau du bas Chassezac). Les 8 plus gros préleveurs réalisent 80% du prélèvement.



Figure 110 : Répartition des volumes entre préleveurs agricoles déclarés dans la base de redevances Agence de l'eau (moyenne 2017-2019)



4.4.3.1 Un recours croissant à l'irrigation

Une pratique concernant relativement peu de surfaces et destinée à des usages variés

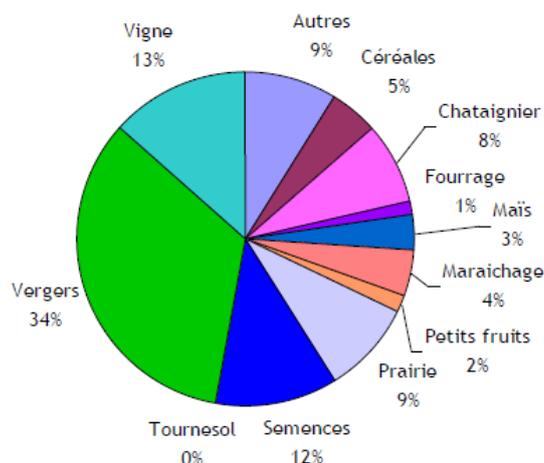
En 2010, les surfaces irriguées sur les communes du bassin versant étaient de 2 100 ha, soit 4% de la SAU. Cette estimation se base sur les données communales du RGA 2010, elle est supérieure de 300 ha aux estimations de l'étude volumes prélevables, écart porté par le secteur Ardèche Aval où le prélèvement impacte avant tout la nappe alluviale du Rhône. La comparaison des données RGA 2000 et 2010 révèle une baisse de 8% des surfaces irriguées entre 2000 et 2010. Les surfaces irriguées restent relativement faible du fait de la taille et des moyens limités des exploitations, de leur éparpillement et du manque de structuration des filières pour porter des projets collectifs.

Un panorama des cultures irriguées a été réalisé dans le cadre de l'étude volumes prélevables (Figure 111). L'étude s'est appuyée sur des inventaires réalisés par les Chambres d'Agriculture de l'Ardèche et de la Lozère, ainsi que sur les informations de prélèvements BRL pour la partie gardoise du bassin versant. **Les vergers constituent la majeure partie des surfaces irriguées mais les cultures irriguées restent très diversifiées à l'échelle du bassin versant.** Cette étude conclut également que « Les volumes d'eau unitaires nécessaires sont fortement variables d'une culture à l'autre ; les pratiques sont également multiples entre par exemple l'irrigation gravitaire des prairies de têtes de bassin et la micro-aspersion des parcelles de maraîchage à forte valeur ajoutée. »

²⁶ Les prélèvements annotés par des * sont partiellement estimés par forfaits, ces valeurs ont été corrigées selon les modalités utilisées par l'EVP, présentées dans la section « Une forte augmentation des volumes consommés au cours de la décennie passée »



Figure 111 : Cultures irriguées dans le bassin versant de l'Ardèche (estimations en 2010)



Source : étude volumes prélevables, novembre 2010

Il est assez difficile d'estimer l'évolution des surfaces et cultures irriguées depuis 2010 et le RGA2020, disponible en 2022, permettra d'apporter une réponse plus précise à cette question. Néanmoins à dire d'expert, il semble que le nombre d'exploitations irrigantes a baissé ces dernières décennies car l'agriculture a régressé globalement, notamment l'arboriculture. Néanmoins, les exploitations restantes ou nouvelles ont davantage recours à l'irrigation, tant en surfaces qu'en cultures et en réponses aux évolutions des conditions climatiques.

L'étude pour l'élaboration d'un document de référence sur l'irrigation durable en Ardèche, réalisée en 2009 pour le Conseil Départemental a montré un **essor de l'irrigation de la vigne, soit en développement de nouvelles surfaces, soit au détriment de surfaces de vergers** (en régression). A dire d'experts de la Chambre d'Agriculture d'Ardèche, cette tendance semble s'être confirmée au cours de la décennie passée.

Une augmentation des volumes consommés au cours de la décennie passée

Situation en 2008 (résultats de l'étude volumes prélevables)

L'usage agricole de l'eau pour l'irrigation est difficilement quantifiable. Le travail de correction des volumes de la base redevances de l'Agence de l'Eau a été effectué dans le cadre de l'étude volumes prélevables et est présenté dans l'encadré situé en Annexe 4.

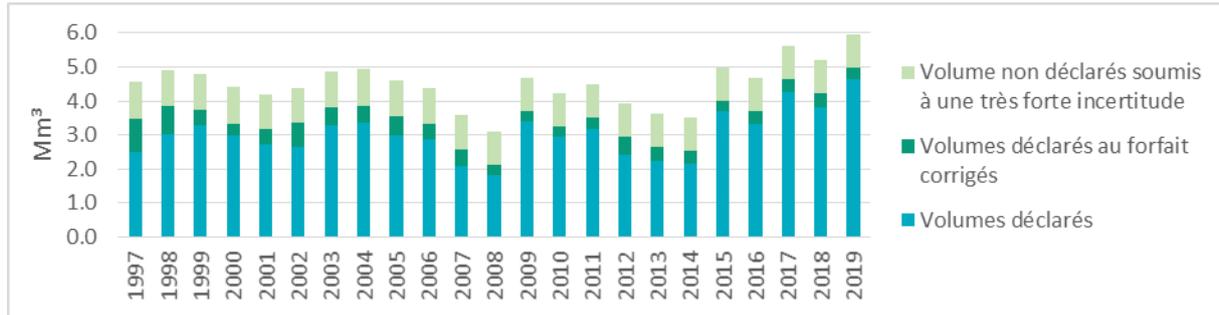
Le volume prélevé pour l'usage agricole a ainsi été estimé entre 3,1 et 4,9 Mm³ par an selon les conditions météorologiques, soit 26% du prélèvement annuel sur le bassin versant. Ce prélèvement est concentré sur les mois d'été, où il représente 41% du prélèvement du bassin versant.

Les trois quart de ces prélèvements ont été estimés à partir de la base de données Agence de l'Eau. Le quart restant a été estimé à partir d'une estimation des surfaces irriguées non déclarées. Cette part faisait déjà l'objet d'une importante incertitude.

Evolutions depuis 2008

Les données de l'étude volumes prélevables s'arrêtent en 2008. Dans le cadre de cette étude, nous disposons des données de prélèvement déclarés à l'Agence de l'Eau entre 2012 et 2019. Afin de permettre la comparaison avec l'étude précédente, nous avons corrigé les données de l'Agence de l'Eau en reproduisant les hypothèses de l'EVP, selon les modalités présentées en Annexe 4. Ce travail a permis de prolonger les chroniques produites dans le cadre de l'EVP (Figure 112).

Figure 112 : Evolution des prélèvements pour l'irrigation



Traitement de données Agence de l'Eau et EVP

Cette figure est à interpréter avec précaution :

- On observe une augmentation des volumes déclarés à l'Agence au cours des dernières années, qui ne doit pas directement être interprété comme une hausse du prélèvement :
 - Certains petits préleveurs ont disparu de la base de données et d'autres y sont apparus. Si le nombre de cessation est supérieur au nombre de créations, le volume prélevé par ces nouveaux usagers est largement supérieur au volume prélevé par les anciens usagers. **Cette augmentation peut néanmoins n'être que le reflet d'une augmentation de la part des prélèvements déclarés** suite au travail mis en œuvre pour améliorer la connaissance des volumes depuis 2008. Ainsi, l'ASA des Canaux de St Loup et du Sapet apparaît désormais dans la base Agence de l'Eau. L'étude volumes prélevables évoquait des surfaces irriguées non recensées par l'Agence sur la commune de Pied-de-Borne (« de multiples petits préleveurs sont regroupés autour de canaux d'irrigation et d'un réseau sous pression : les principaux sont le canal des Sapets, le canal des Baumes et le réseau sous pression de Planchamp-Pantostier »). Ce nouveau préleveur vient donc corriger une lacune de la base de données et n'est pas liée à un nouveau prélèvement.
 - Le travail d'amélioration de la connaissance s'est également traduit par une **diminution de la part des prélèvements comptabilisés au forfait**. L'instrumentation permet une meilleure estimation de la variation interannuelle des prélèvements.
 - Certains prélèvements **gravitaires ont également été mis sous pression**, ce qui conduit en pratique à une diminution du prélèvement.
- Les prélèvements non déclarés étaient mal connus en 2008. Ils ont été rapportés sur ce graphe pour rester fidèle aux résultats de l'EVP. Néanmoins :
 - **Dès 2008, cette estimation faisait l'objet d'une critique par la profession agricole, car estimée à partir de recensements partiels et datés des surfaces irriguées.**
 - Les éléments disponibles ne permettent pas de suivre l'évolution des surfaces irriguées non déclarées à l'Agence de l'Eau depuis 2008. **Il est prudent d'attendre les résultats du recensement général agricole en 2022 pour tirer des conclusions sur l'évolution des volumes prélevés sur les surfaces non déclarées à l'Agence de l'Eau.** Pour le graphique, ces volumes ont été supposés constants et excluent les volumes dont nous savons qu'ils existaient en 2008 et apparaissent désormais dans la base Agence (ASA des Canaux de St Loup et du Sapet).

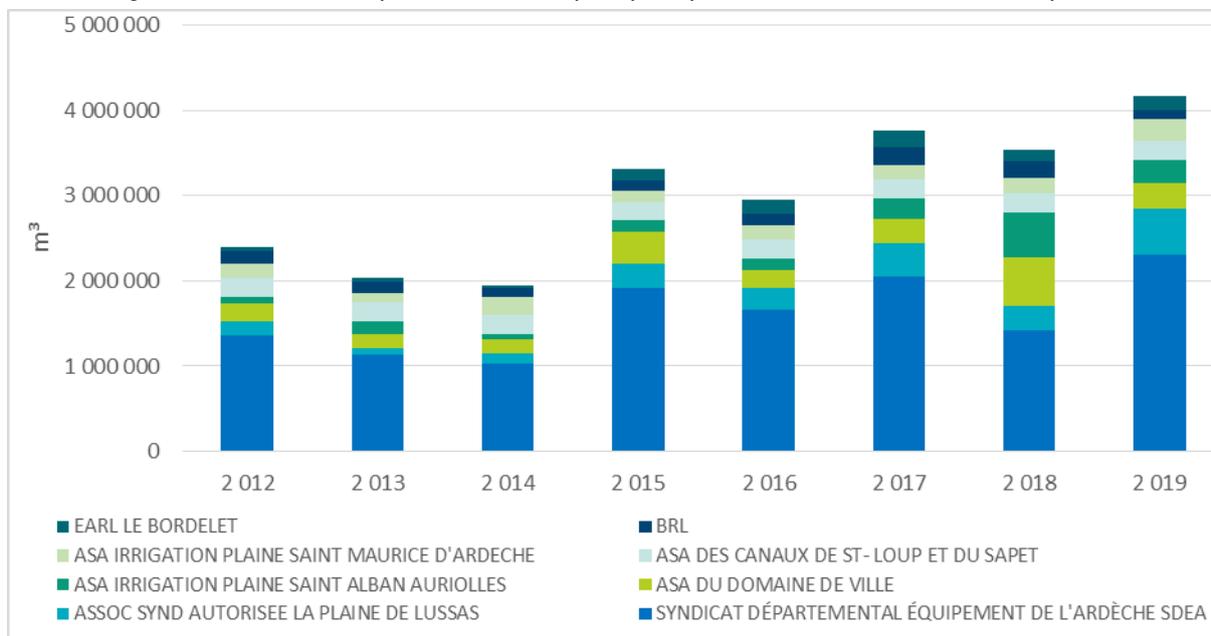
Si l'apparition ou la disparition des petits préleveurs est mal connue, les principaux préleveurs restent les mêmes sur toute la période étudiée. Ils réalisent au total plus de 80 % du prélèvement déclaré sur le bassin versant et mobilisent principaux réseaux structurants. La Figure 113 présente l'évolution de leur prélèvement entre 2012 et 2019. On y observe une **très nette augmentation des volumes prélevés à partir de 2015, pouvant en partie s'expliquer :**

- **Par la répétition d'années sèches.** Selon les irrigants interrogés, les cultures irriguées s'élargissent les années sèches, certaines céréales ayant été arrosées sur les années récentes.



- **Par l'augmentation de la part des vignobles irrigués** ces dernières années : Sur le secteur alimenté par le SDEA, les irrigants estiment aujourd'hui à plus de 50% la part des vignes irriguées. Toutes les vignes qui s'y plantent aujourd'hui sont raccordées au réseau d'irrigation.

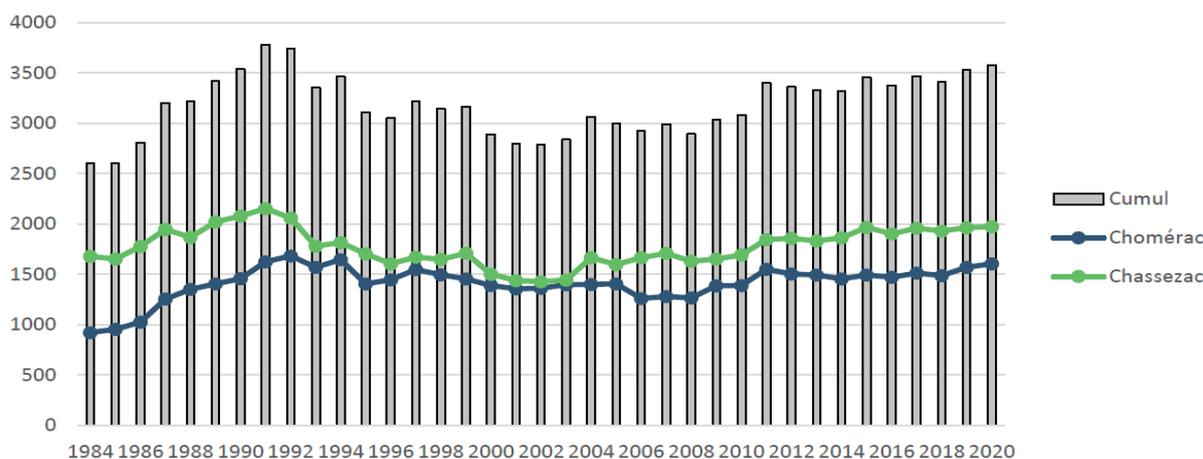
Figure 113 : Evolution du prélèvement des 8 principaux préleveurs au cours de la décennie passée



Données Agence de l'Eau

Tout en restant vigilant à l'évolution de ces prélèvements, il convient de **les replacer dans un contexte temporel plus large**. A titre d'exemple, la Figure 114 présente l'évolution des volumes prélevés par le SDEA, gestionnaire du principal réseau d'irrigation du bassin versant (Chassezac, 40 % des volumes d'irrigation déclarés à l'Agence de l'Eau). Seule la courbe verte concerne un réseau d'irrigation situé sur le bassin versant. Elle permet de constater que **les volumes actuellement prélevés, s'ils sont en constante augmentation depuis 2003, n'atteignent pas ceux du début des années 1990**. Le contexte agricole est cependant différent : les perspectives actuelles laissent envisager une augmentation des besoins agricoles, portée par le raccordement des vignobles aux réseaux d'irrigation. L'irrigation des vignobles au goutte à goutte est moins consommatrice que d'autres cultures mais les surfaces irriguées sont de plus en plus conséquentes.

Figure 114 : Evolution des volumes prélevés par le SDEA



Données du SDEA

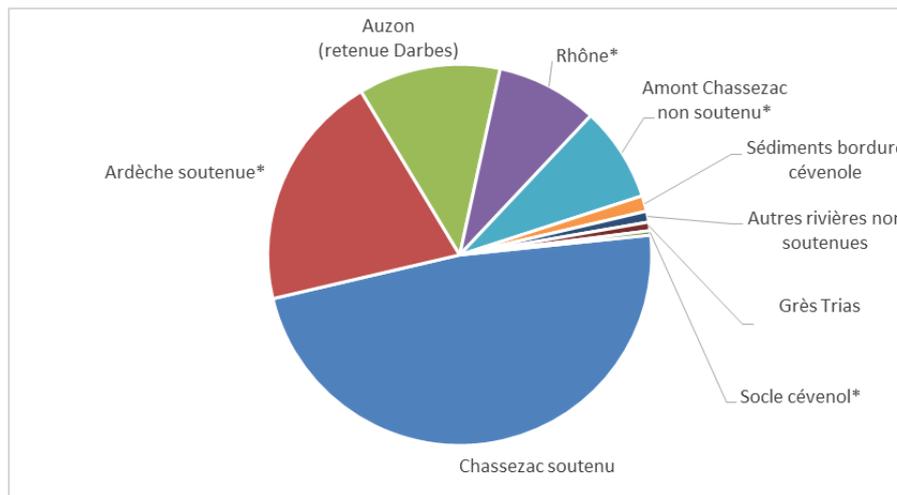


4.4.3.2 Une irrigation sollicitant essentiellement des ressources dédiées au soutien d'étiage

Les ressources mobilisées pour les prélèvements recensés par l'Agence de l'Eau sont en grande majorité issues de cours d'eau superficiels bénéficiant de soutien d'étiage ou de la réserve à vocation agricole de Darbes. La Figure 115 présente les volumes prélevés par type de ressources. En moyenne sur les années 2017 à 2019 :

- 68 % du prélèvement était réalisé sur l'Ardèche ou le Chassezac en aval des apports de soutien d'étiage
- 12 % du prélèvement était réalisé dans le sous-bassin versant de l'Auzon, bénéficiant de la retenue de Darbes.
- Par ailleurs, les prélèvements du secteur Ardèche Aval impactent avant tout le Rhône (9% du prélèvement global).
- La majorité des prélèvements en cours d'eau non soutenus recensés dans la base de données de l'Agence sont effectués sur le haut bassin versant du Chassezac.
- Les prélèvements sans impact sur les eaux superficielles sont anecdotiques dans la base de données de l'Agence.

Figure 115 : Répartition par ressource des volumes déclarés dans la base de redevances Agence de l'Eau (moyenne 2017-2019)



Traitement de données Agence de l'eau²⁷

4.4.4 Impact du changement climatique sur l'activité agricole

Selon l'outil ClimateMatch²⁸, le climat du secteur Confluences durant la période de croissance des végétaux devrait se rapprocher à horizon 2050 de celui actuellement rencontré dans la vallée du Rhône, à l'aval de la confluence avec la Cèze. Le climat actuellement rencontré à l'aval du bassin versant devrait se rapprocher de celui observé dans le secteur des Costières de Nîmes.

²⁷ Les prélèvements annotés par des * sont partiellement estimés par forfaits, ces valeurs ont été corrigées selon les modalités utilisées par l'EVP, présentées dans la section « Une forte augmentation des volumes consommés au cours de la décennie passée »

²⁸ Cet outil utilise des simulations climatiques UKCP18 sur des mailles de 12 km de résolution sur toute l'Europe et s'appuie sur la méthode CMT (Climate Matching Tool), développée par Broadmeadow (2005). Pour chaque maille, les variables étudiées sont les précipitations mensuelles, les températures mensuelles moyennes et les températures diurnes mensuelles moyennes. Nous avons utilisé cet outil pour identifier les analogues climatiques actuels (1991-2020) du climat qui pourrait être observé sur le secteur Confluences et du secteur Ardèche Aval à l'horizon 2050 (2041-2070), selon un scénario d'émissions RCP 8.5.



Le changement climatique aura des impacts différents selon les filières considérées. Les solutions d'adaptation sont donc multiples et les stratégies de gestion de l'eau n'en sont qu'un volet. Une présentation des impacts du changement climatique sur les activités agricoles est proposée par filière dans les paragraphes suivants. Elle a été estimée à dire d'experts :

- La Chambre d'Agriculture de l'Ardèche, qui conduit actuellement des études sur le sujet. Dans le cadre du contrat de transition écologique départemental, la Chambre d'Agriculture de l'Ardèche a engagé des réflexions sur le changement climatique à différentes échelles au sein du département. Les activités agricoles sont également émettrices de gaz à effet de serre, certaines stratégies d'atténuations sont à l'étude sur le territoire, notamment autour de l'initiative 4 pour 1000 et le stockage de carbone dans les sols.
- Le PNR des Monts d'Ardèche, pour sa connaissance des enjeux castanéicoles. Le PNR est particulièrement investi dans la valorisation du patrimoine castanéicole depuis sa création et observe un fort regain d'intérêt pour cette production. Il est nécessaire de remobiliser des espaces abandonnés et des financements sont disponibles sur des projets de remembrement, d'accessibilité aux parcelles ... Les experts du parc témoignent de la nécessité de prendre en compte le changement climatique dans cette stratégie.
- Un représentant des professionnels des filières arboricoles a également été interrogé (VivaVoop)

Elevage

Aujourd'hui l'essentiel de l'herbe est produite au printemps et le secteur est déjà déficitaire en termes d'apports en paillage et protéines. Des difficultés d'approvisionnement en fourrage se font déjà ressentir comme manifestation du changement climatique.

L'adaptation des prairies au changement climatique est une question majeure pour la filière et questionne **l'évolution des itinéraires techniques pour sécuriser les productions**. Des réflexions sont en cours sur la sécurisation de l'irrigation, le rôle de l'arbre à l'échelle des parcelles et des exploitations, ainsi que sur l'intensification des cultures, aujourd'hui peu utilisatrices d'amendements.

Une **réflexion à l'échelle du territoire** pourrait également être construite afin de mettre à profit les forces de chaque secteur. L'augmentation des températures et les sécheresses printanières pourront constituer des stress majeurs qu'il s'agit d'anticiper, particulièrement à basse altitude. A l'inverse, la modification du régime des précipitations pourrait ouvrir des possibilités de production fourragère à l'automne. L'incertitude reste assez élevée sur cette hypothèse. **Les prairies d'altitude constituent des surfaces à protéger**, car ces espaces sont moins sensibles aux vagues de chaleur et la disponibilité fourragère y est plus importante tout au long de l'année. En parallèle, des synergies pourraient être mises en place avec les espaces cultivés des vallées disposant de ressources hydriques sécurisées, afin de produire fourrages, protéines, paillage à destination des élevages.

Enfin **l'abreuvement du bétail n'est pas aujourd'hui une problématique mais pourrait le devenir dans un contexte de changement climatique**. Une vigilance est de mise et des dispositifs sont étudiés pour limiter la vulnérabilité face à ce risque. En particulier, les plans pastoraux territoriaux peuvent être mobilisés pour mieux exploiter les espaces et stocker les ressources. Des expérimentations sont également en cours pour la récupération des eaux de toiture.



Viticulture

L'effet du changement climatique est déjà visible sur le bassin versant de l'Ardèche. Depuis 30 ans, la date des vendanges a été avancée d'un mois sur le bassin versant. A dire d'experts, ce phénomène s'explique partiellement par le développement de nouveaux cépages et majoritairement par l'évolution du climat. Par ailleurs, une baisse des rendements a été constatée. En 2009, le rapport sur l'irrigation durable en Ardèche annonçait pourtant que la vigne était la seule filière dont le maintien ne dépendait pas de la sécurisation de l'irrigation (Conseil Département Ardèche, 2009). Les acteurs rencontrés en 2020 attestent de l'évolution de ce discours suite aux épisodes de sécheresses de la décennie qui ont suscité une prise de conscience de la profession.

L'évolution du déficit hydrique des vignobles a été cartographiée entre 1960 et 2019, afin de tenir compte des précipitations, de l'évapotranspiration et du coefficient cultural²⁹. Un déficit de 0 % signifie que le besoin de la plante est totalement satisfait, un déficit de 100 % signifie que le besoin de la plante n'est pas du tout satisfait. La vigne est une plante particulièrement résistante à la sécheresse et qui met en place des mécanismes d'adaptation à la contrainte hydrique lorsque celle-ci s'installe de façon progressive. Un déficit inférieur à 30 % n'aura pas de conséquence pour le développement de la plante. Un stress hydrique survient pour un déficit supérieur à 70% et aura de fortes conséquences sur le développement de la plante. La frise ci-dessous caractérise le déficit en fonction du pourcentage du besoin non satisfait.



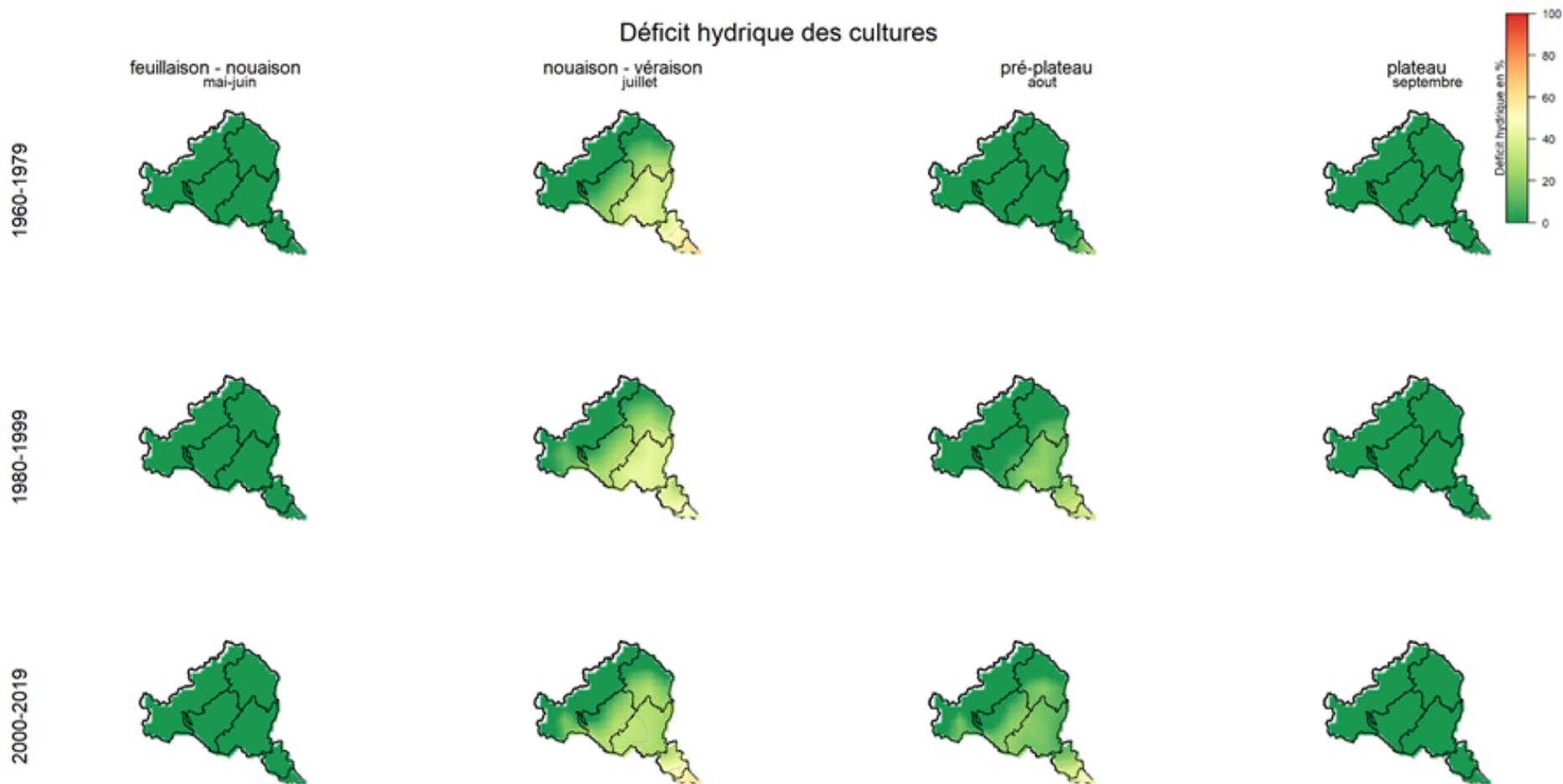
La Figure 116 présente, pour chaque période du cycle végétatif, le déficit hydrique moyen des vignobles observé sur trois périodes de 20 années consécutives entre 1960 et 2019. Dans le bassin versant de l'Ardèche, le déficit hydrique semble avoir été relativement peu important au cours des soixante dernières années. Seuls les vignobles du secteur Ardèche Aval connaissent des déficits hydriques modérés au mois de juillet. Des déficits légers à modérés peuvent être observés sur le secteur Plaines et Confluences en juillet. Au cours des 60 dernières années, on observe une augmentation du déficit hydrique au mois d'août (à un niveau qui reste relativement faible). Aujourd'hui, le besoin d'irrigation n'est pas extrêmement préoccupant. Ce calcul ne prend cependant pas en compte la réserve utile des sols, facteur déclassant sur le bassin versant de l'Ardèche où les sols sont peu épais. La chambre d'agriculture montre en effet que la part des sols dont la réserve utile dépasse 90 mm est de l'ordre de 40% seulement et que 40% des sols cultivés en basse altitude ont une réserve utile inférieure à 60 mm. Cette faible réserve utile a limité le potentiel productif une année sur deux sur les années récentes caractérisées par une importante ETP (CA07, 2021). Les irrigants rencontrés font part du développement important de l'irrigation dans les vignobles et du raccordement quasi systématique des parcelles nouvellement plantées à des réseaux d'irrigation.

²⁹ Déficit en % = $\frac{ETP \times Kc - P}{ETP \times Kc}$, où ETP et P sont l'évapotranspiration potentielle et la précipitation issues des données SAFRAN, et KC le coefficient cultural. Le coefficient cultural (Kc) est utilisé pour corriger l'ETP et l'adapter à la variété cultivée et au stade de développement de la plante, selon l'abaque suivant (Goodwin, 1995) :

PERIODE	FEUILLAISSON NOUAISON	NOUAISON VERAISON	PRE-PLATEAU	PLATEAU
MOIS	Mai-Juin	Juillet	Août	Septembre
KC VIGNE	30 %	40 %	50 %	50 %



Figure 116 : Rétrospective du déficit hydrique des vignobles par période du cycle végétatif



Traitement de données SAFRAN



Dans un contexte d'augmentation des températures moyennes, l'évapotranspiration de la vigne, et donc le déficit hydrique, devraient augmenter. L'adaptation de la viticulture passe par une multitude de solutions agissant sur les différents éléments du déficit hydrique : l'eau apportée, l'évapotranspiration, les coefficients culturaux, la capacité au champ. Elle passe également par une anticipation de l'évolution spatiale de ces paramètres dans un contexte de changement climatique. Plusieurs pistes sont alors envisagées :

- **Recours accru et amélioration du pilotage de l'irrigation** : Des apports d'irrigations peuvent compenser le déficit de précipitations. Elle permet de stabiliser les rendements et d'améliorer le taux de sucre. Cependant, le memento d'irrigation BRL rappelle que l'excès d'eau est préjudiciable : il engendre des problèmes sanitaires et conduit à des vins peu colorés et dilués. L'irrigation n'est pas nécessaire tous les ans, selon l'objectif de production, l'année et le type de sol. Elle vise à alimenter la vigne en l'absence de pluie et lorsque les réserves en eau du sol sont consommées. Un usage excessif de l'irrigation ne facilite pas le développement racinaire en profondeur et la valorisation de la réserve utile du sol, il peut en ce sens être considéré comme de la maladaptation au changement climatique. Par ailleurs, la baisse de disponibilité de la ressource à l'étiage et l'impact des prélèvements sur les milieux pourrait à l'avenir constituer une limite de cette solution.
- **Travail sur le rôle de l'arbre dans les exploitations** : La limitation de l'évapotranspiration peut être facilitée par des techniques agroforestières : ombrage, réduction du vent, atténuation des turbulences et des pics de température, augmentation de l'humidité relative, ... Plusieurs types d'aménagement sont envisageables selon les objectifs (rangées d'arbres, haies arbustives, bordure de parcelle, inter-rangs, ...).
- **Evolution des cépages** : La résilience à des sécheresses ou aux températures extrêmes est variable selon les cépages, qui présentent des coefficients culturaux différents. Depuis les années 1980 un effort qualitatif de ré-encépagement, la filière cultive aujourd'hui une grande diversité de cépage, parmi lesquels le chatus, cépage local historique.
- **Déplacement des vignobles** : Les gradients d'altitude et de température sont importants sur le bassin versant. L'augmentation des températures moyennes offrira des possibilités de cultiver certains cépages à des altitudes plus élevées qu'aujourd'hui. Par ailleurs, dans les vallées actuellement cultivées, les températures maximales pourraient fréquemment dépasser les 38 °C, température entraînant la fermeture des stomates. Les versants moins exposés au soleil peuvent également offrir des perspectives intéressantes. La question de l'accessibilité à la ressource en eau sur ces secteurs dans le cas où il faudrait irriguer pose néanmoins question.
- **Evolution des pratiques culturales** : Le déficit hydrique est également fonction de la profondeur des sols et de la capacité au champ. Les cartes présentées ci-dessus ne tiennent pas compte de ce paramètre, relativement déclassant sur le bassin versant où la majorité des sols sont peu épais. La rétention de l'eau dans les sols peut néanmoins être facilitée par certaines pratiques culturales, telles que l'apport de matière organique ou la protection des sols.

Un atout pour l'adaptation du secteur est l'inscription des vignobles à un label IGP, offrant davantage de souplesses qu'une AOP sur les cépages, l'altitude ou l'irrigation.

Castanéiculture

Les castanéiculteurs ressentent déjà les effets du changement climatique. Les automnes chauds et secs sont particulièrement délétères pour les cultures. Les professionnels relatent des épisodes de température supérieurs à 35°C en septembre, accentuant le stress hydrique déjà particulièrement marqué en début d'automne. Plusieurs solutions sont aujourd'hui envisagées pour faire face au changement climatique dans une filière aux débouchés croissants :



- **Sécurisation des ressources hydriques** : Traditionnellement, certaines châtaigneraies étaient irriguées par les réseaux de béalières aujourd'hui hors d'usage. La châtaigne requiert un apport hydrique principalement au mois de septembre, période où la tension sur la ressource est la plus forte sur les secteurs de pente. La sécurisation des apports hydrique doit passer selon de nombreux exploitants par la création de retenues de stockage. De nouvelles parcelles sont aujourd'hui créées : les experts de la coopérative fruitière recommandent la présence de retenues de stockage afin de sécuriser les récoltes futures. L'irrigation permet en outre d'améliorer les rendements et est envisagée comme axe de réponse à la croissance de la demande.
- **Adaptation de l'altitude** : Le programme de reconquête de la châtaigneraie conduit par le PNR des Monts d'Ardèche ne cautionne que les projets situés à une altitude supérieure à 500m. En dessous, les experts du parc estiment que les températures à venir seront trop importantes pour que les châtaigneraies s'adaptent. La question se pose de la montée en altitude des secteurs exploités pour la culture de la châtaigne. Cette culture reste néanmoins sensible au gel, il est peu probable que son aire de répartition puisse remonter au-delà de 800m.
- **Adaptation de l'exposition** : L'exposition est également un facteur d'adaptation : sur des parcelles exposées au Nord, la culture de la châtaigne est possible à des altitudes moins importantes.

Arboriculture de vallées, maraîchage et filières émergentes

Une nécessaire sécurisation des ressources en eau

L'arboriculture de vallées, le maraîchage et les autres cultures émergentes (plantes aromatiques et médicinales, truffes, ...) sont caractérisées par une **dépendance à la sécurisation des ressources hydriques**. Bien que les dynamiques de ces filières soient différentes, l'irrigation est indispensable à leur maintien ou leur développement.

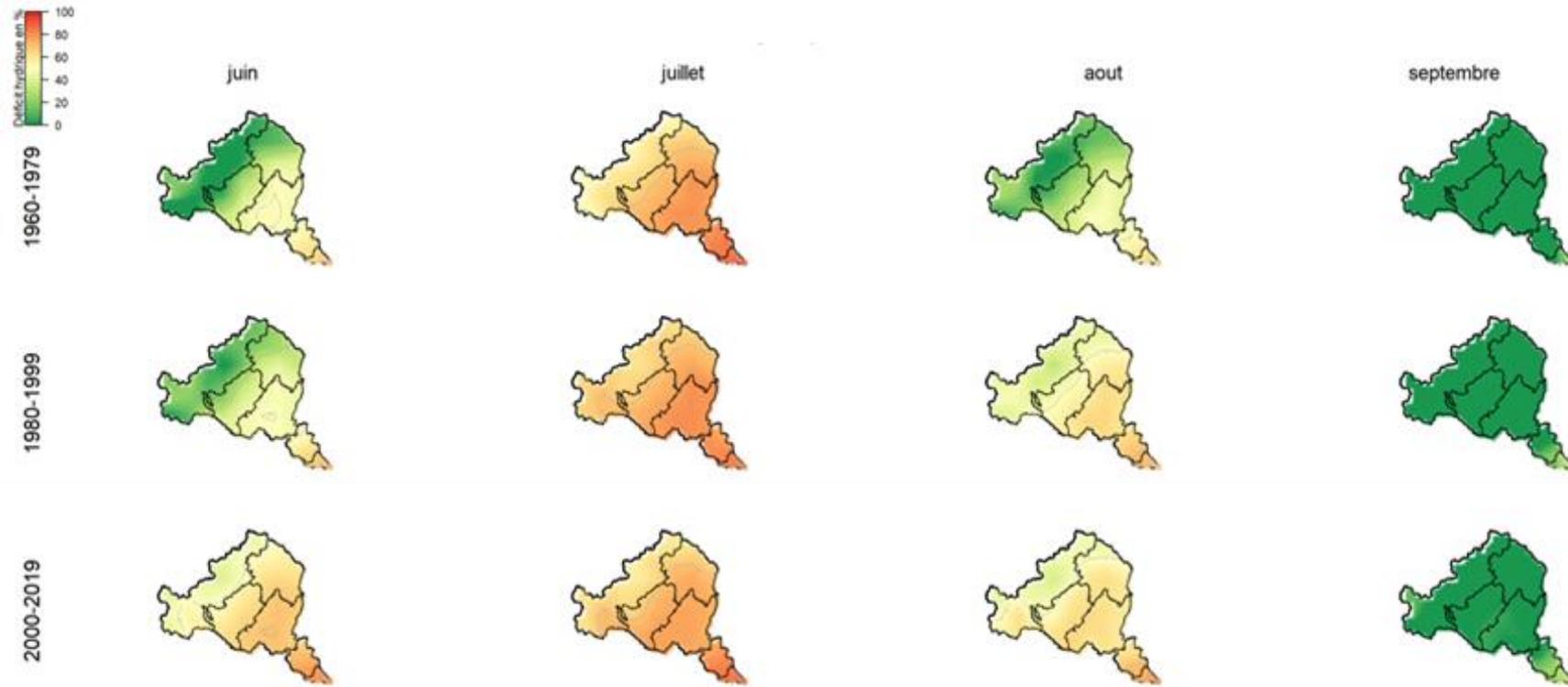
Ces cultures ont recours à l'irrigation de manière traditionnelle ou depuis le développement de réseaux structurants dans les vallées des cours d'eau soutenus. L'évolution du climat a accentué ce besoin avec l'augmentation du déficit hydrique. A titre illustratif, la Figure 117 représente l'évolution du déficit hydrique des vergers entre 1960 et 2019³⁰, à partir des coefficients culturaux du kiwi, dont les besoins en eau sont supérieurs à ceux de la cerise et de l'abricot, autres cultures majoritaires du bassin versant (BRL, 2019). La nécessité du recours à l'irrigation pour les filières arboricoles est illustrée par ces graphiques : aux mois de juin, juillet et août, moins de la moitié du besoin en eau des cultures est fourni par les précipitations. L'augmentation des températures moyennes au cours des soixante dernières années a eu un impact significatif sur les besoin en eau d'irrigation de ces cultures, particulièrement aux mois de juin et août.

³⁰ Le déficit hydrique est calculé au pas de temps mensuel. Le coefficient cultural (Kc) retenu est celui du kiwi, culture répandue sur le bassin versant (BRL, 2019) :

PERIODE	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE
Kc Kiwi	100%	120%	110%	100%



Figure 117 : Rétrospective du déficit hydrique des vergers entre juin et septembre



Traitement de données SAFRAN



Les vallées bénéficiant de réseaux structurants alimentés par des ressources sécurisées sont propices au développement de ces cultures. Néanmoins, le développement de la viticulture se fait souvent au détriment des vergers. Par ailleurs la spéculation foncière en lien avec l'urbanisation peut être une problématique sur certains secteurs équipés.

Les productions arboricoles ont été divisées par 15 au cours des quarante dernières années. Au vu de la dynamique de la filière arboricole, il est peu probable que les volumes consommés pour l'arboriculture augmentent dans les vallées.

A l'inverse, les filières émergentes peuvent représenter un besoin nouveau qu'il convient de prendre en compte (maraîchage, plantes aromatiques et médicinales, ...).

Une filière arboricole particulièrement sensible aux aléas climatiques

Les épisodes de **sécheresses agronomiques** ne sont pas le seul aléa climatique auquel la filière arboricole doit faire face :

- Les **épisodes de gel** d'avril 2021 ont rappelé la sensibilité des vergers aux gels tardifs. L'aspersion est la méthode la plus développée localement pour faire face à ce risque. Elle atteint néanmoins ses limites lorsque la température est trop basse.
- Les **épisodes de grêle** ou les **excès de pluies avant les récoltes** peuvent également emporter des récoltes. Les excès de pluie sont particulièrement dommageables concernant les cerises.
- Les **vents forts** d'automne peuvent provoquer des pertes conséquentes sur les cultures, jusqu'à 30 ou 40% des récoltes sur les cultures de kiwi d'après la coopérative fruitière locale.
- Les **températures extrêmes** portent atteinte aux végétaux et peuvent détruire leurs fruits, les cerises tardives sont par exemple abîmées par des fortes températures dès la fin juin.

Ces risques climatiques ont toujours existés mais la coopérative fruitière fait état d'une augmentation de leur fréquence. Sur la période récente, les experts dénombrent un aléa trois années sur cinq. Cela remet en cause la stabilité économique des exploitations si le système assurantiel n'est pas repensé. Cette filière fait par ailleurs face à une concurrence économique importante.

Face à cette diversité d'aléas climatiques, il existe de moins en moins d'exploitations spécialisées en arboriculture. Les nouvelles exploitations sont organisées autour de **systèmes de polyculture** pour organiser la résilience aux aléas économiques et climatiques.

Les nouvelles opportunités offertes par l'augmentation des températures

L'augmentation des températures moyennes sur le bassin versant peut par ailleurs faciliter l'émergence de nouvelles cultures. Cela peut passer par la réintroduction de cultures historiques telles que l'oléiculture et la trufficulture ou le développement de nouvelles filières telles que la culture de l'amandier. Bien qu'adaptées à des températures élevées, ces cultures peuvent requérir des volumes d'irrigation conséquents : les besoins en eau de l'amandier ou du truffier sont importants et, dans de moindres mesures, l'irrigation des oliveraies est nécessaire à l'obtention de rendements satisfaisants pour une exploitation agricole.



4.4.5 Perspective et projets hydro-agricoles sur le territoire

En parallèle de l'adaptation des variétés et pratiques culturales, la capacité à sécuriser les besoins en eau agricole est un enjeu très important pour la filière locale. Cependant, **les incertitudes sont très importantes sur la demande effective**. Les vergers sont particulièrement demandeurs en eau agricole mais leur quantité diminue. La demande en alimentation locale croît mais le maraîchage ne peut se développer sans accès sécurisé à la ressource. En parallèle, la profession viticole couvrant des surfaces importantes pourrait de plus en plus avoir recours à l'irrigation. Pour rappel, la SAU viticole départementale est estimée à environ 10 000 ha, essentiellement dans le bassin versant de l'Ardèche (Agreste, 2020). Des vignes sont également plantées dans la partie gardoise du bassin versant. D'après les données de l'EVP, moins de 3% des vignobles ardéchois étaient irrigués en 2010. Si ce pourcentage a pu augmenter au cours de la décennie, les surfaces viticoles en demande d'irrigation à moyen terme restent très importantes.

Pour pérenniser les services apportés par les réseaux existants et bénéficiant du soutien d'étiage dans les vallées, **l'enjeu prioritaire est l'optimisation des rendements des réseaux**. En effet, ces réseaux structurants ont désormais plusieurs dizaines d'années. Le SDEA, réalisant actuellement 40% du prélèvement en eau agricole du territoire, témoigne de sa volonté première d'améliorer les rendements des réseaux, avant de chercher à les étendre. Des dispositifs d'aide à la modernisation des réseaux sont mobilisables à travers le programme de développement rural. Les petites ASA bénéficient néanmoins de fonds propres limités et il leur est difficile de constituer la part d'autofinancement pour la mise en place de travaux d'économies d'eau. Par ailleurs, certains exploitants témoignent d'une baisse de rentabilité de leur exploitation suite à la répercussion sur le prix de l'eau de ces travaux de modernisation.

Les filières locales sont peu fédérées et les moyens des petites exploitations sont limités. **Il n'existe pas aujourd'hui de vision globale de la demande additionnelle en eau agricole**, malgré un bruit de fond d'agriculteurs souhaitant se fédérer pour organiser de nouveaux réseaux de desserte en eau agricole. Des démarches sont menées, notamment au sein de la chambre d'agriculture, pour faire émerger cette vision et aider à la structuration de projets collectifs, mesurés et partagés. L'étude menée récemment par la Chambre d'Agriculture estime à 12 Mm³ par an les besoins additionnels en eau d'irrigation sur le bassin versant dans les trente prochaines années (CA07, 2021). Cela est équivalent à une multiplication entre 3 et 4 du prélèvement agricole actuel, ou encore à une augmentation équivalente au volume actuellement prélevé annuellement pour l'eau potable. Ce volume est décomposé comme suit :

- Viticulture : + 5 Mm³ (nouveau besoin, 800 m³/ha sur 80% du vignoble)
- Vergers, légumes, grandes cultures : + 4 Mm³ (besoin additionnel, + 1 000 m³/ha sur 75% des surfaces)
- Ressources fourragères : + 3 Mm³ (nouveau besoin, 1 800 m³/ha sur 33% des surfaces)

Dans les vallées bénéficiant de ressources sécurisées, certains espaces sont soumis à une **pression foncière croissante**. La sécurisation de la vocation agricole de ces espaces alimentés en eau agricole pourrait limiter la spéculation et favoriser le développement de l'agriculture irriguée dans les secteurs où celle-ci a un impact limité sur le bilan besoin-ressource. Sur ces mêmes secteurs, la question émerge de la **mobilisation des ressources en eau agricole pour des usages domestiques**.

Sur les secteurs de Pentes et de Montagne, l'accès à la ressource n'est pas sécurisé par des réseaux structurants. D'anciennes béalières ont été abandonnées suite à des cessations d'activité, d'autres ont été remises en cause par le relèvement des débits réservés. La sécurisation des ressources en eau est une clé du maintien de certains vergers et prairies humides, sur un secteur où les exploitations sont particulièrement vulnérables aux aléas économiques et climatiques. En parallèle, le redéploiement de la castanéiculture n'est pas encouragé par les professionnels sans accès sécurisé à la ressource en eau. Sur ces secteurs, le développement de **retenues de stockage ou la sollicitation de ressources souterraines** sont particulièrement encouragés par la profession. Certaines de ces ressources souterraines ont toutefois vocation à être réservées pour un usage d'alimentation en eau potable.



4.4.6 Synthèse de la vulnérabilité du secteur agricole au changement climatique

- Les manifestations du dérèglement climatique impactent déjà les principales filières agricoles du bassin versant : sécheresses agronomiques, gels, excès de pluie avant récolte, vents forts, températures extrêmes. Ces événements se sont toujours produits sur le territoire mais les professionnels constatent une augmentation de leur fréquence ou de leur intensité, notamment au cours de la décennie passée. Ces aléas climatiques se conjuguent à des difficultés économiques croissantes, notamment en ce qui concerne l'élevage et l'arboriculture.
- L'augmentation des températures moyennes, les possibles réductions des précipitations estivales et allongement des sécheresses estivales accroissent les déficits hydriques des cultures. Cela se traduit en pratique par une augmentation des besoins en eau des cultures traditionnellement irriguées (vergers, châtaigneraies, prairies notamment). La chambre d'agriculture estime que l'augmentation du besoin en eau agricole à l'horizon 2050 sera de 12 Mm³/an, soit une multiplication par 3 à 4 du besoin actuel. Sur le bassin, le déficit hydrique n'est pas encore une problématique majeure pour les cultures traditionnellement cultivées en sec (vignobles notamment) mais pourrait le devenir. Les estimations de la chambre d'agriculture vont dans ce sens. De nombreux territoires du sud de la France (dont le climat actuel se rapproche de ce que pourrait connaître le bassin versant de l'Ardèche dans quelques années) ont progressivement vu les demandes pour un accès à l'eau pour ce type de culture augmenter fortement au cours des dernières années (d'abord en Occitanie, puis dans le Var, le nord du Vaucluse). De même, l'abreuvement du bétail n'est pas encore problématique mais pourrait devenir un point de vigilance.
- L'accessibilité à des réseaux sécurisés est aujourd'hui un moteur de l'installation des jeunes agriculteurs et pourrait devenir un enjeu du maintien de l'agriculture et des paysages dans certains secteurs.
- Face à l'évolution du climat, l'augmentation des apports hydriques n'est pas une solution isolée et doit être conjuguée à une évolution des pratiques, des variétés, des secteurs cultivés, ...
- Les secteurs de Pente et de Montagne offrent la spécificité d'être plus frais et humides toute l'année. Les prairies d'altitudes représentent donc des espaces particulièrement importants pour le territoire, d'autant plus que le maintien de ces espaces ouverts protège des espaces à forte valeur écologique. En complément de ces espaces d'altitude, le développement de productions fourragères en plaines – pouvant nécessiter un recours à l'irrigation - offre une solution d'adaptation (sécurisation de l'élevage, diversification face aux aléas climatiques, augmentation du taux de matière organique des sols, ...) et d'atténuation (stockage de carbone, fixation d'azote, ...).
- Les secteurs de Pente et de Montagne, traditionnellement irrigués par des béalières désormais peu compatibles avec les exigences de débits réservés, font localement face à un manque de visibilité sur les ressources hydriques mobilisables. L'identification des ressources disponibles pour l'eau agricole sur ces secteurs est aujourd'hui évoquée par la profession comme un enjeu du maintien de certaines filières.
- Les réseaux structurants constituent une force pour la résilience territoriale. A moyen terme, plusieurs points de vigilance restent à prendre en compte :
 - Le rendement de ces réseaux vieillissant doit faire l'objet d'une attention accrue et des programmes de modernisation trouvent tout leur sens face au changement climatique.
 - La pression foncière sur les espaces où une ressource sécurisée est accessible est de plus en plus importante. La vocation agricole de ces espaces peut faire l'objet d'une sécurisation par les documents d'urbanisme
 - En lien avec l'urbanisation de ces secteurs, certaines portions des réseaux structurants sont désormais mobilisées pour des usages domestiques.



5 SYNTHÈSE DES ENJEUX, SENSIBILITÉ ET VULNÉRABILITÉ DES TERRITOIRES

Ce dernier chapitre du diagnostic vise à tirer des conclusions sur la vulnérabilité du bassin versant de l'Ardèche 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 territoriale, 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 chapitre 5.2.

5.1 BILAN GLOBAL

5.1.1 Changement climatique

RETROSPECTIVE CLIMATIQUE

L'analyse des données SAFRAN sur la période 1959-2019 a permis de caractériser l'évolution passée du climat dans le bassin versant d'une manière fine d'un point de vue spatial (secteurs d'étude) et temporel (années, saisons). Les grandes tendances d'évolution mises 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 bassin versant, où **la température annuelle a connu une augmentation de près de 2,5°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 étudié, néanmoins l'intensité de celui-ci n'est pas homogène. **Le piémont Ardéchois, sur les secteurs Piémonts-Pentes et Boucle Albenassienne, a connu un réchauffement particulièrement marqué, de l'ordre de + 2,9°C. Le réchauffement des secteurs Ardèche Aval et Confluences Plaines et Gorges est significativement moins important (respectivement + 1,9 et + 2,0°C). Le réchauffement du secteur Montagne reste supérieur à la moyenne du bassin versant (+ 2,6°C).**

Enfin, le réchauffement observé à l'échelle annuelle masque des niveaux de réchauffement encore plus importants à l'échelle saisonnière (principalement en été et au printemps). **A l'échelle du bassin versant, les températures moyennes ont connu une évolution de + 1,8°C en automne et en hiver, + 2,8°C au printemps, + 3,4°C en été.**

Des signaux moins évidents concernant les précipitations

Les cumuls annuels de précipitations enregistrés dans le bassin versant 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 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 dix modèles climatiques et deux scénarios radiatifs (RCP 4.5 et RCP 8.5). 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.**

Un réchauffement qui va se poursuivre

L'ensemble des modèles climatiques s'accordent sur la poursuite du réchauffement dans le bassin versant au cours du siècle prochain. A horizon 2050, l'élévation de température est estimée à + 0,3°C par décennie. La saison estivale connaîtra les plus fortes élévations de températures et le nombre de jours de fortes chaleurs augmentera. Le niveau de réchauffement atteint à la fin du siècle sera dépendant du niveau d'émission globale de gaz à effet de serre au cours des prochaines décennies (entre + 0,2°C et + 0,6°C par décennie).

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 ne devrait pas connaître d'évolution significative aux horizons milieu de siècle et fin de siècle.**

A 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.**

A l'horizon fin de siècle, **il est possible que les précipitations diminuent entre mai et août et que la durée des épisodes sans précipitations augmente.**

5.1.2 Ressources en eaux

RESSOURCES DE SOUTIEN D'ÉTIAGE

Actuellement, **le soutien d'étiage représente 45 % du débit mensuel du mois le plus sec** en aval de l'Ardèche. Ce soutien est permis par les ouvrages de Puylaurent et de Montpezat. Il constitue **une force du territoire et favorise le bon état des milieux et le développement d'activités économiques variées.** En contrepartie, le bassin, les milieux et usages associés sont **extrêmement dépendants au maintien de ce soutien d'étiage.**

L'étude Eaucéa-EDF en cours viendra préciser dans quelle mesure le changement climatique pourrait venir remettre en cause la constitution des stocks et le fonctionnement global du soutien d'étiage. Cette question est particulièrement sensible pour le soutien d'étiage opéré depuis les eaux du bassin de la Loire via l'aménagement de Montpezat. En effet, la convention en vigueur prévoit que les volumes de soutien d'étiage en provenance de la Loire servent en priorité à garantir le débit de 1 m³/s sur la Loire au pont de la Borie. En l'absence de révision de la convention, une hausse des volumes nécessaires pour garantir ce débit sous l'effet du changement climatique entrainera une baisse des volumes disponibles pour le soutien d'étiage de l'Ardèche. Cette augmentation des volumes de soutien d'étiage pour satisfaire 1 m³/s sur la Loire est déjà constatée au cours des dernières années. EDF témoigne également d'une difficulté croissante pour la constitution des réserves d'étiage, l'obligeant à limiter sa production d'hydroélectricité.

A compléter à réception des résultats de l'étude Eaucéa-EDF en cours



Par ailleurs, **d'autres facteurs pourraient modifier les modalités de soutien d'étiage dans les années à venir** :

- Renouvellement des concessions des ouvrages hydro-électriques et transfert de propriété de l'ouvrage de Puylaurent du SDEA à EDF
- Nouvelles attentes du bassin versant de la Loire pour optimiser le fonctionnement de l'ouvrage vis-à-vis des milieux naturels. En particulier, la question du prolongement du soutien d'étiage après le 15 septembre pourrait se poser.

RESSOURCES NATURELLES SUPERFICIELLES

L'analyse rétrospective des débits des principaux cours d'eau du territoire mise en œuvre dans le cadre de cette étude a permis de déceler des **signes de diminution des débits d'étiage sur les stations peu influencées des têtes de bassin versant (QMNA, VCN30)**. Il convient néanmoins de rester prudent vis-à-vis de ces résultats : ces observations ne se répliquent pas aux plus petits débits moyens glissants sur 3 ou 10 jours.

Par ailleurs, les chroniques analysées ne sont pas très longues et la répétition d'années sèches au cours de la décennie passée pourrait n'être la représentation que de la variabilité naturelle des débits sans témoigner d'une tendance significative à long terme. **La nécessité de stabiliser le réseau de mesures en période d'étiage est donc prégnante pour renforcer les constats de l'impact du changement climatique sur les débits.**

En l'absence de données sur les lâchers des ouvrages hydroélectriques, il n'a pas été possible de caractériser finement l'évolution passée des débits moyens et des débits d'étiage sur aval du bassin versant.

Concernant les évolutions à venir des débits sous l'effet du changement climatique, plusieurs points sont à souligner. Tout d'abord, les éléments disponibles ne permettent pas de statuer sur l'évolution du risque inondation dans un contexte de changement climatique. De même, les modèles ne permettent pas de statuer d'une quelconque évolution du débit moyen de l'Ardèche et de ses affluents (ils fournissent des estimations divergentes). A l'inverse, des tendances claires se dégagent concernant l'évolution des débits d'étiage. En effet, tous les modèles de circulation atmosphérique utilisés dans le cadre de l'étude Explore 2070 anticipent à horizon 2050 une **réduction des débits mensuels moyens entre les mois de juin et d'octobre**. Cette baisse serait **de l'ordre du tiers du débit non influencé du mois le plus sec**, entre -20 et -50% selon les modèles (comparaison du QMNA entre les périodes 1961-1990 et 2046-2065). Les plus fortes baisses relatives sont à attendre aux mois de septembre et d'octobre, soulevant un **risque accru de prolongement des étiages**.

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. De la même manière que pour le climat, aucune quantification précise ne pourrait être considérée comme étant assurément fiable.

RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES

Les aquifères du bassin versant sont bien décrits dans la bibliographie et bien suivis d'un point de vue qualitatif. La qualité des eaux souterraines peut être considérée comme bonne dans son ensemble et les aquifères sont pour l'instant relativement peu sollicités par des prélèvements.

On relève cependant **un manque voire une absence de dispositifs de suivi quantitatif, ce qui empêche toute définition d'une stratégie de gestion quantitative des eaux souterraines du bassin**. Les enjeux sont pourtant importants. **Les eaux souterraines jouent un effet un rôle majeur dans le soutien des cours d'eau à l'étiage**. Les débits restitués par les eaux souterraines **tendent cependant à diminuer rapidement à mesure que la durée des périodes sans précipitations significative augmente**. Cette diminution est particulièrement rapide dans le cas des karsts urgoniens pour lesquels les données analysées tendent à montrer des phénomènes de perte au bénéfice d'un exutoire souterrain pour les étiages sévères (>60 jours). C'est une observation majeure qui demande confirmation par des mesures adaptées.



Par ailleurs, **tout prélèvement (y compris dans les karsts, les grès du trias, les roches de socle) est susceptible d'avoir un impact sur la contribution des nappes au soutien d'étiage**. Cet impact potentiel est d'autant plus fort que l'inertie du comportement des nappes est faible. Récemment, des zones de sauvegarde ont été définies notamment sur les grands systèmes karstiques ; elles ont pour objectif soit de protéger des captages existants, soit de protéger des zones d'implantation de nouveaux captages. **Il sera indispensable de vérifier les impacts potentiels de tout nouveau prélèvement sur les débits d'étiage des cours d'eau** ; il est à craindre que ces impacts soient forts en particulier dans les systèmes karstiques qui sont très diffusifs.

On a cherché à mettre en évidence les évolutions de recharge des aquifères au cours des dernières décennies. En l'absence de données de suivi piézométrique, seule une analyse théorique a pu être menée. Cette analyse semble indiquer **une faible baisse de recharge par les pluies pour les karsts du jurassique supérieur (entre 10 et 15%) et une baisse plus significative pour les aquifères du Trias**. Aucune tendance significative n'a été décelée sur les autres aquifères.

Les impacts du changement climatique sur les aquifères du bassin sont de différents types. Tout d'abord, sous l'effet conjugué des hausses de températures, d'une augmentation de l'intensité des pluies et d'une modification de leur répartition saisonnière **il est à craindre une poursuite de la baisse de recharge sur les aquifères du trias et du jurassique, baisse qui pourrait s'étendre à d'autres aquifères** (socle notamment). L'allongement des périodes sans recharge de nappe (c'est-à-dire lorsque la pluie est insuffisante pour permettre une alimentation des aquifères par infiltration) entraînera nécessairement **une baisse de la contribution des nappes au soutien d'étiage**. C'est bien ce dernier phénomène qui risque de causer le plus de conséquences négatives. En fonction de l'inertie des hydro systèmes souterrains, on risque en effet d'observer **des étiages dans les cours d'eau de plus en plus prononcés, par baisse de la contribution des eaux souterraines** ; si l'hypothèse de pertes au droit des gorges de l'Ardèche venait à être confirmée, ces phénomènes pourraient même devenir très problématiques au droit des gorges

En synthèse, on retiendra que les ressources souterraines du bassin ont globalement **une forte sensibilité aux impacts du changement climatique**. On peut cependant différencier plusieurs cas :

- **Une sensibilité moyenne pour les aquifères de socle**, avec une distinction entre des systèmes moins sensibles (présence d'altérites) et des systèmes plus sensibles (réseaux de fissures sans réserve significative).
- **Une sensibilité forte pour les aquifères triasiques.**
- **Une sensibilité forte des aquifères jurassiques.**
- **Une sensibilité très forte des aquifères urgoniens.**

5.1.3 Qualité de l'eau et écosystèmes aquatiques et humides

QUALITE DES EAUX

Le bassin versant est caractérisé par un **très bon état général des masses d'eau** (quelques sujets d'attention sont traités dans les focus territoriaux). Toutefois, une tendance à l'eutrophisation des plans d'eau et des cours d'eau sur les moyennes et basses vallées est relevée. Par ailleurs, les suivis de la qualité des eaux de baignade permettent de relever des contaminations bactériologiques régulières sur certains sites. Cela témoigne d'apports d'eaux usées susceptibles de contre-indiquer l'usage baignade et d'augmenter les phénomènes d'eutrophisation.



Le changement climatique est susceptible **d'altérer la qualité des eaux via l'augmentation de la température et la diminution des débits** qui favoriseraient la croissance du phytoplancton et des macrophytes ainsi que le développement accru et plus fréquent de cyanobactéries dans les masses d'eau à temps de résidence important. Le changement climatique semble néanmoins être **un facteur secondaire de l'évolution de l'eutrophisation, derrière l'augmentation des concentrations en phosphate imputables aux activités humaines** (stations d'épuration, agriculture).

Une politique de l'eau visant à atteindre le bon état chimique et écologique des masses d'eau est alors un moyen de faciliter l'adaptation des milieux aux impacts attendus du changement climatique. En ce sens, la politique conduite depuis de nombreuses années montre ses effets sur le bassin versant : les analyses réalisées ont permis de montrer une **amélioration significative de la qualité des eaux depuis les années 1970 sur des paramètres susceptibles d'évoluer défavorablement vis-à-vis du changement climatique**. Les améliorations des pratiques agricoles, du traitement des stations d'épuration ou des changements de formulation de produits sont vraisemblablement les raisons principales de ces progrès. Les efforts doivent être poursuivis en travaillant notamment sur **le maintien des performances épuratoires des équipements collectifs anciens, sur la réduction des rejets directs d'eaux usées par temps sec et par temps de pluie et sur l'amélioration des performances des équipements d'assainissement non collectif, en particulier des établissements touristiques**. Les **pratiques de fertilisation et de gestion des effluents d'élevage sur les têtes de bassin versant, tout comme les apports de pesticides dans les zones viticoles** constituent également des points de vigilance.

Par ailleurs, l'augmentation de la fréquence des épisodes pluvieux intenses est susceptible de diminuer les performances des stations d'épuration, notamment dans le cas de réseaux unitaires.

Enfin, l'augmentation des températures moyennes de l'air et la diminution des débits sont également susceptibles **d'augmenter la température des cours d'eau. Cependant la température de l'eau est également influencée par de nombreux autres facteurs** : la configuration du cours d'eau et la présence d'ombrage, la présence d'aménagements anthropiques comme les seuils et étangs artificiels, les barrages, les rejets des eaux (industries, stations d'épuration), l'imperméabilisation des sols, les modifications hydromorphologiques... **Autant de facteurs sur lesquels il est important d'agir pour limiter les impacts de la hausse attendue des températures sur les habitats et les espèces**.

ECOSYSTEMES AQUATIQUES ET HUMIDES

Le bassin versant de l'Ardèche est caractérisé par une **forte prédominance des espaces à caractère naturel**, améliorant la **résilience** du territoire au changement climatique (stockage de carbone, infiltration des eaux, espaces refuge pour la biodiversité, îlots de fraîcheur...). **Il abrite des milieux naturels en très bon état** au sein d'une matrice écologique fonctionnelle, permettant la continuité. Plusieurs points de vigilance peuvent cependant être soulignés, en particulier :

- **La déprise agricole et la fermeture des milieux ouverts** défavorable aux espèces associées, avec en corolaire une avancée des surfaces boisées, déjà fortement majoritaires, entraînant ainsi une homogénéisation des habitats.
- **La présence d'ouvrages transversaux obstacles à la continuité écologique et sédimentaire**. Poursuivre la politique engagée pour l'amélioration de la continuité écologique et sédimentaire prendra d'autant plus d'importance dans un contexte de changement climatique. Favoriser la libre circulation des espèces leur permettra de s'adapter et de mieux faire face aux changements à venir, notamment à l'élévation des températures des cours d'eau (possibilité de déplacement vers les zones plus fraîches). Compte tenu des perspectives de baisse des débits d'étiage sous l'effet du changement climatique, qui pourrait remettre en cause la fonctionnalité de certains aménagements piscicoles, les solutions d'effacement sont à favoriser dès que le contexte le permet.
- **Les pressions liées à la fréquentation touristique** (piétinement, dérangement des espèces mais aussi hausse de la demande en eau en période de stress hydrique).



Il existe relativement peu de données permettant d'analyser les évolutions de l'état des milieux humides et aquatiques au cours des dernières décennies et le rôle du changement climatique dans ces modifications. On relève cependant :

- Une modification des aires de répartition de certaines espèces (ex: recul de l'aire de répartition de l'écrevisse à patte blanche, et à l'inverse, recolonisation récente par la loutre)
- Le développement d'espèces invasives
- Une diminution des effectifs et des densités de population piscicole (constat de la fédération de pêche).

Il n'a pas été possible d'analyser les évolutions de température des cours d'eau faute de données suffisantes. De même, il existe peu d'information à l'échelle du bassin versant sur l'évolution des surfaces de zones humides.

Les impacts potentiels du changement climatique sur les milieux aquatiques et humides sont de plusieurs ordres. Tout d'abord, les modifications climatiques pourraient entraîner **un déplacement vers le nord des milieux méditerranéens**, qui se traduirait par une avancée des peuplements à dominance de chêne vert en forêt (uniformisation des paysages à l'échelle du bassin) et le développement des espèces généralistes au dépend des espèces spécialistes.

Concernant les zones humides, la vulnérabilité aux impacts du changement climatique est très liée à leur mode d'alimentation en eau. Ainsi, **les zones humides de tête de bassin (tourbières notamment) principalement alimentées par les apports météoriques sont fortement vulnérables**. Les zones humides liées aux cours d'eau de type méditerranéens, localisées au centre du bassin versant, sont susceptibles de subir les effets **d'une alimentation insuffisante, pouvant entraîner leur disparition ou une perte de leurs fonctionnalités**. Les zones humides liées aux plaines alluviales, dont le fonctionnement est lié au comportement des nappes alluviales, devraient avoir une meilleure résilience comparativement aux deux types précédents.

L'augmentation des températures de l'eau **pourrait provoquer une modification des cortèges d'espèces et une banalisation des espèces présentes**. **Préserver les apports des résurgences karstiques, source de fraîcheur en période estivale est un enjeu important pour l'avenir et le maintien de certaines espèces**, en particulier les espèces salmonicoles sur l'aval du bassin.

5.1.4 Usages

Les besoins en eau du territoire sont associés à trois usages : l'alimentation en eau potable, l'agriculture, les loisirs liés à l'eau.

AEP : VERS UN ACCROISSEMENT DES TENSIONS EN PERIODE DE POINTE

Le **prélèvement actuel pour l'eau potable est estimé à 11,4 Mm³/an et semble relativement stable** à l'échelle du bassin versant. Selon les hypothèses de croissance démographique retenues, les besoins additionnels à horizons 2045 s'élèvent entre + 2,5 et + 3,6 Mm³/an. **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, l'atteinte des objectifs de rendement fixés par le SAGE (75%) et la réduction de 5% de la consommation unitaire grâce à l'adoption de bonnes pratiques limite le besoin additionnel entre + 0,5 et +1,5 Mm³/an pour les mêmes hypothèses démographiques.

La **qualité des ressources en eau exploitées pour l'eau potable constitue une force du territoire**. Certaines problématiques qualitatives pourraient émerger dans un contexte de changement climatique. En particulier, **la température des eaux prélevées est un signal faible déjà surveillé par les gestionnaires**.



La demande en eau potable est caractérisée par une **très forte variabilité intra-annuelle, liée à la forte saisonnalité de la fréquentation touristique**. Ce phénomène génère des questionnements quant au **dimensionnement des structures d'eau potable et d'assainissement**, détaillées dans les focus territoriaux. Sous l'influence du changement climatique, il est attendu que **la demande en période de pointe augmente**. En effet, les gestionnaires constatent déjà aujourd'hui de forts pics de demande lors des **vagues de chaleurs**, dont l'intensité, la durée et la fréquence sont amenés à croître dans les années à venir.

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 bassin versant 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.

Comme ailleurs en France, **la surface agricole utile a beaucoup régressé** (-20 % entre 2000 et 2010). En particulier, les vergers ont largement reculé sur le bassin versant. Néanmoins, une volonté de préserver les terres agricoles et de manger local se manifeste depuis plusieurs années et des outils comme des PAEN se mettent en place. À l'échelle départementale, une stabilisation de la SAU est constatée au cours de la décennie passée.

Par ailleurs, **les effets du changement climatique se manifestent déjà sur l'agriculture et l'élevage** et devraient s'intensifier à l'avenir. On constate par exemple des pertes majeures de rendements lors d'années sèches ou de vagues de chaleur intenses et un raccourcissement des phases phénologiques (avancée d'un mois de la date des vendanges depuis 30 ans), avec de ce fait une sensibilité accrue aux gels tardifs comme constaté en 2021.

Les besoins hydriques des cultures augmentent, avec un besoin additionnel en eau agricole estimé à 12 Mm³/an par la Chambre d'agriculture. Deux phénomènes principaux sont anticipés :

- **Hausse du besoin en eau d'irrigation des cultures déjà irriguées historiquement** (vergers, prairies, maraîchage en particulier). Les vergers sont néanmoins en forte régression. À dire d'experts, il est probable que la diminution des prélèvements liée à la disparition de vergers soit largement supérieure au prélèvement additionnel nécessaire à l'irrigation des vergers restants. Il est cependant difficile d'apporter des éléments chiffrés sur ces évolutions.
- **Rupture dans la conduite de certaines cultures traditionnellement cultivées en sec**. En particulier, l'irrigation de la vigne se développe de plus en plus sur le bassin versant, en particulier là où la ressource est disponible : sur d'anciens vergers. Bien que cette culture demande moins d'eau que les autres, l'irrigation systématique pourrait représenter des volumes importants en raison des surfaces concernées. En climat actuel, l'analyse des données climatiques ne révèle pas de stress hydrique majeur sur ces cultures.

L'irrigation est majoritairement organisée autour de réseaux structurants sollicitant des ressources soutenues à l'étiage. Une détérioration de ces réseaux vieillissants génère néanmoins des pertes conséquentes et les priorités des gestionnaires vont aujourd'hui davantage à l'amélioration des rendements plutôt qu'à l'extension des réseaux. L'accès à la ressource pour les surfaces non desservies par ces réseaux peut par ailleurs s'avérer complexe dans certaines zones, notamment sur les secteurs Montagne et Piémonts.



LOISIRS LIÉS A L'EAU

Les activités de loisir liées à l'eau et les paysages de rivière attirent un nombre toujours plus important de touristes dans le bassin versant de l'Ardèche. Ces activités sont actuellement concentrées dans le temps et dans l'espace, générant une forte saisonnalité de l'économie du territoire et causant des problématiques de dimensionnement des infrastructures, en particulier pour l'alimentation en eau potable et l'assainissement. En lien avec la surfréquentation, des problèmes de conflits d'usage sont également constatés (pêche et randonnée aquatique, baignade et canoë kayak, ...). Ils sont susceptibles de détériorer l'image touristique du territoire et pourraient s'accroître avec la baisse des débits qui risque de concentrer la fréquentation sur les axes bénéficiant de soutien d'étiage.

Sous l'effet de l'augmentation des températures moyennes, la période de fréquentation est susceptible d'être étendue et la fréquentation pourrait se déplacer vers des espaces actuellement moins orientés vers l'accueil des populations touristiques. L'étalement du flux touristique au cours de l'année, **l'extension des espaces fréquentés par les activités de loisir et la nécessité de préserver des zones de refuge de la biodiversité sont des enjeux accentués par le changement climatique** qu'il s'agit de concilier sur le bassin versant.

Par ailleurs, **la filière bénéficie des ressources de soutien d'étiage**. Dans un contexte de changement climatique, **cette sécurisation pérennise l'offre de loisirs liés à l'eau** et constitue une force du territoire en comparaison avec des bassins versant ne disposant pas de ce type d'infrastructure. Néanmoins, le risque d'intensification des conflits d'usages entre activités nautiques sur les axes soutenus est à prendre en considération.

Enfin, indépendamment du changement climatique, la montée en gamme des structures d'accueil touristique est susceptible de générer une augmentation de la consommation d'eau potable.

5.2 BILAN PAR TERRITOIRES

Des bilans par territoire ont été réalisés et sont présentés ci-après. Ils s'appuient sur 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).

Pour chaque territoire, ces tableaux permettent enfin de distinguer les principales vulnérabilités face au changement climatique, ainsi que les éventuelles zones à enjeu.



5.2.1 Secteur Montagne

5.2.1.1 Facteurs de vulnérabilité « Eau et climat » du territoire

RESSOURCES
<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs secteurs déficitaires en climat actuel : Altier, Ardèche-Lignon, Beaume Drobie amont. Les étiages naturels sévères sont caractéristiques de ces cours d'eau. - Tarissement de certains cours d'eau à l'étiage, baisse des étiages attendue. - Absence de ressources de soutien d'étiage, pas de ressource souterraine stratégique mobilisable. - Faibles capacités de stockage des ressources souterraines, sources peu productives à l'étiage, souvent captées. - Cumul pluviométrique important permettant d'envisager le remplissage de retenues.
MILIEUX ET QUALITE
<ul style="list-style-type: none"> - Ecosystèmes préservés : multiples espaces Natura 2000 et espaces naturels sensibles (Mont Lozère, Plateau de Montselgues, Cévennes Ardéchoises, Vallées de la Beaume et la Drobie, ...), Très faible densité du bâti. - Certaines zones dégradées en contexte agricole: ripisylve absente, piétinement des berges et des zones humides, problématiques de gestion des effluents d'élevage - Territoire à cheval sur plusieurs parcs naturels facilitant des démarches de protection de l'environnement et de transition des systèmes socio-économiques (Parc des Cévennes, PNR des Monts d'Ardèche). - Forte influence des ouvrages structurants sur les milieux aquatiques et le transit sédimentaire aval. - Très bon état chimique et écologique des cours d'eau sur les paramètres évalués mais déficit de connaissance (en partie comblé par des études récentes).
ALIMENTATION EN EAU POTABLE
<ul style="list-style-type: none"> - Alimentation en eau potable essentiellement assurée par des sources et des cours d'eau superficiels. - Forte dépendance du débit des sources aux conditions hydroclimatiques et risque de déficit quantitatif important à court terme. Risque avéré en climat actuel et amplifié par le dérèglement climatique. - Sécurisation difficile des prélèvements du fait des contraintes topographiques et la faible densité d'habitat. - Contexte rural limitant la structuration du service et l'optimisation des rendements des réseaux. - Mise en place de restriction d'urbanisme sur le secteur déficitaire. - Forte variabilité intra-annuelle de la demande et surdimensionnement des infrastructures pouvant générer des problématiques qualitatives, dynamique démographique décroissante des résidents permanents.
AGRICULTURE
<ul style="list-style-type: none"> - Traditions d'irrigation par des béalières, remise en cause par l'évolution des pratiques et de la réglementation. Fortes contraintes pour certaines exploitations associées au relèvement des débits réservés, cumulées à des contraintes économiques et climatiques croissantes. - Manque de visibilité sur les ressources hydriques mobilisables en agriculture. - Activité agricole diffuse centrée sur l'élevage, permettant un maintien des formations de pelouses et des milieux ouverts (favorable à la biodiversité) mais générant localement des enjeux de gestion des effluents pour préserver la qualité des eaux, et notamment des plans d'eau de loisir. - Zones de pâturages comme réserves fourragères d'altitude moins vulnérables au dérèglement climatique. Question de l'adaptation des prairies au changement climatique et de l'évolution des itinéraires techniques pour sécuriser les productions fourragères.
LOISIRS LIES A L'EAU
<ul style="list-style-type: none"> - Territoire caractérisé par la prédominance des résidences secondaires. - Attractivité renforcée par l'augmentation des températures moyennes, la recherche d'espaces de fraîcheur et de nature. Transition accompagnée d'une démarche de territoire visant à valoriser le patrimoine culturel et géologique (label Géoparc mondial UNESCO, parcours artistique « le partage des eaux », ...). - Pérennité des ressources des plans d'eau de loisir (Villefort), avec des points de vigilance sur les risques de non remplissage au printemps et les risques de restriction d'usage liés aux cyanobactéries. - Limitation des perspectives de développement des capacités d'accueil touristique sur certains secteurs de montagne faute de sécurisation de l'approvisionnement en eau potable. - Développement des activités de canyoning et randonnée aquatique dans des zones sensibles.



5.2.1.2 Bilan des vulnérabilités du territoire

L'augmentation des températures sur le secteur Montagne s'est effectuée à un rythme de 0,4°C par décennie au cours des 60 dernières années (équivalent à la moyenne du bassin versant). C'est sur ce secteur que **la modification du régime des précipitations est la plus nette**, avec une diminution des précipitations estivales et hivernales, et une hausse des précipitations automnales.

Ce territoire connaît des précipitations abondantes mais qui s'écoulent rapidement vers les territoires aval. **Les étiages y sont particulièrement sévères** et les ressources souterraines sont peu productives à l'étiage. **En l'absence de stockage, les ressources locales sont très faibles** et localement insuffisantes pour garantir l'alimentation en eau potable. Elles risquent de s'amenuiser dans un contexte de changement climatique. En parallèle, l'attractivité du secteur Montagne devrait s'accroître (îlot de fraîcheur). La capacité à alimenter en eau potable ces populations saisonnières pourrait être questionnée dans certains secteurs.

Cette vulnérabilité est renforcée par les **difficultés de sécurisation** des prélèvements (contraintes de topographie et de dispersion de l'habitat) et par la **forte variation de population** au cours de l'année (majorité de résidences secondaires).

Les demandes supplémentaires en eau agricole apparaissent réduites et concernent essentiellement **l'irrigation des prairies et vergers**. Elles sont cependant conséquentes au regard des ressources historiques et le maintien des béalières traditionnelles est par endroit incompatible avec les exigences de maintien des débits réservés. Ces ressources représentent un enjeu économique majeur pour le maintien du tissu rural et de milieux ouverts. Au regard du prix croissant du fourrage et des pertes de rendement observées en année sèche, l'irrigation des prairies pourrait devenir un enjeu du maintien de ces filières. Le manque de visibilité sur les ressources mobilisables est actuellement problématique.

Les territoires de Montagne accueillent également les réservoirs nécessaires à la production hydroélectrique et au soutien d'étiage des secteurs situés plus en aval. L'impact de ces ouvrages sur les milieux est particulièrement important. Ces plans d'eau peuvent localement constituer des facteurs d'attractivité pérennes pour le développement d'activités de loisir (plan d'eau de Villefort).

Zones à enjeux identifiées sur le territoire :

- Quelques communes déficitaires pour l'AEP
- Tourbières lozériennes : capacité d'atténuation du changement climatique mais forte vulnérabilité à ses impacts, enjeux agricoles
- Haut Chassezac et haut Altier : problématiques de gestion des effluents d'élevage, déficits quantitatifs et enjeux liés au respect des débits réservés par les canaux d'irrigation
- Villefort et Puylayrent : signes d'eutrophisation des plans d'eau de loisir



5.2.2 Bilan secteur Piémonts et pentes

5.2.2.1 Facteurs de vulnérabilité « Eau et climat » du territoire

RESSOURCES
<ul style="list-style-type: none"> - Un secteur déficitaire : Beume-Drobie aval. Les prélèvements agricoles, domestiques et eau potable accentuent les étiages naturels. Le PGRE intègre ces contraintes pour encadrer les modalités d'un développement accru du territoire (rendements, recherche de ressources alternatives, ...). - Faibles capacités de stockage des ressources souterraines, faible productivité des sources à l'étiage. - Soutien d'étiage sur le Chassezac où le débit d'étiage est supérieur au débit naturel et où les assècs sont très largement limités par la gestion des lâchers. - Grès du Trias identifiés comme une ressource souterraine stratégique mobilisable pour les besoins futurs du territoire. Mais manque de connaissance sur les quantités de ressource disponible et l'impact d'une sollicitation de ces aquifères par des prélèvements sur leur rôle pour le soutien d'étiage des cours d'eau.
MILIEUX ET QUALITE
<ul style="list-style-type: none"> - Ecosystèmes préservés : multiples espaces Natura 2000 et espaces naturels sensibles (Gorges du Chassezac, bois de Paölive et d'Abeau, Vallées de la Beume et de la Drobie...). - Le changement climatique favorise le développement d'espèces envahissantes au détriment d'espèces endémiques. Les ruptures de continuité écologique limitent les capacités d'adaptation de plusieurs espèces. - La qualité des eaux de la Ligne est préoccupante, du fait des pollutions liées aux mines de plomb argentifère de Largentière et aux apports en nutriment par les systèmes d'épuration. Le contrat de rivière Ardèche prévoyait des interventions sur les réseaux et stations d'assainissement du secteur, ayant probablement amélioré ce second point. - Fréquentation accroissant la pression anthropique de plus en plus en amont des cours d'eau. - Très bon état chimique et écologique des cours d'eau (sauf cas particulier de la Ligne) sur les paramètres évalués mais déficit de connaissance, en partie comblé par des études récentes aux résultats inquiétants.
ALIMENTATION EN EAU POTABLE
<ul style="list-style-type: none"> - Alimentation en eau potable assurée par des prélèvements de source est des prélèvements en cours d'eau. - Forte dépendance du débit des sources aux conditions hydroclimatiques et risque de déficit quantitatif important à court terme. Risque avéré en climat actuel et amplifié par le dérèglement climatique. - Solidarité territoriale garantie par un dense réseau d'interconnexions, sécurisation de multiples communes par le réseau ossature. Certaines communes sont uniquement alimentées par transfert à partir du réseau ossature. En été, lors du pic de la demande, le dimensionnement du réseau permet difficilement d'alimenter les communes desservies les plus en altitude. - En été, l'alimentation en eau potable par le réseau ossature dépend de peu de ressources non sécurisées, limitant largement la résilience en cas de pollution accidentelle ou d'incident dans les usines de production. - Sécurisation difficile des prélèvements de pentes du fait des contraintes topographiques. Restriction d'urbanisme mises en place sur le secteur déficitaire.
AGRICULTURE
<ul style="list-style-type: none"> - Agriculture éparse et diversifiée, dominée par la castanéiculture en pentes et la viticulture dans les piémonts. Régression des espaces agricoles de Piémonts liée à la pression foncière le long des principaux axes de circulation mais développement d'un périmètre de protection et de valorisation des espaces agricoles et naturels en zone péri-urbaines. - Traditions d'irrigation par des béalières, remise en cause par l'évolution des pratiques et de la réglementation. Fortes contraintes pour certaines exploitations associées au relèvement des débits réservés, cumulées à des contraintes économiques et climatiques croissantes. Manque de visibilité sur les ressources hydriques mobilisables en agriculture, notamment pour le redéploiement de la castanéiculture.
LOISIRS LIES A L'EAU
<ul style="list-style-type: none"> - Soutien d'étiage sécurisant les activités de loisir liées à l'eau sur le Chassezac, mais accentuant les problèmes de fréquentation déjà rencontrés (Gorges du Chassezac, Beume Aval, Bois de Paölive) Présence de sites naturels attractifs (Gorges de la Beume et du Chassezac). - Attractivité croissante des secteurs amont pour les randonnées et loisirs d'eau vive. - Limitation des perspectives de développement des capacités d'accueil touristique sur les secteurs de pente sans sécurisation de l'approvisionnement en eau potable.



5.2.2.2 Bilan des vulnérabilités du territoire

Le secteur Piémonts et Pentes est **significativement plus impacté par la hausse des températures** (+0,5°C par décennie). Les signes d'une modification du régime des précipitations s'y font également sentir (hausse automnale, baisse estivale et hivernale). Ce territoire est caractérisé par un fort gradient de température et de précipitations corrélé à l'altitude, on y trouve en conséquence des pratiques agricoles variées (castanéiculture, viticulture, élevage notamment).

Les ressources locales, en l'absence de stockage, sont également très faibles et risquent de s'amenuiser à l'étiage dans un contexte de changement climatique. Cette vulnérabilité est limitée par un **plus fort niveau d'interconnexion que sur le secteur Montagne**. La réduction du débit des sources lors des épisodes de sécheresse reste un facteur majeur de vulnérabilité pour les communes les plus en altitude. Diverses communes de piémonts sont alimentées ou sécurisées par le réseau ossature. Cependant, le dimensionnement de dernier permet difficilement d'assurer leur approvisionnement en période de pointe.

Les demandes supplémentaires en eau agricole apparaissent réduites et concernent essentiellement **l'irrigation des châtaigneraies et des vignes avec une demande croissante**. Ces ressources représentent néanmoins un enjeu économique majeur pour le redéploiement de la filière. En l'absence de ressources superficielles mobilisables, le stockage ou les prélèvements souterrains sont des solutions étudiées par la profession. Le manque de visibilité sur les ressources mobilisables est actuellement problématique. Actuellement, il n'existe pas de demande d'irrigation formalisée à l'échelle du secteur pour les vignes des piémonts mais un besoin émerge et des dossiers ont déjà été déposés pour équiper certaines parcelles.

Zones à enjeux identifiées sur le territoire :

- Têtes de bassin : l'impact des activités de loisirs liés à l'eau est de plus en plus prégnant sur les têtes de bassin et risque de limiter la résilience des milieux face au changement climatique.
- Beaume-Drobie : conciliation des objectifs de développement territorial et de l'atteinte d'un équilibre besoin ressources



5.2.3 Bilan secteur Confluence Plaines et Gorges

5.2.3.1 Facteurs de vulnérabilité « Eau et climat » du territoire

RESSOURCES
<ul style="list-style-type: none">- Pas de secteur déficitaire. Soutien d'étiage sur l'Ardèche et le Chassezac où le débit d'étiage est supérieur au débit naturel.- Calcaires jurassiques et urgoniens identifiés comme une ressource souterraine stratégique mobilisable pour les besoins futurs du territoire, mais manque de connaissance sur les quantités de ressource disponible et l'impact d'une sollicitation de ces aquifères par des prélèvements sur leur rôle pour le soutien d'étiage des cours d'eau- Présence marquée de l'enjeu inondation.- Très forte vulnérabilité au changement climatique des karsts urgoniens et du rôle de soutien d'étiage qu'ils fournissent à l'Ardèche (apport de débit, rafraîchissement). Suspicion de pertes au niveau des gorges pour des étiages longs (> 60j) dont la fréquence devrait augmenter sous l'effet du changement climatique.
MILIEUX ET QUALITE
<ul style="list-style-type: none">- Risque de fragmentation des habitats lié à l'urbanisation autour des espaces touristiques et des axes de circulation.- Ecosystèmes préservés : Réserve des Gorges, Vallée moyenne de l'Ardèche et ses affluents, basse Ardèche Urganienne, subissant une pression majeure liée à la fréquentation touristique.- Dégradations morphologiques sur certains secteurs de plaine alluviale rendant les cours d'eau moins résilients aux effets du changement climatique.- Modification de la dynamique fluviale en plaine alluviale, sous l'influence des barrages et des seuils.- Problématiques d'eutrophisation, Pollutions chimiques récurrentes aux hydrocarbures aromatiques polycycliques sur l'Ardèche, probablement liées à la circulation automobile sur ce secteur très fréquenté en été. Pollutions phytosanitaires, notamment sur les petits cours d'eau en milieux agricoles et au niveau des résurgences karstiques. Dégradations de la qualité des eaux de baignades sur certains sites mettant en avant des manques de performances des systèmes d'assainissement (AC et ANC).
ALIMENTATION EN EAU POTABLE
<ul style="list-style-type: none">- Alimentation en eau potable assurée par des prélèvements en nappes ou de sources.- Solidarité territoriale garantie par un dense réseau d'interconnexions, sécurisation de multiples communes par le réseau ossature. Certaines communes sont uniquement alimentées par transfert à partir du réseau ossature. En été, lors du pic de la demande, le dimensionnement du réseau permet difficilement d'alimenter les réservoirs de tête de réseau.- En été, l'alimentation en eau potable par le réseau ossature dépend de peu de ressources, non sécurisées, limitant largement la résilience en cas de pollution accidentelle ou d'incident dans les usines de production.- Forte variabilité intra-annuelle de la demande et surdimensionnement des infrastructures pouvant générer des problématiques qualitatives.
AGRICULTURE
<ul style="list-style-type: none">- Paysage agricole dominé par la viticulture. Présence de réseaux d'irrigation structurants mais vieillissants et présentant des rendements à améliorer (bas Chassezac, réseaux diffus sur l'Ardèche). Développement d'un périmètre de protection et valorisation des espaces agricoles et naturels en zone péri-urbaine.- Nécessaire sécurisation des ressources hydriques pour le maintien de l'arboriculture et le développement du maraîchage et autres filières émergentes (plantes aromatiques et médicinales, truffes, ...).- Questions sur les orientations de l'adaptation de la filière viticole au changement climatique (irrigation, agroforesterie, cépages, altitude, exposition, protection des sols, apports de matière organique, ...).
LOISIRS LIES A L'EAU
<ul style="list-style-type: none">- Sites naturels attractifs (Gorges de l'Ardèche, Pont d'Arc),- Soutien d'étiage sécurisant les activités de loisir liées à l'eau sur l'Ardèche, risque de concentration des activités sur les secteurs soutenus.- Très forte fréquentation touristique estivale, saisonnalité de l'activité, générant des problématiques de sur fréquentation.- Forte vulnérabilité de l'hôtellerie de plein air au risque inondation, facteur limitant le développement touristique.



5.2.3.2 Bilan des vulnérabilités du territoire

L'augmentation des températures sur le secteur Confluences s'est effectuée à un rythme de 0,3°C par décennie au cours des 60 dernières années (inférieur à la moyenne du bassin versant). Mis à part à l'automne, la modification du régime des précipitations y est peu significative.

Ce territoire bénéficie d'un soutien d'étiage sur l'Ardèche et le Chassezac, est relié au réseau ossature et a un potentiel d'exploitation de ressources souterraines stratégiques : les problématiques quantitatives sont peu préoccupantes pour les usagers du point de vue de l'alimentation en eau potable.

Néanmoins, la **forte fréquentation estivale génère des pointes de demande** et le réseau ossature semble actuellement **en limite de capacité pour remplir les têtes de réservoir**. A long terme, les **incertitudes sur les évolutions de la fréquentation touristique** sont susceptibles de générer des tensions sur la ressource. En parallèle, la concentration spatiale et temporelle de la fréquentation sur ce secteur génère **des conflits d'usage et une pression accrue sur certains milieux déjà fragilisés par les évolutions du climat**.

Ce secteur concentre actuellement la **majorité des prélèvements agricoles du bassin versant**. Après une diminution de l'irrigation (déclin de l'arboriculture), les signaux disponibles tendent à montrer qu'elle pourrait rapidement réatteindre son niveau historique. **De fortes incertitudes pèsent néanmoins sur l'évolution de la demande en eau agricole**, avec une faible visibilité de l'ensemble de la demande, notamment concernant la viticulture et le déploiement du maraîchage. Au regard du fort niveau d'équipement hydraulique du territoire, **la question de la satisfaction des besoins futurs suppose dans un premier temps une pérennisation des rendements et la sécurisation de la vocation agricole des réseaux existants**. D'autres pistes que l'irrigation seront également à approfondir et développer comme la mise en place de systèmes de polyculture et la modification de pratiques culturales pour se préparer dès aujourd'hui à un nouveau climat.

Certaines problématiques qualitatives sont enfin identifiées sur ce secteur. Sur le cours principal, on observe notamment une **limitation de la dynamique fluviale en plaine alluviale**, sous l'influence des dégradations morphologiques, des barrages en amont et de la présence de multiples seuils. La **continuité écologique** pourrait par ailleurs être renforcée. Des problématiques d'eutrophisations émergent par ailleurs, en lien notamment avec les performances insuffisantes des systèmes d'assainissement collectifs et non collectifs et les contaminations en produits phytosanitaires des petits affluents.

Zones à enjeux identifiées sur le territoire :

- Plaines d'expansion de crues : vulnérabilité majeure des infrastructures touristiques
- Réserve des gorges et autres secteurs Natura 2000 : pression accrue en période de fréquentation touristique, sur des milieux fragilisés par les évolutions du climat
- Réseaux d'irrigation de l'Ardèche et du Chassezac soutenu : entretien de réseaux vieillissants et préservation de la vocation agricole de ces espaces
- Préservation des apports karstiques, bénéfiques d'un point de vue quantitatif et thermique pour les cours d'eau, notamment au niveau des gorges, avec une vigilance à porter sur la qualité de ces apports (eutrophisation et contaminations pesticides relevées sur certaines résurgences karstiques).



5.2.4 Bilan secteur Boucle albenassienne

5.2.4.1 Facteurs de vulnérabilité « Eau et climat » du territoire

RESSOURCES
<ul style="list-style-type: none"> - Soutien d'étiage sur l'Ardèche où le débit d'étiage est supérieur au débit naturel. - Calcaires jurassiques et grès du Trias identifiés comme une ressource souterraine stratégique mobilisable pour les besoins futurs du territoire mais manque de connaissance sur les quantités de ressource disponible et l'impact d'une sollicitation de ces aquifères par des prélèvements sur leur rôle pour le soutien d'étiage des cours d'eau. - Un secteur déficitaire : Auzon-Claduègne Les prélèvements domestiques, agricoles et eau potable ainsi que les pertes karstiques renforcent les étiages naturels. Le PGRE intègre ces contraintes pour encadrer les modalités d'un développement accru du territoire (rendements, recherche de ressources alternatives, ...). De nombreux points restent néanmoins en suspens dans le document dans l'attente des résultats d'études conduites par le syndicat Olivier de Serres. - Présence marquée des enjeux inondation et ruissellement.
MILIEUX ET QUALITE
<ul style="list-style-type: none"> - Forte fragmentation des habitats autour de l'agglomération d'Aubenas, peu de zones humides à fort intérêt environnemental et dégradations physiques du cours d'eau (dalle rocheuse). - Pollutions chimiques récurrentes aux hydrocarbures aromatiques polycycliques sur l'Ardèche, probablement liées à la circulation automobile sur ce secteur particulièrement urbanisé. - Déclassement biologique récurrent lié aux rejets d'assainissement sur un secteur davantage urbanisé. Dégradations récurrentes des eaux de baignades sur certains sites, particulièrement par temps de pluie (réseaux d'assainissement unitaires). Le contrat de rivière Ardèche prévoyait des interventions sur les réseaux et stations d'assainissement du secteur mais de gros efforts restent à fournir pour améliorer les performances des réseaux d'assainissement et de l'ANC
ALIMENTATION EN EAU POTABLE
<ul style="list-style-type: none"> - Alimentation en eau potable assurée par le prélèvement dans la retenue de Pont de Veyrières et des prélèvements de sources. Solidarité territoriale garantie par un dense réseau d'interconnexions : le plan d'eau de Pont de Veyrières situé sur ce secteur sécurise l'alimentation en eau potable de nombreuses collectivités du bassin versant. - En été, l'alimentation en eau potable dépend de peu de ressources non sécurisées, limitant largement la résilience en cas de pollution accidentelle ou d'incident dans les usines de production. - Forte variabilité intra-annuelle de la demande : s'il est excédentaire à l'échelle annuelle, le réseau du SEBA permet difficilement de satisfaire la demande en période de pointe actuellement. Indépendamment de l'évolution de la ressource disponible, un réel enjeu est lié au dimensionnement du réseau ossature - Sécurisation du secteur déficitaire Auzon-Claduègne en cours de déploiement par la vallée du Rhône, selon une stratégie à la visibilité limitée à l'échelle du bassin versant de l'Ardèche. - Autres déficits quantitatifs identifiés moyen terme (SIVOM ODS, communes alimentées par Aubenas)
AGRICULTURE
<ul style="list-style-type: none"> - Majorité des surfaces agricoles du bassin versant (30%), réparties en deux espaces <ul style="list-style-type: none"> o Vallées : Présence de réseau d'irrigation structurant (retenue de Darbes et plaine de Lussas, réseaux diffus le long de l'Ardèche), mitage agricole et pression foncière importante dans un secteur particulièrement urbanisé o Plateau du Coiron : élevage permettant un maintien des formations de pelouses et des milieux ouverts.
LOISIRS LIES A L'EAU
<ul style="list-style-type: none"> - Territoire relativement peu concerné par les variations saisonnières de population



5.2.4.2 Bilan des vulnérabilités du territoire

Le secteur Boucle albenassienne est **significativement plus impacté que la moyenne du bassin versant par la hausse des températures** (+0,5°C par décennie). Mis à part à l'automne, la modification du régime des précipitations y est peu significative.

Ce territoire bénéficie du transfert depuis le bassin versant de la Loire. L'organisation socio-économique de tout le bassin versant est particulièrement dépendante à ces volumes transférés qui garantissent le soutien d'étiage de l'Ardèche et l'alimentation du réseau ossature pour l'eau potable. **Le changement climatique pourrait être un facteur de réduction des volumes transférés** (remplissage des retenues, augmentation des volumes à destination de la Loire).

Le réseau ossature constitue une force pour la solidarité territoriale dans l'alimentation en eau potable. L'importance de cette ressource pour tout le bassin versant est cependant source de vulnérabilité dans la mesure où une défaillance au niveau de Pont de Veyrières en période de pointe provoquerait de nombreuses ruptures d'approvisionnement.

Malgré l'importance des volumes disponibles, **le réseau ossature n'empêche pas l'émergence de déficits quantitatifs dans la boucle Albenassienne**. Des solutions d'alimentation depuis la vallée du Rhône sont actuellement en cours de déploiement mais elles ne sont pas calibrées pour assurer une solidarité territoriale de long terme.

La principale spécificité du secteur Boucle Albenassienne tient en sa plus forte densité de population. Cela impacte à la fois les milieux (fragmentation des habitats, modification des écoulements), la qualité des eaux (rejets d'assainissement, pollutions automobiles) et les activités (pression foncière sur des espaces agricoles ayant accès à des ressources sécurisées).

Ce secteur est également concerné par la limitation de la dynamique fluviale en plaine alluviale, sous l'influence des dégradations morphologiques, des barrages en amont et de la présence de multiples seuils. Ces aspects limitent la résilience des cours d'eau au changement climatique.

Zones à enjeux identifiées sur le territoire :

- Territoire du SIVOM ODS : déficits quantitatifs, notamment sur le secteur Auzon Claduègne.
- Agglomération d'Aubenas : qualité de l'eau, spéculation foncière sur les espaces agricoles alimentés par une ressource sécurisée



5.2.5 Bilan secteur Ardèche aval

5.2.5.1 Facteurs de vulnérabilité « Eau et climat » du territoire

RESSOURCES
<ul style="list-style-type: none">- Pas de secteur déficitaire- Calcaires urgoniens identifiés comme une ressource souterraine stratégique mobilisable pour les besoins futurs du territoire et accessibilité des ressources du Rhône mais manque de connaissance sur les quantités de ressource disponible et l'impact d'une sollicitation de ces aquifères par des prélèvements sur leur rôle pour le soutien d'étiage des cours d'eau.- Soutien d'étiage sur l'Ardèche où le débit d'étiage est supérieur au débit naturel.- Très forte vulnérabilité au changement climatique des karsts urgoniens et du rôle de soutien d'étiage qu'ils fournissent à l'Ardèche (apport de débit, rafraîchissement). Suspicion de pertes au niveau des gorges pour des étiages longs (> 60j) dont la fréquence devrait augmenter sous l'effet du changement climatique.- Zone soumise à un fort risque inondation incluse dans le TRI d'Avignon (crues de l'Ardèche et du Rhône).
MILIEUX ET QUALITE
<ul style="list-style-type: none">- Forte fragmentation des habitats autour de l'agglomération de Pont Saint Esprit, peu de zones humides à fort intérêt environnemental (hormis la forêt de Valbonne au Sud du Territoire).- Pollutions phytosanitaires, notamment sur les petits cours d'eau gardois, sensibilité à l'eutrophisation- Modification de la dynamique fluviale en plaine alluviale, en lien avec la gestion des barrages en amont et la présence de seuils, générant également des problématiques de continuité écologique.
ALIMENTATION EN EAU POTABLE
<ul style="list-style-type: none">- Alimentation en eau potable assurée par des prélèvements en nappes.- Enjeux quantitatifs non prégnants, bonne interconnexion permettant la sécurisation des prélèvements.- Solutions de résorption des problématiques qualitatives en cours de déploiement.
AGRICULTURE
<ul style="list-style-type: none">- Territoire où les espaces agricoles occupent la part la plus importante (40%)- Structuration de la desserte en eau d'irrigation à travers une ressource non impactante pour l'Ardèche (réseau BRL, pompage impactant le Rhône).
LOISIRS LIES A L'EAU
<ul style="list-style-type: none">- Territoire relativement peu concerné par les variations saisonnières de population



5.2.5.2 Bilan des vulnérabilités du territoire

L'augmentation des températures sur le secteur Ardèche Aval s'est effectuée à un rythme de 0,3°C par décennie au cours des 60 dernières années (inférieur à la moyenne du bassin versant). Mis à part à l'automne, la modification du régime des précipitations y est peu significative. Ce territoire est caractérisé par **des températures moyennes plus importantes que le reste du bassin versant et par son ouverture sur la vallée du Rhône**. La confluence entre l'affluent cévenol qu'est l'Ardèche et la vallée du Rhône y **amplifie le risque d'inondation**.

Ce territoire bénéficie d'un **soutien d'étiage depuis l'Ardèche et le Chassezac** ainsi que d'un **potentiel d'exploitation de ressources souterraines stratégiques et des ressources alluviales du Rhône**. Les problématiques quantitatives sont peu préoccupantes pour les usagers, qu'il s'agisse du secteur agricole ou eau potable, pour lequel les problématiques de sécurisation qualitative sont en cours de résolution.

Ce secteur est également doté de réseaux d'irrigation. Les températures étant plus élevées sur ce secteur, **c'est là que le risque de déficit hydrique des vignobles est le plus important**. La croissance de la demande en eau d'irrigation pourrait y être proportionnellement plus importante que sur les autres secteurs du bassin versant.

Certaines problématiques qualitatives sont enfin identifiées sur ce secteur. Sur le cours principal, on observe notamment une **limitation de la dynamique fluviale en plaine alluviale**, sous l'influence des barrages en amont et des différents seuils. La **continuité écologique** pourrait par ailleurs être renforcée. Sur les petits affluents (secteur gardois notamment), les pratiques agricoles génèrent des **pollutions phytosanitaires** et le **risque d'eutrophisation** est marqué.

Zones à enjeux identifiées sur le territoire :

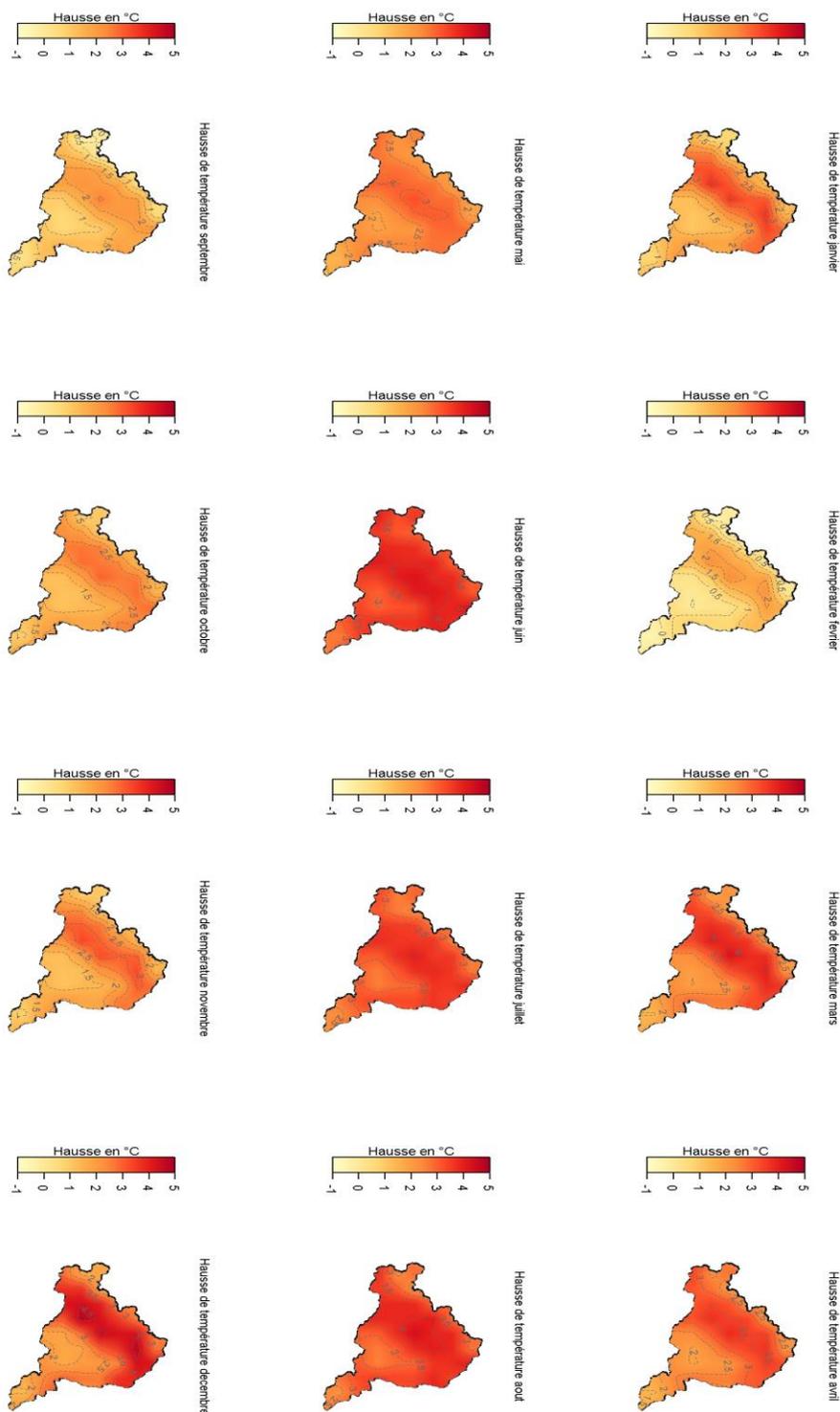
- Saint Martin d'Ardèche : très forte vulnérabilité au risque inondation
- Agglomération de Pont St Esprit : fragmentation des habitats

ANNEXES

Annexe 1. Liste des acteurs interrogés

STRUCTURE	INTERLOCUTEUR	FONCTION	PHASE	DATE	MODE DE CONTACT
EDF (études)	C. JOUET – A. BREGNOT	Responsables étude e-tiage	1	19/11/20 - 17/06/21	Entretiens téléphoniques
Ardèche Tourisme	T. BOUTEMY	Responsable pôle développement	1	19/01/21	Entretien présentiel
SEBA	F. NUBLAT - J. PASCAL	Directrice - Président	1 et 2	19/01/21 - 05/05/21	Entretien présentiel - Entretien téléphonique
Chambre d'agriculture de l'Ardèche	Y. BOYER - R. PERRIER	Chefs de service Economie et filières - Espaces Territoires et Environnement	1 et 2	28/01/21 - 03/06/21	Entretien présentiel - Entretien téléphonique
EPTB Ardèche	F. DEBEURNE	Chargée de contrat Beaume Drobie	1 et 2	28/01/21	Entretien présentiel
EPTB Ardèche	A. GUYON	Chargée de Mission PAPI	2	28/01/21	Entretien présentiel
EPTB Ardèche	E. FAURE	Chargée de contrat Chassezac	1 et 2	29/01/21	Entretien présentiel
PNR des Monts d'Ardèche	P. ROUX	Chargée de mission énergie climat	1 et 2	15/02/21	Visio conférence
CDC Pays des Vans en Cévennes	S. MATHON	Responsable du pôle territoire	2	16/02/21	Visio conférence
EPTB Ardèche	S. LALAUZE	Chargé de mission SAGE et PGRE	1 et 2	25/02/21	Visio conférence
VivaCoop	D. VERNOL	Président	1	27/04/21	Entretien téléphonique
Conservatoire des espaces naturels	V. RAYMOND	Chargé de projet Ardèche Drôme	2	05/05/21	Visio conférence
SAUR réseau de Cornadon	P. TAULEIGNE	Responsable exploitation réseau Cornadon	1	06/05/21	Visio conférence
SDEA	J. COTTIER	Responsable pole développement	1	06/05/21	Entretien téléphonique
EPTB Loire Amont	V. BADIOU	Chargée de mission SAGE	2	10/05/21	Visio conférence
Agence de l'Eau	G. SENACQ - F. GILBERT - E. SIDADE	Chargés étude SAGE - intervention Ardèche - Référente partage de l'eau CC	2	11/05/21	Visio conférence
EDF (exploitation)	S. LECUNA	Délégué territorial Loire-Ardèche	1 et 2	12/05/21	Entretien téléphonique
EPTB Ardèche	F. MORENA	Directrice	2	16/06/21	Entretien téléphonique
Syndicat des irrigants de Cornadon	B. VALETTE	Président	1 et 2	18/06/21	Echange téléphonique
Fédération de pêche	V. PEYRONNET – F. NICODEME	Chargé de mission - Agent technique	1	16/03/21	Visio conférence

Annexe 2. Cartes de réchauffement mensuel entre 1960 et 2019 (tendance linéaire)





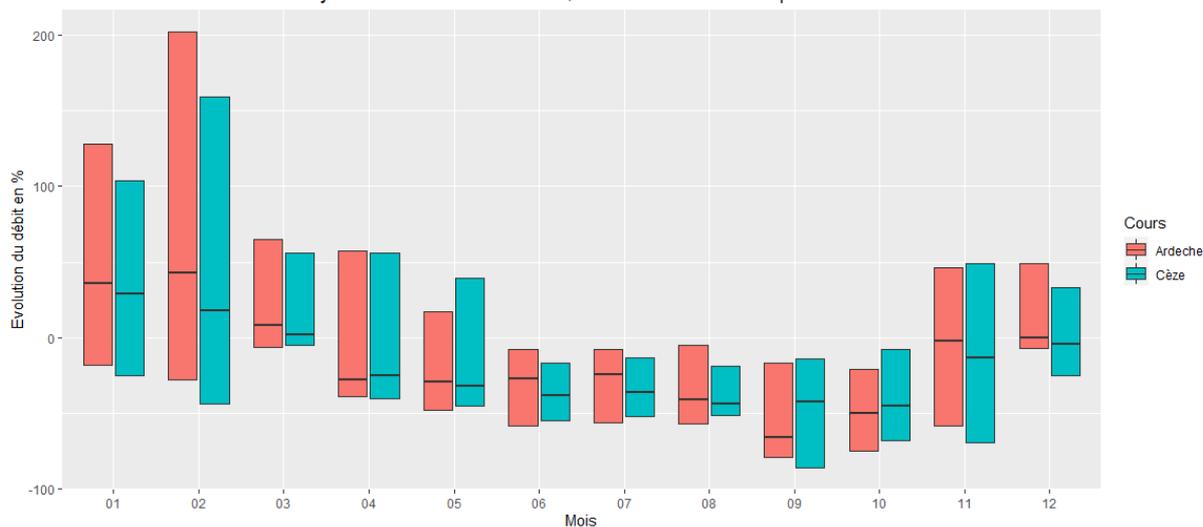
Annexe 3. Comparaisons Explore 2070 et Gard 3.0 pour l'évolution des débits d'étiage

Cette annexe vise à comparer les résultats des études Gard 3.0 et Ardèche 2050 afin d'apporter un complément sur :

- L'impact de la prise en compte des scénarios d'émission de gaz à effet de serre les plus récents (Explore 2070 utilise les scénarios SRES – Gard 3.0 les scénarios RCP)
- L'impact de la modification des horizons de projections (Explore 2070 considère l'horizon 2046-2065 – Gard 3.0 un horizon proche 2030-2050 et un horizon lointain 2071-2100)

L'étude Gard 3.0 n'a étudié aucune station sur le bassin versant de l'Ardèche. Afin de faciliter la comparaison entre les deux études, les résultats de cette section se concentrent sur la station de la Cèze à La Roque sur Cèze, prise en compte dans les deux études. La Figure 118 présente les évolutions de débits anticipées par l'étude Explore 2070 aux stations de St Martin d'Ardèche et de La Roque sur Cèze : la barre représente l'ensemble des évolutions mensuelles anticipées par les 7 modèles climatiques, le trait représente la médiane inter-modèles. La similarité entre les résultats aux deux stations garantit la pertinence du choix de station.

Figure 118 : Evolution possible des débits mensuels moyens de l'Ardèche et de la Cèze entre la fin du XXème et le milieu du XXIème siècle, selon 7 modèles de circulation atmosphérique (Explore 2070)



BRLingénierie, d'après les résultats d'Explore 2070

Les projets Explore 2070 et Gard 3.0 s'accordent sur la baisse généralisée des débits moyens en période d'étiage et des débits quinquennaux secs, avec quelques divergences sur l'ampleur de ce phénomène (Tableau 14).

- A horizon proche, la majorité des modèles climatiques considérés dans le projet Gard 3.0 aboutissent à une baisse des débits d'étiage. La médiane inter-modèles conclut à une baisse des QMNA5 20 % entre le début et le milieu de siècle, et ce quel que soit le scénario d'émission considéré.

- A horizon fin de siècle, tous les modèles utilisés dans le cadre de l'étude Gard 3.0 concluent à une baisse des débits d'étiage. On observe une divergence selon le scénario d'émission de gaz à effet de serre, les baisses étant beaucoup plus importantes dans le cas d'une poursuite des émissions de gaz à effet de serre au rythme actuel (RCP 8.5).
- Les résultats obtenus dans le cadre du projet Explore 2070 simulent un horizon intermédiaire entre les deux horizons de l'étude Gard 3.0 et un scénario intermédiaire d'émissions de gaz à effet de serre. Les projections de diminution des débits sont donc plus importantes à celles attendues à horizon proche par l'étude Gard 3.0. Elles sont également supérieures à celles attendues en fin de siècle dans un scénario de réduction des émissions. Elles restent inférieures à celles envisagées en fin de siècle dans le cadre d'une poursuite des émissions de gaz à effet de serre.

Tableau 14 : Evolution des débits d'étiage à la Roque su Cèze

	EXPLORE 2070	EAU ET CLIMAT 3.0	
HORIZON	2046 -2065	2030-2050	2071-2100
SCENARIO	SRES A1B (~RCP 6.0)	RCP 4.5 et 8.5	
DEBIT DE REFERENCE	Débits à la station hydrométrique de La Roque sur Cèze		
EVOLUTION DU QMNA MEDIAN	<p>- 38 % *</p> <p>Tous les modèles concluent à une baisse des débits</p> <p>Le plus pessimiste estime la baisse à - 51 %.</p> <p>Ces résultats correspondent à ce qui est observé à St Martin d'Ardèche.</p>	<p>- 26 % *</p> <p>1 modèle sur 9 prévoit une hausse des débits pour le RCP 4.5 seulement</p> <p>Le plus pessimiste estime la baisse à - 39 %</p>	<p>RCP 4.5 : - 31 % *</p> <p>Tous les modèles concluent à une baisse des débits</p> <p>Le plus pessimiste estime la baisse à - 36 %</p> <p>RCP 8.5 : - 49 % *</p> <p>Tous les modèles concluent à une baisse des débits</p> <p>Le plus pessimiste estime la baisse à - 61 %</p>
EVOLUTION QMNA5	<p>- 31 % *</p> <p>Tous les modèles concluent à une baisse des débits</p> <p>Le plus pessimiste estime la baisse à - 44 %.</p> <p>Ces résultats correspondent à ce qui est observé à St Martin d'Ardèche</p>	<p>- 20 % *</p> <p>2 modèles sur 9 prévoient une hausse des débits</p> <p>Le plus pessimiste estime la baisse à - 42 %</p>	<p>RCP 4.5 : - 23 % *</p> <p>Tous les modèles concluent à une baisse des débits</p> <p>Le plus pessimiste estime la baisse à - 46 %</p> <p>RCP 8.5 : - 37 % *</p> <p>Tous les modèles concluent à une baisse des débits</p> <p>Le plus pessimiste estime la baisse à - 51 %</p>

* Médiane inter-modèles

En conclusion, même à horizon proche (2030-2050), il est très probable que les débits d'étiage diminuent sur le bassin versant de l'Ardèche par rapport à la fin du XXème siècle. Les politiques actuelles de réduction des émissions de gaz à effet de serre auraient un effet significatif sur l'ampleur de l'évolution des débits d'étiage dans la seconde moitié du XXème siècle.



Annexe 4. Méthodes de correction de la base de données Agence de l'eau

Méthodes de correction de la base de données Agence de l'Eau utilisés par l'EVP

1. Les prélèvements issus de compteurs volumétriques sont préservés.

2. Correction des prélèvements estimés par forfait.

a. Prélèvements gravitaires

L'agence de l'eau considère pour les prélèvements gravitaires un prélèvement moyen de 25 000 m³/ha. Cette valeur est ramenée à 8 000 m³/ha (valeur calculée sur la base du bilan hydrique local de 4 200m³/ha en année sèche et d'une efficacité de l'irrigation gravitaire de 40 à 65% du prélèvement apporté à la plante).

b. Prélèvements non gravitaires

L'étude volume prélevables applique le prélèvement moyen observé sur les surfaces équipées de compteurs. A titre indicatif, les forfaits appliqués par l'Agence de l'Eau sont de 5 000 m³/ha pour de l'aspersion, 4000 m³/ha pour du goutte-à-goutte. Le coefficient observé sur les surfaces équipées de compteurs est bien inférieur à ces valeurs. Il est de 2 098 m³/ha en moyenne pour les secteurs irrigués par aspersion, 2 400 en 2004. Il est de 1 231 m³/ha pour les secteurs irrigués en goutte à goutte, 1 400 en 2004.

3. Surfaces non prises en compte dans la base de données de l'Agence.

L'EVP ajoute le prélèvement de l'ASL de Prévenchères à partir de données transmises par le préleveur.

En plus de ce prélèvement et de ceux déclarés dans la base de données Agence de l'Eau, 190 ha sont irrigués (110ha irrigués gravitairement et 80 par aspersion depuis des cours d'eau ou des forages). Le prélèvement associé est estimé à 1,1 Mm³.

Méthodes de correction de la base de données Agence de l'Eau utilisés pour prolonger les données de l'EVP

1. Les prélèvements issus de compteurs volumétriques sont préservés.

2. Correction des prélèvements estimés par forfait.

a. Prélèvements gravitaires

L'agence de l'eau considère pour les prélèvements gravitaires un prélèvement moyen de 25 000 m³/ha. Cette valeur est ramenée à 8 000 m³/ha (valeur calculée sur la base du bilan hydrique local de 4 200m³/ha en année sèche et d'une efficacité de l'irrigation gravitaire de 40 à 65% du prélèvement apporté à la plante).

b. Prélèvements non gravitaires

Le prélèvement déclaré à l'Agence est multiplié par 0,5 (hypothèse Agence de l'Eau : 5 000 m³/ha, observation sur les secteurs disposant d'un compteur en 2004 : 2 400 m³/ha).

3. Surfaces non prises en compte dans la base de données de l'Agence.

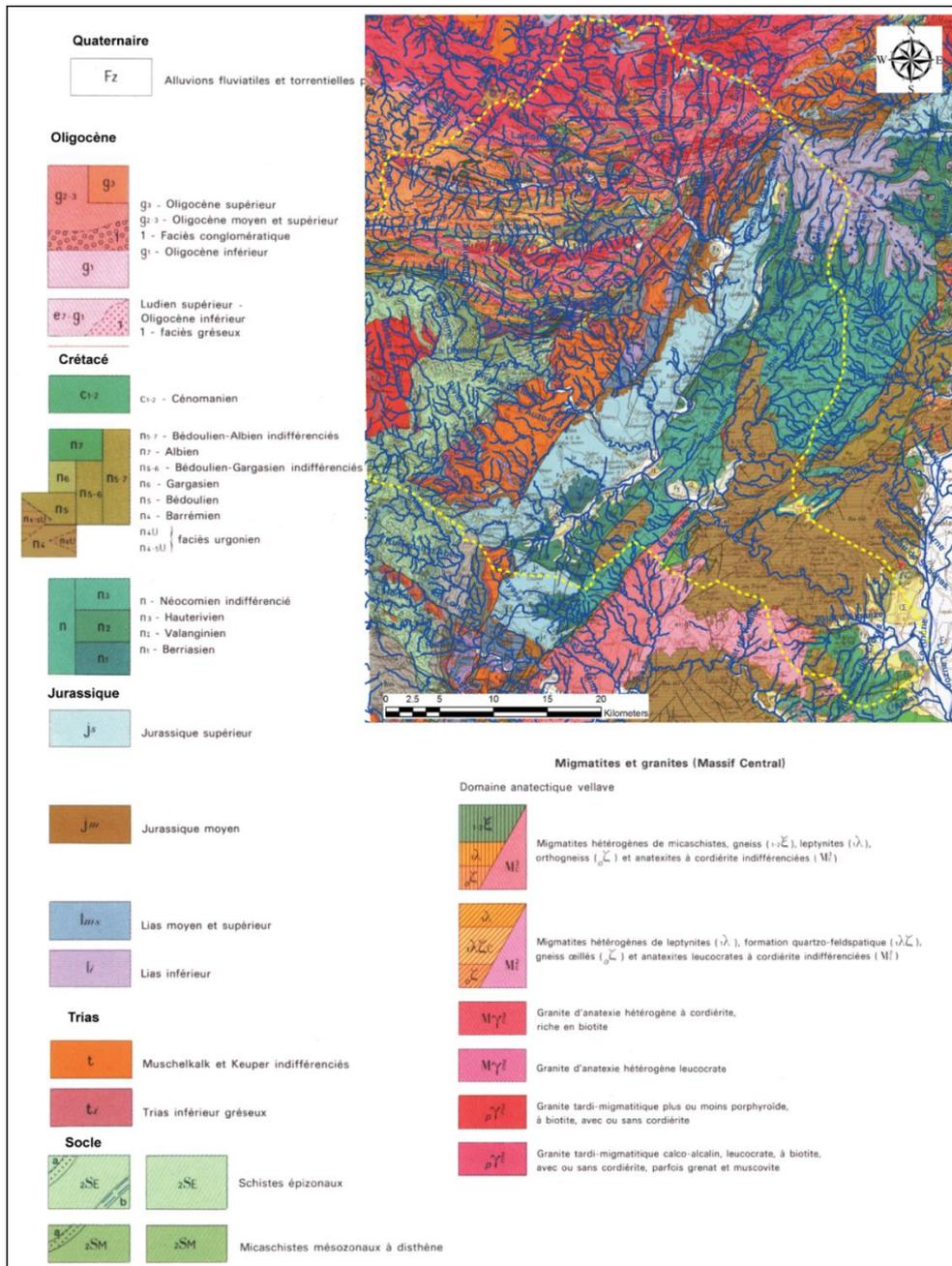
L'EVP ajoute le prélèvement de l'ASL de Prévencières. Ce prélèvement n'apparaît toujours pas dans la base de données de l'Agence de l'Eau. Nous intégrons également ce prélèvement sur la base des volumes présentés dans l'EVP (0,03 Mm³/an).

En l'absence de données complémentaires, nous appliquons un volume de 0,9 Mm³. Correspondant au 1,1Mm³ estimés par l'EVP auquel est soustrait le prélèvement de l'ASA des canaux de St Loup et du Sapet, qui était comptabilisé dans les volumes non déclarés et qui est désormais déclaré.

Il convient d'interpréter avec précaution cette valeur qui ne représente ni la variation interannuelle de la demande ni l'évolution des surfaces irriguées.

Annexe 5. Complément d'information sur les eaux souterraines

Figure 1 : Carte géologique du bassin versant (extrait de la carte au 1 : 250 000 du BRGM).





1.1 REFERENTIELS EXISTANTS ET IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX SYSTEMES AQUIFERES

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 jurassiques du synclinal de St André de Cruzières ») ; 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.

Comme annoncé dans le cadre méthodologique du diagnostic, nous avons fait le choix de présenter les grands systèmes hydrogéologiques dans le référentiel masses d'eau de l'Agence de l'Eau. En effet, on peut observer une bonne correspondance entre la nature des masses d'eau et les entités hydrogéologiques.

Le tableau ci-dessous présente ces correspondances pour les grandes unités aquifères du bassin versant (ERS, 2016) :

ECHELLE NATIONALE				ECHELLE REGIONALE				ECHELLE LOCALE			
BDLISA	Dénomination BDLISA	MESO	Dénomination MESO	BDLISA	MESO	Dénomination	BDLISA	MESO	Dénomination		
533	Formations de la bordure sous-cévenole dans le Gard et l'Ardeche	245	Grès du Trias ardéchois	533AJ	607B	Formations variées du trias supérieur au Jurassique moyen de la bordure sous-cévenole					
				533AK	607F	Grès du Trias (moyen et inférieur) ardéchois.					
			161	Calcaires urgoniens du bas-vivarais	533AE	548A	Calcaires urgoniens de la Montagne de la Serre				
		534AQ			148C	Calcaires urgoniens du bassin hydrogéologique de la Cèze					
		533AH			148B	Calcaires urgoniens en rive droite de l'Ardeche de Vallon-Pont-d'Arc à Saint-Martin d'Ardeche					
		533AG			148A	533AG01	148A1	Unité karstique de Lagorce-ibie			
						533AG02	148A2	Unité karstique du Bois Malbosc			
		118	Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes	533AF	147	533AG03	148A3	Unité karstique Gras-Laoul-Sources de Tournes			
						533AG04	148A4	Unité karstique Saint Montan - Viviers			
						533AF02	147B	Unité karstique Nord Vogüé			
						533AF03	147C	Unité karstique entre l'Ardeche et la ligne			
						533AF05	147D	Unité karstique entre l'Ardeche, la Beaume et la Ligne			
		533AF06	147E	Unité karstique entre la Beaume et le Chassezac							
		533AF07	147F	Unité karstique sud Chassezac							
		533AF08	147G	Unité karstique cuvette de Saint-André-de-Cruzières							

On peut constater que bien que les référentiels soient différents, ils présentent une exacte superposition en termes d'objets hydrogéologiques.

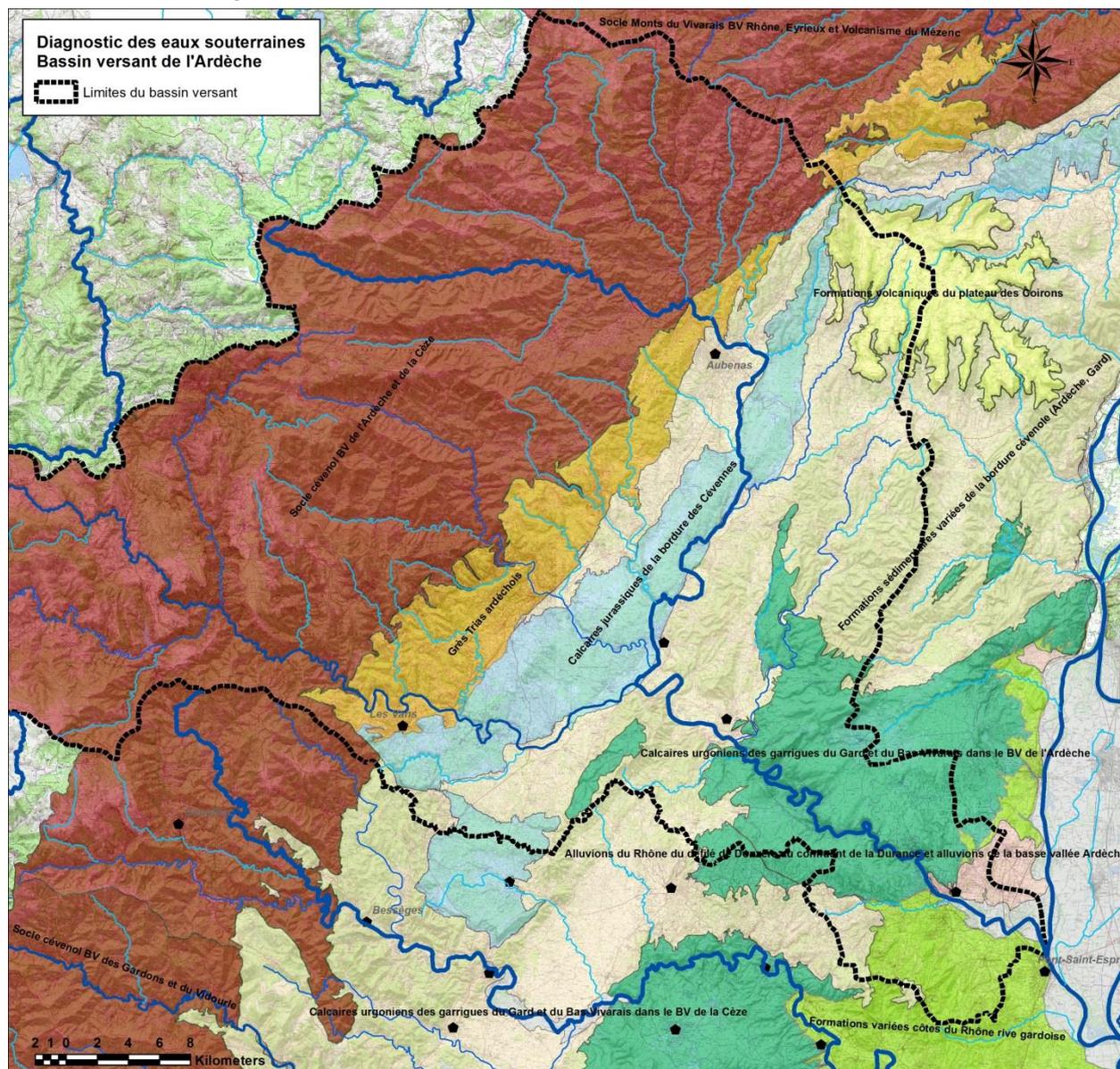
Pour les unités peu ou pas aquifères du bassin versant, on peut faire la même observation :

- La masse d'eau FRDG607 (socle cévenol des bassins versants de l'Ardèche et de la Cèze) correspond à trois entités BD LISA qui correspondent toutes à des roches de socle mais qui ont été différenciées car elles correspondent à trois sous-bassins versants (Ardèche, Tanargue, Borne et Chassezac).
- La masse d'eau FRDG700 (formations volcaniques du plateau des Coirons) correspond à une seule et même entité hydrogéologique qui porte le même nom (195).
- La seule imprécision relative à ce choix méthodologique est le contenu de la masse d'eau FRDG532 (formations sédimentaires variées de la bordure cévenole) qui correspond à deux entités qui présentent des différences significatives d'un point de vue hydrogéologique :
- Un ensemble de formations géologiques peu aquifères, localisées entre les calcaires urgoniens et les calcaires jurassiques. Cet ensemble correspond aux marnes et marno calcaires crétacés et oligocènes de la bordure des Cévennes et du bas Vivarais (548 C).
- Un ensemble de formations géologiques localement aquifères, localisées entre les calcaires du Jurassique supérieur et les grès du Trias. Il s'agit des formations variées du Trias supérieur au Jurassique moyen de la bordure sous-cévenole (607 B). Ils affleurent sur une bande étroite de 2 km de large depuis Laurac en Vivarais jusqu'à Vesseaux. Localement, le Lias peut être aquifère mais les ressources en eaux souterraines associées sont faibles et très locales.

Si ces deux entités correspondent à de objets hydrogéologiques différents, il s'agit dans les deux cas de secteurs sans ressources en eaux souterraines importantes.



Figure 2 : Masses d'eau souterraines dans le bassin versant de l'Ardèche.



De plus, pour ce qui concerne le découpage du bassin versant en unités aquifères, nous proposons donc de nous caler dans le référentiel proposé dans l'ERS (2016), qui définit un certain nombre d'unités rappelées ci-dessous.

Les unités karstiques jurassiques de la bordure sous-cévenole :

- L'unité Nord Vogüé
- L'unité Sud-Vogüé
- L'unité St Alban-Auriolles
- L'unité Sud Chassezac

Les unités karstiques du Bas Vivarais :

- L'unité Vallée de l'lbie
- L'unité Viviers – Saint-Montan

- L'unité Gras-Laoul
- Les unités Rive Gauche et Rive droite de l'Ardèche
- L'unité Rive Gauche de la Cèze
- L'unité Montagne de la Serre

Les unités triasiques

- L'unité Vesseaux
- L'unité Ailhon
- L'unité Largentière
- L'unité Rosières
- L'unité Lablachère

La reprise de ce référentiel permettra de conserver une unité de description de la ressource en eau souterraine et facilitera ainsi son assimilation par les acteurs du territoire.

1.2 CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX TYPEES D'AQUIFERES : MODALITES DE RECHARGES ET RELATIONS AVEC LES COURS D'EAU

1.2.1 Les aquifères fissurés

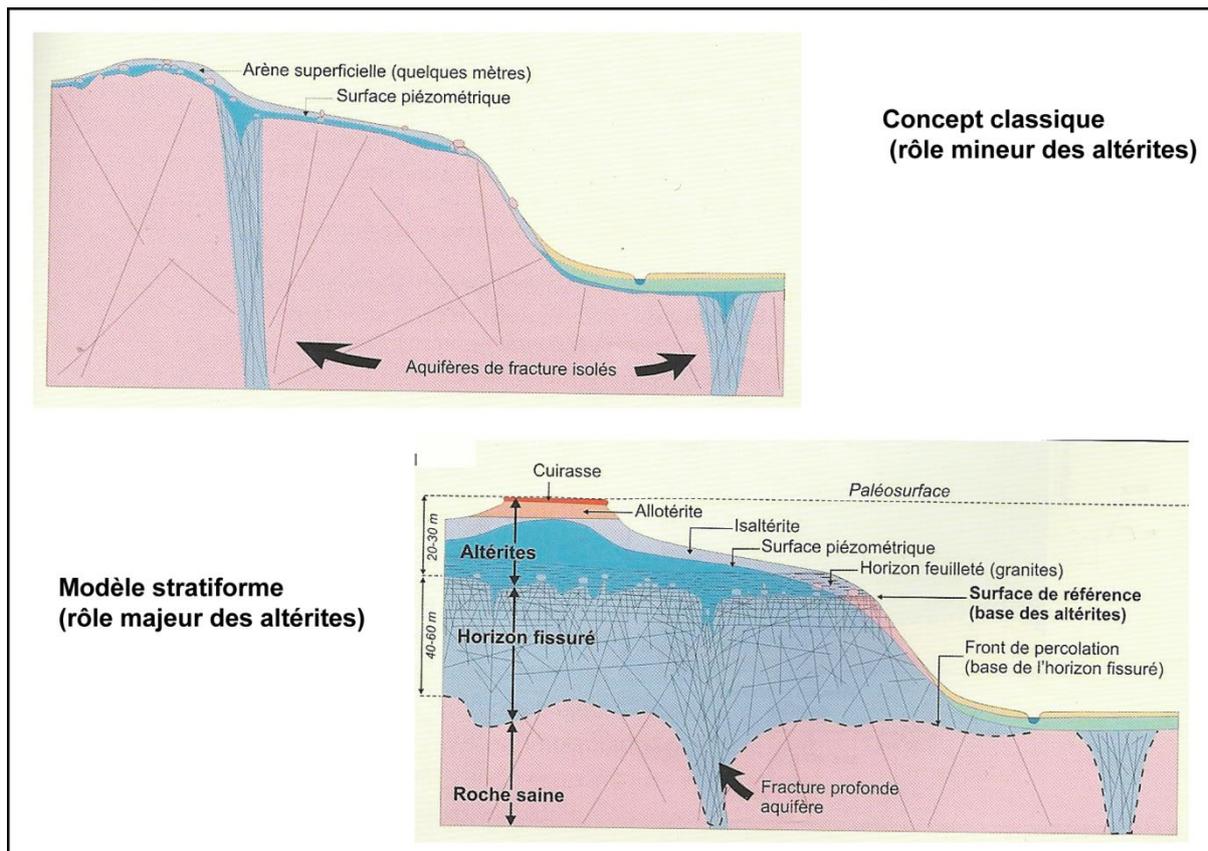
Les aquifères dits fissurés sont caractérisés par une perméabilité et une porosité liées à la présence de fissures et de fractures, plus ou moins élargies, dans le volume rocheux. Ils sont considérés comme des aquifères discontinus et hétérogènes. En surface, ils sont souvent recouverts d'un manteau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

Dans le Bassin versant de l'Ardèche, on observe des roches fissurées sur les contreforts cévenols, en tête des bassins versants.

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 3 : 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 du bassin versant, 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.

Dans la partie haute du bassin versant de l'Ardèche, seules les altérites, les zones fissurées, broyées ou mylonitisées, peuvent présenter des possibilités d'exploitation assez limitées dans ces formations.

La fiche descriptive la BD LISA entretenue par le BRGM donne des informations de synthèse sur la nature des roches dans ce domaine de socle. Le socle, constitué de roches dures à dominante granitique et gneissique, est pratiquement dépourvu de formations sédimentaires. Les terrains métamorphiques sont représentés par des gneiss et des micaschistes ; ces formations ont été ultérieurement traversées par des roches intrusives qui ont parfois pu développer un métamorphisme de contact discret. Les périodes glaciaires ont permis la mise en place des formations superficielles au-dessus des roches cristallines. Les formations meubles de l'altération, les altérites (arènes en milieu granitique), peuvent recouvrir les roches saines sur une épaisseur variable.

Dans le socle cristallin, les ressources en eau sont contenues principalement dans les altérites, de type arènes. Les formations altérées superficielles parfois épaisses de plusieurs mètres peuvent contenir de petites nappes discontinues alimentant des émergences à débits réguliers mais faibles, souvent inférieurs à 1 l/s.



Par contre, si on peut considérer le comportement hydrogéologique des séries volcaniques des Coirons comme un comportement d'aquifère fissuré, dans le détail, la présence d'horizons de scories ou de « couches rouges » intercalés entre les coulées basaltiques induit un modèle d'écoulement souterrain plus complexe.

Selon la BD LISA (BRGM), « les coulées s'empilent horizontalement sur des épaisseurs variables pouvant atteindre 60 à 70 mètres. Le nombre de coulées empilées est également très variable, allant de 2 au minimum à 10 au maximum. Les épisodes stromboliens sont plus rares et localisés. Ces coulées massives qui constituent l'essentiel du massif, sont parfois séparées par des couches sédimentaires ou volcano-sédimentaires perméables ou imperméables. Le réservoir est ainsi constitué par une épaisse séquence (200 mètres au maximum) de coulées basaltiques et de tufs. Plusieurs niveaux aquifères existent selon le type de milieu plus ou moins perméable. Les dykes, formations à diatomées et couches rouges, jouent un rôle de barrage plus ou moins imperméable entraînant parfois la formation de nappes. Du fait de l'hétérogénéité des formations volcaniques et des nombreuses digitations, les nappes sont d'extension limitée. Le plateau est découpé en de multiples unités hydrogéologiques superposées ou juxtaposées, n'ayant que peu de relation entre elles et avec des potentialités limitées. Les eaux souterraines ont tendance à s'écouler du centre du plateau vers sa périphérie en de nombreuses sources. »

Les sources sont très nombreuses, témoignant de la grande compartimentation des séries aquifères : au nombre de plus de 230 sur les bordures et plus de 130 au centre du plateau. Ajoutons des relations complexes avec le substratum rocheux des séries volcaniques, notamment lorsqu'il s'agit des séries karstifiées du Jurassique supérieur. Les aquifères volcaniques peuvent alors venir alimenter directement ou indirectement (ruissellement puis pertes) les réseaux karstiques.

Elmi et al. (1996) donnent une description détaillée du comportement hydrogéologique des formations volcaniques :

« La typologie des sources issue de ce plateau a été définie par J.C. Grillot (1971), puis reprise par G. Naud (1974), et enfin par J.R Boissin (1975) qui en a dressé un schéma très explicite. Beaucoup de ces sources sont associées aux « couches rouges », caractéristiques de sédiments argilo- volcaniques lacustres fins, parfois bréchiques, qui ont été « recuits » lors de la mise en place des coulées successives. Elles font écran au transit vertical des eaux.

Dans le secteur sud du plateau basaltique, les sources inter- et sous- basaltiques sont largement représentées, y compris associées aux quelques secteurs à alluvions sous-basaltiques antérieures aux coulées. L'eau peut toutefois cheminer au travers des éboulis basaltiques de pente, et au contact avec les marnes et marno-calcaires, pour n'apparaître en sources dites infrabasaltiques qu'en contrebas.

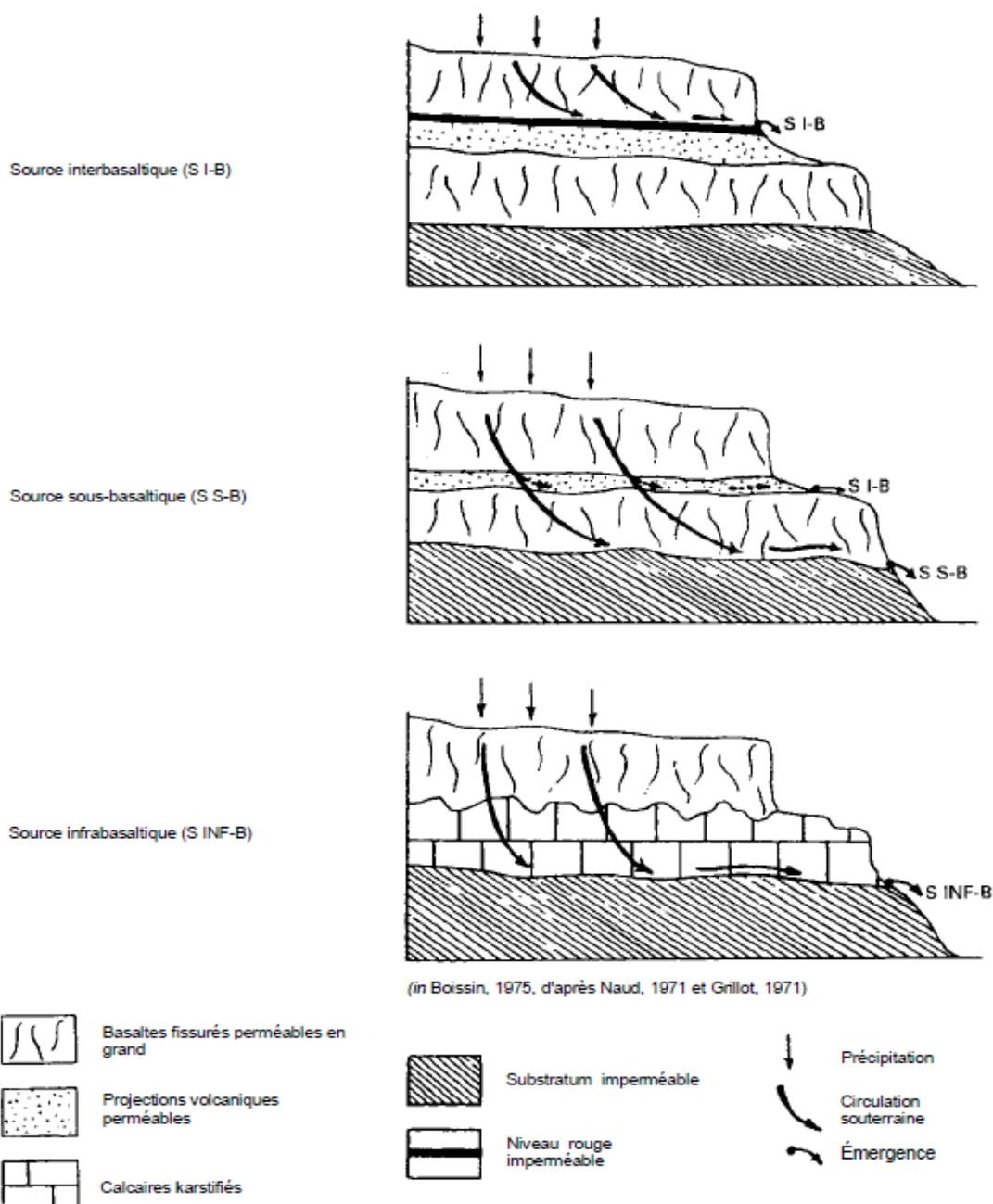
G. Naud (1971), a distingué ces différents types de sources et dressé un schéma des circulations souterraines dans les différentes « digitations ».

- Les émergences interbasaltiques, le plus souvent associées à la présence de « couches argileuses rouges » formées successivement, se rencontrent à tous niveaux sous les différentes coulées. Le drainage des petites nappes isolées, d'extensions latérales limitées, s'effectue par des sources : (1) liées aux tufs et scories, et dont le débit dépasse rarement 10 l/s (source Sous-Faugère à 8 l/s, venant de la dépression de Berzème, source de Chaix à 6 l/s, sources de Réviscon pour Aubignas) ; (2) ou liées aux alluvions intercalées entre deux coulées : sources la Gray à 0,5 l/s, captées pour Mirabel, source des Rochers à 0,4 l/s (alt. 560 m).
- Les émergences sous-basaltiques sont soit liées aux « couches rouges » de base (source du Chai à 0,7 l/s, pour l'A.E.P. de Sceautres, et à 3 km au Nord les sources de Fay à 3,7 l/s, et de Béchnol), soit liées au substratum marneux imperméable avec des débits pour la plupart inférieurs à 2 l/s (source de Matarou à 0,8 l/s, , sources de la Vernède à 1,3 l/s), soit issues des éboulis, avec la source des Audouards à 3 l/s (ait. 360 m), alors que son altitude d'origine se situe vers 520 m.

On citera toutefois encore la prise d'eau en rivière de la Borie, située dans la Claduègne à 3 km en aval de la très importante source Sous-Airolle (interbasaltique) dont le débit à l'étiage serait de 36 l/s. On rappellera enfin qu'avec un débit spécifique de l'ordre de 3,5 l/s/km² (P = 1 000 mm sur un plateau pratiquement sans ruissellement), le système aquifère du Coiron, même si son importance est modérée, reste encore à ce jour partiellement exploité. »

Les schémas proposés ci-dessous permettent d'illustrer ces caractéristiques hydrogéologiques :

Figure 4 : Modèles conceptuels des aquifères volcaniques (d'après Elmi et al., 1996).





1.2.2 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 bassin versant de l'Ardèche, 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 aux systèmes carbonatés du Jurassique inférieur (Lias). Dans le bassin versant de l'Ardèche, ces systèmes correspondent à des ressources locales très compartimentées (forte lamination du Lias) ; les impluviums sont réduits au mieux à quelques km². Notons aussi la présence entre les calcaires du Jurassique supérieur et les calcaires urgoniens, d'un horizon aquifère correspondant aux calcaires marneux de l'Hauterivien supérieur, moins karstifiés que les calcaires urgoniens et jurassiques. Ils affleurent notamment sur la montagne de Berg sur plusieurs dizaines de km². Ils sont décrits par Elmi et al. (1996) comme des bancs de calcaires à miches en alternance avec des bancs de marnes grises (épaisseur totale d'environ 300 m) ; la base de la série est plus marneuse que la partie supérieure. Nous ne disposons pas de description synthétique du comportement hydrogéologique de ces séries dans la littérature scientifique et technique. L'absence de sources permanentes de débit significatif dans ces formations laissent supposer qu'elles sont peu aquifères et non karstifiées en grand. Cette hypothèse est renforcée (1) par un nombre de prélèvements réduits en nombre et en volume dans ces formations, (2) par un chevelu hydrographique très développé comparativement aux plateaux jurassiques et urgoniens.
- **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 10 à plus de 200 km². Ces systèmes karstiques majeurs correspondent soit aux séries du Jurassique supérieur en position intermédiaire dans le bassin versant, soit aux formations d'âge crétacé de faciès urgonien en partie basse du bassin versant. Ces systèmes karstiques ont fait l'objet de descriptions détaillées de qualité dans les rapports relatifs à l'étude de détermination des ressources stratégiques du bassin versant de l'Ardèche (IDEESEAUX et al., 2016).

Les calcaires du Jurassique 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. Selon Elmi et al. (1996), les systèmes karstiques sont peu évolués ; la karstification serait « superficielle », guidée par l'enfoncement rapide des rivières qui forment ici des gorges étroites.

Les karsts urgoniens drainés par l'Ardèche représentent des réservoirs majeurs. Ces systèmes sont formés de calcaires cristallins, compacts et parfois intensément karstifiés de l'Urgonien. Ils ont été décrits dans le détail dans le mémoire de thèse de Mocochain (2007).

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).

- *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.**

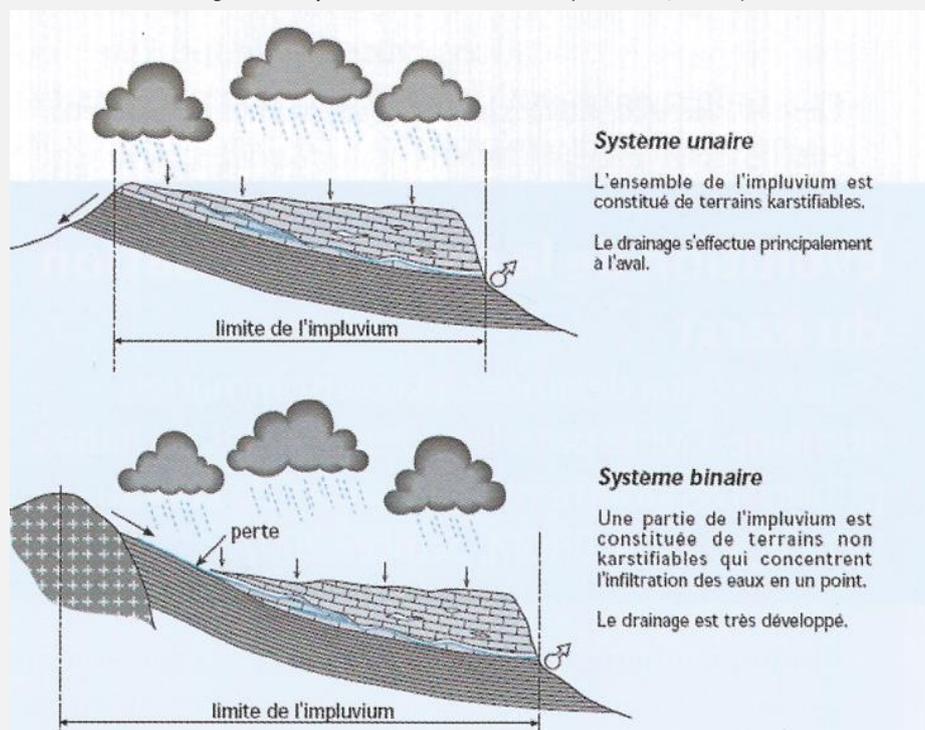
Pour les karsts, les modalités de recharge naturelle peuvent être multiples :

- *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.



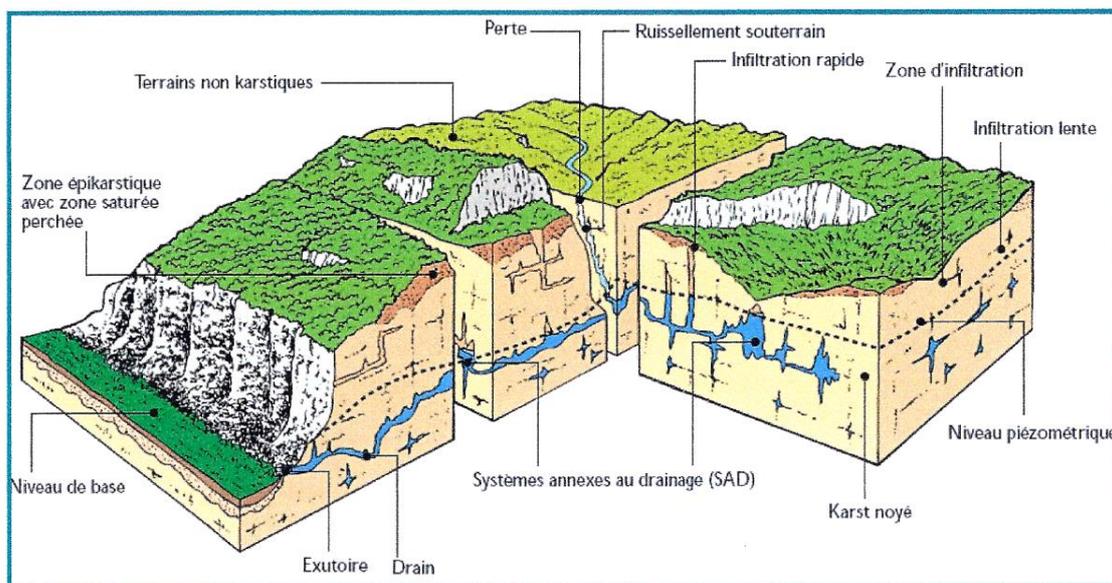
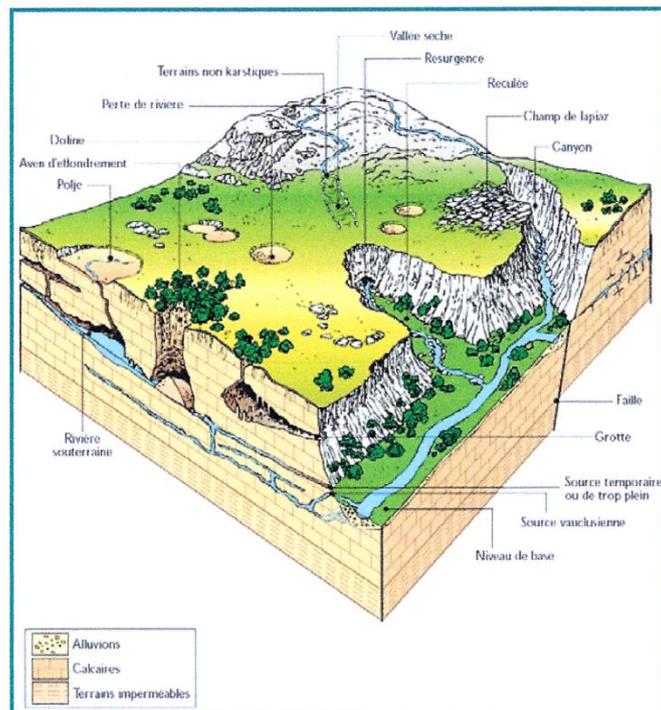
Figure 5 : Système unaire et binaire (Marsaud, 1996).



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 6 : 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 du bassin versant, 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 dominent 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.

1.2.3 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 bassin versant de l'Ardèche, 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 de l'Ardèche. Elmi et al (1996) en donnent une bonne description : « *Sables, limons, graviers et galets hétérogènes, disposés en lentilles. Ils sont parfois exploités. Les alluvions de l'Ardèche sont à dominante de matériel granitique (en blocs parfois métriques) et cristallophyllien, en amont de Saint-Didier. Elles s'enrichissent rapidement en éléments calcaires à partir de Saint-Sernin, puis en galets basaltiques après le confluent avec l'Auzon. Les alluvions modernes de l'Auzon, de la Claduègne et de l'Escou-tay sont constituées essentiellement par des galets basaltiques et calcaires. Dans l'Ibie, au Sud de Saint-Maurice, les alluvions sont exclusivement calcaires. Elles sont rares et discontinues dans la partie supérieure des cours d'eau torrentiels descendant du Coiron où l'érosion entaille le substratum marneux. A l'Ouest, des alluvions grossières, essentiellement à matériel granitique, sont très irrégulièrement réparties le long de la vallée de la Ligne. À partir de Vinezac, elles contiennent aussi des éléments triasiques. Le matériel est calcaire dans la basse vallée de la Ligne.* »
- **Les grès du Trias.** Dans les séries discordantes et détritiques du Trias, on note de nombreuses sources dont les débits souvent modestes sont, captés pour l'A.E.P. des communes de Mercuer, Alhon, Saint-Étienne-de-Fontbellon, Fons, Lachapelle-sous- Aubenas (Elmi et al., 1996). Les séries gréseuses du trias s'observent soit dans le Trias inférieur (conglomérats et grès du Bundsandstein) épais de 0 à 80 mètres, soit dans le Trias supérieur épais de 50 à 200 m (Keuper : grès avec lentilles d'argile, de marnes bariolées et de dolomies). L'infiltration des eaux météoriques est favorisée par la présence d'une arène superficielle sableuse résultant de la décomposition des grès ; selon la BD LISA, Les sources rencontrées dans cette formation sont toutes pérennes avec des débits variés, de 0,1 l/s à 50 l/s en crue. Notons qu'entre ces deux séries à dominante gréseuses, on observe le Muschelkalk (horizon calcaire peu épais dans ce secteur, encadré de deux horizons argileux parfois salifère). Les trois horizons sont aquifères :
 - La barre gréseuse basale est l'aquifère le moins connu des trois ; il se caractérise par de faibles surfaces à l'affleurement, peu de sources connues et peu d'exploitation par forage.
 - La barre dolomitique est très karstifiée. Elle se signe par des pertes localisées et quelques sources présentant des débits variant de 10 à 20 l/s. De par sa faible superficie à l'affleurement, malgré le caractère spectaculaire de certaines formes karstiques, cela reste des ressources en eau très localisées, de faible importance à l'échelle du bassin versant.
 - Le Trias supérieur forme un aquifère poreux qui peut présenter spatialement une certaine continuité et une grande extension. Il est exploité par un nombre significatif de forages agricoles et il serait affecté de phénomènes de pseudo-karstification (créations de réseaux de vides dans les séries gréseuses) ; il en résulte des débits de crue variant de 10 à 50 l/s sur une dizaine de sources mais des débits d'étiages très faibles (< 1l/s). Les forages produisent des débits compris entre 10 et 60 m³/h.
- **Les formations du Crétacé supérieur qui affleurent dans la sud-est du bassin versant ;** elles sont très hétérogènes avec des faciès calcaires peu ou pas karstifiés, des grès, des sables et des argiles ; les principales formations aquifères sont les sables du Cénomaniens, les sables et grès du Turonien et les calcaires gréseux du Coniacien. 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 pliocènes et par les alluvions quaternaires de l'Ardèche et du Rhône.

A l'échelle du bassin versant, 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.



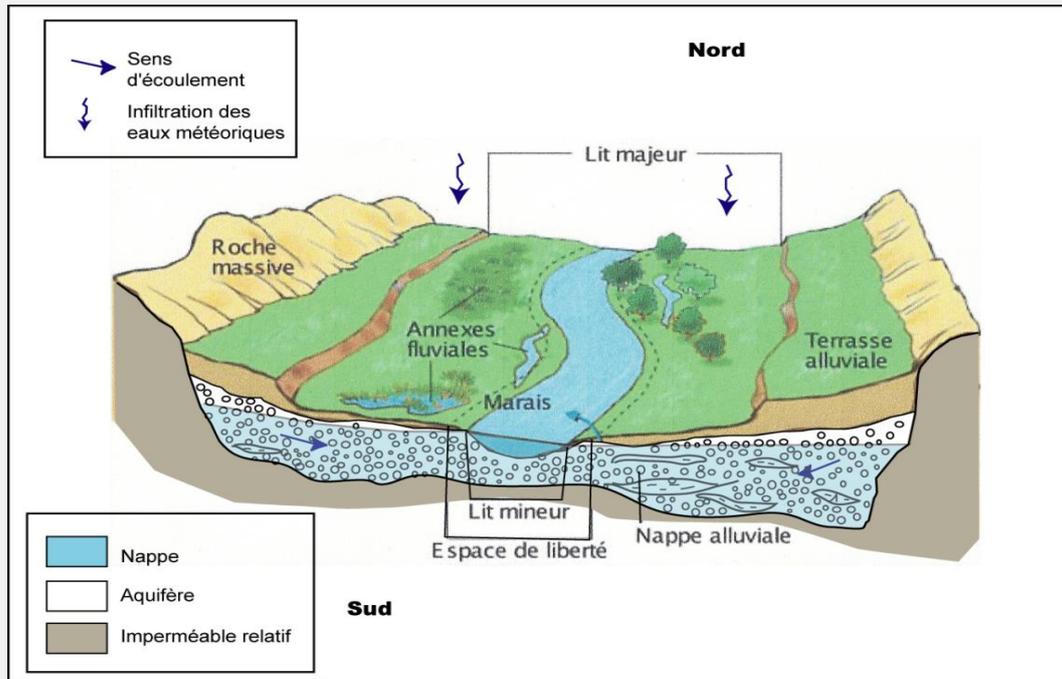
- *Un soutien d'étiage variable aux cours d'eau.* La perméabilité en grande de ce type d'aquifère ainsi que leur situation hydrogéologique peuvent conduire soit à des soutiens d'étiage faibles, soit à des soutiens d'étiage significatif.
- *Une certaine vulnérabilité aux pollutions de surface.* Ces formations 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 7 : 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 :

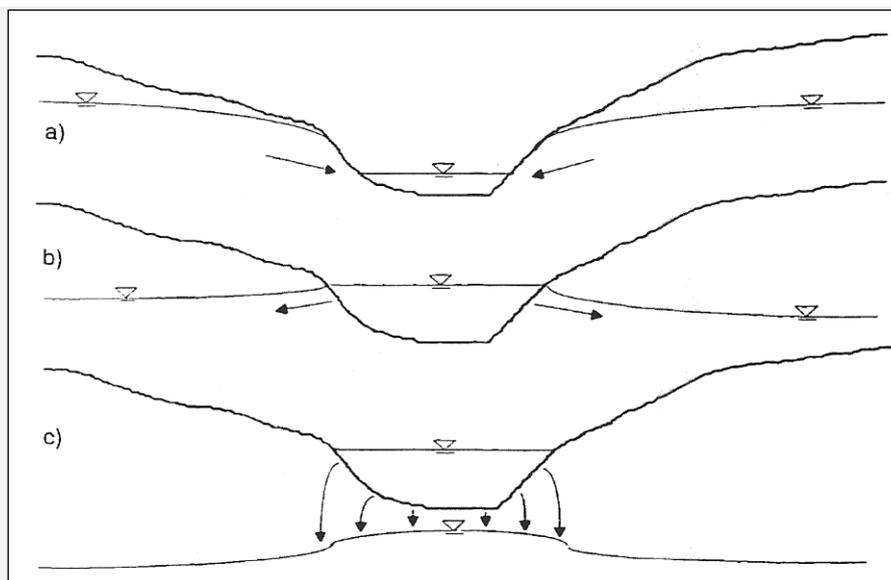
- a : Connexion entre les deux masses d'eau : la nappe alimente la rivière,
- b : Connexion entre les deux masses d'eau : la rivière alimente la nappe,
- c : Recharge de la nappe sans continuité hydraulique.

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 8 : Relations possibles entre cours d'eau et nappe.

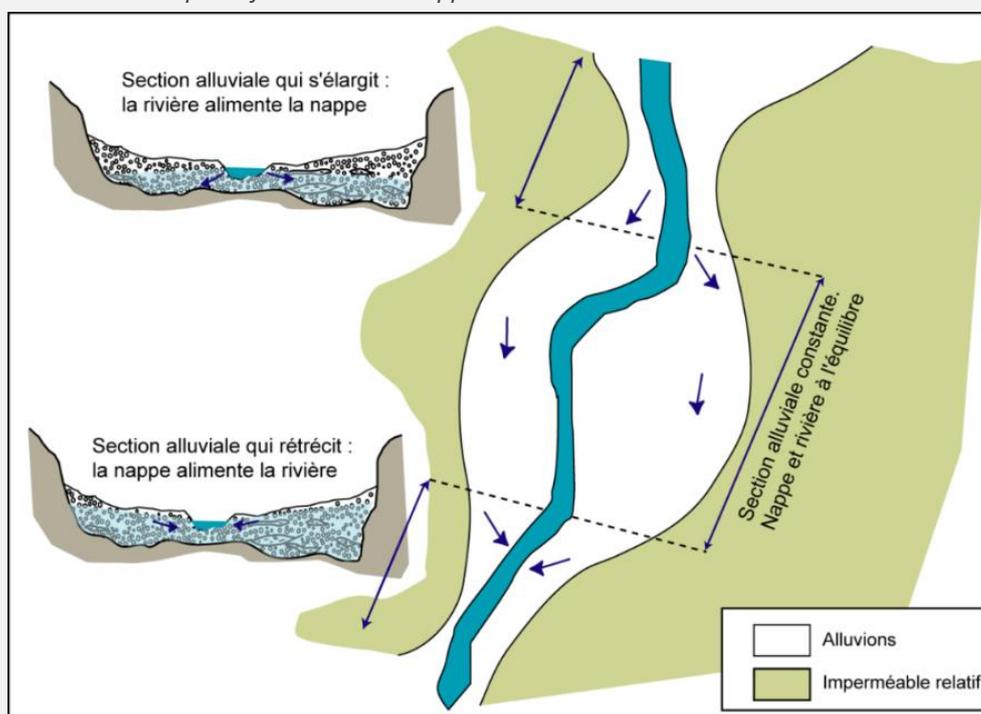


Dans la pratique, on observe souvent que certains biefs drainent l'aquifère et que d'autres le rechargent. Par ailleurs, un bief peut recharger l'aquifère lors de crue et le drainer lors des périodes d'étiage. La nature des échanges varie donc dans le temps et dans l'espace.

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).

244

Figure 9 : Schéma explicatif des relations nappe-rivière selon les variations de section d'écoulement.



1.3 CONNAISSANCE DES EAUX SOUTERRAINES ET EQUIPEMENT DE SUIVI

Le degré de connaissance des systèmes aquifères est très variable.

Certain systèmes ont fait l'objet d'études globales approfondies avec potentiellement des suivis sur plusieurs cycles hydrologiques, une analyse adaptée des données de terrain, des investigations appropriées (inventaire des sources, traçages, essais de pompage,...) Ces études permettent une bonne compréhension des enjeux à l'échelle de la masse d'eau C'est le cas notamment des principaux systèmes aquifères du bassin versant :

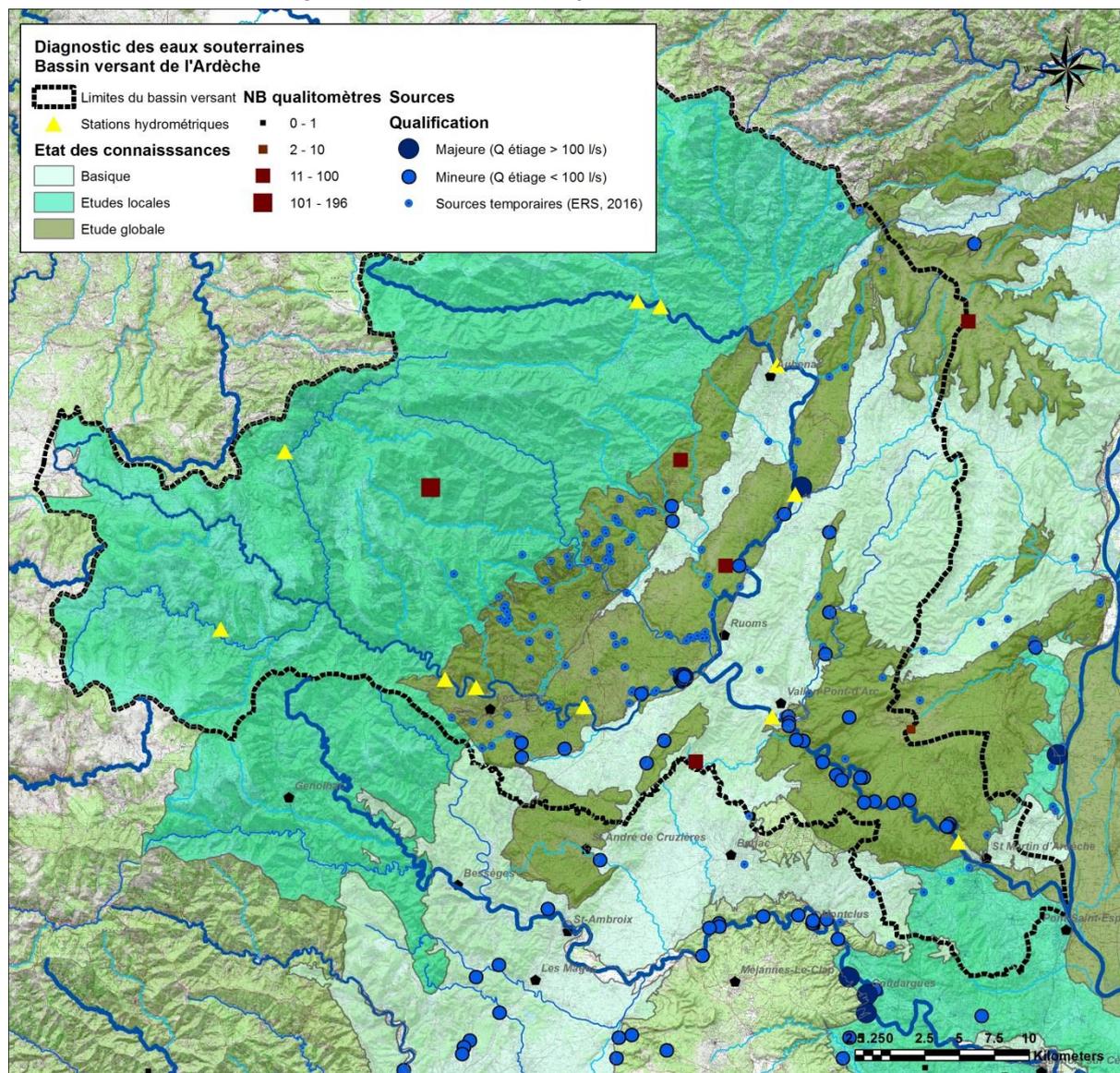
- Systèmes karstiques urgoniens (FRDG161).
- Systèmes karstiques du Jurassique supérieur (FRDG118).
- Grès du Trias Ardéchois (FRDG245).
- Formations volcaniques du plateau des Coirons (FRDG700).
- Alluvions de l'Ardèche (FRDG382).

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 roches de socle et des aquifères liasiques de la bordure cévenole, qui représentent des aquifères très localisés dans le bassin versant de l'Ardèche (FRDG607 et 532).

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 la basse vallée de l'Ardèche (FRDG518). Les seules descriptions de synthèse de ces systèmes sont celles proposées dans la BD LISA.



Figure 10 : Surveillance de la qualité des eaux souterraines.



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

1. On dispose de **285 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 la population. Notons cependant que ce chiffre est trompeur : plus de la moitié des qualitomètres (196) intéressent des ressources locales dans le socle (FRDG607). Notons de plus qu'il y a même un déficit de suivi sur la qualité des eaux de l'aquifère urgonien (7 qualitomètres seulement). Les eaux des aquifères triasiques et jurassiques sont relativement bien suivies (respectivement 15 et 11 qualitomètres).

2. **La surveillance piézométrique est inexistante. Il n'y a à ce jour aucun piézomètre pour suivre les niveaux de nappe dans les aquifères triasiques, jurassiques et urgoniens.** Le seul piézomètre du bassin versant équipe le synclinal jurassique de St André de Cruzières dont les eaux bénéficient au bassin versant de la Cèze.

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 le Chassezac, les stations de Gravières et de Berrias permettent une mesure utile des débits du cours d'eau avant la zone de pertes majeure. Notons cependant que l'absence de stations avant la confluence avec l'Ardèche interdit toute estimation des dynamiques de restitution du karst jurassique dans le secteur de St Alban-sous-Sampzon, qui est une zone de restitution majeure du karst jurassique.
- Pour l'Ardèche, on peut proposer une estimation du soutien d'étiage des karsts jurassiques en prenant comme stations d'entrées les stations de Berrias sur le Chassezac et celle d'Ussel pour l'Ardèche, et la station de Vallon Pont d'Arc comme fermeture de ces systèmes aquifères. Notons que cette approche ne permet pas de différencier les apports relatifs au Chassezac de ceux relatifs à l'Ardèche.
- Toujours pour l'Ardèche, la station de Vallon Pont d'Arc, située judicieusement à l'amont des gorges urgoniennes, et celle de St Martin d'Ardèche, située idéalement à l'aval des gorges, sont bien positionnées pour appréhender les interactions entre les systèmes karstiques urgoniens et le cours d'eau.

Soulignons l'absence de stations hydrométriques qui permettraient l'estimation du soutien d'étiage par les aquifères triasiques.

Insistons sur l'absence de mesures de débit sur des affluents de l'Ardèche avec des débits permanents qui signent une relation évidente avec les eaux souterraines : la Ligne, la Baume, l'Auzon et l'Ibie.

Ces considérations conduisent à plusieurs résultats majeurs :

- **Un bassin versant dont les études hydrogéologiques sont de qualité et ciblent toutes les ressources en eau souterraine du territoire ; elles permettent une bonne identification des masses d'eau souterraines et une première approche de leur fonctionnement hydrogéologique.**
- **La nécessité de créer/renforcer le suivi piézométrique dans le bassin versant.** L'absence de piézomètres interdit toute définition rigoureuse d'une gestion quantitative de la ressource en eau. C'est particulièrement vrai pour les aquifères karstiques dont on verra ci-après qu'ils jouent un rôle significatif sur le débit des cours d'eau à l'étiage.
- **L'ensemble du dispositif de suivi des débits d'étiage des cours du bassin versant mériterait d'être repensé au regard du caractère fortement dépendant de ces débits aux restitutions d'eaux souterraines.** Dans sa configuration actuelle, à l'exception du karst urgonien, il ne permet pas de bien quantifier les échanges nappe-rivière.

1.4 QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

METHODOLOGIE POUR L'ANALYSE DE QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

À partir des données extraites de la base de données « Qualité de l'eau » ADES, un premier tri a été effectué en conservant uniquement les points de mesures qualité présents dans le périmètre des communes du bassin versant de l'Ardèche.

À l'aide de leur code BSS, nous avons pu par la suite leur attribuer un nom et les affecter à une masse d'eau grâce au travail préalablement mené sur l'analyse quantitative des points de prélèvement AEP. Certains points de mesures qualité ne correspondant pas à des ouvrages de prélèvements AEP comme des sources non exploitées, nous avons dû rechercher pour chacun leur nature et les attribuer à une masse d'eau précise.



Parmi les différents paramètres analysés, nous en avons retenu 6 relatifs aux substances indésirables présentes dans l'eau :

- Antimoine
- Arsenic
- Nickel
- Plomb
- Hydrocarbures dissous
- Pesticides

Concernant ces paramètres, nous avons dû dans un premier temps établir des seuils pour chacune de ces substances afin de signaler tout dépassement. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur l'arrêté du 11 janvier 2007 « relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine ».

Paramètres	Limites de qualité
Antimoine	5 µg/l
Arsenic	10 µg/l
Nickel	20 µg/l
Plomb	10 µg/l
Hydrocarbures dissous	50 µg/l
Pesticides (par substance individuelle)	0,10 µg/l
Total pesticides	0,50 µg/l

ANALYSES REALISEES

248

L'analyse des données disponibles au niveau des 313 points de mesure de qualité des eaux mène aux observations suivantes.

Concernant la masse d'eau des « Alluvions du Rhône du défilé de Donzère au confluent de la Durance et alluvions de la basse vallée Ardèche » [FRDG382], les principales pollutions rencontrées sont une pollution aux hydrocarbures sur le forage de la Barandonne (Pont-Saint-Esprit) en 2012 et une concentration excessive en Glyphosate sur le puits des Baumasses (Saint-Julien-de-Peyrolas) en 2018.

La masse d'eau des « Formations variées côtes du Rhône rive gardoise » [FRDG518], et plus particulièrement la source du Terrier à Saint-Julien-de-Peyrolas en 2009 et 2010, sont concernées par des concentrations excessives en pesticides, probablement liées à l'activité viticole présente dans le secteur.

Dans la masse d'eau des « Calcaires urgoniens des garrigues du Gard et du Bas-Vivarais dans le BV de l'Ardèche », on retrouve ponctuellement des concentrations excessives en Nickel (forage Orbeire à Lagorce en 2009 et source Panis à Saint-Remèze en 2016), en Plomb (source Le Tiourre à Vallon-Pont-d'Arc en 1997) ou en Glyphosate (source Font Garou à Lagorce en 2012).

Concernant la masse d'eau des « Formations sédimentaires variées de la bordure cévenole (Ardèche, Gard) » [FRDG532], les principales pollutions rencontrées sont une pollution aux hydrocarbures sur le forage des Visites (Saint-Etienne-de-Fontbellon) en 2012 et une concentration excessive en Piperonyl butoxyde (pesticide) sur la source du Bœuf (Salavas) en 2012.

La masse d'eau des « Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes » [FRDG118] est concernée par des concentrations excessives en Plomb sur le puits de Fontaines à Saint-Alban-Auriolles en 1996 et sur le puits du Mazet-Plage à Berrias-et-Casteljau en 2000 et 2002.

Sur la masse d'eau des « Grès Trias ardéchois » [FRDG245], une pollution aux hydrocarbures a été notée sur la source de Rodes à Ailhon en 2011.

La masse d'eau du « Socle cévenols BV de l'Ardèche et de la Cèze » [FRDG607] est principalement concernée par des concentrations excessives en Arsenic et en Plomb sur différents points, liées à la nature géologique des roches de socle. On retrouve aussi ponctuellement des concentrations excessives en pesticides sur certains points de mesure.

Le tableau ci-dessous fait le bilan des principales pollutions des eaux souterraines sur le bassin versant.



Figure 11 : Bilan des principales pollutions dans le bassin versant de l'Ardèche (ADES).

Code Masse d'eau	Nom Masse d'eau	Code INSEE Commune	Nom Commune	Nom Ouvrage	Code Ouvrage	Paramètres indésirables
FRDG382	Alluvions du Rhône du défilé de Donzère au confluent de la Durance et alluvions de la basse vallée Ardèche	30202	Pont-Saint-Esprit	Forage de la Barandonne	08898X0201/BARAND	Teneur en Hydrocarbures dissous supérieure à 50 µg/l (2012)
		30273	Saint-Julien-de-Peyrolas	Puits des Baumasses	08897X0205/DEVOIS	Teneur en Glyphosate (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2018)
FRDG518	Formations variées côtes du Rhône rive gardoise	30242	Saint-Christol-de-Rodières	Captage du Rieu	08897X0207/RIEU	Teneur en Atrazine désisopropyl (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2007)
		30273	Saint-Julien-de-Peyrolas	Source de Fourcoussin	08897X0204/FOURCO	Teneur en Terbutylazine (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2012)
				Source du Terrier	08897X0211/TERIER	Teneur en Simazine (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2010)
						Teneur en Terbutylazine (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2009, 2010)
30290	Saint-Paulet-de-Caisson	Puits Nord de la Cantarele	09134X0227/CANTAR	Somme des pesticides totaux supérieure à 0,5 µg/l (2010)		
FRDG161	Calcaires urgoniens des garrigues du Gard et du Bas-Vivaraïs dans le BV de l'Ardèche	07126	Lagorce	Forage Orbeire F2	08656X0007/F	Teneur en Nickel supérieure à 20 µg/l (2009)
				Source Font Garou	08656X0001/HY	Teneur en Glyphosate (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2012)
		07330	Vallon-Pont-d'Arc	Source Le Tiourre	08892X0017/HY	Teneur en Plomb supérieure à 10 µg/l (1997)
		07291	Saint-Remèze	Source Panis-L'Aiguille	08896X0004/HY	Teneur en Nickel supérieure à 20 µg/l (2016)
FRDG532	Formations sédimentaires variées de la bordure cévenole (Ardèche, Gard)	07231	Saint-Étienne-de-Fontbellon	Forage des Vistes	08651X0027/F1	Teneur en Hydrocarbures dissous supérieure à 50 µg/l (2012)
		07304	Salavas	Source du Bœuf	08891X0005/F2	Teneur en Piperonyl butoxyde (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2012)
FRDG118	Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes	07207	Saint-Alban-Auriolles	Puits des Fontaines	08884X0011/F	Teneur en Plomb supérieure à 10 µg/l (1996)
			Berrias-et-Casteljau	Puits du Mazet - Plage	08883X0038/F	Teneur en Plomb supérieure à 10 µg/l (2000, 2002)
FRDG245	Grès Trias ardéchois	07002	Ailhon	Source de Rodes	08651X0025/HY	Teneur en Hydrocarbures dissous supérieure à 50 µg/l (2011)
FRDG607	Socle cévenol BV de l'Ardèche et de la Cèze	07275	Saint-Mélany	Captage le Charnier	08647X0030/CHARNI	Teneur en Arsenic supérieure à 10 µg/l (2008, 2017)
				Source de la Foulardeyre	08647X0020/S	Teneur en Arsenic supérieure à 10 µg/l (1998, 2005, 2007, 2017)
				Source du Rieu	08647X0037/SC	Teneur en Arsenic supérieure à 10 µg/l (2001)
		07161	Montpezat-sous-Bauzon	Forage le Villaret	08407X0044/F	Teneur en Oxadiazon (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2002)
		07163	Montselgues	Source de la Gourgasse	08645X0010/HY	Teneur en Diuron (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2012)
		07331	Vals-les-Bains	Sources de Sainte Marguerite	08408X0030/HY	Teneur en Plomb supérieure à 10 µg/l (1996)
		48015	Pied-de-Borne	Source de la Mine	08645X0215/MINE	Teneur en Arsenic supérieure à 10 µg/l (1999, 2002, 2005, 2006)
				Source de Penderie	08645X0218/PANDER	Teneur en Plomb supérieure à 10 µg/l (2006)
				Source Les Rivières	08645X0205/LZG133	Teneur en Dichlorprop (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2008)
48119	Prévenchères	Source de Prè Bois	08638X0040/BOIS	Teneur en Diuron (Pesticide) supérieure à 0,1 µg/l (2006)		
						Teneur en Arsenic supérieure à 10 µg/l (2002, 2006, 2007, 2015)

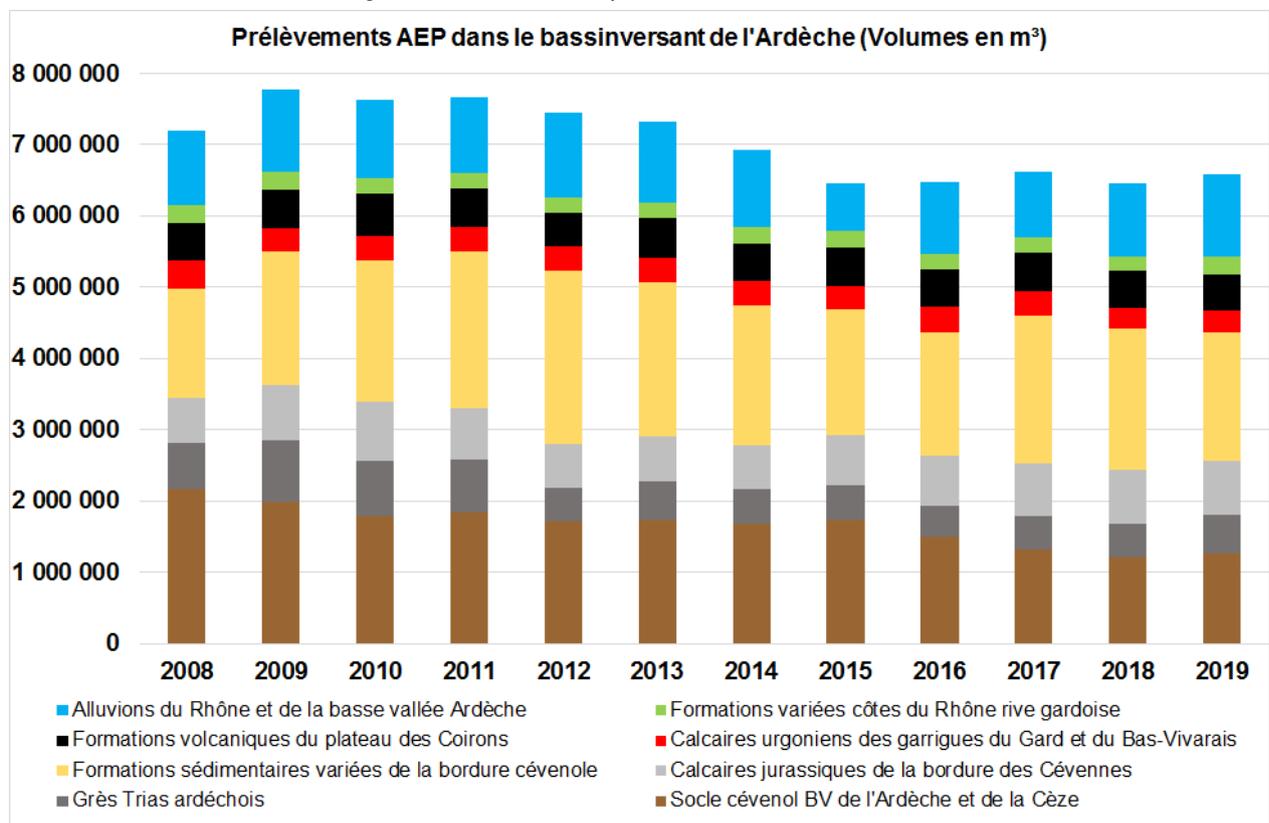
1.5 PRELEVEMENTS SOLLICITANT LES EAUX SOUTERRAINES

PRELEVEMENTS AEP

À partir des données de l'Agence de l'Eau sur les prélèvements AEP 2008-2019 dans le bassin versant de l'Ardèche, nous proposons une estimation des prélèvements AEP masse d'eau par masse d'eau.

Dans le périmètre du bassin versant de l'Ardèche, les données récoltées permettent de recenser plusieurs centaines de points de prélèvements d'eau potable. Ces ouvrages de prélèvement sont cependant très inégalement répartis sur le territoire avec une forte concentration dans les reliefs cévenols. Cette disparité s'explique principalement par la nature des ressources exploitées pour les prélèvements d'eau potable. Dans les Cévennes, on retrouve en grande majorité des petits ouvrages exploitant des ressources très localisées, permettant d'alimenter en eau un village ou un hameau. En aval, les ouvrages moins nombreux représentent en revanche des prélèvements plus importants en quantité.

Figure 12 : Volumes AEP prélevés de 2008 à 2019.

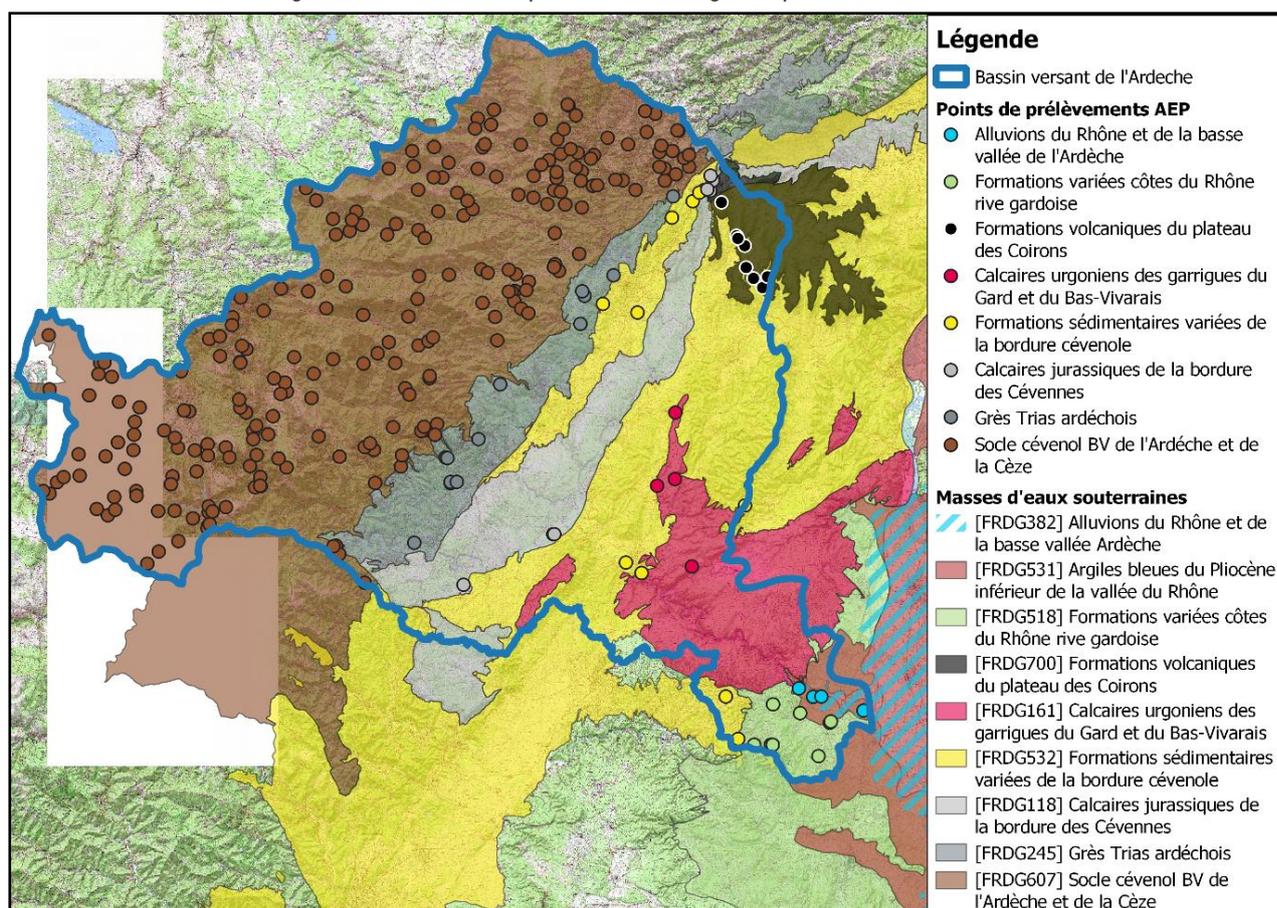


Dans le périmètre du bassin versant de l'Ardèche, le volume total des prélèvements AEP dans les eaux souterraines est de l'ordre de 6 à 8 Millions de m³ par an sur la période 2008-2019. Après une phase d'augmentation des prélèvements sur la période 2008-2012, on observe une tendance à la diminution des volumes prélevés jusqu'en 2018. Sur l'année 2019, ces derniers augmentent légèrement par rapport à l'année précédente.



En 2019, les prélèvements dans la masse d'eau des « Formations sédimentaires variées de la bordure cévenole » [FRDG532] représentent environ 27% des volumes prélevés sur le territoire avec environ 1,8 millions de m³/an ; il s'agit principalement de prélèvements dans les alluvions de l'Ardèche. Les prélèvements dans la masse d'eau du « Socle cévenol BV de l'Ardèche et de la Cèze » [FRDG607] représentent environ 19% des volumes prélevés sur le territoire, avec 1.2 millions de m³/an. Les prélèvements dans les masses d'eau des « Alluvions du Rhône et de la basse vallée Ardèche » [FRDG382] représentent 18% des volumes prélevés sur le territoire, avec environ 1,1 million de m³/an pour chacune de ces masses d'eau.

Figure 13 : Distribution spatiale des ouvrages de prélèvement AEP



Les prélèvements sur les autres masses d'eau sont bien moins importants en quantité, avec des volumes de l'ordre de plusieurs centaines de m³/an, mais tout aussi essentiels pour certains territoires : grès du Trias (8%), formations volcaniques du plateau des Coirons [FRDG700] (8%), Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes [FRDG118] (11%), Calcaires urgoniens des garrigues du Gard et du Bas-Vivarais [FRDG161] (5%), Formations variées côtes du Rhône rive gardoise [FRDG518] (4%).

AUTRES PRELEVEMENTS

Les prélèvements dans les eaux souterraines pour l'usage industriel sont anecdotiques dans le bassin versant (< 200 000 m³/an).

Ils concernent quelques établissements industriels (Usine SABATON, entreprise Charpentier, CEMEX à Labégude,...) mais surtout des établissements thermaux ou des usines d'embouteillage (Thermes de Vals et Neyrac les Bains). En grande majorité (>90%), ces prélèvements sont effectués dans la masse d'eau relative aux formations fissurés de socle (captage et dérivation de sources).

Les prélèvements d'eau souterraine pour l'usage agricole sont aussi très faibles (entre 200 et 300 000 m³/an).

Ils sont principalement destinés à de l'irrigation non gravitaire. Ils intéressent les formations suivantes :

- Alluvions du Rhône (environ 27%).
- Les séries du Crétacé supérieur dans le Val Rhodanien (environ 16%).
- Les formations variées de la bordure cévenole (environ 13%).
- Les grès du Trias (environ 17%).
- Le socle cévenol (environ 27%).

On observe l'absence de prélèvement à usage agricole et industriel dans les karsts jurassiques et urgoniens.

1.6 ANALYSES COMPLEMENTAIRES SUR L'EVOLUTION DE LA RECHARGE AU COURS DES DERNIERES DECENNIES

VOIT-ON DEJA UN IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES FLUX D'ALIMENTATION PAR INFILTRATION DES COURS D'EAU ?

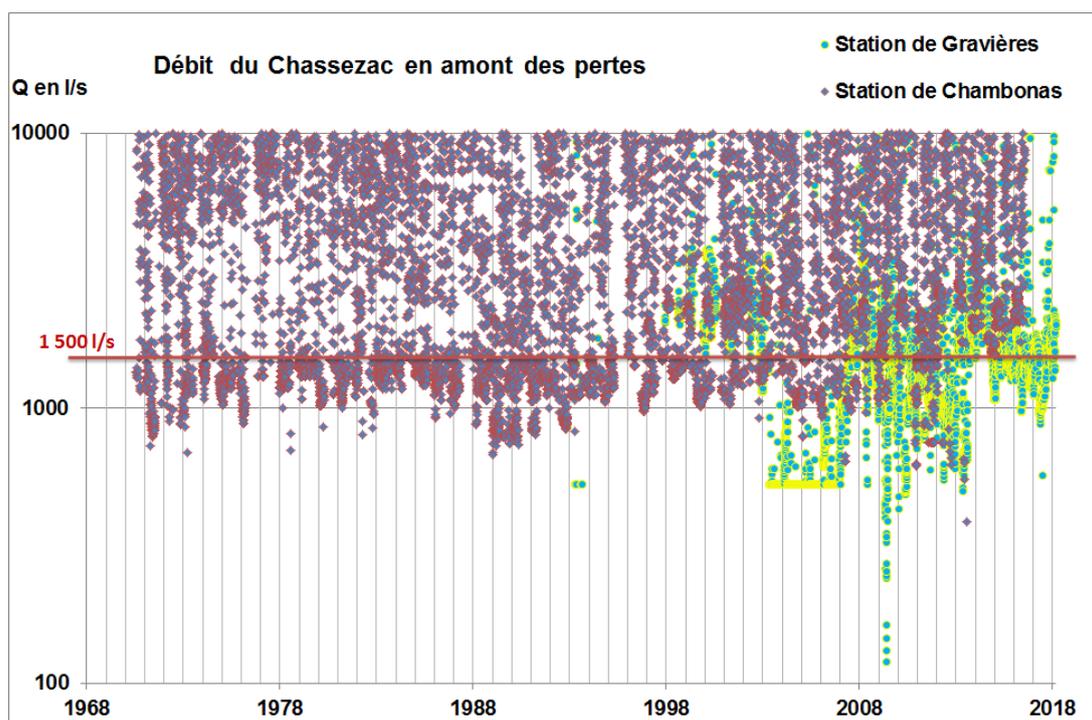
Pour étudier les évolutions passées en termes de dynamiques de recharge par infiltration des cours d'eau au droit de zones de pertes, nous avons choisi d'étudier les chroniques de débits sur les seules stations de Gravières et Chambolas sur le Chassezac. En effet, nous disposons d'une connaissance relativement détaillée des dynamiques de pertes pour le système karstique jurassique drainé par le Chassezac : nous ne disposons par contre pas de ce type de connaissance pour les autres grandes unités karstiques.

Rappelons que le débit d'absorption maximal de ces pertes est estimé à environ 1,5 m³/s. en dessous de cette valeur seuil, le débit d'alimentation du système karstique diminue, ce qui doit logiquement conduire à une baisse plus ou tardive des débits restitués au Chassezac à l'aval, dans le secteur de St Alban sous Sampzon.

Le graphique ci-dessous présente les débits enregistrés sur ces deux stations. Rappelons qu'il s'agit de débits influencés avec une part de régulation importante liée à la gestion des barrages en amont.



Figure 14 : Débits du Chassezac en amont de la zone de pertes de Maison Neuve.



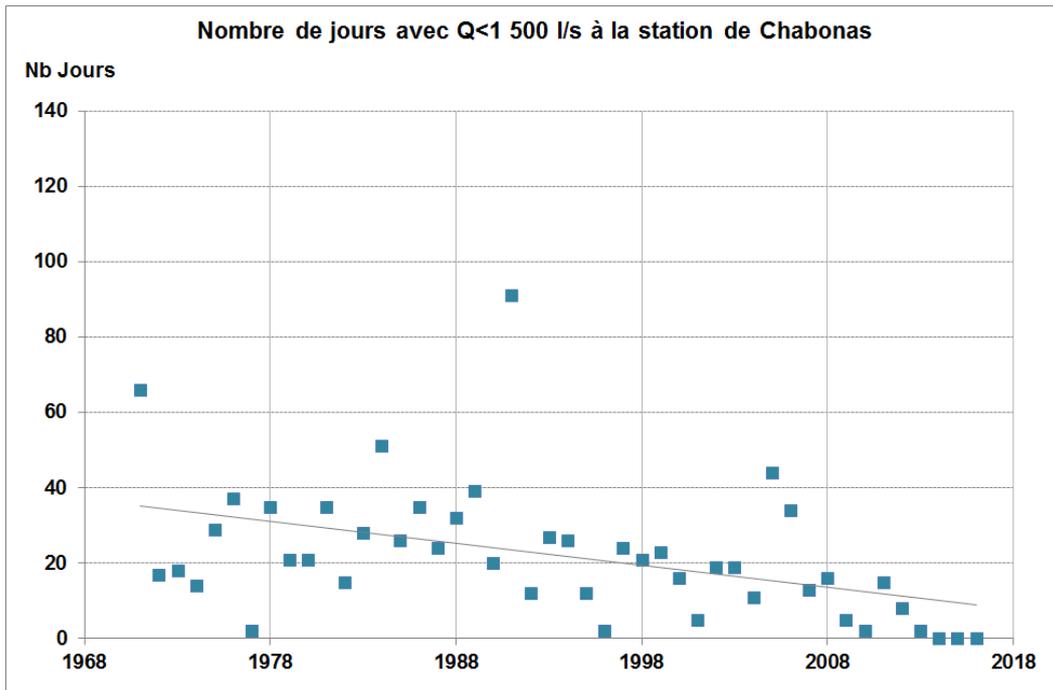
On peut constater des écarts significatifs entre les deux stations, ce qui incite à la prudence quant à l'interprétation directe des valeurs de débit.

Pour étudier la recharge du karst par perte du Chassezac, nous avons donc préféré utilisé un indicateur moins imprécis, à savoir le nombre de jours par an qui sous-passent le débit seuil de 1.5 m³/s en aval du barrage, à la station hydrométrique de Chambonas.

Le graphe ci-dessous montre l'évolution temporelle de cet indicateur. Ces informations sont difficilement exploitable car, si on peut observer une tendance à la diminution de ce nombre de jours, il semble probable qu'elle soit liée à l'évolution des politiques de gestion du barrage de Malarce à l'amont.

L'exploitation des données de débits mesurés n'a ainsi pas permis de conclure quant à l'évolution de l'alimentation des nappes en provenance des cours d'eau.

Figure 15 : Nombre de jours avec un sous-passement de la valeur seuil de 1,5 m³/s à la station de Chambonas.



Annexe 6. Compléments d'information sur les milieux aquatiques et humides

1 ASPECTS METHODOLOGIQUES

L'analyse des impacts possibles du changement climatique sur les milieux naturels et en particuliers aquatiques du bassin passe par trois étapes principales

- Un état des lieux des espèces présentes et de leurs habitats sur le bassin versant
- Une analyse des évolutions passées
- Une réflexion sur les évolutions possibles sous l'effet du changement climatique.

ETAPE 1 : ETAT DE REFERENCE : HABITATS ET ESPECES PRESENTS ACTUELLEMENT SUR L'AIRES D'ETUDE

L'établissement d'un état de référence à l'échelle de bassin versant est un exercice difficile au regard de la disponibilité des données d'habitats naturels et de localisation d'espèces.

Aucune cartographie des habitats naturels couvrant l'ensemble de l'aire d'étude n'existe à ce jour ; l'état des lieux général a donc été réalisé à partir de la couche d'occupation du sol de Théia de 2019. Cependant, nous disposons des cartographies d'habitats de l'ensemble des sites Natura 2000 du territoire.

Les sites Natura 2000 couvrent une surface de 383 km² sur le bassin versant, soit 6,2% de celui-ci. De nature très variées, ils représentent les milieux naturels les plus exceptionnels du territoire, sur une grande surface, avec des milieux terrestres, humides et aquatiques. L'analyse de l'état des lieux en termes d'habitats naturels sera donc faite sur les habitats présents au sein des sites Natura 2000, seule donnée suffisamment précise à notre disposition, mais jugée assez représentative de la diversité de milieux que l'on peut rencontrer sur le bassin versant.

Concernant les espèces, l'état des lieux actuel sera basé sur plusieurs types de données agrégées dans ce rapport : données de l'INPN, informations renseignées dans les fiches des sites Natura 2000, données et informations partagées par différents organismes comme le CEN Ardèche ou la Fédération de Pêche de l'Ardèche.

Les données disponibles mises à dispositions ne couvrent pas l'ensemble du territoire et ne sont que partielles. Elles peuvent ainsi être considérées comme fiables mais non exhaustives.

ETAPE 2 : ANALYSE DES EVOLUTIONS PASSEES

L'analyse de l'évolution de l'occupation des sols a été réalisée grâce à la base de données géographique CORINE Land Cover (CLC) issue de l'interprétation visuelle d'images satellitaires. Les données restent peu précises mais elles sont disponibles pour les années 1990, 2000, 2006, 2012 et 2018.

Aucune autre donnée d'occupation du sol vectorisée remontant plusieurs années en arrière n'existant, Corine Land Cover reste le meilleur moyen de réaliser une rétrospective sur les évolutions de l'occupation du sol sur un territoire.

Concernant les espèces, sont évoqués les résultats du programme de Vigie Nature « STOC » et des informations à dire d'expert transmises par la Fédération de Pêche.

Thermie : aucune donnée précise concernant la thermie des cours d'eau n'a pu être récupérée. Les organismes suivants ont été consultés : le Conservatoire des Espaces Naturels d'Ardèche, l'Office Français de la Biodiversité et la Fédération de Pêche de l'Ardèche. Seule cette dernière a pu transmettre des données, mais uniquement sur l'année 2018. Une seule année de mesure n'a pas permis d'analyser l'évolution passée, l'état des lieux actuels ou encore de faire une projection de l'évolution.

ETAPE 3 : EVOLUTION DES HABITATS NATURELS (ET DES HABITATS D'ESPECES)

Le travail s'est appuyé sur le projet « EXPLORE 2070 » qui a pour objectif « d'évaluer la vulnérabilité de zones humides et de leurs services écosystémiques vis-à-vis des changements climatiques ».

La réflexion sur l'évolution des habitats naturels à l'horizon 2050 s'est appuyée sur :

- Les résultats de l'étape 1 et notamment l'assemblage des données récoltées via les consultations ou celles directement transmises par le maître d'ouvrage ;
- les recherches bibliographiques citées dans les ressources bibliographiques ;
- Le travail de prospective réalisé par les partenaires du groupement, sur notamment l'évolution des températures, de la pluviométrie, ou encore l'hydromorphologie des cours d'eau du bassin versant.

Les incertitudes sur l'évolution du climat et la réaction des milieux naturels en conséquence est difficile à évaluer car elle est toujours multifactorielle. La projection proposée est donc basée sur le dire d'expert, éclairée par des études scientifiques amont sur l'existant, et des données bibliographiques sur le prévisionnel attendu.

2 PRECISIONS SUR LE CONTEXTE ECOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT ET SA VULNERABILITE AUX IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

2.1 TRAME VERTE ET BLEUE

La Trame verte et bleue d'importance régionale du bassin versant de l'Ardèche a été analysée à travers le SRADDET (Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires) de la Région Auvergne-Rhône-Alpes, et à partir des données du SRCE (Schéma régional de cohérence écologique) du Languedoc-Roussillon (voir carte suivante).

Le territoire du Bassin Versant de l'Ardèche présente une Trame Verte et Bleue globalement très bien conservée, avec de larges continuités qui relient de nombreux réservoirs écologiques.

Le Tableau 1 ci-dessous présente les surfaces de réservoirs de biodiversité et espaces perméables qui sont présents sur le territoire du bassin versant de l'Ardèche.

Tableau 1 : Réservoirs de biodiversité et espaces perméables dans le bassin versant de l'Ardèche

TYPE	SURFACE (HA)	PART DES SURFACES PAR RAPPORT AU TERRITOIRE (%)
Réservoir de biodiversité		
Boisé	58 265,13	24,5
Ouvert	2 605,94	1,1
Humide	7 586,32	3,2
TOTAL	68 457,39	28,8
Espaces perméables		
<i>Le SRCE LR ne renseigne pas cette typologie dans sa cartographie, les chiffres présentés ci-dessous sont donc sous-estimés car il manque les parties gardoises et lozériennes</i>		
Espaces perméables liés aux milieux terrestres	112 899,97	58,3
Espaces perméables liés aux milieux aquatiques	34 603,64	17,9
TOTAL	147 503,61	76,1

Trame verte

La trame verte du bassin versant de l'Ardèche est globalement présente sur tout le territoire, tant les milieux retrouvés présentent une grande qualité pour la faune et la flore. Les zones à plus fort intérêt écologiques, les « réservoirs de biodiversité » sont également bien répartis sur le bassin versant. On y retrouve notamment un grand espace traversant le territoire sud-ouest/nord est, avec le Bois de Païolive, la vallée de Chassezac, la moyenne vallée de l'Ardèche, jusqu'à un ensemble de petits reliefs situés en tête de bassin versant (Roche de Luchon, Serre de Châtillon, la Cheaune, le Couguiolet...). Les milieux à l'extrémité nord-ouest du territoire sont également considéré comme des réservoirs, en tête de bassin versant aussi, au niveau du Plateau de Montselgues et de la Vallée de la Beaume et de la Drobie. De manière générale, les milieux liés à l'Ardèche participent à la qualité générale des continuités sur le bassin. Sur la partie lozérienne et gardoise, on retrouve respectivement le Mont Lozère et la Forêt de Valbonne, qui jouent également un rôle majeur dans trame verte du territoire.

Concernant les continuités terrestres, les espaces urbanisés et les axes de déplacement constituent des obstacles au déplacement de la faune, sans qu'ils soient toutefois majeurs ou problématique sur le territoire.

Trame bleue

L'eau est présente en tout point sur le territoire, avec un chevelu très dense de cours d'eau aux profils variés, allant du petit ruisseau temporaire en tête de bassin jusqu'à l'Ardèche, axe structurant de la Trame Bleue.

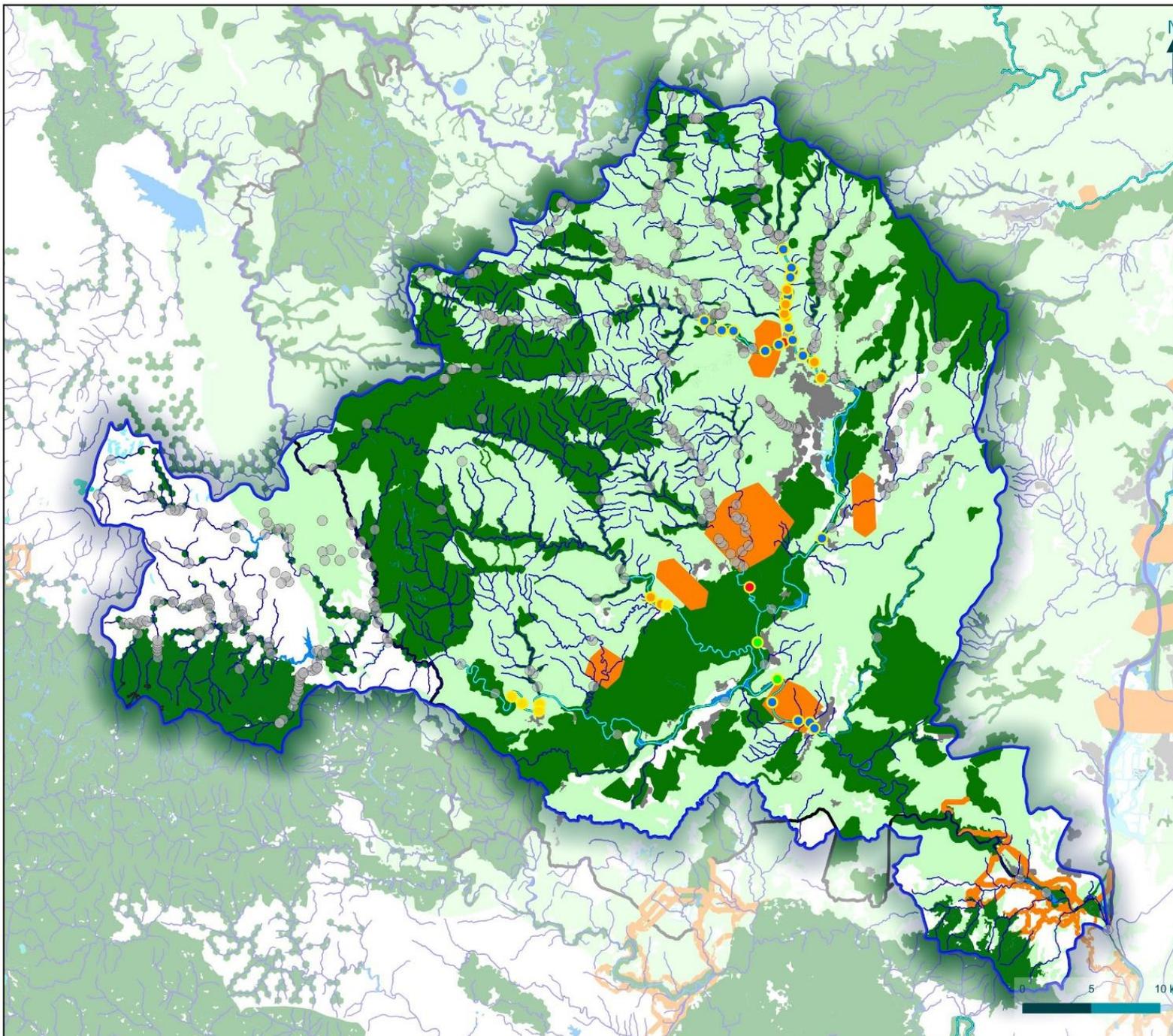
On retrouve sur ces cours d'eau de **nombreux obstacles** (base de données du Référentiel des Obstacles à l'Écoulement – ORE // près de 250 ouvrages constituant un obstacle partiel ou total d'après le SAGE) disséminés sur l'ensemble du territoire. Ce sont pour la plupart des absences de passe sur des barrages, canalisations, structures liées aux réseaux électriques ou réseaux routiers, passages à gué, prises d'eau, usines...

Parmi ces obstacles, **37 sont jugés prioritaires** car situés sur un cours d'eau classé en liste 2 et doivent donc garantir la continuité écologique. 20 de ces ouvrages sont considérés comme conformes à la réglementation soit parce qu'ils sont équipés en un dispositif de franchissement piscicole, soit parce qu'un équipement de montaison n'est pas exigé (cas d'une partie de la Volane). Des passes ont été construites à plusieurs endroits dans le cadre du contrat de rivière 2007-2014, notamment au niveau du seuil de Lanas à St Maurice d'Ardèche, du barrage dit « de Gos » à Vallon Pont d'Arc, ainsi qu'au seuil de Vallon Pont d'Arc à Salavas. Les constructions de passes à poissons réalisées depuis le second contrat de rivière Ardèche ont permis de décloisonner près de 48 km depuis la confluence avec le Rhône. La réalisation prochaine de passes à poissons sur les seuils de Sous Roche et Brasseries sur la commune de Ruoms permettra de libérer près de 40 km de rivière supplémentaires pour les poissons migrateurs.

Il reste donc au moins 17 ouvrages qui doivent faire l'objet d'une restauration de la continuité écologique, dont :

- 2 ouvrages sur lesquels les travaux ont été validés par l'administration et vont donc être engagés ;
- 8 ouvrages pour lesquels un dossier a été déposé et est en cours d'instruction ;
- 5 qui font l'objet d'études en cours ;
- 2 pour lesquels les démarches ne sont pas encore engagées.

Le bassin versant de l'Ardèche jouit globalement d'une nature bien préservée aux **continuités écologiques fonctionnelles**, notamment au niveau de sa trame « verte ». La trame bleue est toutefois plus perturbée, avec la présence de nombreux ouvrages hydroélectriques ou seuils, qui en plus de potentiellement constituer une barrière physique aux continuités, influent sur les débits retrouvés dans les cours d'eau. Les débits observés de la rivière Ardèche sont d'ailleurs entièrement artificiels et imputables aux régulations effectuées au niveau de ces ouvrages.



Trame verte et bleue et des fonctionnalités écologiques

Ardèche 2050 : élaboration d'une stratégie d'adaptation aux changements climatiques

Trame bleue

- Réservoirs de biodiversité humides
- Zones humides
- Cours d'eau de la trame bleue (la quasi totalité est en liste 1)
- Cours d'eau classés en liste 2

Trame verte

- Réservoirs de biodiversité boisés, ouverts, et autres
- Corridors surfaciques
- Espaces perméables

Obstacles aux continuités

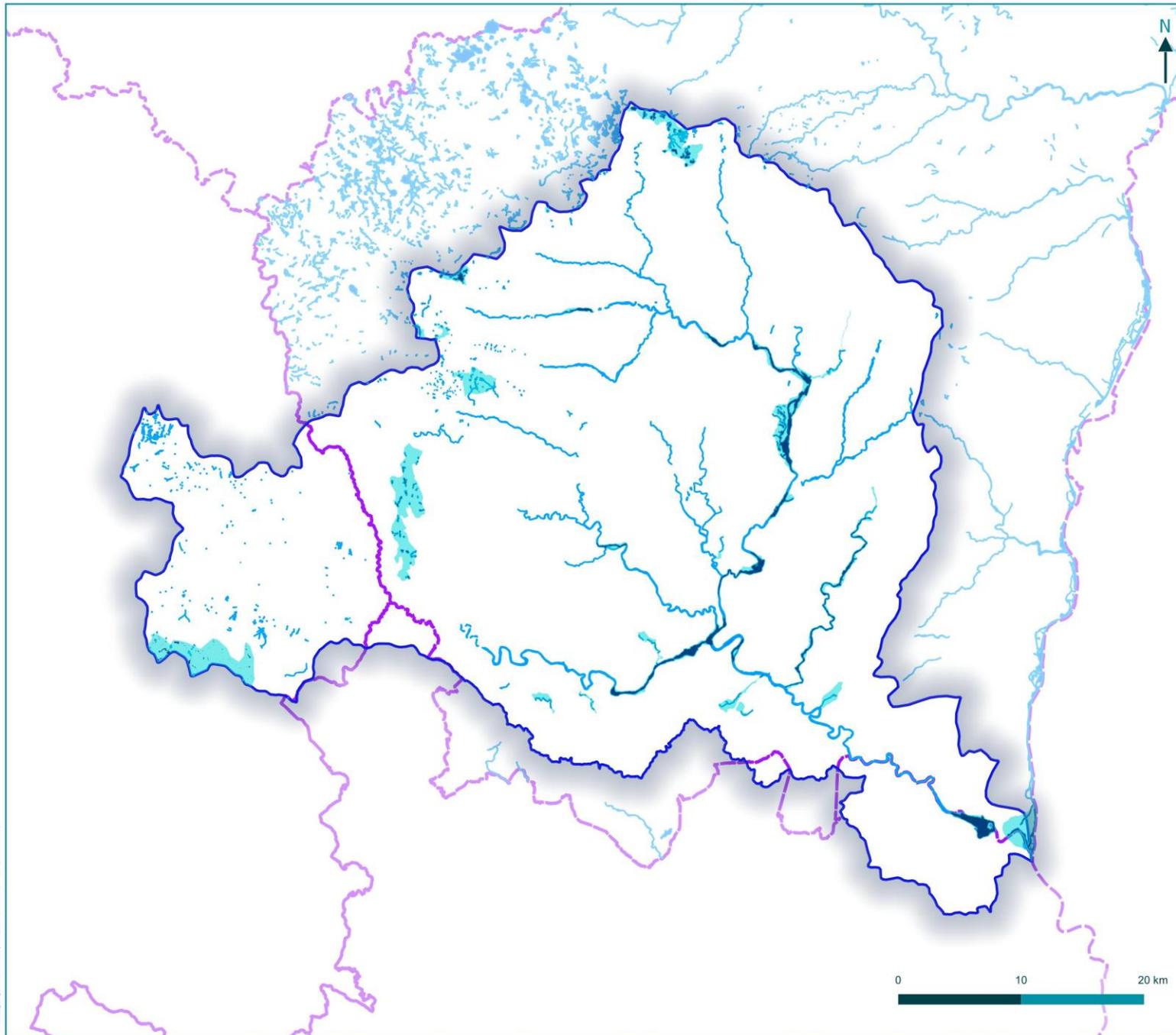
- Zones artificialisées
- Obstacles à l'écoulement

Obstacles prioritaires pour la mise en oeuvre d'actions

- Conforme (20)
- En attente travaux (2)
- En cours d'instruction (8)
- Etude en cours (8)
- A engager (2)

- Bassin versant de l'Ardèche

0 5 10 km



Zones humides du bassin versant de l'Ardèche

Ardèche 2050 : élaboration d'une
stratégie d'adaptation aux changements
climatiques

- Zones humides
 - Zones humides majeures du SAGE
 - Espace de fonctionnalité des zones humides majeures du SAGE
- Périmètres**
- Bassin versant de l'Ardèche
 - Limites départementales

2.2 ZONAGES ENVIRONNEMENTAUX

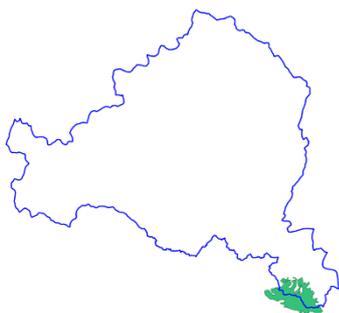
Le bassin versant de l'Ardèche compte de nombreux zonages environnementaux :

- 20 zonages du patrimoine naturel règlementaire sont présents sur le bassin versant de l'Ardèche :
 - 2 Zone de Protection Spéciale (ZPS) désignée au titre de la directive européenne 2009/147/CE « Oiseaux » ;
 - 3 Sites d'Importance Communautaire (SIC) et 9 Zones Spéciales de Conservation (ZSC) désignés au titre de la directive européenne 92/43/CEE « Habitats / faune / flore ».
 - 1 Parc Naturel National et son aire d'adhésion ;
 - 1 Parc Naturel Régional ;
 - 1 Réserve Naturelle Nationale ;
 - 3 Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope
- 118 zonages d'inventaire du patrimoine naturel sont présents sur le bassin versant :
 - 115 Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF), dont 22 de type II et 93 de type I ;
 - 3 Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO).

Comme expliqué dans la méthodologie, seuls les sites Natura 2000 sont développés ici. Ce sont en effet les zonages avec la bibliographie la plus abondante, qui permettent ainsi de présenter la diversité des milieux et espèces à enjeux du bassin versant.

Seule une description des sites Natura 2000 abritant des habitats humides et/ou aquatiques est présentée ci-dessous. Sont notés en **gras** les espèces patrimoniales en lien avec ces milieux. Ainsi, il sera plus aisé de spatialiser les enjeux et les menaces dans la suite de l'étude.

FR9101398 – ZSC Forêt de Valbonne



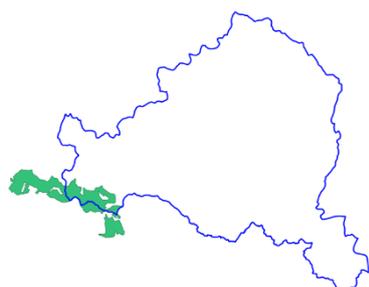
Milieu boisé jouissant d'une protection très ancienne ayant permis le maintien de formations forestières remarquables.

Cette forêt est d'une très grande richesse écologique : on y recense plus d'une dizaine d'espèces d'orchidées, de nombreux reptiles et amphibiens, oiseaux etc., ainsi qu'une végétation très diversifiée qui permet à la faune de trouver refuge et nourriture.

De nombreuses **sources** y sont recensées, alimentant des petits cours d'eau rejoignant l'Ardèche. **L'écrevisse à pattes blanches** y est présente.

Vulnérabilité : Aucune menace de peser actuellement sur ce site.

FR9101361 – ZSC Mont Lozère



Le Mont Lozère est retenu pour la présence de plusieurs espèces et milieux qui trouvent là leur seule localité entre les Alpes et les Pyrénées. Il y existe un fort contraste entre les pelouses ventées et les milieux humides et tourbeux des dépressions (têtes de bassin, replats), que le nom de « **montagne sèche aux mille tourbières** » reflète bien. Plusieurs petits cours d'eau y trouvent leur source, et la **Loutre** y est présente.

Vulnérabilité : Malgré une dynamique localement forte de fermeture des milieux par les pins et les bouleaux, les activités agropastorales permettent un maintien satisfaisant des formations de pelouses et des milieux ouverts en général.

FR8201656 - ZSC Bois de Païolive et basse vallée du Chassezac



Le Chassezac est une rivière méditerranéenne permanente, qui alimente un ensemble d'écosystèmes humides : grèves, plages plus ou moins végétalisées, formations herbacées riveraines, forêt alluviale (ripisylve). Ces milieux aquatiques, et particulièrement la lône de Saint-Alban, sont riches d'une faune très diversifiée : amphibiens, poissons (dont l'Apron du Rhône), Castor, Loutre, Cistude...

- Richesse exceptionnelle en insectes (**libellules**, papillons...), et en particulier en coléoptères saproxylophages.

- Faune cavernicole très riche, notamment plusieurs espèces

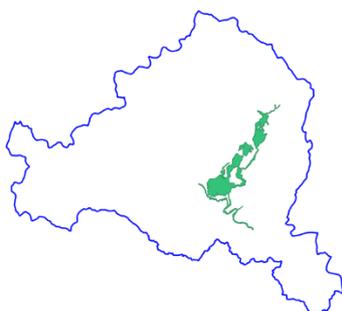
de chauves-souris. Sept espèces de chiroptères d'intérêt communautaire ont été notées sur ce site.

- **Le Castor est relativement abondant ;**
- **La population de Loutres est très vulnérable, mais semble en expansion sur le bassin versant de la rivière Ardèche.**
- **Cistude d'Europe présente mais très rare.**
- **Six espèces de poisson d'intérêt communautaire ont été recensées sur le secteur.**
- La flore est exceptionnelle, avec plusieurs espèces rares ou menacées et protégées, notamment dans les milieux rupestres, clairières et lisières, ruisseaux et mares temporaires.

Le climat étant de type méditerranéen, le régime hydrique du Chassezac serait caractérisé par un **étiage marqué et d'importantes crues d'automne (régime cévenol)**, mais la régulation du barrage de Villefort permet de maintenir un débit artificiellement élevé en été. Le caractère karstique de ce plateau calcaire accentue les effets de la sécheresse estivale sur la végétation de garrigue.

Vulnérabilité : difficulté du maintien d'un pastoralisme extensif, consommation de l'eau, tourisme, régulation artificielle du régime hydraulique.

FR8201657 ZSC - Vallée moyenne de l'Ardèche et ses affluents



- Présence de plusieurs poissons patrimoniaux : **Apron du Rhône** (*Zingel asper*), poisson endémique du bassin du Rhône, dont la population mondiale est faible et qui est bien représenté sur l'Ardèche ; **Barbeau méridional** (*Barbus meridionalis*) ; Blageon (*Leuciscus souffia*), et un fort potentiel de présence pour **l'Alose feinte** (*Alosa fallax*).

- Site important pour le gîte et l'alimentation des chiroptères, et notamment pour le Minoptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersi*), qui de par la présence d'importantes population, fait de la moyenne vallée de l'Ardèche un site majeur pour l'espèce.

- Présence d'espèces d'insectes patrimoniales telles que la **Cordulie splendide** (*Macromia splendens*) ou le **Gomphe à cercoïdes fourchus** ou **Gomphe de Graslin** (*Gomphus graslinii*), La bonne potentialité d'habitats pour le Lucane cerf-volant (*Lucanus cervus*) et le Grand capricorne (*Cerambyx cerdo*) permet de supposer une bonne représentativité de ces espèces, dont les populations sont difficiles à évaluer à l'heure actuelle.
- Enfin, le niveau d'enjeu du site est également élevé pour la **Loutre** (*Lutra lutra*) et le **Castor d'Europe** (*Castor fiber*), espèces emblématiques du secteur. Au-delà d'un lieu de vie, le site peut constituer un axe de recolonisation important pour des espaces situés plus au nord ou à l'est.

Vulnérabilité : Fragmentation des habitats (artificialisation)

FR8201660 ZSC - Plateau de Montselgues



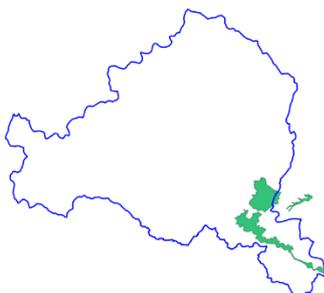
Le site comporte de nombreuses prairies (dont des **prairies humides**) et pelouses d'une richesse écologique importante, ainsi que de nombreuses **tourbières à sphaignes, avec leur flore patrimoniale** associée.

Les **forêts humides, comme les aulnaies ou les saulaies**, bien que peu communes sur le site, présentent un fort intérêt patrimonial intrinsèque. Les forêts sèches, notamment les châtaigneraies, sont, quant à elles, beaucoup plus présentes et intéressantes vis-à-vis de la faune saproxylique et cavernicole.

- On trouve ainsi **plusieurs espèces de libellules**, dont cinq figurent sur la Liste Rouge régionale et une est inscrite au Livre Rouge de la Faune d'Europe sous le statut "Vulnérable" : Aeschne paisible (*Boyeria irene*).
- Présence du **Castor d'Europe** et de la **Loutre**
- Trois espèces **d'amphibiens** : l'Alyte accoucheur, le Crapaud calamite et la Grenouille agile
- Plusieurs espèces de lépidoptères patrimoniaux.

Vulnérabilité : les brûlages répétés trop fréquemment favorisent l'installation uniforme de la Fougère aigle et stérilisent le milieu tant au niveau agricole qu'écologique ; pression de pâturage, déprise agricole, drainage (tourbière)

FR8201654 ZSC - Basse Ardèche urgonienne



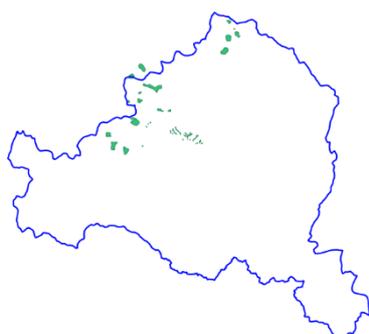
Beaucoup de milieux différents sont représentés sur ce vaste site : pelouses, chênaies vertes et chênaies pubescentes, landes, prairies humides, petits ruisseaux intermittents...

- Le site comporte un **écosystème aquatique remarquable**, au fonctionnement peu altéré (rare en milieu méditerranéen), important pour les espèces de **poissons** de l'annexe II de la directive Habitats.
- Ce site est très riche en espèces de plantes, insectes, reptiles et amphibiens. De nombreuses espèces méditerranéennes trouvent là leur limite nord d'aire de répartition.
- La forêt de Bois Sauvage, essentiellement domaniale, est d'une grande richesse entomologique.
- La **rivière Ardèche**, ses affluents et les secteurs alentours représentent un réel corridor biologique pour certaines espèces de la faune et de la flore, et notamment les poissons tels que les **Aloses feintes, l'Apron, les Anguilles et même la Lamproie de Planer**.

- C'est également un corridor biologique pour d'autres espèces : **odonates**, **Castor**, **Loutre**...
- La faune cavernicole (dont les chauves-souris) y est exceptionnelle.

Vulnérabilité : déprise agricole, pollution aquatique, consommation de l'eau, tourisme.

FR8201670 ZSC - Cévennes ardéchoises

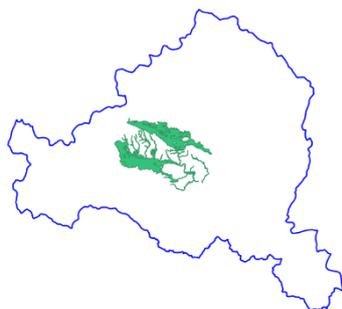


Le site Natura 2000 « Cévennes ardéchoises » est un ensemble de petits sites non contigus présents au nord du bassin versant. La majorité des habitats ardéchois y sont représentés, dont beaucoup sont reconnus par la directive.

- Présence du **Castor d'Europe** et de la **Loutre**
- Présence du **Sonneur à ventre jaune**
- Présence de plusieurs **poissons patrimoniaux** : Barbeau méridional, l'Apron du Rhône, le Chabot, le Blageon et le Toxostome
- Présence de l'Ecrevisse à pattes blanches

Vulnérabilité : Difficulté du maintien des pratiques agricoles (pâturage) dans les zones ouvertes. Qualité de l'eau et gestion raisonnée de cours d'eau actuellement non-aménagés. Maintien des pratiques sylvicoles actuelles.

FR8202007 pSIC - Vallées de la Beaume et de la Drobie



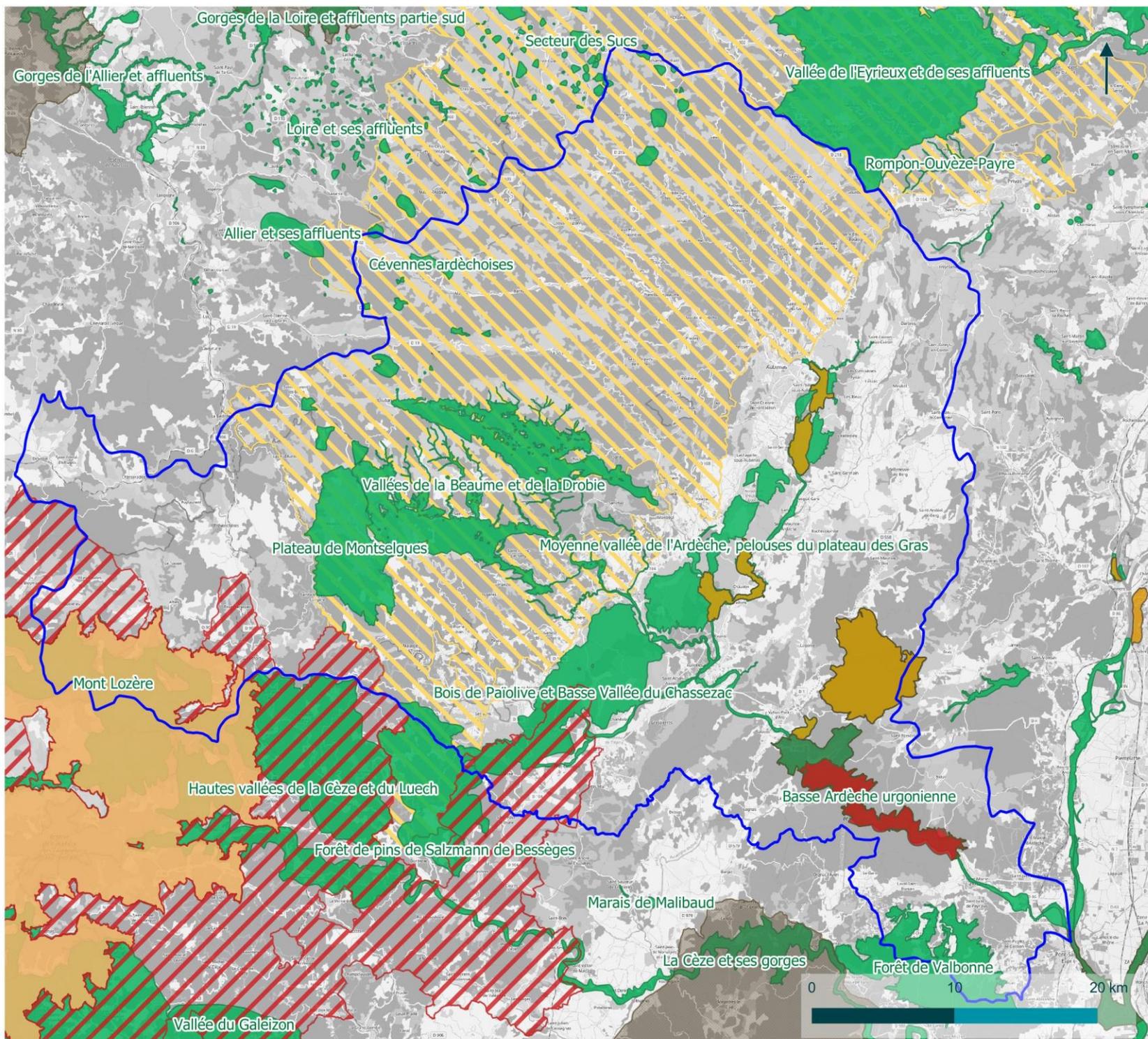
La diversité géologique, climatique et topographique qui marque le site s'exprime dans la richesse et la qualité des milieux naturels représentés. Ainsi 26 habitats d'intérêt communautaire dont 4 sont reconnus d'intérêt communautaire prioritaire couvrent environ 37% de la superficie du site.

La présence de **rivières préservées** et le contexte climatique favorable entraînent une fréquentation touristique importante et croissante qui s'accompagne de la pratique des activités de loisirs et sports de nature liés aux cours d'eau.

- Présence du **Castor d'Europe** et de la **Loutre**
- Présence de six espèces de **poissons patrimoniaux** : Lamproie de Planer, Barbeau méridional, Apron du Rhône, Chabot, Blageon et le Toxostome.

Vulnérabilité : fréquentation touristique importante induisant des activités de loisirs et de sports nature liés aux cours d'eau

Les cartes suivantes présentent les différents zonages réglementaires sur le bassin versant de l'Ardèche et les zonages d'inventaires.

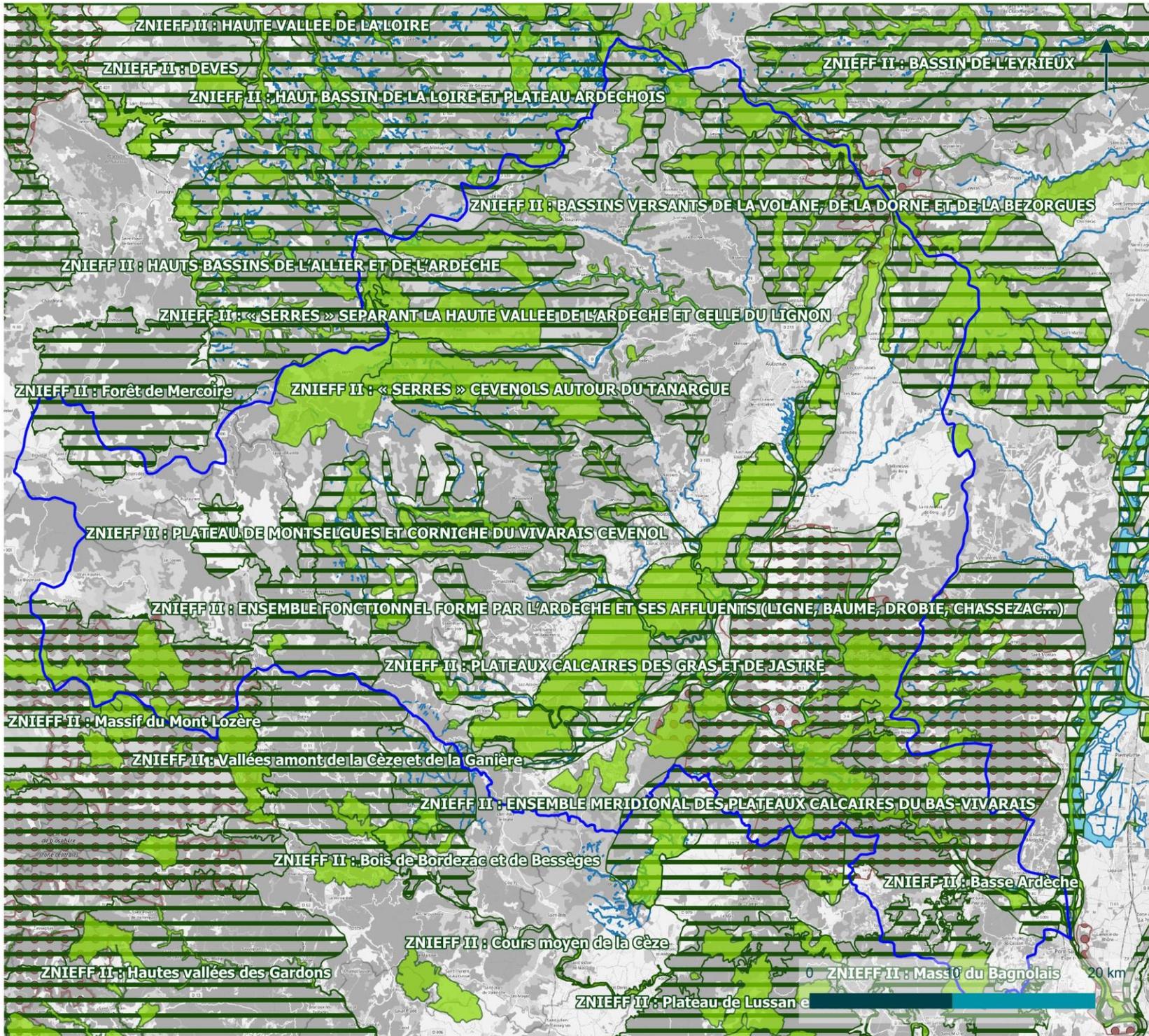


Zonages réglementaires du patrimoine naturel

Ardèche 2050 : élaboration d'une stratégie d'adaptation aux changements climatiques

Zonages nature réglementaires

-  Parc Naturel Régional
-  Arrêté Préf. de Protection de Biotope
- Réserve Naturelle Nationale**
 -  Réserve
- Parc National**
 -  Aire d'adhésion
 -  Coeur de Parc
- Natura 2000**
 -  Directive Oiseaux - ZPS
 -  Directive Habitats - ZSC
-  Bassin versant Ardèche



Zonages d'inventaire du patrimoine naturel

Ardèche 2050 : élaboration d'une stratégie d'adaptation aux changements climatiques

Inventaire : ZNIEFF et ZICO

- ZNIEFF de type 1
- ZNIEFF de type 2
- ZICO

Inventaire Zones humides

- Zone humide
- Bassin versant Ardèche

2.3 ETAT ACTUEL ET VULNERABILITES

Le réchauffement climatique et les activités humaines menacent les écosystèmes. Les modifications apportées par le changement climatique contribuent à la destruction des végétations sensibles. De plus, elles sont accentuées par les activités humaines.

Certains habitats présents sur le territoire sont classés comme habitats d'intérêt communautaire (HIC) d'après l'annexe I de la DHFF. Elles sont par définition en danger de disparition, avec une aire de répartition réduite ou constituant des exemples remarquables propres à une région biogéographique européenne.

Le tableau ci-dessous présente, parmi les HIC du territoire, les différentes zones humides et aquatiques remarquables, ainsi que les menaces pesant sur ces milieux. Un second tableau présente ensuite les espèces végétales patrimoniales typiques de ces milieux ainsi que leurs affinités en fonction de plusieurs paramètres : lumière, température, humidité atmosphérique, humidité édaphique, pH du sol et niveau trophique.

L'objectif est de comprendre leur fonctionnement, leur dynamique, ainsi que les menaces qui pèsent sur eux, et notamment au regard des évolutions pressenties de certains de ces paramètres en lien avec le changement climatique.

Tableau 2 : Caractéristiques des habitats naturels d'intérêt communautaire classés en zones humides

Code N2000	Intitulé de l'habitat	Caractéristiques fonctionnelles	Dynamique naturelle	Menaces
3130	Eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation des <i>Littorelletea uniflorae</i> et/ou des <i>Isoeto-Nanojuncetea</i>	Ce sont des végétations dominées par les plantes annuelles tributaires des variations du niveau d'eau. Elles se développent progressivement et temporairement en fin d'été au moment des chaleurs estivales, lors des périodes d'exondation des berges en pente douce des lacs, des gravières, des étangs et de tous autres pièces d'eau (mares, fossés ...) jusqu'au début de l'automne, avant les pluies d'arrière-saison.	Elle est maintenue par la persistance des perturbations (cycle saisonnier d'inondation et d'exondation, érosion, piétinement modéré). Par exemple, en cas de stabilisation des niveaux d'eau (absence de perturbation), la végétation disparaît rapidement au profit des pelouses amphibies vivaces.	En cas de pollution ou d'eutrophisation, elles sont remplacées par des pelouses amphibies de hautes annuelles eutrophiles. La régulation forte du débit des eaux fait disparaître les milieux temporairement humides au cours de l'année. Le piétinement excessif pèse également une menace forte sur ce genre de milieux.
3170	Mares temporaires méditerranéennes	Les mares temporaires méditerranéennes occupent des dépressions souvent endoréiques (qui n'a pas de relation directe avec la mer et qui est donc uniquement un lieu d'évaporation), tels que des cuvettes, des ornières, des ruisseaux temporaires ou encore des berges d'étangs et de mares. L'alimentation en eau se fait directement par les pluies, ou indirectement par les apports du bassin versant (ruissellement), et éventuellement par les eaux souterraines.	Les grandes variabilités inter et intra-annuelles expliquent l'alternance annuelle de différents groupements de végétaux. Le cycle annuel complet de ce milieu (phases aquatique, d'assèchement et terrestre) ne se réalise pas nécessairement chaque année. En effet, lors d'années défavorables les plantes caractéristiques du milieu se maintiennent dans la banque de semences du sol.	L'habitat d'intérêt communautaire est dépendant du régime naturel des eaux, mais aussi du maintien d'une végétation herbacée rase. Par exemple, il est menacé par la modification des activités humaines, comme l'arrêt du pâturage extensif, qui favorise le développement des espèces vivaces plus compétitives.
3250	Rivières permanentes méditerranéennes à <i>Glaucium flavum</i>	C'est une végétation herbacée pionnière qui s'installe sur des amas de graviers et de sables exondés, pauvre en éléments fins et en matière organique, lors des périodes de basses eaux estivales. La végétation s'observe principalement dans les cours d'eau permanents à régime torrentiel.	En l'absence de fortes perturbations (crues marquées), le milieu évolue lentement vers des prairies fluviales, des fourrés rivulaires, puis des peupleraies noires.	L'habitat d'intérêt communautaire est sensible aux modifications hydriques (rectification du lit du cours d'eau) et au maintien de la dynamique des crues (barrages hydroélectriques, endiguements, empiérement des rives), ou encore à la pollution et eutrophisation.
3280	Rivières permanentes méditerranéennes du <i>Paspalo-Agrostidion</i> avec rideaux boisés riverains à <i>Salix</i> et <i>Populus alba</i> / Rivières intermittentes méditerranéennes du <i>Paspalo-Agrostidion</i>	Les prairies fluviales à <i>Paspalum distichum</i> s'observent au bord des grands cours d'eau où elles occupent des dépôts limoneux émergés en été, très enrichis en matière organique désagrégée, mais restant longtemps humides. Elles sont dominées par des espèces annuelles nitrophiles et des espèces rudérales. Le lit de la rivière peut être complètement à sec ou conserver quelques petites étendues d'eau où se développent des plantes aquatiques. En rideau se développe une formation arbustive généralement dominée par le Saule pourpre.	Les rivières méditerranéennes correspondent à un complexe de plusieurs types d'habitats appartenant à des grands types de milieux très différents. Ils sont disposés en ceinture et parfois en relation dynamique. Les prairies fluviales succèdent aux bancs de galets pionniers à <i>Glaucium flavum</i> qui s'ensavent (lié directement ou indirectement aux interventions humaines).	Comme pour les zones humides précédentes, les végétations sont menacées par les modifications hydrauliques, ou encore la pollution et eutrophisation, qui affectent les cours d'eau.



Code N2000	Intitulé de l'habitat	Caractéristiques fonctionnelles	Dynamique naturelle	Menaces
6410	Prairies à <i>Molinia</i> sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux (<i>Molinion-caeruleae</i>) / Prés humides subatlantiques à précontinentaux, montagnards du Massif central et des Pyrénées	Ce sont des prairies hautes à mi-hautes, sur des sols oligotrophes, saturés en eau au printemps et s'asséchant fortement en été. On les rencontre au niveau des ceintures externes des tourbières ou de lacs, les fonds de vallées humides sur alluvions argileux, des pentes suintantes, ou encore sur des replats argileux.	Les prairies à Molinie sont principalement des habitats secondaires (issues du déboisement et du drainage de milieux humides) qui sont maintenues par des pratiques agro-pastorales extensives. En l'absence de gestion, les milieux sont peu à peu piquetés par des arbres et arbustes pionniers. Les prairies peuvent évoluer vers des mégaphorbiaies sur des sols plus riches.	Par abandon de la fauche et du pâturage extensif, le cortège floristique s'appauvrit et le tapis herbacé se déstructure à cause de la dominance des touradons de <i>Molinia caerulea</i> .
6420	Prairies humides méditerranéennes à grandes herbes de <i>Molinio-Holoschoenion</i>	Ce sont des ourlets herbacés élevés hétérogènes associés à des plantes plus basses rampantes ou prostrées. Ce type de prairie s'installe dans des stations bien éclairées, le long des sources, des suintements, des pentes humides à ruisselantes, ou encore des bords de fossés. Les végétations sont inondées ou très humides en hiver et ils subissent en été des périodes d'assèchement temporaires mais fréquents.	Ces formations herbacées semblent posséder une dynamique très lente. Elles peuvent toutefois être colonisées spontanément par des espèces ligneuses.	Les prairies peuvent être maintenues par un pâturage extensif ovin ou bovin, et par une fauche d'entretien avec exportation des produits. Avant tout le contrôle du niveau de la nappe phréatique et de l'hydrologie de surface est nécessaire (drainage des zones humides, recalibrage des fossés, captages des eaux).
6430	Mégaphorbiaies hydrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin	Les mégaphorbiaies sont dominées par de grandes plantes vigoureuses. Les végétations sont donc hautes et denses car les sols frais à humides sont riches en nutriments. Elles se développent le long des cours d'eau, sur les rives des plans d'eau et des fossés, sur les terrasses alluviales basses, ou encore dans les clairières forestières. A l'étage montagnard, les sols sont alimentés par les eaux de percolation.	Les mégaphorbiaies sont des végétations transitoires qui s'installent en lisière, en remplacement provisoire des ripisylves, ou dans les prairies humides à l'abandon. Elles préfigurent l'installation de fourrés arbustifs hygrophiles ou rivulaires, puis des boisements humides ou riverains.	Les végétations sont menacées par l'eutrophisation des eaux et des sols, par l'aménagement des cours d'eau (curage, endiguement), l'urbanisation (drainage des sols. Ces milieux eutrophes sont facilement colonisés par des espèces exotiques envahissantes (Solidages, Renouées asiatiques, Asters américains).
7110*-1	Tourbières hautes actives	La tourbière active est dite "ombrotrophe" car elle se caractérise par une alimentation hydrique issue des précipitations atmosphériques. L'oligotrophie de l'eau qui alimente la tourbière, les basses températures qui y règnent, l'engorgement proche du sol et relativement stable, ainsi que la forte acidité du substrat limite fortement les activités microbiologiques. Les sphaignes constituent alors la grande partie de la biomasse et la tourbe ne peut se dégrader complètement en matière organique utilisable pour des espèces végétales plus compétitives.	Ces tourbières sous la forme de buttes de sphaignes connaissent une lente évolution naturelle. La diminution de l'engorgement du substrat permet l'accumulation d'humus en surface et l'installation de la Molinie. La couverture végétale se densifie jusqu'à l'installation d'une lande ou d'une molinaie, puis de boisement tourbeux.	Les tourbières sont encore fortement dégradées par les activités humaines (évolutions pastorales et sylvicoles, activités liées au tourisme, ruissellement de polluants, ...). De plus, comme d'autres habitats de milieux froids, les tourbières sont particulièrement sensibles au réchauffement climatique.
7120-1	Végétation dégradée des tourbières hautes actives, susceptible de restauration	Cet habitat correspond à des formes de dégradation de la végétation des tourbières hautes actives. La dégradation intervient lors d'un assèchement superficiel de la tourbe à la suite de modifications de l'équilibre hydrique de la tourbière. Cet assèchement plus ou moins prolongé de la masse tourbeuse conduit à une minéralisation du sol plus ou moins poussée.	Le cortège floristique initial sera plus ou moins dénaturé et appauvri, formant des groupements qualifiés de « basaux ». Les tourbières hautes dégradées ont une physionomie tantôt landeuse (Bruyères, Callune, Ajoncs, Airelles...), tantôt herbeuses lorsque la Molinie devient très recouvrante. Les formes les plus dénaturées de cet habitat restent certainement les moliniaies sous la forme de touradons.	Les tourbières hautes dégradées se rencontrent préférentiellement en plaine où les activités anthropiques sont davantage développées.
7140-1	Tourbières de transition et tremblants / Dépressions sur substrats tourbeux du <i>Rhynchosporion</i>	Ce sont des tourbières qui se composent d'un matelas dense de racines enchevêtrées et mêlées à de la matière organique susceptible de flotter sur une masse tourbeuse détrempée à semi-aquatique. Son alimentation hydrique est assurée à la fois par des ruissellements et des infiltrations (minérotrophes), et par des précipitations (ombrotrophes). Les sols possèdent alors une richesse en nutriment différente selon l'importance de ces deux formes d'alimentation hydrique.	Ces tourbières connaissent une lente évolution naturelle car elles occupent les dépressions des tourbières hautes actives. Elles constituent le point de départ de l'édification des buttes de sphaignes.	Ces milieux sont souvent en périphérie des tourbières hautes actives, et ils héritent donc des menaces de ces tourbières.
7220	Sources pétrifiantes avec formation de travertins (<i>Cratoneurion</i>)	Ce sont des végétations fontinales établies le long de suintements sur des parois humides, en bordure de ruisseau, des cascades ou des sources. Les bryophytes sont donc adaptées aux sols détrempés en permanence par une eau fluente, fraîche et saturée en calcaire. La saturation permet la transformation du	La pauvreté en nutriments, l'érosion et l'humidité constante, ainsi que les concrétions sont très restrictives pour la flore vasculaire. Brusquement asséchées, les sources pétrifiantes se transforment en parois sèches et en pelouses fragmentaires peu à peu colonisées.	Les sources sont entièrement dépendantes d'une alimentation hydrique de qualité. Elles sont sensibles à toutes pollutions ou modifications des écoulements plus en amont.

Code N2000	Intitulé de l'habitat	Caractéristiques fonctionnelles	Dynamique naturelle	Menaces
		carbonate de calcium et la formation de concrétions.		
91E0/ 91E0-6/ 91E0-8	Forêts alluviales à <i>Alnus glutinosa</i> et <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>) / Aulnaies-frênaies de rivières à eaux rapides à Stellaire des bois sur alluvions siliceuses / Aulnaies-frênaies à Laïche espacée des petits ruisseaux	Les végétations correspondent à des Saulaies fluviatiles ou à des Aulnaies-Frênaies riveraines. Les Saulaies se rencontrent sur les berges des grandes rivières, au niveau des bras morts et des îlots, au bord des gravières dans le lit majeur, dans des stations fréquemment submergées par des crues de grande ampleur. Les Aulnaies-Frênaies se développent le long des cours d'eau et des sources périodiquement inondées par des simples remontés de nappe ou des crues.	L'endiguement et la rectification des cours d'eau supprime le rajeunissement des boisements et facilite la transformation des forêts alluviales en d'autres types de ripisylves enrichies en essences à bois dur.	Les Saulaies sont par nature des boisements pionniers. Le maintien des crues qui rajeunissent le milieu est donc nécessaire. De nombreux cours d'eau de grandes vallées sont désormais chenalisés avec un débit contrôlé. Les Aulnaies-Frênaies sont également impactées par les modifications hydrauliques, mais aussi par les déboisements. Ces deux boisements humides sont sensibles aux plantes exotiques envahissantes qui les colonisent durablement (<i>Solidago</i> sp., <i>Symphotrichum</i> sp., <i>Reynoutria</i> sp., <i>Buddleja</i> , ...).
92A0	Forêts galeries à <i>Salix alba</i> et <i>Populus alba</i>	Ce sont des forêts alluviales où s'associe des essences à bois dur et à bois tendre (stade d'évolution le plus abouti au sein des forêts alluviales). Elles se développent sur les paliers topographiques bas et moyen du lit majeur des rivières. Elles subissent des crues décennales ou plus régulières là où les cours d'eau n'ont pas été endigués.	La dynamique fluviatile fait partie de leur fonctionnement normal provoquant le redémarrage du processus de colonisation favorable à la biodiversité.	Les endiguements, les barrages, les captages d'eau et les prélèvements pour l'irrigation abaissent les aquifères et limitent le rajeunissement par les crues. Le milieu est également sensible aux espèces végétales exotiques envahissantes.
3150	Lacs eutrophes naturels avec végétation du <i>Magnopotamion</i> ou de l' <i>Hydrocharition</i>	Les végétations sont dominées et structurées par des plantes aquatiques non ou faiblement enracinées. Les herbiers aquatiques se rencontrent dans les pièces d'eaux stagnantes (lacs, étangs et mares). Les pièces d'eau ont habituellement une profondeur faible à moyenne n'excédant pas 2 m. Ils existent des communautés végétales adaptées aux eaux nettement eutrophes et aux eaux moins eutrophiles.	En l'absence de gestion, les pièces d'eau se comblent avec l'accumulation de matières et par la fermeture des berges. La sédimentation favorise les groupements amphibies et l'apparition des héliophytes.	La dégradation de la qualité de l'eau en contexte agricole favorise les espèces poluo-tolérantes dont les élodées. Certains herbiers flottants à la surface de l'eau peuvent priver de lumière les herbiers développés sous l'eau. La gestion traditionnelle des pièces d'eau permet par exemple de limiter le problème du faucardage intensif ou une charge piscicole trop importante.
3160	Lacs et mares dystrophes naturels	L'habitat occupe des dépressions souvent de faibles superficies, en eau peu profonde et s'asséchant parfois en été. Même si elles sont tributaires du niveau de la nappe et des précipitations atmosphériques, elles restent constamment humides. Ces dépressions aquatiques sont très peu minéralisées, particulièrement acides, et parfois colorées de brun orangé par les acides humiques.	La conservation de l'habitat nécessite le maintien du fonctionnement hydrique assurant une lame d'eau de faible épaisseur. Cet-habitat subit le processus d'atterrissement et de comblement naturel des pièces d'eau. La diminution de cette lame d'eau permet l'installation de groupements amphibies.	L'enrichissement trophique (pollution, engrais) et l'abaissement du niveau de la nappe (comblement, assèchement, plantations forestières) menace cet habitat. La gestion doit s'intégrer à l'ensemble du bassin versant et prévoir des zones tampons pour diminuer l'eutrophisation des eaux.
3260	Rivières des étages planitiaire à montagnard avec végétation du <i>Ranunculion fluitantis</i> et du <i>Callitriche-Batrachion</i>	Ce sont le plus souvent des cours d'eau larges et profonds au débit régulier qui charrient d'importantes quantités d'alluvions fines, sables, limons et argiles. Les cours d'eau peuvent présenter un linéaire très varié offrant de multiples faciès dont des anses protégées pour la végétation. Les herbiers aquatiques submergés, rarement exondés sont fortement enracinés dans les sédiments.	Les eaux courantes montrent des variations saisonnières et journalières de températures importantes. Le lit mineur concentre l'écoulement du débit normal. Il se déplace et se modifie continuellement au sein du lit majeur à la faveur du remaniement hydraulique naturel opéré par la rivière.	La plupart des grands cours d'eau ont fait l'objet de travaux hydrauliques conséquents pour réguler leur débit et limiter l'ampleur des crues. Les dragages, les pollutions ont là aussi perturbés les complexes d'habitats.
3290-1	Têtes de rivières et ruisseaux méditerranéens s'asséchant régulièrement ou cours médian en substrat géologique perméable	L'habitat correspond à des cours d'eau assez court et généralement assez pentus. Ils présentent un régime typiquement méditerranéen asséchant (oueds), avec des crues brutales très irrégulières, mais parfois fréquentes (crues cévenoles), entraînant des phénomènes importants d'érosion. La flore et les groupements représentés dans ces milieux et leurs facteurs de distribution sont mal connus.	Une dynamique saisonnière importante est notable, associée aux cycles hydrologique et thermique, avec de très fortes variations hydrologiques pour les secteurs les moins profonds qui s'assèchent en été, et les vasques encore en eau où se développent des proliférations algales. Les fortes crues pouvant arracher une partie des héliophytes qui ont pu coloniser le lit mineur.	La disparition de l'habitat est à craindre due à une hypertrophisation, notamment à l'aval d'agglomérations où l'essentiel du débit peut être assuré par les eaux usées ou les rejets de la station d'épuration. Les milieux sont souvent artificialisés pour lutter contre les crues.



La liste d'espèces végétales présentées ci-dessous correspond aux taxons de zones humides et de milieux aquatiques ayant une valeur paysagère ou écologique. Elles sont représentatives des habitats d'intérêt communautaire cités dans le tableau précédent.

Tableau 3 : Espèces végétales de zones humides et de milieux aquatiques caractéristiques du territoire

Nom scientifique	Famille	Formation végétale	Ecologie	Lumière	Température	Humidité atmosphérique	Humidité édaphique	pH du sol	Niveau trophique
<i>Aconitum lycoctonum</i>	Ranunculaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies montagnardes basophiles	5	3	8	7	7	7
<i>Aconitum napellus</i>	Ranunculaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies montagnardes basophiles	6	5	8	7	8	6
<i>Allium ursinum</i>	Amaryllidaceae	hémicryptophytaie	sous-bois herbacés médio-européens, basophiles, mésohygrophiles à mésohygroclines	4	5	8	7	8	7
<i>Allium victorialis</i>	Amaryllidaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies subalpines à montagnardes, mésohydriques, méso-oligotrophiles, acidophiles, occidentales	8	2	5	5	5	5
<i>Anacamptis coriophora</i>	Orchidaceae	hémicryptophytaie	hémicrypto-géophytaies des tourbières basses médio-européennes à boréo-subalpines, basophiles	7	5	6	6	5	3
<i>Anacamptis laxiflora</i>	Orchidaceae	hémicryptophytaie	prairies hygrophiles fauchées, méditerranéo-atlantiques, glycophiles à subhalophiles	8	7	8	7	7	5
<i>Arabidopsis cebennensis</i>	Brassicaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies boréomontagnardes	6	2	7	6	7	6
<i>Blasmus compressus</i>	Cyperaceae	hémicryptophytaie	prairies hygrophiles mésothermes, surpiétinées	8	5	8	7	7	5
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	Cyperaceae	hémicryptophytaie	roselières et cariçaies submaritimes des vases saumâtres	8	6	8	9	8	6
<i>Butomus umbellatus</i>	Butomaceae	hémicryptophytaie	parvoroselières médio-européennes pionnières	7	5	9	10	7	6
<i>Carex diandra</i>	Cyperaceae	hémicryptophytaie	magnocariçaies oligotrophiles à parvocariçaies des tremblants tourbeux primaires	8	5	9	9	6	2
<i>Carex disticha</i>	Cyperaceae	hémicryptophytaie	prairies hydrophiles psychro-atlantiques à continentales	8	5	8	8	5	5
<i>Carex limosa</i>	Cyperaceae	hémicryptophytaie	magnocariçaies oligotrophiles à parvocariçaies des tremblants tourbeux primaires	8	5	9	9	5	2
<i>Carex melanostachya</i>	Cyperaceae	hémicryptophytaie	magnocariçaies sur sols minéraux, eutrophiles, des zones inondables à nappe mobile horizontalement	8	6	8	8	6	6
<i>Carex pulcaris</i>	Cyperaceae	hémicryptophytaie	hémicrypto-géophytaies des tourbières médio-européennes à boréo-subalpines	8	5	8	8	4	3
<i>Centaurium pulchellum</i>	Gentianaceae	thérophytaie	annuelles des tonsures mésohygrophiles, basophiles	8	6	7	7	6	3
<i>Ceratophyllum submersum</i>	Ceratophyllaceae	thérophytaie	Utriculaires annuelles, libres, flottantes, européennes, oligotrophiles	6	5	9	12	5	5
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	Saxifragaceae	hémicryptophytaie	hémicryptophytaies des sources neutrophiles, planitiaies-collinéennes	4	4	9	8	7	5
<i>Circaea alpina</i>	Onagraceae	hémicryptophytaie	sous-bois herbacés acidophiles, boréomontagnards à centro-européens, psychrophiles	4	3	7	6	3	4
<i>Cirsium rivulare</i>	Asteraceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies boréomontagnardes	7	3	8	7	6	6
<i>Comarum palustre</i>	Rosaceae	hémicryptophytaie	cariçaies des tremblants tourbeux et gouilles holarctiques	7	5	9	9	4	2
<i>Cyperus fuscus</i>	Cyperaceae	thérophytaie	annuelles des tonsures hydrophiles (longuement inondables)	8	5	8	8	5	5
<i>Dactylorhiza traunsteineri</i>	Orchidaceae	hémicryptophytaie	parvocariçaies des tourbières basses centro-européennes à boréomontagnardes, basophiles	8	3	8	8	6	2
<i>Drosera rotundifolia</i>	Droseraceae	hémicryptophytaie	hémicrypto-géophytaies des tourbières holarctiques	8	5	8	8	5	2
<i>Epipactis fibri</i>	Orchidaceae	hémicryptophytaie	ourlets internes et clarières vivaces médio-européennes, eutrophiles, mésohygrophiles	5	5	7	6	6	5
<i>Epipactis palustris</i>	Orchidaceae	hémicryptophytaie	hémicrypto-géophytaies des tourbières basses médio-européennes à boréo-subalpines, basophiles	8	5	8	8	8	2

Nom scientifique	Famille	Formation végétale	Ecologie	Lumière	Température	Humidité atmosphérique	Humidité édaphique	pH du sol	Niveau trophique
<i>Eriophorum vaginatum.</i>	Cyperaceae	hémicryptophytaie	parvocariçaises des tourbières hautes médio-européennes à boréo-subalpines, acidophiles	7	5	8	9	2	1
<i>Euphorbia palustris</i>	Euphorbiaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies planitiaies-collinéennes, mésotrophiles, neutrophiles, centro-européennes	8	5	8	7	8	6
<i>Galanthus nivalis</i>	Asteraceae	hémicryptophytaie	sous-bois herbacés médio-européens, basophiles, mésohygroclines	4	4	8	7	7	6
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	Gentianaceae	hémicryptophytaie	pelouses acidophiles planitiaies-montagnardes, mésohygroclines	7	5	6	7	4	1
<i>Gratiola officinalis</i>	Plantaginaceae	hémicryptophytaie	prairies hydrophiles européennes	8	7	8	8	6	5
<i>Huperzia selago</i>	Lycopodiaceae	parvochaméphytaie	landes acidophiles psychrophiles arctico-alpines à boréo-subalpines	5	3	5	5	2	4
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	Hydrocharitaceae	thérophytaie	associations de plantes aquatiques annuelles, méso-eutrophiles	7	5	9	11	6	6
<i>Hypericum androsaemum</i>	Hypericaceae	hémicryptophytaie	ourlets internes et clairières vivaces médio-européennes, eutrophiles, mésohygroclines	6	6	7	6	5	6
<i>Iberis pinnata</i>	Brassicaceae	thérophytaie	annuelles commensales des moissons basophiles, thermophiles	8	6	4	4	8	7
<i>Inula britannica</i>	Asteraceae	hémicryptophytaie	prairies hydrophiles médio-européennes, mésothermes	8	5	8	8	7	6
<i>Inula helvetica</i>	Asteraceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies eutrophisées, planitiaies, médio-européennes plutôt occidentales	7	3	8	7	7	7
<i>Jacobaea paludosa</i>	Asteraceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies planitiaies-collinéennes, mésotrophiles, neutrophiles	7	4	8	7	7	6
<i>Juncus anceps</i>	Juncaceae	hémicryptophytaie	hémicrypto-géophytaies des tourbières basses médio-européennes à boréo-subalpines, basophiles	8	4	8	8	7	3
<i>Juncus bulbosus</i>	Juncaceae	hémicryptophytaie	parvogéophytaies amphibies exondables, oligotrophiles, laurasiennes	8	6	9	8	4	3
<i>Juncus tenageia</i>	Juncaceae	thérophytaie	annuelles des tonsures hygrophiles à hydrophiles, européennes	8	6	8	7	5	5
<i>Leersia oryzoides</i>	Poaceae	hémicryptophytaie	ressonnières flottantes amphibies, mésothermes	8	6	9	9	5	7
<i>Ligularia sibirica</i>	Asteraceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies boréales à montagnardes, mésoeutrophiles	8	3	8	7	6	6
<i>Lilium martagon</i>	Liliaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies boréales à subalpines	6	2	8	6	7	6
<i>Lindernia palustris</i>	Linderniaceae	thérophytaie	annuelles des tonsures hydrophiles méridionales	9	5	7	8	5	4
<i>Ludwigia palustris</i>	Onagraceae	hémicryptophytaie	parvogéophytaies amphibies exondables, oligotrophiles, atlantiques, planitiaies-collinéennes, acidophiles, des grèves sablonneuses ou tourbeuses	8	6	9	10	4	4
<i>Luzula desvauxii</i>	Juncaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies subalpines, hygrophiles mésotrophiles, acidophiles, des ubacs	7	2	6	6	4	4
<i>Lycopodiella inundata</i>	Lycopodiaceae	hémicryptophytaie	parvocariçaises pionnières sur substrats minéraux oligotrophiles ou tourbes minéralisées (gouilles de cicatrisation)	7	5	8	8	2	1
<i>Lycopodium annotinum</i>	Lycopodiaceae	parvochaméphytaie	landes acidophiles psychrophiles arctico-alpines à boréo-subalpines	3	3	7	6	3	3
<i>Lycopodium clavatum.</i>	Lycopodiaceae	parvochaméphytaie	landes boréocentroeuropéennes à montagnardes	8	4	5	4	2	1
<i>Lysimachia tenella</i>	Primulaceae	hémicryptophytaie	hémicrypto-géophytaies des tourbières médio-européennes à boréo-subalpines	7	6	8	8	5	2
<i>Najas marina</i>	Hydrocharitaceae	thérophytaie	herbiers dulcaquicoles, annuels, enracinés, européens, pionniers d'eaux profondes	5	6	9	12	7	6
<i>Najas minor</i>	Hydrocharitaceae	thérophytaie	herbiers dulcaquicoles, annuels, enracinés, européens, pionniers d'eaux profondes	5	5	9	12	7	4
<i>Neottia cordata</i>	Orchidaceae	hémicryptophytaie	sous-bois herbacés acidophiles, boréomontagnards à centro-européens, psychrophiles	2	3	7	5	2	2
<i>Nymphoides peltata</i>	Menyanthaceae	hémicryptophytaie	herbiers aquatiques, vivaces, enracinés, européens, des eaux	9	5	9	11	6	5



Nom scientifique	Famille	Formation végétale	Ecologie	Lumière	Température	Humidité atmosphérique	Humidité édaphique	pH du sol	Niveau trophique
			douces profondes, eutrophiles à mésotrophiles, planitiaire à collinéen						
<i>Oenanthe peucedanifolia</i>	Apiaceae	hémicryptophytaie	prairies hygrophiles fauchées septentrionales, psychro-atlantiques à centro-européennes	7	6	8	7	4	4
<i>Ophioglossum vulgatum</i> L.	Ophioglossaceae	hémicryptophytaie	moliniaies des prés paratourbeux médio-européens, basophiles	7	5	8	7	7	2
<i>Osmunda regalis</i>	Osmundaceae	hémicryptophytaie	magnocariçaises européennes	4	6	8	8	4	4
<i>Pedicularis palustris</i>	Orobanchaceae	hémicryptophytaie	parvocariçaises et jonçaises des tourbières médio-européennes à boréo-subalpines, acidophiles	8	5	8	8	5	2
<i>Pedicularis sylvatica</i>	Orobanchaceae	hémicryptophytaie	pelouses acidophiles planitiales-montagnardes, mésohygroclines	7	5	6	7	1	2
<i>Petasites albus</i>	Asteraceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies montagnardes d'éboulis fins, mésohydriques, méso-oligotrophiles, basophiles, hémisciaphiles	5	3	7	5	7	6
<i>Poa palustris</i>	Poaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies eutrophisées, planitiales, médio-européennes plutôt occidentales	7	5	8	7	6	6
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Potamogetonaceae	hémicryptophytaie	herbiers aquatiques, vivaces, enracinés, européens, des eaux douces profondes, eutrophiles à mésotrophiles, planitiaire à collinéen	6	5	9	12	6	6
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	Potamogetonaceae	hémicryptophytaie	herbiers aquatiques, vivaces, enracinés, européens, des eaux douces stagnantes, peu profondes, dystrophiles organiques	7	5	9	11	3	3
<i>Pulicaria vulgaris</i>	Asteraceae	thérophytaie	friches annuelles hygrophiles à hydrophiles, eutrophiles pionnières, vasicoles	8	6	7	8	6	8
<i>Radiola linoides</i>	Linaceae	thérophytaie	annuelles des tonsures hygrophiles, psychro-atlantiques	7	6	7	7	4	3
<i>Ranunculus circinatus</i>	Ranunculaceae	hémicryptophytaie	herbiers aquatiques, vivaces, enracinés, européens, des eaux douces profondes, eutrophiles à mésotrophiles, planitiaire à collinéen	7	5	9	12	6	6
<i>Ranunculus ophioglossifolius</i>	Ranunculaceae	thérophytaie	annuelles des tonsures hydrophiles méditerranéo-atlantiques	8	7	8	8	6	7
<i>Ranunculus parviflorus</i>	Ranunculaceae	thérophytaie	ourlets thérophytiques vernaux, nitrophiles, méridionaux, hémisciaphiles à hémihéliophiles	7	7	5	5	6	6
<i>Ranunculus sceleratus</i>	Ranunculaceae	thérophytaie	friches annuelles hygrophiles à hydrophiles, eutrophiles pionnières, vasicoles	8	6	8	9	7	8
<i>Ribes rubrum</i>	Grossulariaceae	nanophanérophytaie	fourrés arbustifs et d'arbrisseaux, planitiales à montagnards, hygrophiles, basophiles, mésotrophiles	4	5	8	7	6	6
<i>Rumex hydrolapathum</i>	Polygonaceae	hémicryptophytaie	roselières amphibies européennes	8	5	8	9	7	7
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Alismataceae	hémicryptophytaie	parvoroselières médio-européennes pionnières	8	5	8	9	6	7
<i>Salix pentandra</i>	Salicaceae	magnophanérophytaie	associations arborescentes pionnières plutôt héliophiles, oligotrophiles, hygrophiles	7	5	9	8	5	4
<i>Samolus valerandi</i>	Primulaceae	hémicryptophytaie	hémicrypto-géophytaies des tourbières basses médio-européennes à boréo-subalpines, basophiles	8	6	8	9	7	4
<i>Schoenoplectus triqueteter</i>	Cyperaceae	hémicryptophytaie	parvoroselières médio-européennes pionnières	8	7	9	9	7	7
<i>Scorzonera humilis</i>	Asteraceae	hémicryptophytaie	jonçaises des prés paratourbeux acidophiles, atlantiques	7	5	8	6	4	4
<i>Sedum rubens</i>	Crassulaceae	thérophytaie	ourlets thérophytiques vernaux, nitrophiles, méso- à subméditerranéens	7	8	3	3	5	3
<i>Sedum villosum</i>	Crassulaceae	hémicryptophytaie	parvocariçaises des tourbières basses médio-européennes à boréo-subalpines, acidophiles, sur sols asphyxiques	8	3	9	9	3	1
<i>Silaum silaus</i>	Apiaceae	hémicryptophytaie	moliniaies des prés paratourbeux médio-européens, basophiles	7	5	8	7	7	3
<i>Silene conica</i>	Caryophyllaceae	thérophytaie	annuelles des tonsures basophiles, sabulicoles, mésohydriques	9	6	3	3	5	3
<i>Silene otites</i>	Caryophyllaceae	hémicryptophytaie	pelouses des sables basophiles, mésohydriques, centro-européennes	8	6	3	3	7	2

Nom scientifique	Famille	Formation végétale	Ecologie	Lumière	Température	Humidité atmosphérique	Humidité édaphique	pH du sol	Niveau trophique
<i>Sisymbrella aspera</i>	Brassicaceae	Inconnue	annuelles des tonsures hygrophiles subméditerranéennes, oligotrophiles	8	8	7	8	6	5
<i>Sparganium emersum</i>	Typhaceae	hémicryptophytaie	parvoroselières médio-européennes pionnières	7	5	9	10	6	7
<i>Spiranthes aestivalis</i>	Orchidaceae	hémicryptophytaie	hémicrypto-géophytaies des tourbières basses médio-européennes à boréo-subalpines, basophiles	9	7	8	8	8	2
<i>Stellaria palustris</i>	Caryophyllaceae	hémicryptophytaie	parvocariçaiques des tourbières basses médio-européennes à boréo-subalpines, acidophiles, sur sols asphyxiques	7	5	8	8	4	2
<i>Streptopus amplexifolius</i>	Liliaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies boréales à subalpines	5	2	8	6	6	6
<i>Tephrosia helenitis</i>	Asteraceae	hémicryptophytaie	moliniaies des prés paratourbeux médio-européens, basophiles	7	5	7	7	7	2
<i>Thalictrum flavum</i>	Ranunculaceae	hémicryptophytaie	mégaphorbiaies planitiaies-collinéennes, mésotrophiles, neutrophiles	7	5	8	7	8	6
<i>Thyselinum palustre</i>	Apiaceae	hémicryptophytaie	magnocariçaiques et roselières tourbeuses mésotrophiles, des eaux stagnantes ou à battement vertical	6	4	9	8	5	5
<i>Utricularia australis</i>	Lentibulariaceae	thérophytaie	Utriculaires annuelles, libres, flottantes, européennes, oligotrophiles	6	6	9	12	5	3
<i>Utricularia vulgaris</i>	Lentibulariaceae	thérophytaie	Utriculaires annuelles, libres, flottantes, européennes, oligotrophiles	6	5	9	12	5	3
<i>Viola elatior</i>	Violaceae	hémicryptophytaie	prairies hygrophiles médio-européennes, mésothermes	8	7	8	8	6	5
<i>Zannichellia palustris</i>	Potamogetonaceae	hémicryptophytaie	herbiers aquatiques vivaces, enracinés, européens, des eaux douces à saumâtres, peu profondes	7	5	9	11	5	6

Lumière	Température (T= température moyenne annuelle)	Humidité atmosphérique	Humidité édaphique	pH du sol	Niveau trophique (surtout anions azotés et phosphatés, puis également cations potassiques)
1 : hypersciaphiles (10 lux)	1 : alpines à nivales, altiméditerranéennes (T≈0°C)	1 : aéroperxérophiles (10%)	1 : hyperxérophiles (sclérophiles, ligneuses microphylls, réviscentes)	1 : hyperacidophiles (3,0<pH<4,0)	1 : hyperoligotrophiles (≈100 µg N/l)
2 : persciaphiles (50 lux)	2 : subalpines, oroméditerranéennes (T≈5°C)	2 : aéroxérophiles (20%)	2 : perxérophiles (caulocrassulescentes subaphylles, coussinets)	2 : peracidophiles (4,0<pH<4,5)	2 : peroligotrophiles (≈200 µg N/l)
3 : sciaphiles (100 lux)	3 : montagnardes (T≈7°C)	3 : aéromésoxérophiles (30%)	3 : xérophiles (velues, aiguillonnées, cuticule épaisse)	3 : acidophiles (4,5<pH<5,0)	3 : oligotrophiles (≈300 µg N/l)
4 : hémisciaphiles (1000 lux)	4 : collinéennes, planitiaies psychrophiles (T≈9°C)	4 : aéromésoxéroclines (40%)	4 : mésoxérophiles	4 : acidoclines (5,0<pH<5,5)	4 : méso-oligotrophiles (≈400 µg N/l)
5 : hélioclines à sciaclines (5 000 lux)	5 : planitiaies à montagnardes (T≈7-10°C)	5 : aéromésohydriques (50%)	5 : mésohydriques (jamais inondé, feuilles malacophylles)	5 : neutroclines (5,5<pH<6,5)	5 : mésotrophiles (≈500 µg N/l)
6 : hémihéliophiles (10 000 lux)	6 : planitiaies thermophiles et sub- à supraméditerranéennes (T≈12°C)	6 : aéromésohydroclines (60%)	6 : mésohydroclines, mésohygrophiles	6 : basoclines (6,5<pH<7,0)	6 : méso-eutrophiles (≈750 µg N/l)
7 : héliophiles (50 000 lux)	7 : euryméditerranéennes, méditerranéo-atlantiques (T≈13°C)	7 : aéromésohygrophiles (70%)	7 : hygrophiles (durée d'inondation en quelques semaines)	7 : basophiles (7,0<pH<7,5)	7 : eutrophiles (≈1000 µg N/l)
8 : perhéliophiles (75 000 lux)	8 : mésoméditerranéennes (T≈15°C)	8 : aérohrogrophiles (80%)	8 : hydrophiles (durée d'inondation en plusieurs mois)	8 : perbasophiles (7,5<pH<8,0)	8 : pereutrophiles (≈1250 µg N/l)
9 : hyperhéliophiles (100 000 lux)	9 : thermoméditerranéennes à subdésertiques (T≈18°C)	9 : aérohrogrophiles (90%)	9 : amphibies saisonnières (hélrophytes exondés une partie minoritaire de l'année)	9 : hyperbasophiles (8,0<pH<9,0)	9 : hypereutrophiles (≈1500 µg N/l)
			10 : amphibies permanentes (hélrophytes semi-émergés à base toujours noyée)		
			11 : aquatiques superficielles (0-50 cm) ou flottantes		
			12 : aquatiques profondes (1-3 m) ou intra-aquatiques		



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 84 81 11
Fax : +33 (0) 4 66 87 51 09
e-mail : brli@brl.fr