

Septembre 2013

**IDENTIFICATION DES RESSOURCES KARSTIQUES
MAJEURES POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
EN VUE DE LEUR PROTECTION SUR UNE PARTIE DU
MASSIF DU JURA**

Volume n°1 : Rapport

À la mémoire de Robert Lepennec :

Robert Lepennec était associé à cette étude en tant qu'expert spéléologue. Il est disparu accidentellement le 3 juillet 2012 lors d'une plongée dans le Lot. Il avait apporté au groupement d'étude sa grande connaissance du karst jurassien et son attachement au partage du savoir. Nous lui en sommes vivement reconnaissants.

Sommaire

1.	INTRODUCTION	11
1.1.	MAITRE D'OUVRAGE	11
1.2.	LES BUREAUX D'ÉTUDES.....	11
1.3.	ZONE D'ETUDE	11
1.4.	LES OBJECTIFS	14
1.5.	LES MOYENS	15
1.6.	LES ÉTAPES.....	15
1.7.	COPIL	16
1.8.	RESTITUTION.....	16
2.	ASPECT REGLEMENTAIRE	17
3.	CLES DE COMPREHENSION DU KARST DU JURA	23
3.1.	Définition	23
3.2.	Les formes du relief karstique	23
3.3.	Genèse des systèmes karstiques.....	24
3.3.1.	Architecture du karst.....	24
3.3.2.	Potentiel de karstification.....	24
3.3.3.	Fonctionnement	24
3.3.4.	Spéléogenèse.....	25
3.3.5.	Typologie	27
3.4.	Formation des montagnes du Jura.....	28
3.5.	Méthodes d'étude des aquifères karstiques.....	31
3.5.1.	Analyse géologique et structurale	31
3.5.2.	Traçages.....	35
3.5.3.	Jaugeage	35
3.5.4.	Chimie.....	36
3.5.5.	Pompages.....	37
3.5.6.	Forages.....	38
3.5.7.	Vulnérabilité	38
4.	BASE DE DONNEES « POINTS D'EAU »	40
4.1.	Fonctionnement	40
4.2.	Structure	41
4.3.	Synthèse statistique.....	44
4.3.1.	Taux de renseignement de la base	44

4.3.2.	Fiabilité de la délimitation des bassins versants.....	46
4.3.3.	Répartition des points d'eau en fonction de leurs caractéristiques	47
5.	TRI DES POINTS D'EAU KARSTIQUES ET IDENTIFICATION DES POINTS D'EAU MAJEURS	53
5.1.	Introduction	53
5.2.	Tri sur les captages AEP	54
5.2.1.	Critères pour les sources karstiques	54
5.2.2.	Critères pour les forages karstiques	56
5.3.	Tri sur les points d'eau non captés (ou abandonnés)	56
5.3.1.	Critères « débit » et « surface du bassin d'alimentation »	56
5.3.2.	Critère population	57
5.3.3.	Critères pour les forages non captés ou abandonnés.....	58
5.3.4.	Bilan du tri sur les points d'eau non captés ou abandonnés	59
5.4.	Bilan général	59
5.5.	Utilité des points d'eau majeurs.....	60
6.	BILAN DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP) DE LA ZONE D'ETUDE	62
6.1.	Les chiffres clés	62
6.1.1.	Répartition de la population	62
6.1.2.	Evolution de la population.....	64
6.2.	Consommation d'eau potable	64
6.3.	Production et gestion de l'eau potable	67
6.4.	Disponibilité de la ressource.....	68
6.4.1.	Périodes de moyennes eaux	68
6.4.2.	Périodes d'étiage	68
6.4.3.	Zone noyée	69
6.5.	Qualité des eaux.....	70
7.	ENSEMBLES KARSTIQUES (EK)	72
7.1.	Définitions	72
7.2.	Les aquifères	72
7.3.	Critères de tri des ensembles karstiques majeurs	74
7.3.1.	Généralités.....	74
7.3.2.	Niveaux de renseignement.....	74
7.3.3.	Volumes prélevés pour l'AEP (PREL)	77
7.3.4.	Poids des points d'eau majeurs dans un ensemble karstique (PROP).....	78
7.3.5.	Débit d'étiage spécifique (DESP) et existence d'une zone noyée (VAU)	79
7.3.6.	Pression anthropique dans l'EK, nombre d'habitants (POP) et densité de population (DENS)	80
7.3.7.	Autres critères testés	82
7.4.	Liste des ensembles karstiques majeurs.....	84
8.	RESSOURCES KARSTIQUES MAJEURES.....	88

8.1.	Généralités	88
8.2.	Méthode de détermination des ressources karstiques majeures (RKM)	88
8.3.	Liste des ressources karstiques majeures	89
8.4.	Caractéristiques des RKM.....	92
8.5.	Fiches synthétiques par ressource karstique	96
8.5.1.	Introduction	96
8.5.2.	Dénomination et localisation.....	96
8.5.3.	Géographie et morphologie	96
8.5.4.	Indices de karstification	97
8.5.5.	Chimie.....	97
8.5.6.	Principaux exutoires	98
8.5.7.	Hydrogéologie et hydrologie	98
8.5.8.	Cartographie et occupation du sol.....	98
9.	CHANGEMENT CLIMATIQUE	99
9.1.	Introduction	99
9.2.	L'évolution des températures	99
9.3.	Simulations de l'évolution du climat aux horizons 2030, 2050 et 2080.....	100
9.4.	Evolution des régimes hydrologiques des rivières	104
9.5.	Impact du changement climatique sur la ressource en eau	105
10.	SCENARII DE PROTECTION DE LA RESSOURCE.....	107
10.1.	Préambule.....	107
10.2.	Outil réglementaire à mettre en œuvre.....	110
10.2.1.	Définition des zones prioritaires	110
10.2.2.	Actions à mettre en place (boîte à outils)	114
11.	CONNAISSANCES COMPLÉMENTAIRES À ACQUÉRIR.....	123
11.1.	Introduction.....	123
11.2.	Géologie historique.....	123
11.3.	Suivi de débit.....	123
11.4.	Traçages.....	124
11.5.	Analyses physico-chimiques.....	124
11.5.1.	Captages.....	124
11.5.2.	Points d'eau non captés.....	124
11.6.	Analyses isotopiques.....	125
11.7.	Pompages dans les sources vaclusiennes.....	125
11.8.	Diagnostic de forage.....	125
11.9.	Reconnaissance géophysique.....	127
11.10.	Forages de reconnaissance.....	127
12.	MOBILISATION DES ACTEURS LOCAUX.....	130

12.1.	INTRODUCTION	130
12.2.	DEMARCHE	130
12.3.	PHASE PREPARATOIRE : Élaboration d'une stratégie efficace pour la mobilisation.....	132
12.3.1.	Référencer les outils existants pour la protection des ressources	132
12.3.2.	Lister tous les acteurs de la phase 4	132
12.3.3.	Les entretiens préalables.....	136
12.3.4.	Élaboration de documents de vulgarisation :.....	138
12.4.	Mobilisation des acteurs	147
12.4.1.	La réunion régionale	147
12.4.2.	Les réunions locales	153
13.	CONCLUSIONS	163

Table des figures

Figure 1 : Zone d'étude et principales délimitations des ressources	12
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude	13
Figure 3 : Organisation générale autour du SDAGE	20
Figure 4 : Protection réglementaire et ressources majeures pour le futur (D'après le SDAGE).....	21
Figure 5 : Fenêtres de consultation des textes réglementaires sur la BDD.....	22
Figure 6 : Paysage et principaux types de formes karstiques.....	23
Figure 7 : Bloc-diagramme d'un modèle conceptuel du karst	25
Figure 8 : Modèle de spéléogénèse (D'après Philippe Audra, dans « Grottes et karsts de France », Ed. Karstologia_Mémoires, 2010).....	26
Figure 9 : Systèmes karstiques jurassien et vaclusien (D'après Marsaud 1996)	27
Figure 10 : Système de fonctionnement du bassin versant	28
Figure 11 : Chronologie de la formation du massif du Jura (Dans « Montagne du Jura, Géologie et paysages », V. Bichet et M. Campy NEO-Editions 2008).....	30
Figure 12 : Coupe stratigraphique et localisation des aquifères (D'après Chauve, 1975).....	32
Figure 13 : Les grands ensembles structuraux du Jura (P. Chauve, 1975).....	33
Figure 14 : Coupe géologique du massif du Jura (Haut Doubs).....	34
Figure 15 : Concentration en éléments chimiques représentatifs de la pression anthropique sur un bassin versant, exemple du Bief de Brand.	37
Figure 16 : Taux de renseignement pour tous les captages karstiques.....	45
Figure 17 : Répartition de la fiabilité de la délimitation des BV des sources « karstiques » captées, abandonnées, non captées	46
Figure 18 : Répartition du nombre des captages AEP et des volumes de prélèvement « karst » et « hors karst »	47
Figure 19 : Volumes moyens disponibles aux points d'eau karstiques en m ³ /jour	47
Figure 20 : Répartition des captages karstiques en fonction de la typologie	48
Figure 21 : Classification typologique des captages	49
Figure 22 : Répartition des surfaces de bassin versant des sources karstiques (captées ou non captées)	50
Figure 23 : % de captages karstiques en fonction de la série et de l'étage géologique	51
Figure 24 : % de sources karstiques non captées en fonction de la série et de l'étage géologique	51
Figure 25 : Répartition des sources captées en fonction du système karstique	52
Figure 26 : Répartition des sources non captées en fonction du système karstique.....	52
Figure 27 : Répartition des points d'eau recensés.....	53
Figure 28 : Distribution statistique des débits d'étiage des sources karstiques captées – Courbe des débits classés.....	54
Figure 29 : Distribution statistique des débits d'étiage des sources karstiques non captées ou abandonnées – Courbe des débits classés	57
Figure 30 : Méthode de calcul du critère population	58
Figure 31 : Distribution statistique du module disponible par habitant pour les points d'eau non captés et abandonnés. Courbe des valeurs classées	58
Figure 32 : Répartition des points d'eau majeurs.....	60
Figure 33 : Répartition géographique des points d'eau majeurs (points bleus).....	61
Figure 34 : Histogramme de la répartition de la population par commune	62
Figure 35 : Tableau de la répartition des communes en fonction du nombre d'habitants	63
Figure 36 : Evolution du nombre total d'habitants sur notre zone d'étude entre 2007 et 2040.....	64
Figure 37 : Exemple du référentiel ILP de l'agence de l'eau Adour Garonne (D= densité en abonnés/km)	65
Figure 38 : Evolution de la population et de la consommation en eau potable.....	66
Figure 39 : Evolution de la production d'eau potable calculée uniquement en fonction des projections de population.	66
Figure 40 : l'évolution de la population et l'évolution des prélèvements en fonction du temps.....	67

Figure 41 : Chiffres clé concernant les UGE	68
Figure 42 : Variations typiques du débit moyen journalier d'une source karstique et du prélèvement moyen (m ³ /jour) au cours de l'année.....	69
Figure 43 : Concentration en nitrates mesurée sur les captages de la zone d'étude (en nombre d'analyses)	70
Figure 44 : Tableau des 61 ensembles et sous-ensembles karstiques	73
Figure 45 : Grille d'évaluation du niveau de renseignement.	74
Figure 46 : Répartition des 55 ensembles et sous-ensembles karstiques en fonction du niveau de renseignement	75
Figure 47 : Tableau du niveau de renseignement des EK	76
Figure 48 : Répartition des EK en fonction des volumes prélevés aux PE maj	77
Figure 49 : Répartition du poids des PE majeurs au sein de leur EK	78
Figure 50 : Carte de l'EK « Plateau de Chantrans_Amancey » et localisation des points d'eau majeurs et de leur bassin d'alimentation, PROP < 33 %	79
Figure 51 : Répartition des EK en fonction du débit spécifique d'étiage (seulement 37 EK renseignés)	80
Figure 52 : Répartition des EK en fonction du nombre d'habitants et de la densité de population	81
Figure 53 : Exemple de diagramme, note = 1 (qualité médiocre car 3 paramètres en dépassement des seuils fixés) :	83
Figure 54 : Application des critères de tri sur les 55 EK initiaux	84
Figure 55 : Répartition des surfaces.....	84
Figure 56 : Tableau des ensembles et sous-ensembles karstiques majeurs et non majeurs	85
Figure 57 : Tableau des EK « ressources profondes » définies comme majeures.....	86
Figure 58 : Carte des ensembles karstiques.....	87
Figure 59 : Tableau des ressources karstiques majeures, débits de la ressource et besoins des collectivités	90
Figure 60 : Tableau des besoins et des ressources par UGE	93
Figure 61 : Carte des ressources karstiques identifiées et des besoins par UGE	94
Figure 62 : Carte des ressources karstiques majeures.....	95
Figure 63 : Classification de Mangin	97
Figure 64 : Diagramme des pressions chimiques d'origine anthropique	98
Figure 65 : Augmentation de la température	99
Figure 66 : Evolution de la température moyenne en France métropolitaine	99
Figure 67 : Relevés des moyennes annuelles de température à Besançon sur la période 1900-2008	100
Figure 68 : Les grandes familles de scénarios d'évolution (SRES, adapté de Sauquet et al, 2007).....	101
Figure 69 : Emissions mondiales annuelles totales de CO ₂ entre 1990 et 2100 pour les 4 familles de scénarios	101
Figure 70 : Evolutions des températures moyennes annuelles en Franche-Comté	102
Figure 71 : Evolutions des précipitations en hauteurs moyennes d'avril à septembre en Franche-Comté	103
Figure 72 : Evolution des débits mensuels de la Loue, de l'Ognon, du Doubs amont (35), du Doubs aval (33) et de l'Ain à l'horizon 2050 (source : Boé, 2007).....	104
Figure 73 : Scénarii en relation avec des problèmes quantitatifs.....	108
Figure 74 : Scénarii en relation avec des problèmes qualitatifs.....	109
Figure 75 : Classement des ressources karstiques majeures en fonction de leur degré de vulnérabilité élevée à très élevée	112
Figure 76 : Classement des ressources karstiques majeures en fonction de leur degré de risque élevé à très élevé	113
Figure 77 : Liste des outils réglementaires de préservation des ressources majeures.	116
Figure 78 : Tableau des actions envisageables pour la protection des ressources en eau.	117
Figure 79 : Tableau récapitulatif des études complémentaires préconisées et estimation des coûts.	128
Figure 80 : Détail du contenu des études complémentaires.	129
Figure 81 : Liste des institutions, organismes et services publics.....	133
Figure 82 : Liste des unités de gestion des eaux.	134
Figure 83 : Liste des communautés de communes.....	135
Figure 84 : Planning des entretiens préalables.....	136

Figure 85 : Différentes vues du modèle 3D 138
 Figure 86 : Plaquette, couverture verso et rabat intérieur de couverture..... 144
 Figure 87 : Plaquette, pages intérieures..... 145
 Figure 88 : Carte des zones de réunions locales. 154
 Figure 89 : Organigramme du déroulement des études de détermination des ressources karstiques majeures.
 165

Table des annexes

Annexe 1 : Localisation des principaux groupements de communes pour l'AEP 168
 Annexe 2 : Répartition de la population par commune pour le recensement de 2007 169
 Annexe 3 : Evolution de la répartition de population par commune entre 1968 et 2007 170
 Annexe 4 : Bilan des prélèvements AEP..... 171
 Annexe 5 : Captages karstiques excédentaires (en référence au débit d'étiage) après les prélèvements AEP
 172
 Annexe 6 : Résultats des 6 scénarii de tri des points d'eau karstiques de la BDD..... 173
 Annexe 7 : Sources majeures captées sélectionnées sur les critères « débit d'étiage », « surface du bassin versant » et « population desservie » 174
 Annexe 8 : Forages majeurs captés..... 176
 Annexe 9 : Points d'eau majeurs non captés ou abandonnés sélectionner sur les critères débit d'étiage, superficie du bassin d'alimentation et module/habitants 177
 Annexe 10 : Base de données ACCESS, fenêtres de saisie de la base de données des points d'eau 180
 Annexe 11 : Base de données ACCESS , fenêtres de saisie de la base de données des ressources karstiques majeures..... 183

1. INTRODUCTION

1.1. MAITRE D'OUVRAGE

Le maître d'ouvrage de l'étude est l'Agence de l'Eau Rhone Méditerranée Corse, délégation de Besançon.

1.2. LES BUREAUX D'ÉTUDES

Les bureaux d'études en charge de cette étude sont :

- IDÉES-EAUX, mandataire ; 20 rue Paul Gauguin, 39170 Saint-Lupicin ; représenté par M. Guy Faure, chef de projet et M. Guillaume Frappier, ingénieur hydrogéologue.
- Bureau Christian CAILLE, co-traitant. 18 Grande Rue, 39130 Clairvaux-les-Lacs ; représenté par M. Christian Caille, référent technique de l'étude et Mme Isabelle Goudot, ingénieur hydrogéologue.
- MFR GEOLOGIE-GEOTECHNIQUE SA, sous-traitant ; 9 rue de Chaux, CH-2800 Delémont ; représenté par M. Marc Hessenauer, ingénieur hydrogéologue.
- CPIE Haut Jura- Haut Doubs, sous-traitant ; 1 Grande Rue, 39170 Saint-Lupicin ; représenté par Mme Nicole Lançon, directrice ; Mme Laurianne Schoff, responsable « animations du territoire » et Mme Emilie Georger, coordinatrice animations scolaires.

1.3. ZONE D'ETUDE

Elle prend en compte une grande partie du massif calcaire du Jura dans les départements du Territoire de Belfort, du Doubs et du Jura. Sa surface est de 6740 km². Cette étude correspond aux masses d'eau suivantes, identifiées à enjeu eau potable dans le SDAGE :

- FR_DO_120 : Calcaires jurassiques chaîne du Jura – BV Doubs et Loue
- FR_DO_114 : Calcaires jurassiques chaîne du Jura – Haute Vallée de l'Ain et de la Bienne
- FR_DO_237 : Calcaires profonds des avants monts du Jura
- FR_DO_238 : Calcaires sous couverture Territoire-de-Belfort
- FR_DO_415 : Calcaires jurassiques BV de la Jougnena et Orbe

Figure 1 : Zone d'étude et principales délimitations des ressources

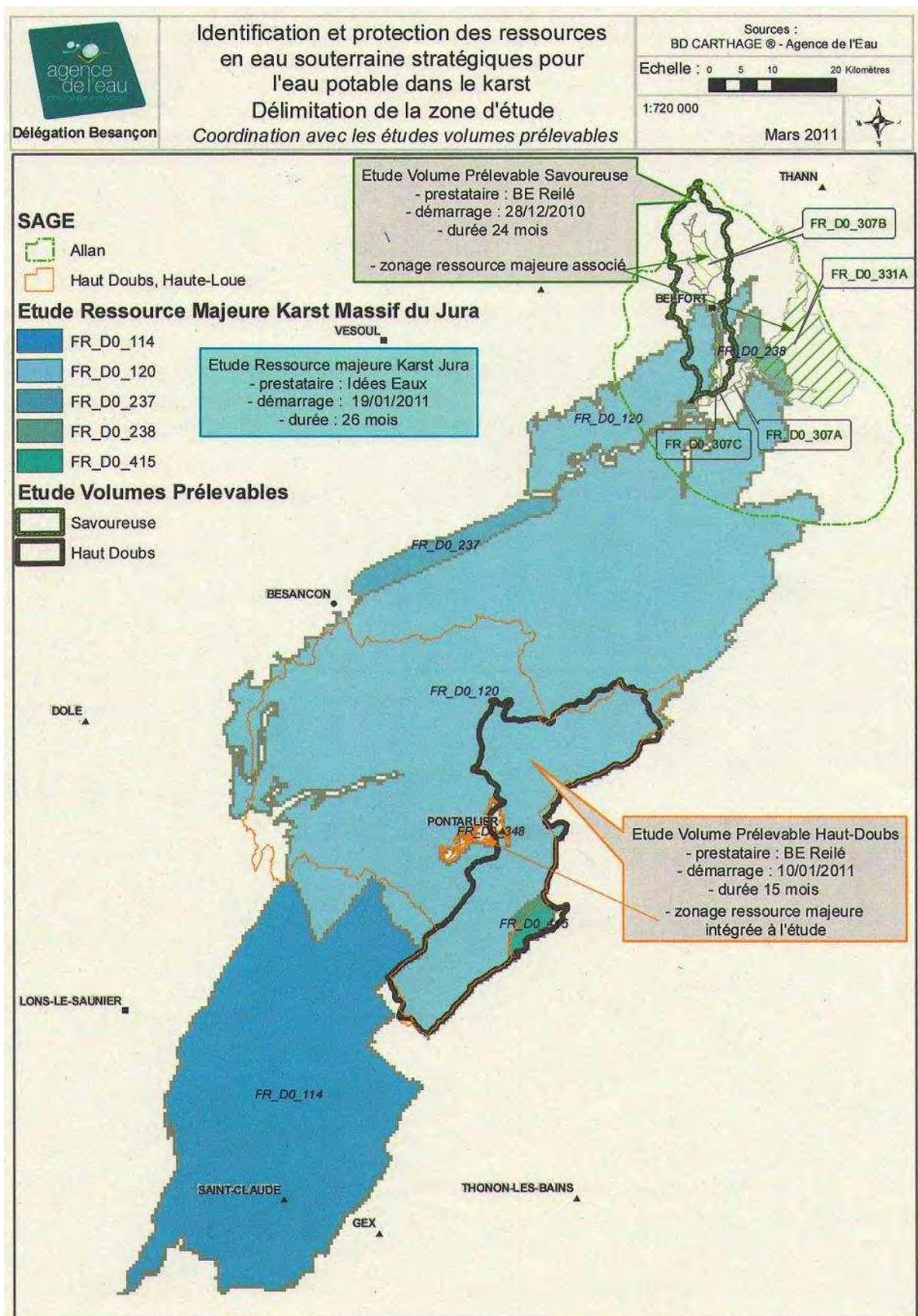
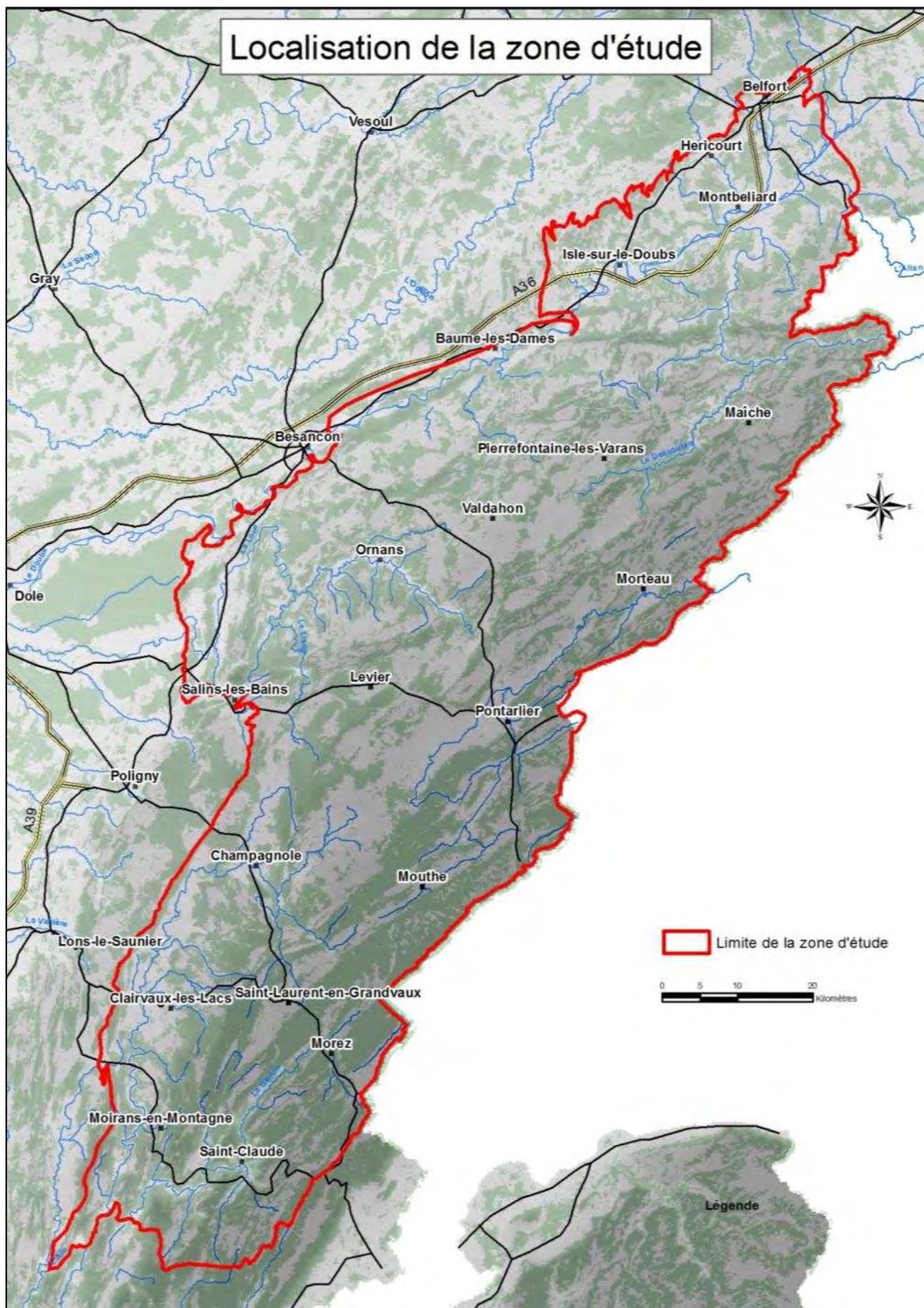


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude



1.4. LES OBJECTIFS

Le but de cette étude est de recenser, dans un premier temps, les ensembles karstiques présents dans la zone d'étude puis au sein de ces ensembles d'identifier les ressources qui présentent un réel intérêt pour l'alimentation en eau potable et qui deviendront les « ressources karstiques majeures ».

Une **ressource majeure** correspond à un système karstique répondant à des critères de quantité, de qualité et de vulnérabilité, c'est-à-dire à un **exutoire ainsi qu'à la totalité de son bassin d'alimentation**.

C'est ce zonage complet qui aura vocation à être inscrit comme ressource majeure dans le SDAGE révisé en 2016, au registre des zones protégées.

L'objectif de la délimitation est bien de descendre à une échelle plus fine que l'enveloppe de la masse d'eau telle qu'actuellement inscrite dans le SDAGE.

L'étude réalisée sur le karst du Jura va au-delà de cette délimitation en incluant dans la démarche :

- une cartographie de la vulnérabilité du bassin d'alimentation (méthode RISK) qui permettra dans un second temps de guider les plans d'action de préservation de la ressource sur les secteurs les plus contributifs à la qualité des eaux.
- une cartographie de la zone la plus productive comprenant l'exutoire et la zone noyée (drains et systèmes annexes).

La seconde partie de l'étude apportera une réflexion concertée sur les dispositions à mettre en œuvre pour préserver durablement ces ressources majeures.

1.5. LES MOYENS

Les moyens humains et techniques mis en œuvre dans le cadre de l'étude sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Bureaux d'études	Domaine
Mandataire	Idées-Eaux	Hydrogéologie, administration
Co-traitant	Christian CAILLE	Hydrogéologie, référent technique
Sous-traitant	MFR Géologie-géotechnique SA	Hydrogéologie
Sous-traitant	CPIE (Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement)	Vulgarisation, diffusion de l'information et animation des réunions
Expert	Claire Lelong	Création et maintenance de la base de données
Expert	ISSKA (Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie)	Création d'un modèle de fonctionnement du karst en 3D
Expert	Robert Lepennec	Spéléologie

1.6. LES ÉTAPES

L'étude est découpée en 4 phases. Les 2 premières phases sont qualifiées de « Partie technique » et les phases 3 et 4 sont qualifiées de « Stratégie locale » dans le cahier des charges. Le découpage de l'étude peut être résumé ainsi :

→ Délimiter et caractériser des ressources karstiques majeures :

- Phase 1 : Pré-identifier et délimiter les secteurs à faire valoir comme majeurs pour l'Alimentation en Eau Potable (Secteurs exploités et nouvelles ressources).
- Phase 2 : Consolider la liste prédéfinie en phase 1 par un bilan environnemental et délimiter les ressources majeures à préserver.

→ Mobiliser les acteurs locaux en vue de la préservation des ressources karstiques majeures :

- Phase 3 : Mobiliser les acteurs et proposer des stratégies de préservation des ressources identifiées.
- Phase 4 : Etudier avec les porteurs potentiels de projet, les conditions de préservation de la ressource.

1.7. COPIL

Six COPIL (Comité de pilotage) ont été organisés dans des lieux différents tout au long de l'étude, ils ont été précédés à chaque fois par un SECTEC (Secrétariat technique).

Le tableau ci-dessous indique la répartition des COPIL en fonction du phasage de l'étude.

		COPIL	
		6-mai-11	Démarrage
PHASE 1	◆ Identifier les points d'eau majeurs et Pré-identifier les ensembles karstiques majeurs	2-déc.-11	Validation de la liste des points d'eau majeurs
		16-avr.-12	Tri des ensembles karstiques majeurs
PHASE 2	◆ Valider une liste de ressources majeures et étudier la vulnérabilité de ces ressources (RISK)	28-juin-12	Validation de la liste des ressources karstiques majeures (RKM)
		3-déc.-12	Méthodes RISK
PHASE 3	◆ Mobiliser les acteurs locaux et proposer des stratégies de préservation des ressources majeures		
PHASE 4	◆ Etudier avec les acteurs locaux les conditions de préservation de la ressource	5-sept.-13	Présentation phases 3 & 4, conclusions

1.8. RESTITUTION

Des livrables sont attendus pour chacune des phases (description à minima des rapports dans le CCTP) à savoir :

- Un rapport de phases.
- Un rapport définitif.

Chaque rapport est fourni en 10 exemplaires papier des rapports définitifs y compris les annexes et documents cartographiques, plus un reproductible. De plus, les rapports seront fournis sur 40 CD au format PDF et versions informatiques. L'étude est téléchargeable sur le site de l'Agence.

Le Comité de Pilotage (COPIL) a pour fonction d'encadrer et de valider les étapes de l'étude, de son démarrage au rendu final. Son animation est assurée par l'Agence de l'Eau RMC délégation de Besançon.

Le secrétariat technique (SECTEC) est en charge du suivi de l'étude, de la validation des étapes intermédiaires et de l'organisation des séances du Comité de Pilotage. Il est animé par le chef de projet « Planification et Données » à la Délégation de Besançon et est composé des représentants de l'Agence de l'Eau RM&C (délégation régionale et siège), de représentants des services de l'état, des animateurs des contrats de milieu et du prestataire.

2. ASPECT REGLEMENTAIRE

Les Ressources Karstiques Majeures (RKM) seront inscrites au Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) révisé en 2016, au registre des zones protégées.

Le SDAGE

Le SDAGE est la réponse de l'état français à la directive cadre européenne sur l'eau (DCE) du 23 octobre 2000 qui impose la mise en place d'un plan de gestion pour le retour au bon état des masses d'eau. Ce document est établi pour chaque district (ou bassin ou groupement de bassins). Le SDAGE fixe des objectifs qualitatifs et quantitatifs à atteindre pour les masses d'eau de surface et pour les masses d'eau souterraines. Les RKM délimitées dans cette étude font parties des masses d'eau souterraines. Un programme de mesures est rédigé dans le but d'identifier les actions à mettre en place pour atteindre les objectifs fixés par le SDAGE. Le SDAGE est remis à jour tous les 6 ans et la dernière mise à jour a eu lieu en 2009.

Le SDAGE impose que les programmes et décisions administratives pouvant avoir un impact sur l'eau d'un point de vue qualitatif et/ou quantitatif, doivent être compatibles, ou rendus compatibles avec les dispositions du SDAGE. Ainsi, **les documents d'urbanisme comme les Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) ou encore les Plan Locaux d'Urbanisme (PLU) mais aussi les Schéma Directeur des Carrières doivent être compatibles avec le SDAGE.** C'est ces documents qui doivent aussi contribuer à la mise en place d'une protection réglementaire sur les RKM.

Disposition 5E-03

Mobiliser les outils réglementaires pour protéger les ressources majeures à préserver pour l'alimentation en eau potable actuelle et future

Au sein des masses d'eau identifiées par la carte 5E-A :

- les SAGE concernés
 - identifient les zones où il est nécessaire d'assurer la protection quantitative et qualitative des aires d'alimentation des captages d'eau potable d'une importance particulière pour l'approvisionnement actuel ou futur en eau potable conformément à l'article L212-5-1 du code de l'environnement,
 - prévoient un dispositif de protection et de restauration dans leur plan d'aménagement et de gestion durable et dans leur règlement ;
- les préfets de département peuvent délimiter des zones pour y établir un programme d'actions au titre des zones soumises à contrainte environnementale (Art. L. 211.3- II 5° du code de l'environnement) ;
- lors des demandes d'autorisation et déclaration relatives aux installations, ouvrages, travaux et activités concernés par la nomenclature "eau" prévue à l'article R214-1 du code de l'environnement, les services instructeurs s'assurent que la demande est compatible avec la préservation de la ressource.

Il est par ailleurs rappelé que conformément à l'article R211-81 du code de l'environnement et à la circulaire du 26 mars 2008, les 4e programmes d'actions établis dans les zones vulnérables par les préfets au titre de la directive nitrates prévoient :

- une obligation progressive de couverture hivernale des sols en période à risque de lessivage ;
- une mesure d'implantation d'une bande enherbée ou boisée permanente le long de tous les cours d'eau.

Ces cultures intermédiaires ne devront pas faire l'objet de destruction chimique.

Le SAGE

À plus petite échelle (bassin versant et son cours d'eau), des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) sont mis en place par une Commission Locale de l'Eau (CLE) constituée à 25% de représentants de l'état, 50% de représentants des collectivités locales et enfin 25% de représentants des usagers. Une fois approuvé, le SAGE est constitué de 2 documents :

- Le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) ;
- Le règlement.

Le PAGD fixe les orientations et les dispositions pouvant être opposables aux décisions de l'Etat et des collectivités locales. L'ensemble des programmes et décisions administratives doivent être compatibles avec le PAGD. Cela signifie que **tout projet développé sur le territoire du SAGE ne doit pas être contradictoire avec le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD).**

Le règlement est quant à lui opposable aux tiers pour les activités relevant de la nomenclature «loi sur l'eau». Ainsi, **tous les projets ou les installations d'un tiers devront être conformes avec le règlement du SAGE sous peine d'être verbalisé.** Le règlement est aussi opposable aux administrations.

Les documents d'urbanismes peuvent contribuer aussi à la préservation de la ressource lors de leur rédaction.

Les SAGE présents sur la zone d'étude sont le SAGE Haut Doubs Haute Loue en cours de révision, et le Sage de l'Allan en cours d'élaboration.

Le SCoT

Le Schéma de Cohérence Territorial (SCoT) est constitué d'un projet d'aménagement et de développement durable (PADD), un rapport de présentation et un document d'orientations générales (DOG). Le PADD fixe les objectifs des politiques publiques d'urbanisme. **Le SCoT détermine les espaces et sites naturels, agricoles ou urbains à protéger** et peuvent en définir la localisation ou la délimitation.

Les SCoT doivent également être compatibles ou rendus compatibles avec les SDAGE et les SAGE présent sur le secteur.

La disposition 5E05 du SDAGE prévoit que lors de leur renouvellement; les SCoT (et les PLU, DTA,SDC) prennent en compte les ressources majeures ainsi que les enjeux qui leur sont associés dans l'établissement des scénarios de développement et des zonages.

Dans la zone d'étude on dénombre 7 SCoT approuvés, en cours d'élaboration ou en réflexion : Territoire de Belfort (élaboration), Pays de Montbéliard (approuvé), Doubs Central (élaboration), Agglomération bisontine (approuvé), haut Doubs (réflexion), Revermont (réflexion), haut Jura (élaboration). La carte des SCoT est dans l'atlas cartographique (volume V3).

Le PLU

Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) est constitué d'un rapport de présentation, d'un projet d'aménagement et de développement durable (PADD), d'un document d'orientations générales (DOG) et d'un règlement. Le règlement fixe 4 zonages différents :

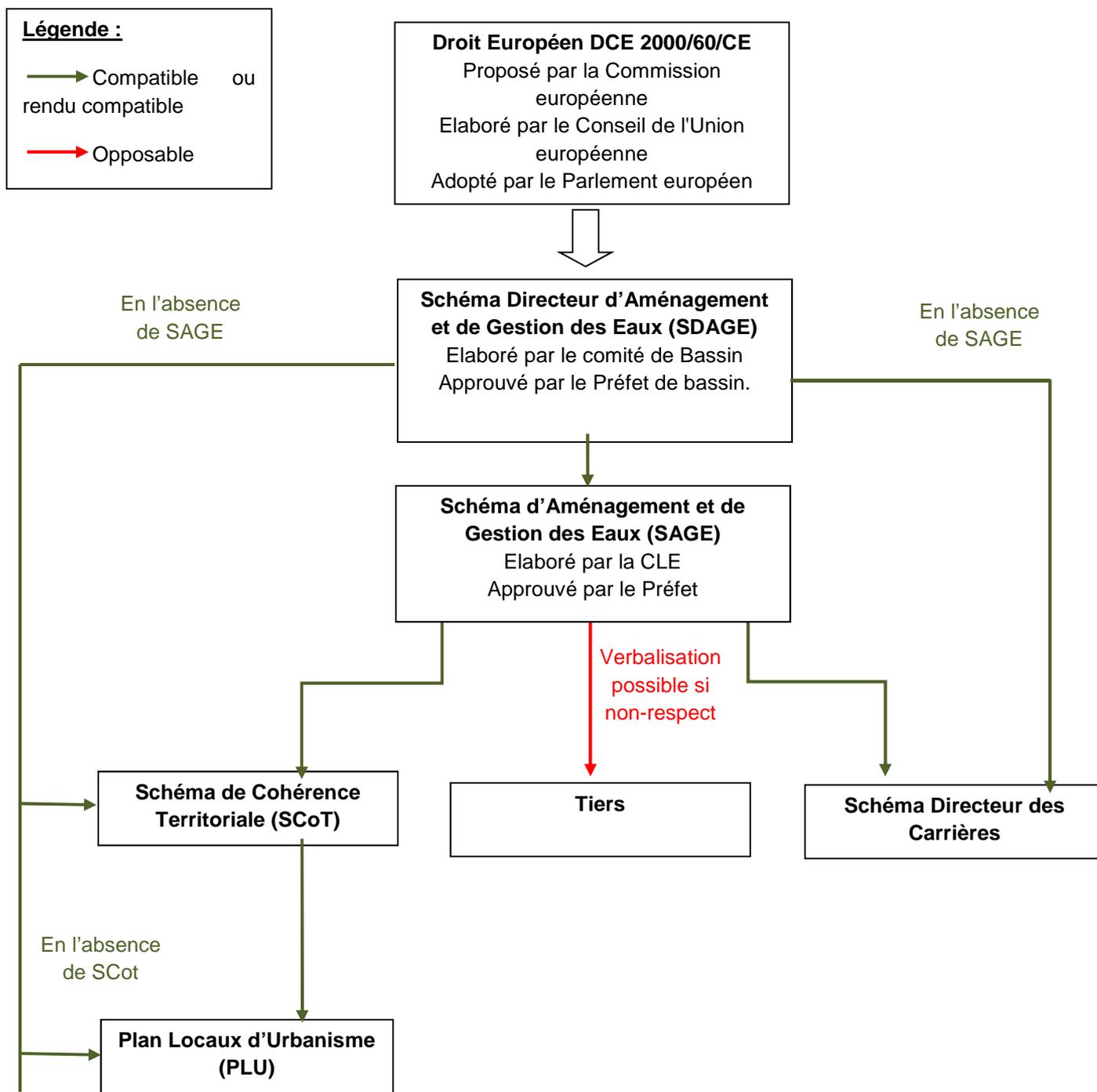
- les zones urbaines (U),
- les zones à urbaniser (AU),
- les zones agricoles (A)
- les zones naturelles et forestières (N).

Le règlement fixe les règles à appliquer sur les différentes zones. Le PLU pourra définir, sur les ressources karstiques majeures, les zones à protéger, les occupations et utilisations des sols à réglementer, les terrains à acquérir. Le PLU est opposable aux tiers.

Les PLU doivent également être compatibles ou rendus compatibles avec les SDAGE et les SAGE présent sur le secteur.

La figure suivante résume de manière synthétique l'articulation des différents outils administratifs autour du SDAGE. Les principaux textes réglementaires se rapportant à l'étude sont accessibles dans la base de données. La recherche dans la base est possible par mots clés ou par saisie libre ou par code juridique/rubrique.

Figure 3 : Organisation générale autour du SDAGE.

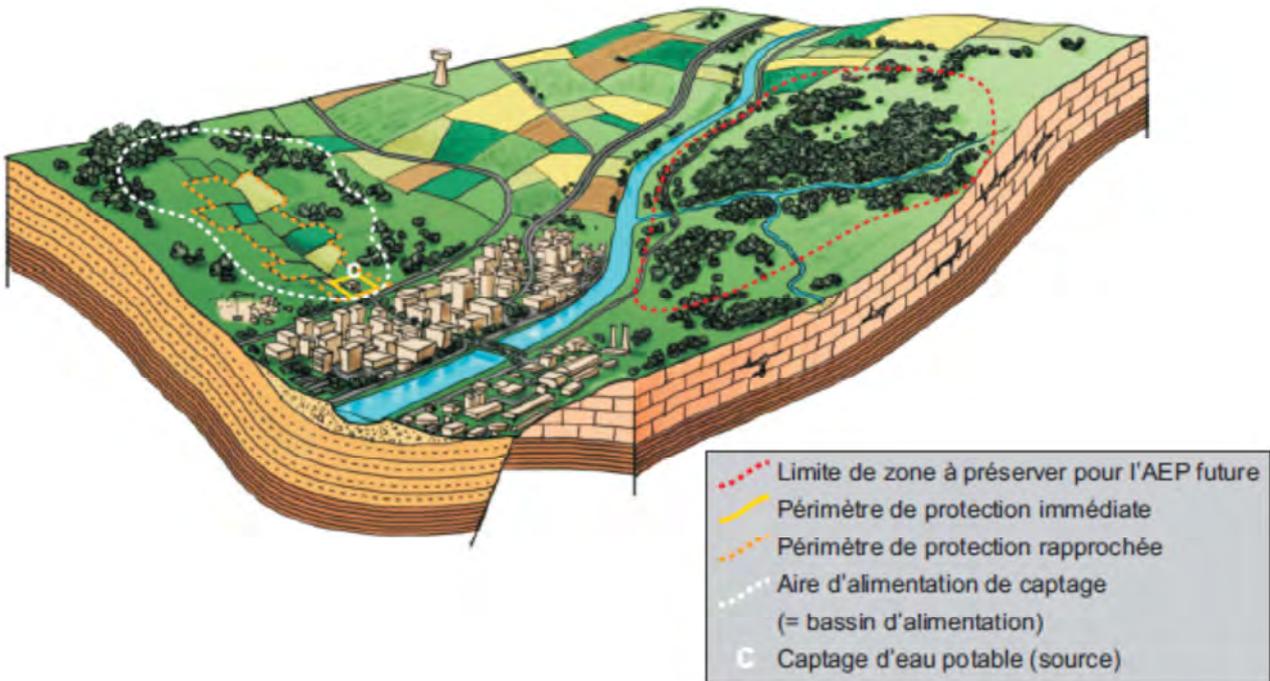


La Figure 4 illustre l'imbrication des différentes procédures existantes pour la protection des ressources en eau souterraine :

- Dans les ressources actuellement exploitées se superposent la définition des périmètres de protection rapprochée et les délimitations des aires d'alimentation des captages (BAC). Les limites des ressources majeures coïncident dans ce cas avec le BAC.
- Dans les ressources futures seules la délimitation de la ressource majeure est définie, elle est équivalente à la délimitation du BAC d'un captage.

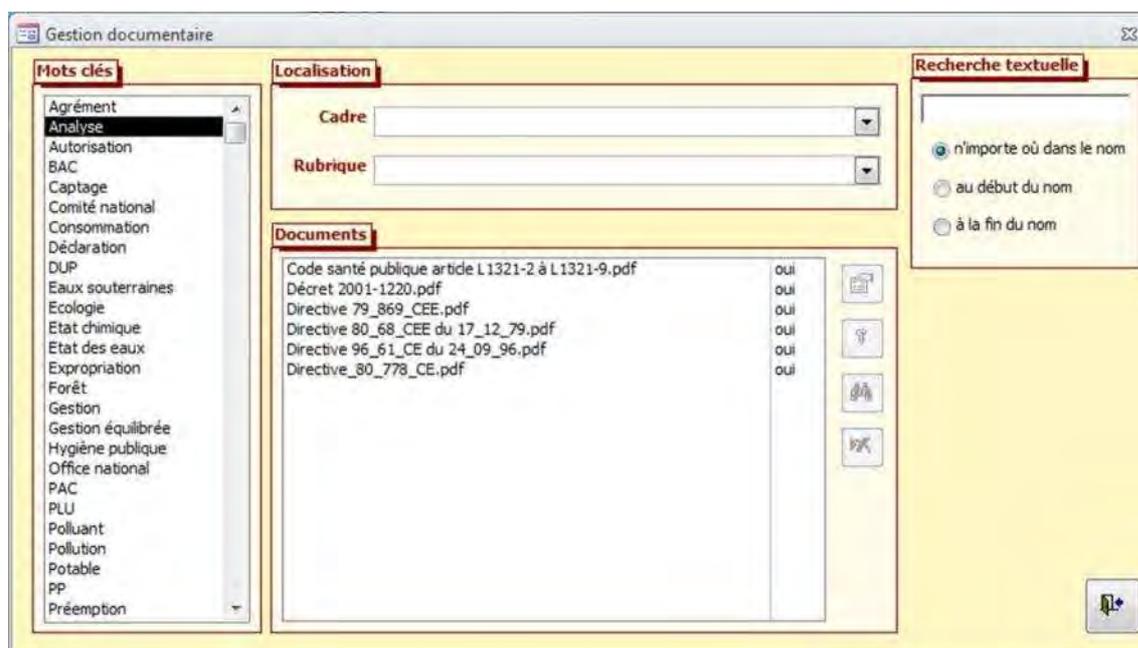
Figure 4 : Protection réglementaire et ressources majeures pour le futur (D'après le SDAGE).

Protéger les ressources destinées à la consommation humaine



La Figure 5 présente l'interface de la base de données permettant d'accéder aux différents textes réglementaires. Les textes sont affichables au format PDF.

Figure 5 : Fenêtres de consultation des textes réglementaires sur la BDD.



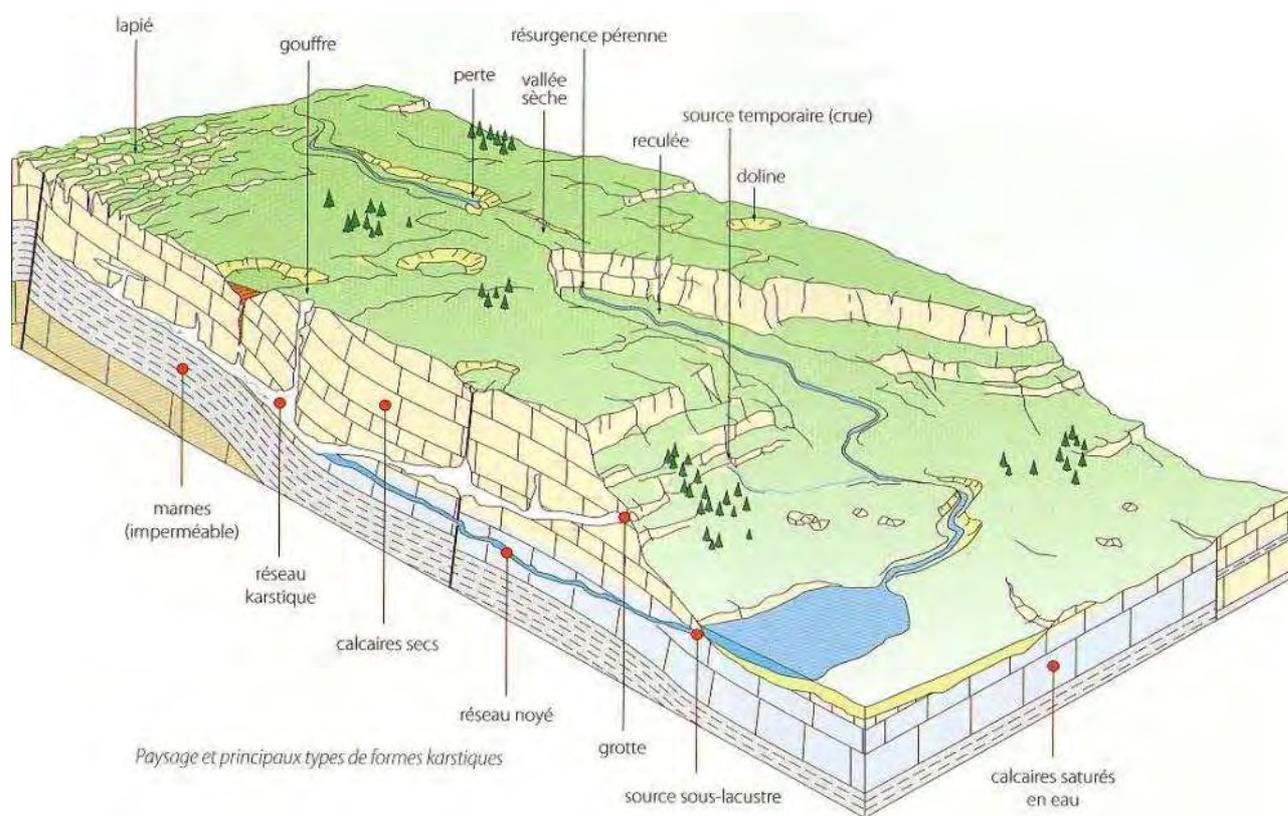
3. CLES DE COMPREHENSION DU KARST DU JURA

3.1. Définition

« La rencontre de l'eau et du calcaire : Le passage répété de l'eau en surface et dans les fissures du calcaire entraîne la formation d'un paysage original appelé karst. Le terme de karst est issu d'une région de Slovénie, typique de ce type de paysage. Il résulte de processus particulier d'érosion (la karstification), commandés par la dissolution des roches carbonatées (calcaires et dolomies) constituant le sous-sol des régions concernées. C'est l'eau de pluies infiltrées dans les fissures de ces roches qui assure cette dissolution. L'eau acquiert l'acidité nécessaire à la mise en solution de la roche en se chargeant en gaz carbonique (CO₂) produite dans les sols par les végétaux et les bactéries. » (D'après Vincent Bichet et Michel Campy, dans « Montagne du Jura, Géologie et paysages », NEO-Editions 2008).

3.2. Les formes du relief karstique

Figure 6 : Paysage et principaux types de morphologies karstiques.



(Dans « Montagne du Jura, Géologie et paysages », V. Bichet et M. Campy NEO-Editions 2008)

« La surface des plateaux est parsemée de reliefs originaux, sous forme d'affleurements de calcaires nus creusés de cannelures (lapiés), de dépressions fermées de petite taille (dolines) ou plus vastes (poljés), de puits (avens) ouverts sur le réseau karstique profond, de vallées sèches... »

« Le sous-sol est creusé d'un réseau souterrain (endokarst) formé de salles, de puits, de galeries plus ou moins étroites, développés dans les zones les plus fracturées du massif calcaire et s'ouvrant en surface par des grottes dont certaines peuvent se visiter ».

3.3. Genèse des systèmes karstiques

3.3.1. Architecture du karst

Les paramètres « passifs » liés aux caractéristiques géologiques initiales de la région conditionnent le développement d'un réseau karstique. La présence de marnes imperméables constitue des niveaux de base (aquiclude) des aquifères karstiques sur lesquels les écoulements pourront se concentrer. L'existence de vides liés à la fracturation autorise la circulation souterraine des eaux. Ces deux facteurs initiaux contribuent à la prédétermination des contours du système karstique.

3.3.2. Potentiel de karstification

Les « conditions aux limites » du système karstique vont influencer le développement du réseau karstique. Il s'agit des conditions géographiques et climatiques : quantités d'eau météorique susceptibles de s'infiltrer, présence de sol et de végétation favorables à la dissolution du gaz carbonique (CO₂), gradient topographique et position du niveau de base (source).

Le potentiel de karstification se définit par le gradient topographique (dénivelé entre les surfaces de recharge et le niveau de base) associé à un pouvoir dissolvant des eaux (volume d'eau et CO₂). Il sera d'autant plus élevé que la différence d'altitude entre les surfaces de recharge (plateaux ou massifs calcaires) et l'exutoire (source) est grande, et que le volume des pluies et le développement de la végétation sont importants.

Les phénomènes d'érosion dans les conduits karstiques sont de 2 types :

- Chimiques par dissolution du calcaire dans des eaux chargées en CO₂.
- Mécaniques lorsque les vitesses d'écoulements sont rapides, des éléments solides (galets, graviers, sables) sont entraînés et usent mécaniquement la roche.

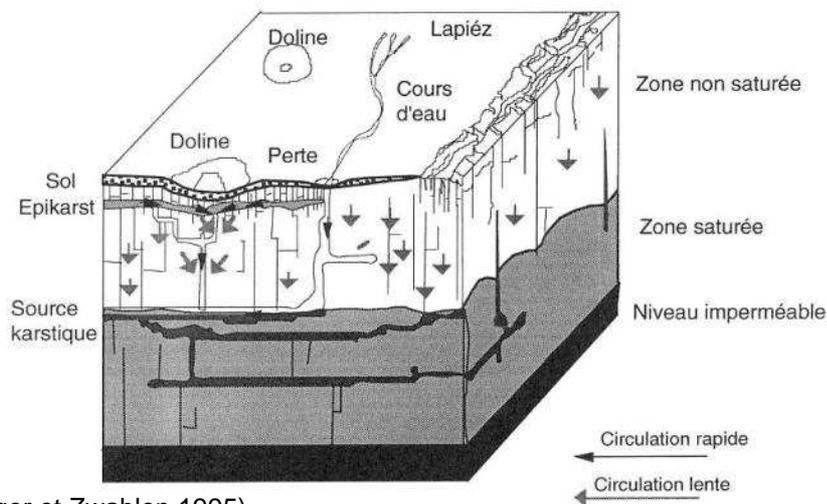
3.3.3. Fonctionnement

Le karst est composé de 4 zones, du haut vers le bas (Figure 7) :

- L'épikarst qui est la frange la plus superficielle des terrains, intensément karstifié et très perméable dont la traduction la plus spectaculaire est les lapiés. Il concentre et stocke temporairement une partie des infiltrations depuis la surface.
- La zone vadose (ou non saturée) qui transfère les écoulements vers la zone noyée ou le soubassement imperméable (aquiclude).
- La zone épinoyée qui est la zone de battement de la nappe (variation du niveau de la nappe entre les périodes d'étiage et de crue).
- La zone noyée (ou saturée) qui est le siège des écoulements permanents.

Dans le modèle conceptuel présenté à la Figure 7 on notera l'existence d'une zone non saturée (vadose) où les écoulements se font verticalement, et d'une zone saturée (ou zone noyée) où les écoulements se font horizontalement. Une partie de l'eau d'infiltration circule rapidement par un système de fractures et de conduits suffisamment développés (quelques jours pour atteindre l'exutoire), alors qu'une autre partie circule lentement par un système de fines fissures (quelques semaines ou mois). C'est ce retard à l'infiltration qui assure la pérennité des débits aux sources karstiques.

Figure 7 : Bloc-diagramme d'un modèle conceptuel du karst



(D'après Doerfliger et Zwahlen 1995)

3.3.4. Spéléogénèse

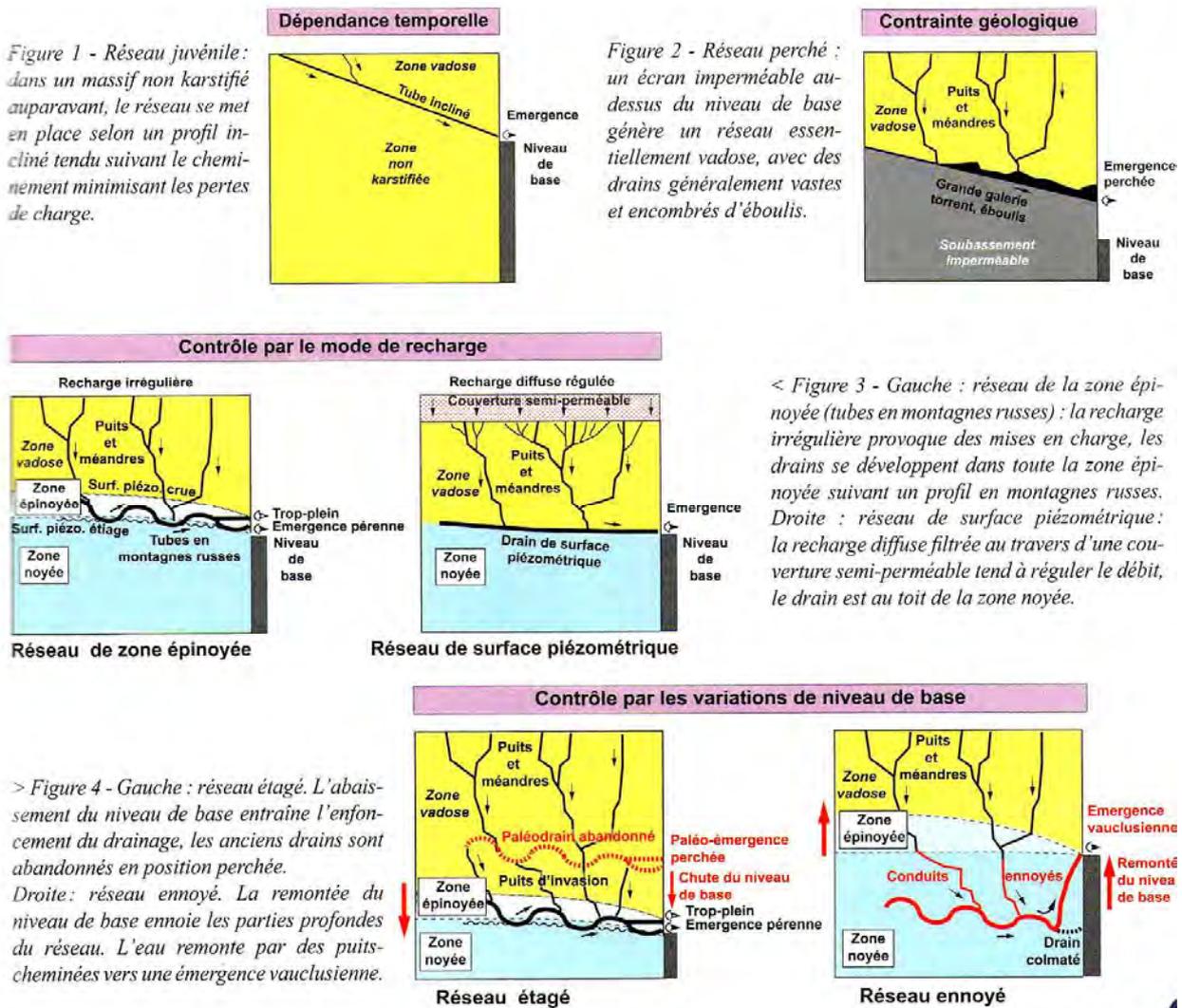
Les modèles d'organisation verticale des réseaux karstiques sont classés suivant leur position à l'intérieur du massif calcaire (D'après Philippe Audra, dans Grottes et karsts de France, Mémoires Karstologia, 2010) :

- Les réseaux juvéniles : une dépendance temporelle (voir Figure 8). La surrection des massifs calcaires puis le décapage des couvertures imperméables exposent l'aquifère fissuré qui commence à se karstifier. Initialement, la surface piézométrique présente un fort gradient donnant un réseau incliné au profil tendu. Le conduit initial, souvent préservé en plafond, se forme en régime noyé, puis s'élargit par surcreusement torrentiel en petits puits, méandre et canyons. Le réseau juvénile correspond à la phase initiale de la plupart des gouffres.
- Réseau perché : la contrainte géologique. Quand le toit du soubassement imperméable se trouve au-dessus du niveau de base, l'aquifère est perché, sans zone noyée notable. L'eau traverse verticalement le calcaire en puits et méandres, elle est collectée dans un drain au contact de l'aquiclude, puis émerge au milieu du versant, souvent au fond d'une reculée karstique, on parle dans ce cas d'émergence jurassienne. L'érosion mécanique peut agrandir rapidement la section du drain pour la transformer en une vaste galerie ébouleuse.
- Réseau dépendant du niveau de base. Lorsque l'aquifère se prolonge sous le niveau de base, le karst est barré à l'aval par un écran imperméable. L'émergence se dispose au niveau de base, elle détermine la position de la surface piézométrique dans le massif. Le drain collecteur s'établit au toit de la zone noyée, selon le cheminement le plus court minimisant les pertes de charge.
- Réseau de la zone épinoyée dit en montagnes russes : une recharge irrégulière. Lors des crues, l'eau ennoie les tubes en montagnes russes. La montée de l'eau peut activer des émergences de trop-pleins. En phase de décrue et à l'étiage, les tubes se dénoient et l'eau circule par de petits conduits en zone noyée. La hauteur des boucles dépend de l'ampleur verticale de la zone épinoyée, donc de l'importance des mises en charge, et finalement de la brutalité des crues.
- Drains de surface piézométrique : une recharge régulée. Au contraire, lorsque les crues sont peu importantes, l'eau s'écoule régulièrement au toit de la zone noyée, où se développe un drain très proche de la surface piézométrique : la galerie est partiellement inondée en longs bassins, la pente est faible, les crues peu marquées. Le régime d'écoulement est régulé par le filtre des couvertures semi-perméables (rôle de tampon) qui étalent dans le temps le transfert (infiltration lente des eaux de pluies). Dans un karst dépendant du niveau de base, le changement de position du niveau de base influence directement celle de la surface piézométrique, et donc du collecteur.

- **Réseaux étagés.** L'enfoncement de la vallée génère la formation d'un nouveau drain, sous le drain existant, en rapport avec la nouvelle position du niveau de base. L'ancien drain et l'ancienne émergence sont alors abandonnés et se comblent partiellement de sédiments et de concrétions pour constituer un « étage fossile ». Perché au milieu de la zone vadose, l'ancien drain est recoupé par des puits d'invasion raccordés au drain actif.
- **Réseaux ennoyés.** Lors d'une remontée du niveau de base, les drains sont ennoyés en profondeur. Certains sont colmatés, mais les axes principaux les plus actifs continuent d'assurer l'essentiel du drainage du massif. Un conduit vertical se met alors en place et draine les eaux vers la nouvelle position du niveau de base, formant une émergence vauclusienne.

Les cavités visitables par les spéléologues ne représentent qu'une infime partie des vides existants à l'intérieur d'un massif karstique.

Figure 8 : Modèle de spéléogénèse (D'après Philippe Audra, dans « Grottes et karsts de France », Ed. Karstologia_Mémoires, 2010)

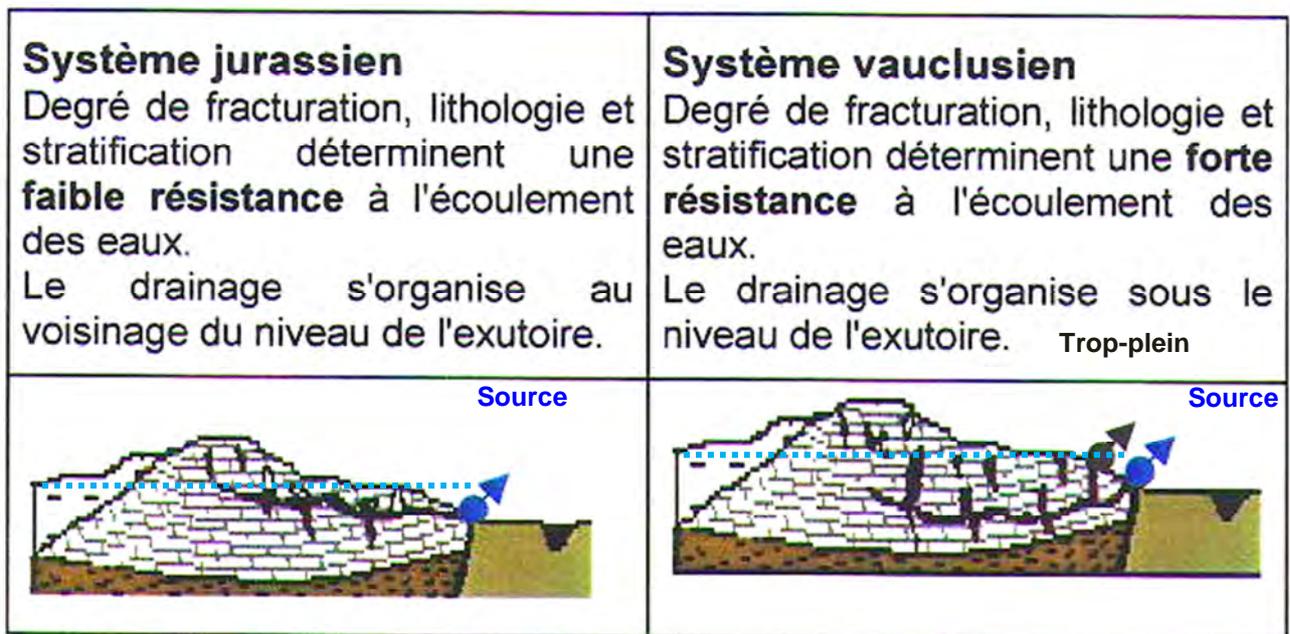


3.3.5. Typologie

Les systèmes karstiques jurassiens ou vaclusiens caractérisent 2 types de développement du réseau karstique qui dépendent de la géologie locale (lithologie, fracturation). La Figure 9 montre les coupes schématiques pour les 2 systèmes où sont représentés les exutoires, source pérenne ou source temporaire (trop-plein) ; le réseau karstique et le niveau d'eau en hautes eaux.

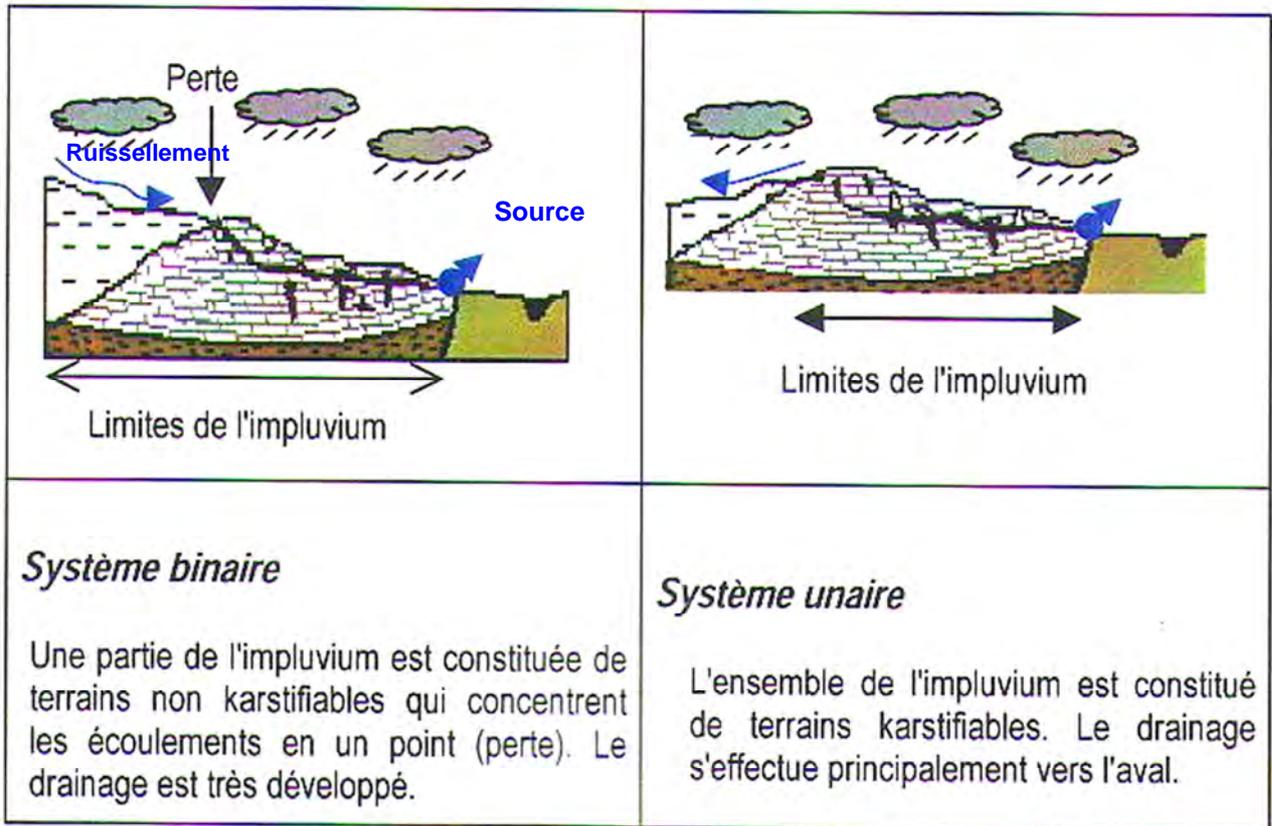
Dans le massif du Jura, les 2 types de systèmes sont présents avec une prédominance pour le système jurassien.

Figure 9 : Systèmes karstiques jurassien et vaclusien (D'après Marsaud 1996)



Les systèmes unaires ou binaires (Figure 10) caractérisent le mode de recharge de l'aquifère karstique par les pluies sur le bassin versant. Dans le système unaire, l'impluvium, c'est-à-dire la surface de recharge par les pluies synonyme de bassin versant, est entièrement occupé par des affleurements calcaires. Dans le système binaire il comporte en plus des affleurements calcaires, des zones imperméables (marnes) qui drainent les eaux en surface vers des pertes situées au contact avec les calcaires.

Figure 10 : Système de fonctionnement du bassin versant



3.4. Formation des montagnes du Jura

La pénéplaine qui occupe la région du Jura va être démantelée par l'érosion à partir de -35 M d'années. La surrection du Jura est synchrone à la formation des Alpes.

De -100 à -55 Ma, les calcaires sont faiblement émergés dans un paysage de plateaux côtiers sous un climat tropical très favorable à la karstification (fortes précipitations et végétation abondante).

Le soulèvement commence à l'éocène (-55 à -34 Ma) et l'érosion s'intensifie. Le karst continue à se développer dans les terrains calcaires du Crétacé et du Malm.

A l'Oligocène (-34 à -23 Ma) la distension de la croûte terrestre au niveau du Jura provoque une intense fracturation du socle et de la couverture sédimentaire.

Au début du Miocène (-23 Ma), un régime de compression se met en place sous l'effet de la poussée alpine qui s'exerce depuis le sud-est. La couverture sédimentaire se déforme. Un bras de mer envahit le Jura provoquant le dépôt de sables (molasse) provenant de l'érosion des Alpes. Ces dépôts recouvrent les calcaires et colmatent partiellement les cavités karstiques existantes. La karstification continue cependant dans la partie septentrionale du Jura qui reste émergée.

Au miocène supérieur (-11 à -3 Ma), la compression s'intensifie et la série sédimentaire va se décoller à sa base au niveau des dépôts évaporitiques (sel) du trias. De grandes failles se forment accompagnées par le plissement des couches sédimentaires imposé par le raccourcissement de la zone. Le climat est humide et chaud, favorable au développement de la végétation. Ces facteurs associés à des reliefs vigoureux sont des

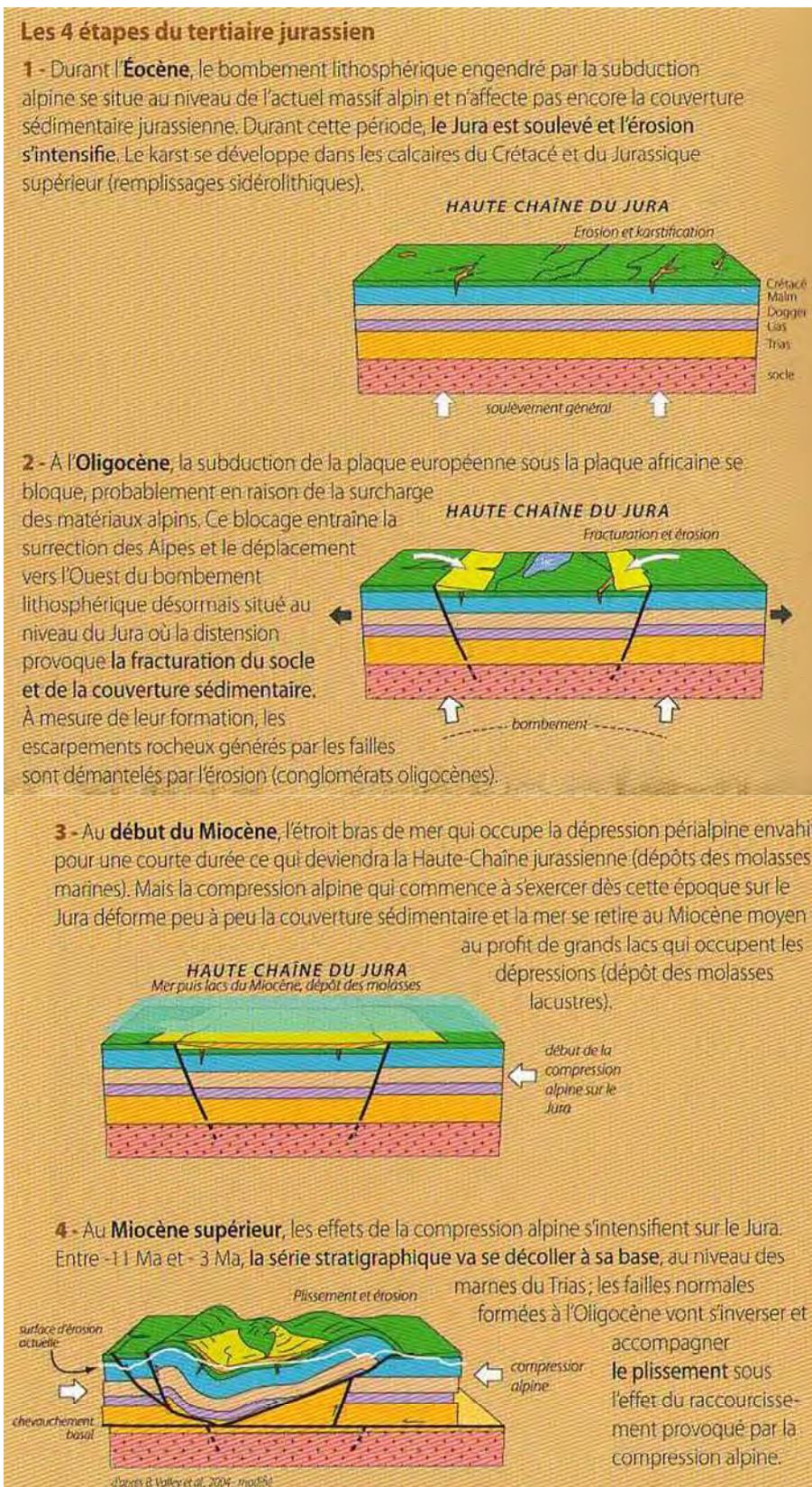
conditions idéales pour le développement de la karstification. C'est à cette époque que se forme la plupart des grandes cavités du Jura.

La structure géologique, c'est-à-dire la déformation des couches géologiques est un facteur déterminant dans la formation du karst du Jura (Figure 13). Les couches sont plissées et fracturées, l'alternance de plis synclinaux et anticlinaux dans la Haute Chaîne, l'existence de zones plissées et faillées (faisceaux) qui parcourent les plateaux, le rôle des grandes failles nord-sud qui recourent les plis influencent fortement la formation des systèmes karstiques.

Le soulèvement et le plissement des couches conjugués à l'incrustation de vallées profondes dans le massif impliquent l'existence de fortes dénivellations entre les zones d'infiltration des eaux (plateaux) et d'émergence (vallées). Cette dénivellation constitue la « différence de potentiel hydraulique ». Elle est très variable suivant les secteurs, elle est par exemple de 150 m à la source d'Arcier, 300 m à la source de la Loue et de 700 m aux sources des Foules_Montbrilland à Saint Claude.

La différence de potentiel hydraulique associée à l'existence d'un flux d'eau d'infiltration « agressive » vis-à-vis de la roche calcaire constituent le « **potentiel de karstification** ». L'agressivité de l'eau dépend de sa concentration en gaz carbonique (CO₂) ainsi que des volumes d'eau susceptibles de s'infiltrer (hauteur des pluies). Les pluies efficaces (hauteur des pluies qui s'infiltrent annuellement) varient de 650 mm à Arcier à 1500 mm aux Foules_Montbrilland en moyenne sur les 30 dernières années.

Figure 11 : Chronologie de la formation du massif du Jura (Dans « Montagne du Jura, Géologie et paysages », V. Bichet et M. Campy NEO-Editions 2008)



3.5. Méthodes d'étude des aquifères karstiques

3.5.1. Analyse géologique et structurale

La stratigraphie, c'est-à-dire l'étude de la succession des couches géologiques calcaires ou marneuses, conditionne l'existence et le développement du karst. La connaissance des coupes stratigraphiques locales est à la base de toute étude d'un système karstique. Les épaisseurs et les alternances de niveaux calcaires ou marneux, la disparition par érosion de certaines couches, permettent de positionner les aquifères et leurs niveaux de base (aquiclude) dans la succession des terrains géologiques (Figure 12).

Ainsi dans le massif du Jura on dénombre 3 aquifères principaux du haut en bas (du plus vieux au plus récent dans l'échelle des temps géologiques) le Dogger (ou jurassique moyen) dont l'épaisseur est d'environ 250 m ; le Malm (ou jurassique supérieur) dont l'épaisseur varie de 275 m (région de Besançon) à 480 m (région de Saint Claude) ; le crétacé dont l'épaisseur atteint 220 m dans la Haute Chaîne du Jura et qui est quasiment absent à plus basse altitude.

L'intégration des données géologiques dans la démarche de définition des systèmes karstiques se fait grâce aux coupes géologiques qui fournissent une interprétation des structures et aux cartes isobathes du toit des formations marneuses imperméables. Le but étant de parvenir à une vision en 3 dimensions de l'ensemble karstique étudié. Ainsi un volume théorique des réserves d'eau stockées dans la zone noyée de l'aquifère peut être estimé.

La coupe de la Figure 14 montre la succession de plissements dans le massif du Jura suite à la phase de compression du Miocène. La couche du Malm de couleur bleue représente l'aquifère karstique principal avec à sa base les marnes imperméables de l'oxfordien. Dans la Haute Chaîne on peut remarquer la superposition des couches à la faveur de grands accidents tectoniques chevauchants, l'aquifère se retrouve en profondeur où il est captif.

Figure 12 : Coupe stratigraphique et localisation des aquifères (D'après Chauve, 1975)

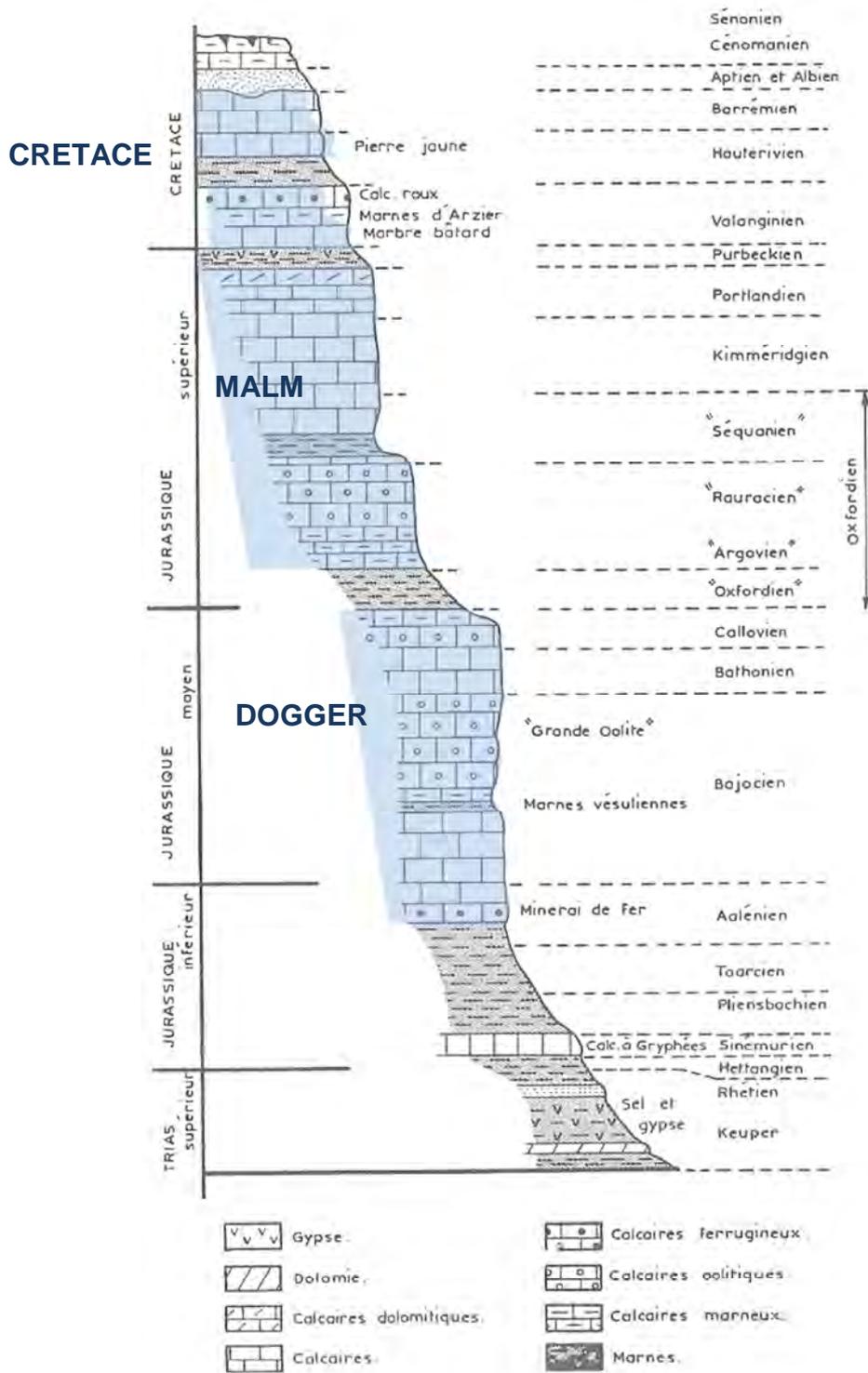
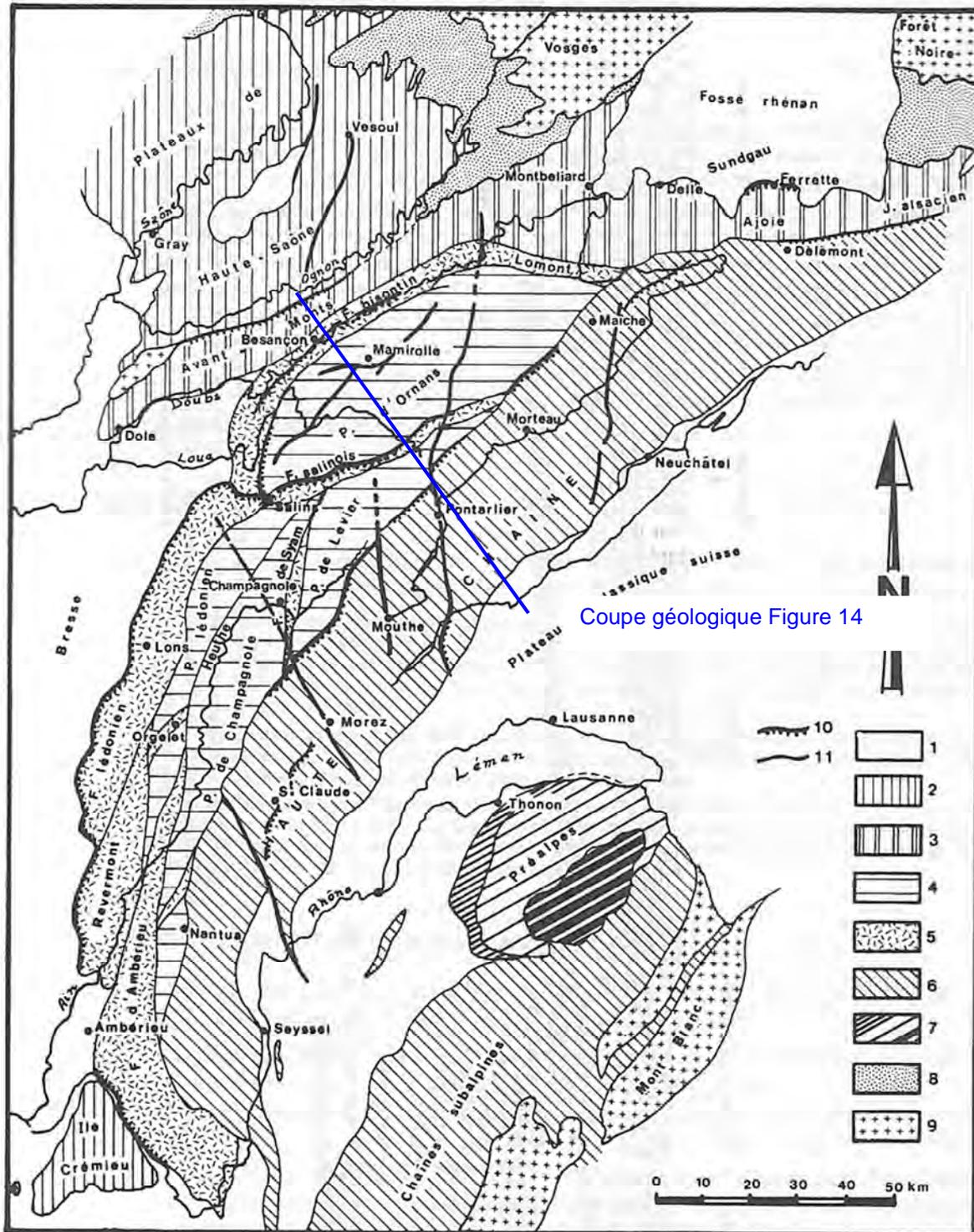


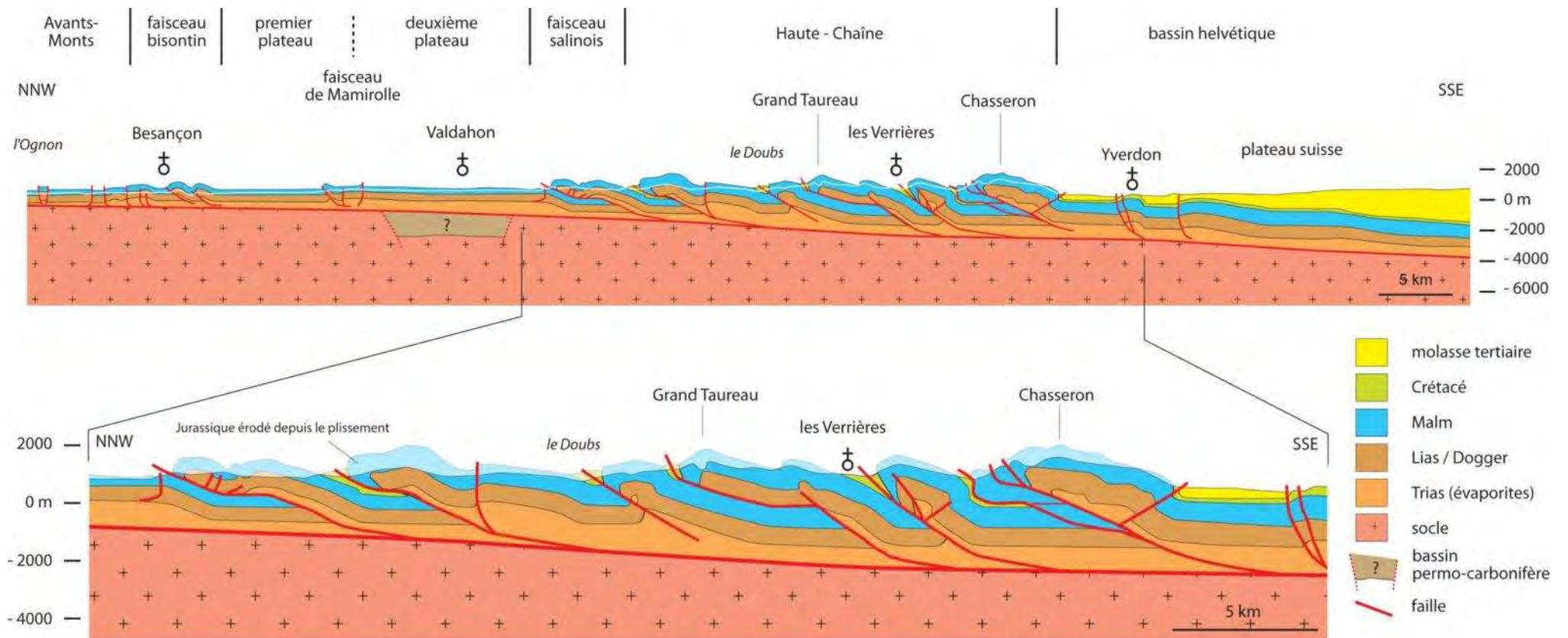
Figure 13 : Les grands ensembles structuraux du Jura (P. Chauve, 1975)



1. Dépressions tertiaires et quaternaires. – 2. Plateaux de Haute-Saône et île Crémieu. – 3. Avant-Monts et collines préjurassiennes. – 4. Plateaux du Jura externe. – 5. Faisceaux plissés. – 6. Haute-Chaine et chaînes subalpines. – 7. Préalpes. – 8. Dépressions structurales triasiques. – 9. Massifs cristallins. – 10. Chevauchements. – 11. Failles.

Figure 14 : Coupe géologique du massif du Jura (Haut Doubs)

(D'après A. Sommaruga 2001, modifié par V. Bichet, 2008)

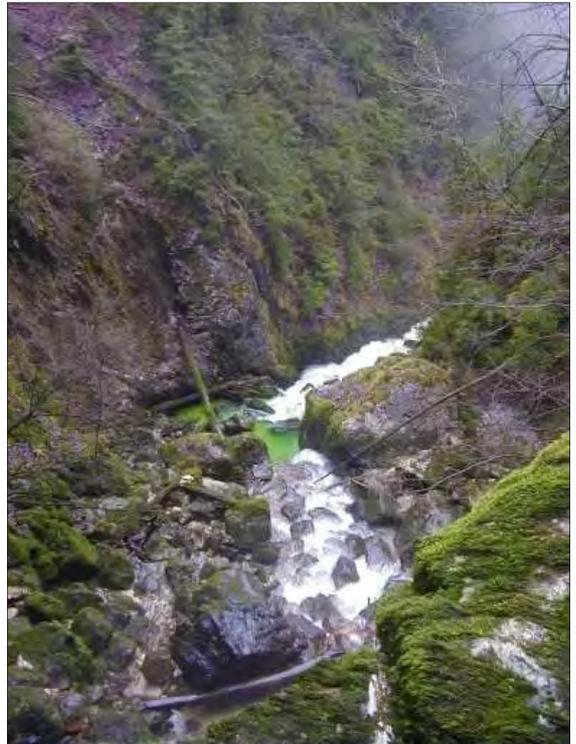


3.5.2. Traçages

La méthode de traçages souterrains des eaux est particulièrement adaptée à l'étude des bassins versant de sources karstiques, elle permet de mettre en relation des points d'infiltration en surface avec des exutoires (sources captées ou non captées). Des traceurs fluorescents sont utilisés (fluorescéine, éosine, rhodamine...) en mélange avec de l'eau, ils sont injectés dans le sous-sol en des points favorables à l'infiltration vers le milieu souterrain (karst). Les sources sont surveillées par des fluocapteurs ou des fluorimètres qui mesurent le passage du traceur. La cartographie des traçages (couples injections/restitutions) et l'interprétation des données géologiques fournissent des informations déterminantes à la délimitation des bassins versants des sources, ainsi que sur leur vulnérabilité.

Les traçages fournissent également des informations sur le fonctionnement du système karstique : vitesses de circulation, développement du karst, existence d'une zone noyée...

Injection de fluorescéine dans un lapiez à Septmoncel (Jura)



Restitution de la fluorescéine à la source des Gorges dans le Flumen



3.5.3. Jaugeage

Le suivi des débits d'une source sur des périodes suffisamment longues (plusieurs années) apporte des informations très utiles à la compréhension du fonctionnement de l'aquifère karstique et sur les débits disponibles en fonction de la saison.

L'étude des hydrogrammes (débits classés, débits cumulés, courbe de récession) permet de déterminer les caractéristiques du réseau karstique : **estimation des réserves**, capacité à retarder l'infiltration, existence d'une zone noyée importante, état de développement des drains karstiques, volume dynamique...

En l'absence de chronique, la variabilité des débits appréhendés à partir de jaugeages ponctuels donne des indices sur le développement du karst. Plus l'amplitude des mesures est grande plus le système est karstifié.

Le calcul du bilan hydrologique sur une période d'au moins un cycle hydrologique d'une année (*Surface du bassin versant = débit moyen mesuré / pluie efficace*) donne une estimation de la surface du bassin versant de la source.

Note : la pluie efficace est la quantité de pluie qui s'infiltré dans le sous-sol. $P_{efficace} = P$ (pluie) – ETP (évapotranspiration potentielle) exprimée en mm.

Echelle et station de jaugeage de la source du Doubs (DREAL) :



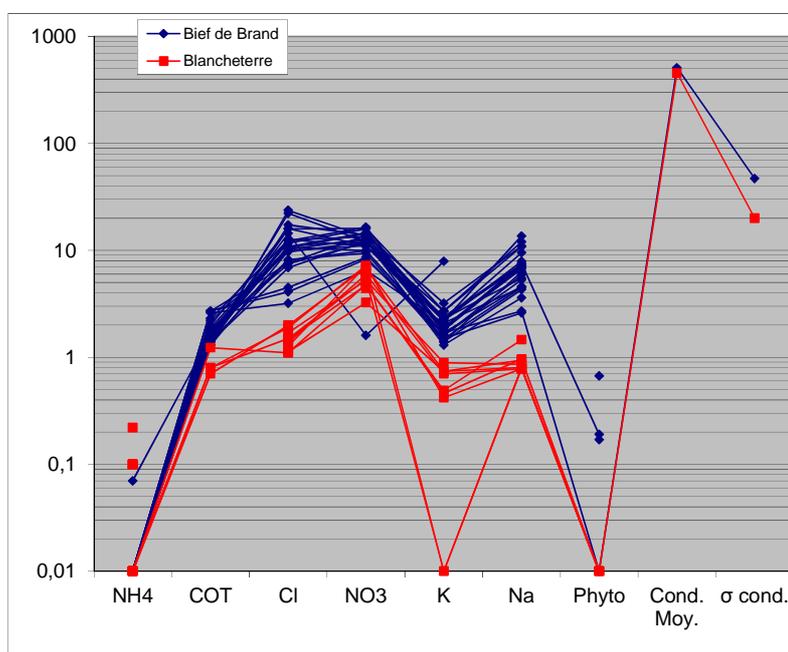
3.5.4. Chimie

Les données chimiques disponibles renseignent :

- sur la qualité des eaux captées par des mesures en instantanée et sur leur conformité vis-à-vis des normes de potabilité
- sur la réactivité du système karstique à la recharge par les pluies grâce à des mesures de la conductivité (minéralisation des eaux), de la turbidité, des concentrations en nitrates...
- sur des points particuliers : âge, altitude du bassin d'alimentation par des analyses plus spécifiques (chimie isotopique : tritium, deutérium, O₁₈, C₁₄....)

La construction de diagramme (Figure 15) fournit la « signature » hydrochimique de l'eau vis-à-vis des principaux marqueurs anthropiques.

Figure 15 : Concentration en éléments chimiques représentatifs de la pression anthropique sur un bassin versant, exemple du Bief de Brand.



L'étude d'éléments particuliers apporte des informations sur le développement du système karstique : variabilité de la conductivité (minéralisation des eaux), rapport Na/K...

Les pollutions diffuses ou chroniques d'origine anthropique sont mises en évidence par l'étude des concentrations en nitrates, potassium, chlorures, sodium, ammonium, carbone organique total (COT) et pesticides.

La présence d'éléments « indésirables » renseigne sur d'éventuelles pollutions anthropiques accidentelles (hydrocarbures, solvants, métaux...) et sur les risques susceptibles de menacer une source.

Les sources karstiques présentent une contamination bactériologique chronique qui d'ordinaire s'élimine aisément par une simple désinfection (chloration). Cependant pour certaines sources très vulnérables cette contamination peut atteindre ponctuellement des niveaux extrêmes qui rendent l'eau captée impropre à la consommation (cas d'épandages de lisiers ou fumiers sur des zones en relation directe avec la source).

Une autre caractéristique des sources karstiques est de présenter des pics de turbidité consécutifs aux épisodes pluvieux. Ce trouble des eaux est plus ou moins intense et peut durer de quelques heures à quelques jours. La turbidité traduit la présence de particules fines en suspension dans l'eau. Ces particules sont composées de minéraux (sables, limons, argiles) et de débris organiques. Elles proviennent soit de la mise en suspension de particules décantées dans le milieu souterrain (effet de « chasse d'eau »), soit par infiltrations rapides d'eaux de ruissellement chargées vers le réseau souterrain et les sources.

3.5.5. Pompages

La réalisation d'essais de pompage dans les émergences vaclusiennes permet de tester la zone noyée. Les volumes stockés dans les réseaux karstiques profonds peuvent être très importants et apporter un

complément et une sécurisation aux ressources communément exploitées. Ces réserves profondes sont très mal connues dans le massif du Jura.

Une exploitation par pompage dans les zones noyées permet une gestion active de l'aquifère. L'avantage de cette gestion est de pouvoir solliciter la réserve souterraine pendant les périodes critiques d'étiage dans les sources. On peut ainsi augmenter les débits disponibles pour l'AEP à ces périodes et restituer du même coup un débit de soutien au milieu superficiel (ruisseau ou rivière). Dans un contexte annoncé de changement climatique et de baisse probable des débits d'étiage des sources de 25 % à 50 % à l'horizon 2050, l'étude de la zone noyée deviendra une nécessité pour faire face à des déficits possibles sur certaines sources captées.

Ces pompages d'essai nécessitent la mise en place de pompes de gros débits. Ils devront se dérouler sur plusieurs semaines avec des suivis du niveau d'eau et de paramètres chimiques tels que la conductivité, la turbidité, la température, les nitrates...

3.5.6. Forages

La reconnaissance des aquifères profonds se fait par forage. Les zones à explorer sont connues, il s'agit des structures géologiques situées en profondeur, en-dessous du niveau des exutoires. Des volumes d'eau importants sont stockés dans ces structures. Il peut s'agir des synclinaux présents dans la haute chaîne (ex : Saint Point, Métabief_Rochejean), ou de réserves situées en-dessous du niveau de drainage des rivières (ex : karst profond de la vallée du Doubs entre Besançon et Clerval).

La profondeur des forages pour atteindre les aquifères profonds dans la zone d'étude est de l'ordre de 100 à 400 m. L'intérêt d'un forage est de fournir une connaissance précise des formations géologiques (coupe de forage), de tester les débits disponibles dans l'aquifère et de connaître la qualité de ces eaux profondes.

Les aquifères karstiques étant très hétérogènes, l'implantation des forages présente une réelle difficulté pour atteindre la ressource en eau. Un forage est productif s'il recoupe des fractures et s'il est connecté à un réseau karstique suffisamment vaste.

Des méthodes géophysiques permettent de guider le choix pour l'implantation d'un forage. Il s'agit principalement de la sismique et de la tomographie électrique. Ces méthodes fournissent des pseudos coupes géologiques qui renseignent sur les structures géologiques et sur la présence de failles.

3.5.7. Vulnérabilité

Le karst est réputé être un milieu vulnérable car les eaux d'infiltration rejoignent rapidement les sources entraînant avec elles d'éventuelles flux de pollutions. Il faut cependant nuancer cette vision car il existe une grande diversité dans le fonctionnement des aquifères karstiques. Ainsi la vulnérabilité d'une source dépend des facteurs suivants :

- ✓ Position de l'émergence par rapport au réseau karstique, les sources situées aux altitudes les plus hautes étant les plus exposées aux flux de pollutions.
- ✓ Volume de la réserve d'eau stockée dans le milieu souterrain, ce volume joue un rôle « tampon » pour les flux de pollutions.
- ✓ Présence de pertes actives dans le bassin versant, des débits importants d'eau de surface potentiellement chargés en éléments polluants s'engouffrent dans le milieu souterrain.

- ✓ Présence de niveaux géologiques en surface qui apportent une protection pour l'aquifère, l'existence de niveaux marneux ou de dépôts récents telles que les moraines glaciaires, ralentissent et filtrent les eaux d'infiltration.
- ✓ Présence de sols plus ou moins épais, ils jouent un rôle important dans la fixation et la dégradation des éléments chimiques.

Une méthode de cartographie multicritères de la vulnérabilité sur les bassins versant a été mise au point pour le karst, il s'agit de la méthode RISK (Roche_Infiltration_Sol_Karst). Cette méthode permet après avoir affecté des indices pour chaque critère, de réaliser une carte de la vulnérabilité du bassin versant. La surface du bassin versant est répartie en 5 classes de vulnérabilité : très faible, faible, moyenne, forte, très forte. La hiérarchisation de la vulnérabilité sur le bassin versant est utile pour la définition des actions à mener pour la protection des ressources en eau (maitrise des flux de pollution, utilisation des surfaces, projets d'aménagement...).

4. BASE DE DONNEES « POINTS D'EAU »

4.1. Fonctionnement

Une base de données (BDD) permet de gérer un grand nombre d'informations (texte, données numériques, images, cartes, calculs, graphiques...). La recherche, le tri, la sélection, les liens entre données ainsi que la mise en forme des informations et leurs éditions sont facilités.

La représentation spatiale de données géographiques est possible en associant la base de données à un Système d'Informations Géographiques (SIG).

La base de données « points d'eau » a été créée sous ACCESS.

Elle a été renseignée tout d'abord en agglomérant des données issues de bases de données existantes, il s'agit de :

- ✓ SISE-Eaux de l'ARS qui gère le suivi sanitaire des eaux captées pour l'alimentation en eau potable ainsi que le statut réglementaire des captages (périmètres de protection, autorisation de prélèvement).
- ✓ Inventaire des traçages en Franche-Comté de la DREAL qui centralise sur une base de données géographiques les informations liées aux travaux de traçages des eaux souterraines. Cette base est accessible en ligne sur le site de la DREAL.
- ✓ La BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères) est le référentiel hydrogéologique à l'échelle du territoire national
- ✓ Cartographie des périmètres de protection (ARS).
- ✓ Etude préliminaire des aquifères patrimoniaux karstiques du bassin Rhône-Méditerranée-Corse (Hydrosciences Montpellier-ANTEA-BURGEAP).
- ✓ Réseau de surveillance des eaux souterraines ADES points qualitatifs et/ou quantitatifs.
- ✓ Base « redevance » de l'Agence de l'Eau RMC qui comptabilise les prélèvements d'eau dans le milieu naturel.
- ✓ INSEE pour les données concernant la population.

Des informations nécessaires à l'étude viennent compléter les données précédentes. Il s'agit de données qui concernent la géologie, les sources, les débits, les bassins versants, les forages. Ces données ont été renseignées à partir de la consultation des données de la BDD « Infoterre » et des études locales (dossiers de périmètres de protection des captages consultables dans les ARS départementales, publications, cartes géologiques), ainsi qu'à partir des connaissances en interne que nous avons de la zone d'étude.

4.2. Structure

La BDD est construite autour de la notion de « points d'eau » qui désigne des exutoires naturels (sources) ou artificiels (forages et puits) captés, abandonnés ou non captés.

La notion d'unité de gestion (UGE) constitue un autre accès à la base de données pour les points d'eau captés. La gestion de l'eau potable repose sur les UGE auxquelles sont associés un ou plusieurs captages.

L'interface de la BDD est présentée en Annexe 10.

UGE et UDI de la base SISE-Eaux de l'ARS

UGE (unité de gestion) et UDI (unité de distribution) sont deux notions importantes dans le fonctionnement de l'alimentation en eau potable des collectivités. Elles sont utiles pour gérer le contrôle sanitaire dans les réseaux par les Agence Régionale de Santé (base SISE-EAUX).

L'UGE désigne le gestionnaire de l'alimentation en eau potable, c'est le propriétaire des installations, le responsable légal de la distribution, il correspond à une collectivité : commune, syndicat des eaux, communauté de communes.

L'UDI désigne au sein d'un réseau, un secteur où l'eau distribuée est la même (qualité identique). Cette distinction est utile lorsqu'une UGE exploite plusieurs ressources en eau distribuées à partir de différents points du réseau. Une UDI peut correspondre à une ressource ou à un mélange de plusieurs ressources, elle inclut le type de traitement appliqué aux eaux captées. Le schéma classique d'une UDI est un ou plusieurs captages, un traitement puis un réseau de distribution. Cette notion permet aux ARS de gérer les points de prélèvement du contrôle sanitaire.

Le plus souvent, UGE et UDI se confondent surtout dans le cas des petites collectivités.

Une UGE peut contenir plusieurs UDI. Par exemple la ville de Besançon exploite 3 ressources distinctes : la source d'Arcier, les forages de Thise, la prise d'eau de Chenecey-Buillon, chacune est dotée d'une station de traitement, il y a donc 3 qualités d'eau distinctes distribuées dans des secteurs de réseau différents correspondant à 3 UDI. Les limites physiques entre les 3 secteurs de réseau pouvant être fluctuantes suivant les volumes disponibles à chaque ressource et la demande dans le réseau.

Une UDI peut contenir plusieurs UGE. Par exemple le SIE du Centre Est et la ville de Champagnole sont 2 UGE alimentés par la même ressource (source de la Papeterie) et la même station de traitement.

Une UDI peut être partagé entre plusieurs UGE. Par exemple la source de la Tuffières à Lods dans la vallée de la Loue est exploitée par le SIE (Syndicat Intercommunal des Eaux) de la Haute Loue mais alimente également le SIE du Plateau d'Amancey dont elle constitue la ressource principale.

Dans le cadre d'interconnexions, les limites des UDI deviennent plus floues avec des mélanges d'eaux de qualités différentes dans les réservoirs ou au sein même du réseau.

Les limites des UDI sont évolutives, elles ne sont pas nécessairement associées à une population stable.

Dans la création de la base de données « points d'eau » nous avons privilégié l'approche par UGE dont les contours et le statut sont mieux définis. L'existence des UDI est prise en compte dans l'interprétation des analyses sur l'eau distribuée.

Les informations dans la BDD sont agencées par thèmes correspondant à des onglets accessibles sur l'interface de saisie des données :

- ✓ Points d'eau.
- ✓ Géologie_hydrogéologie.
- ✓ Mesures.
- ✓ Analyses sur l'eau brute.
- ✓ Traçages
- ✓ Gestion de l'eau.
- ✓ Localisation.
- ✓ Documentation.

Les différents thèmes sont renseignés pour tous les points d'eau, sauf la localisation sur carte topographique qui ne concerne que les seuls points d'eau définis comme « majeurs » dans le cadre de cette étude (voir §6 pour les critères de tri des points d'eau majeurs).

Ces thématiques sont présentées dans les fenêtres ci-dessous qui correspondent aux formulaires de saisie des informations. Chaque information correspond à un « champ » de la base de données. Certains champs ont été renseignés à partir des bases de données existantes, c'est le cas par exemple pour les « périmètres de protection », les « volumes prélevés », les « analyses sur l'eau brute », la « gestion de l'eau ». La validité de ces données a été cependant vérifiée.

Les autres champs ont été renseignés manuellement à partir des documents disponibles, les documents consultés sont les suivants :

- ✓ Dossiers de mise en place des périmètres de protection, ces documents constituent la source principale des informations sur les captages. La grande majorité des captages ont fait l'objet d'études hydrogéologiques et/ou de synthèses techniques sous forme de « dossier préliminaire à la consultation de l'hydrogéologue agréé ». Ces dossiers ont été systématiquement consultés dans les ARS départementales ou dans les bureaux d'études.
- ✓ Cartes géologiques.
- ✓ Cartes des traçages (cartographie en ligne de la DREAL FC).
- ✓ Stations de jaugeage gérées par la DREAL.
- ✓ Thèses régionales.
- ✓ Monographies et synthèses dans des publications ou des rapports d'études.

Les points d'eau de la base de données se répartissent comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

POINTS D'EAU	KARST	HORS KARST	TOTAL
CAPTAGES AEP	364	139	503
CAPTAGES AEP ABANDONNES	78	7	85
NON CAPTES	93		93
TOTAL	535	146	681

Sont classées en « karst » à cette étape, toutes émergences issues des formations calcaires et marno-calcaires.

Il y a 681 points d'eau dans la base de données.

146 sont hors karst, donc en dehors de notre champ d'étude, ils sont présents dans la base uniquement pour réaliser le bilan de l'alimentation en eau potable dans la zone d'étude. Ils correspondent à des puits ou forages en nappe alluviale (96 puits et forages), à des sources qui émergent de formations fluvio-glaciaires (36 sources), et à des prises d'eau dans des lacs ou rivières (14 prises d'eau).

364 sont des captages « karstiques » en exploitation (majoritairement des sources mais également quelques forages). Ces sources sont alimentées par des circulations dans des calcaires pouvant être karstifiés (réseau de conduits karstiques) ou pas (calcaires fissurés). Dans la suite de l'étude seules les sources en relation avec un système karstique bien identifié seront utilisées pour la caractérisation des ensembles karstiques majeurs. Pour les forages, peu nombreux, ils sont en plus mal renseignés sur les coupes stratigraphiques et demanderont des études complémentaires pour arriver à mieux comprendre le fonctionnement des réseaux profonds à circulation moins rapides.

Note : les prélèvements dans le karst pour des usages autres que l'AEP (industrie, géothermie, agricole...) sont négligeables dans le secteur d'étude.

78 sont des captages « karstiques » abandonnés pour des raisons diverses : mauvaise qualité des eaux, captage non protégeable, débit trop faible, rationalisation de l'exploitation du réseau...

93 sont des sources karstiques non captées, il s'agit de sources importantes et répertoriées qui ont souvent été étudiées par des essais de traçage et qui sont en relation avec des réseaux karstiques bien identifiés.

535 points d'eau karstiques sont renseignés et sont utilisés dans le cadre de l'étude, il s'agit de sources captées ou non et de quelques forages. Un tri sera appliqué à ces points d'eau pour retenir seulement les sources principales définies comme « majeures » qui sont véritablement en relation avec par un réseau karstique.

4.3. Synthèse statistique

Ce chapitre a pour objectif de résumer les informations contenues dans la base de données et d'en fournir une image simple et accessible.

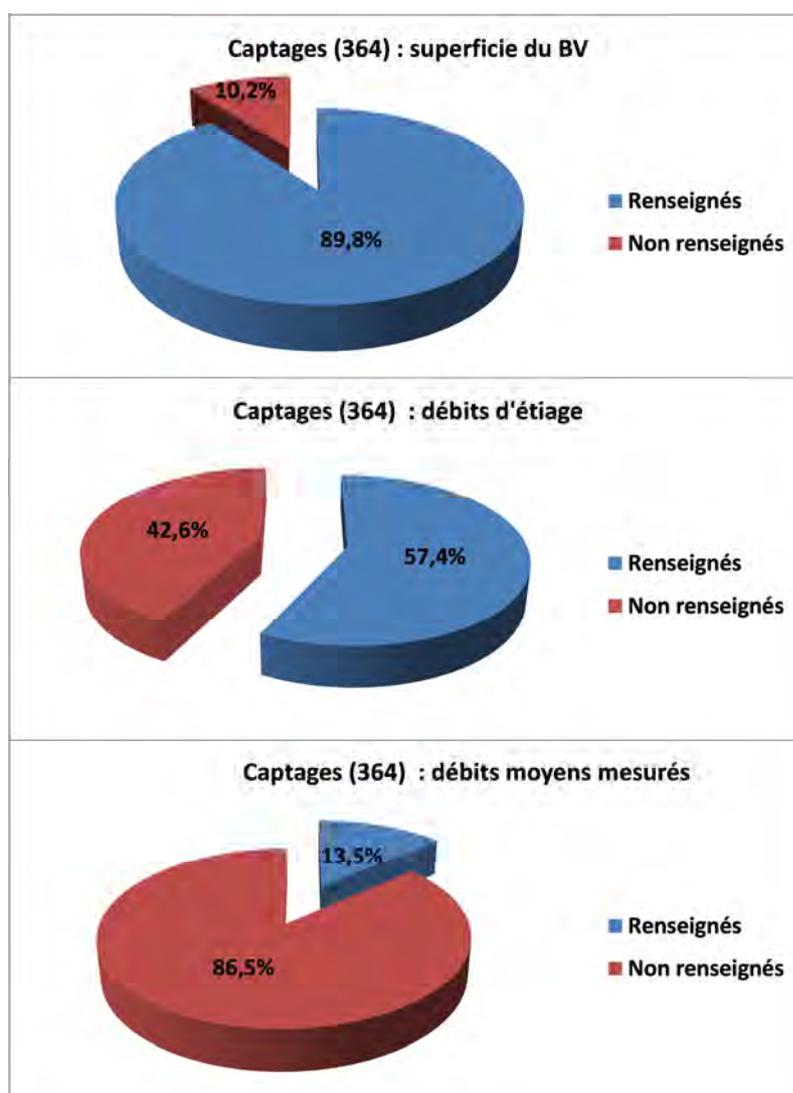
4.3.1. Taux de renseignement de la base

La base est renseignée à partir des données existantes et disponibles dans les différents dossiers qui ont été consultés. Trois informations sont essentielles pour connaître l'importance d'un point d'eau, il s'agit :

- ✓ **De la surface du bassin versant (BV) alimentant le captage ou la source**, elle a été définie et mesurée soit à partir de délimitations existantes dans la documentation, soit par nos soins à partir des données de débits, de traçages éventuels et des cartes topographiques et géologiques. La fiabilité de la délimitation a été évaluée en fonction des données de terrain disponibles. La connaissance du BV est essentielle pour la maîtrise de la vulnérabilité et de la qualité des eaux de la source.
- ✓ **Du débit d'étiage**, il s'agit de la valeur de débit mesurée pendant une période sèche. Cette valeur est importante pour évaluer la ressource, elle est à comparer aux besoins des collectivités. **Ou du potentiel éventuel de la zone noyée**, ainsi une source à faible débit voire qui tarit, mais possédant une réserve noyée, pourrait être exploitée par pompage (notion de gestion active des aquifères). Ou encore **du débit critique pour les forages**, c'est le débit maximum exploitable dans un forage.
- ✓ **Du débit moyen mesuré**, qui est renseigné à condition qu'une chronique des débits soit disponible sur au moins un cycle hydrologique annuel, l'idéal étant de posséder 5 années d'enregistrements des débits. Cette valeur est importante car elle permet d'estimer la surface du bassin versant de la source par le calcul du bilan hydrologique ($\text{Surface BV} = \frac{\text{Débit moy. annuel}}{\text{pluie efficace annuelle}}$).

Note : La qualité de la mesure du débit d'étiage, lorsqu'elle existe, est très hétérogène. C'est le plus souvent une mesure ponctuelle, dont la représentativité est médiocre. Il s'agit alors d'un « ordre de grandeur » du débit d'étiage. Seules quelques rares sources ont fait l'objet de suivis réguliers autorisant un calcul statistique du débit d'étiage.

Figure 16 : Taux de renseignement pour tous les captages karstiques



Commentaires : Les captages karstiques sont bien renseignés pour les superficies de BV, grâce aux dossiers de périmètres de protection, par contre il existe un déficit de données en ce qui concerne les débits d'étéage et très peu de suivis de débit. La répartition est pratiquement identique entre captages, captages abandonnés et points d'eau non captées.

4.3.2. Fiabilité de la délimitation des bassins versants

Un indice de fiabilité a été attribué à chaque bassin versant de sources karstiques. Cet indice dépend de l'existence d'un bilan hydrologique, de traçages en nombre suffisant, de limites géologiques et topographiques plus ou moins faciles à interpréter.

Notation utilisée :

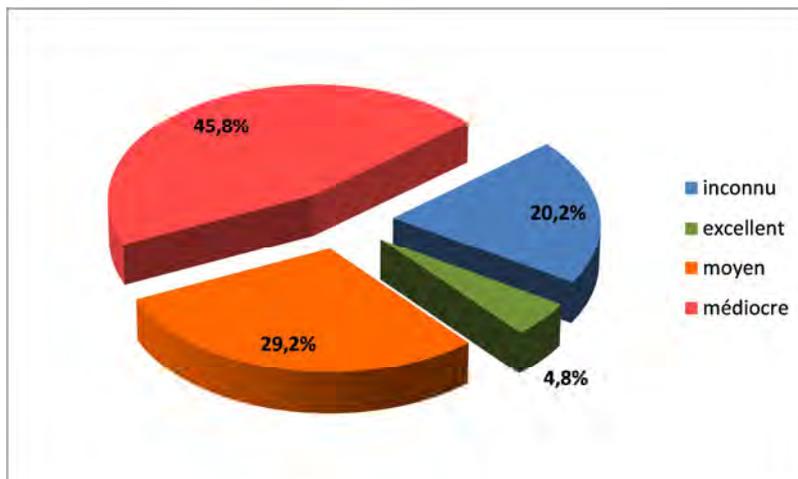
0_inconnu : le BV ne peut pas être déterminé car il y a un doute sur l'origine de l'eau, c'est le cas lorsque la documentation est très insuffisante et que la géologie de l'émergence n'est pas connue avec certitude.

1_excellent : le nombre et la qualité des informations sont très bons avec l'existence d'un bilan hydrologique (surface du BV connue) et de traçages permettant de tester toutes les limites liées aux structures géologiques (plissements, failles...) et topographiques.

2_moyen : absence de bilan hydrologique (surface du BV inconnue), existence de traçages, mais en nombre insuffisant pour tester toutes les limites, la délimitation repose en partie sur des interprétations de la géologie et de la topographie.

3_médiocre : absence de bilan hydrologique, absence de traçages ou traçages peu nombreux, la délimitation repose principalement sur des interprétations de la géologie et de la topographie.

Figure 17 : Répartition de la fiabilité de la délimitation des BV des sources « karstiques » captées, abandonnées, non captées

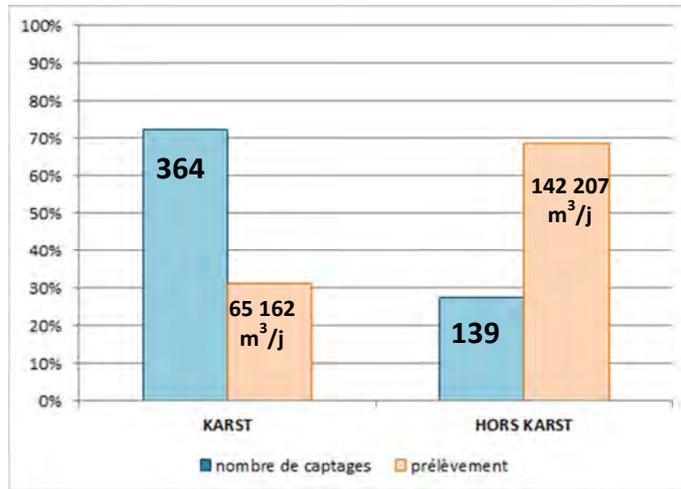


Commentaires : les BV déterminés avec certitude sont peu nombreux (4,8%) ; 29,2% sont définis correctement mais avec certaines limites non validées ; 45,8 % sont définis avec beaucoup d'incertitudes ; enfin 20,2% n'ont pas de BV faute d'informations avec en particulier des doutes sur l'origine géologique des circulations d'eau (présence d'éboulis ou d'autres formations superficielles qui masque l'émergence). Les BV mal renseignés correspondent généralement à des sources de faible importance.

L'incertitude qui entache la délimitation de nombreux BV a des répercussions sur la connaissance des débits moyens à la ressource et sur sa vulnérabilité.

4.3.3. Répartition des points d'eau en fonction de leurs caractéristiques

Figure 18 : Répartition du nombre des captages AEP et des volumes de prélèvement « karst » et « hors karst »

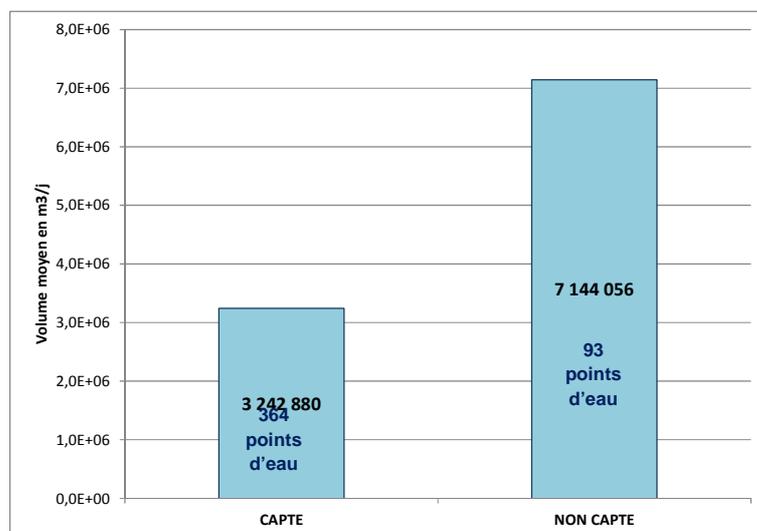


Commentaire : Les captages AEP karstiques sont plus nombreux que les captages non karstiques (72% et 28%) mais en terme de volumes prélevés les proportions s'inversent (31% et 69%).

Dans les captages « non karstiques » les prises d'eau dans des rivières ou des lacs au nombre de 14 sur 140 captages représentent 48% (60 270 m³/jour) des prélèvements, valeur légèrement inférieure aux prélèvements dans tous les captages karstiques (65 162 m³/jour).

Les prises d'eau dans des rivières (Doubs et Loue) sont des cas particuliers de ressources qui sont issues en grande partie de circulations dans le karst sans que l'on puisse les considérer comme des systèmes karstiques.

Figure 19 : Volumes moyens disponibles aux points d'eau karstiques en m³/jour



Commentaire : Ces volumes correspondent à une moyenne pluriannuelle exprimée en m³/j des eaux écoulées aux différents points d'eau, le volume qui transite aux sources non captées est

supérieur à celui des sources captées (respectivement 69 % et 31 %), les volumes potentiellement disponibles pour une éventuelle exploitation dans les aquifères karstiques sont donc très importants.

*Pour les captages dans le karst, les volumes prélevés aux captages représentent 2 % du **volume total écoulé dans l'année**. Pour l'ensemble des points d'eau du karst (captages et sources non captées) cette proportion est de seulement 0,6 %. Par conséquent 99,4 % des volumes s'écoulant aux exutoires des systèmes karstiques de la zone d'étude sont disponibles.*

Cependant, la notion de « volume total écoulé dans l'année » masque les variations saisonnières de débit qui sont très importantes dans les systèmes karstiques. Ainsi le débit d'étiage des sources est-il beaucoup plus faible que le débit moyen annuel. Par exemple la source d'Arcier possède un débit moyen annuel de 103 000 m³/jour pour un débit d'étiage de seulement 7200 m³/jour (7 % du débit moyen). **Plus que les volumes totaux écoulés sur l'année dans les sources, ce sont les débits d'étiage qu'il faut prendre en compte pour l'estimation des volumes disponibles pour une exploitation ou encore le potentiel éventuellement mobilisable par pompage présent dans la zone noyée quand elle existe.**

Les volumes prélevables doivent également tenir compte des débits réservés nécessaires au maintien du bon état biologique dans le milieu superficiel.

Figure 20 : Répartition des captages karstiques en fonction de la typologie

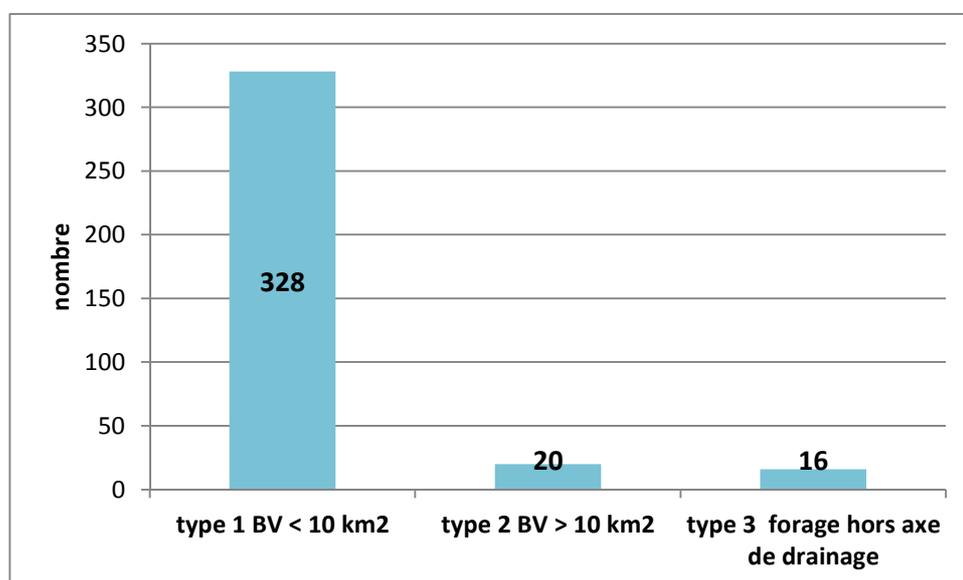


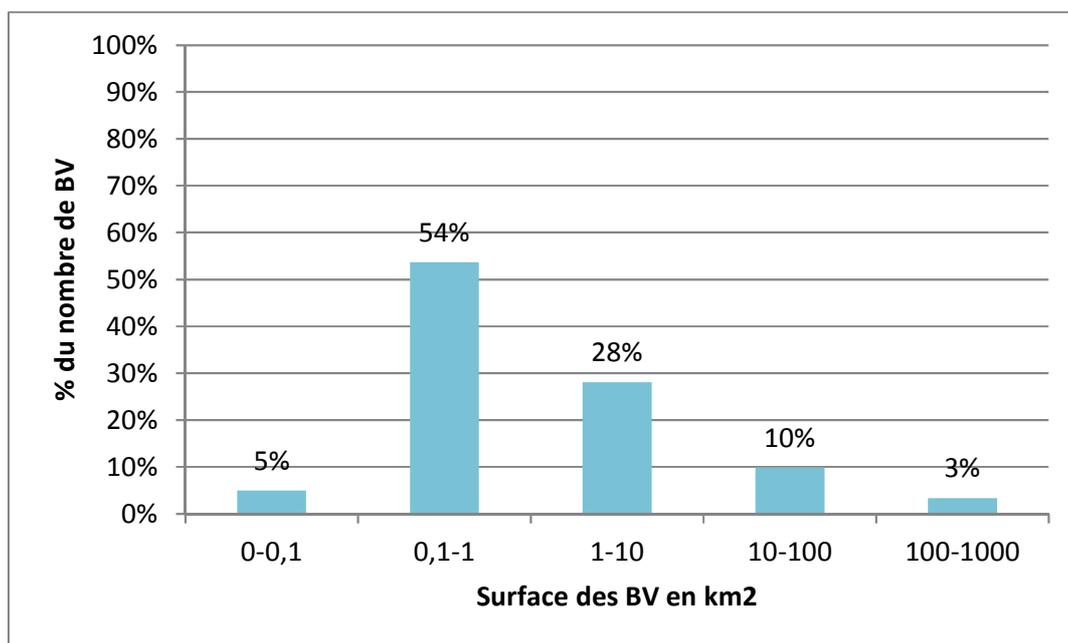
Figure 21 : Classification typologique des captages

CRITERES		SUPERFICIE DE L'AIRE D'ALIMENTATION	
		< 10 km ² / débit moyen annuel faible	> 10 km ² / débit moyen annuel fort
POSITION DU CAPTAGE	Captage de source, forage sur axe de drainage, pompage en source	Type 1	Type 2
		<ul style="list-style-type: none"> ■ Souvent systèmes karstiques peu évolués ou peu fonctionnels pour avoir un débit suffisant en étiage ■ Surfaces à protéger plus réduites ■ Meilleure maîtrise du foncier ■ Motivation plus importante car périmètre à proximité de la zone alimentée ■ Etudes hydrogéologiques préalables plus simples et moins coûteuses 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Surfaces à protéger plus ou moins importantes et souvent éloignées du captage ■ Vitesses de transit pouvant être élevées (vulnérabilité) ■ Difficulté de motivation car protection loin de la population alimentée ■ Etudes hydrogéologiques préalables, longues et complexes ■ Nécessité d'une forte expertise du bureau d'études et de l'hydrogéologue agréé
	Stratégie de protection simple	Stratégie de protection plus difficile à définir, fonction des résultats des études préalables (fonctionnalité, vulnérabilité, ...)	
	Forage hors des principaux axes de drainage	Type 3	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Aire d'alimentation souvent réduite, pas ou peu d'influence des sources de pollution lointaines ■ Surface à protéger souvent réduite par rapport au type 2 (dépend du débit de pompage) ■ Meilleure maîtrise du foncier ■ Motivation plus importante car périmètres à proximité de la population alimentée ■ Etudes préalables différentes des autres types, principalement basées sur les pompages d'essai 			
		Stratégie de protection différente des types 1 et 2	

(D'après « bilan et analyse de la mise en œuvre des périmètres de protection des captages AEP en milieu karstique » Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse)

Commentaire : Il y a 90 % (328) des captages qui sont de type 1, c'est-à-dire qui possède un bassin versant (ou aire d'alimentation) d'une superficie < 10 km².

Figure 22 : Répartition des surfaces de bassin versant des sources karstiques (captées ou non captées)



Commentaire : 59 % des sources karstiques ont une surface de BV < 1 km² et 13 % seulement ont une surface de BV > 10 km². Toutes les sources inventoriées dans la BDD ont un BV qui a été déterminé soit à partir de la bibliographie, soit dans le cadre de l'étude à partir des données géologiques et de traçages.

Figure 23 : Pourcentage de captages karstiques en fonction de la série et de l'étage géologique

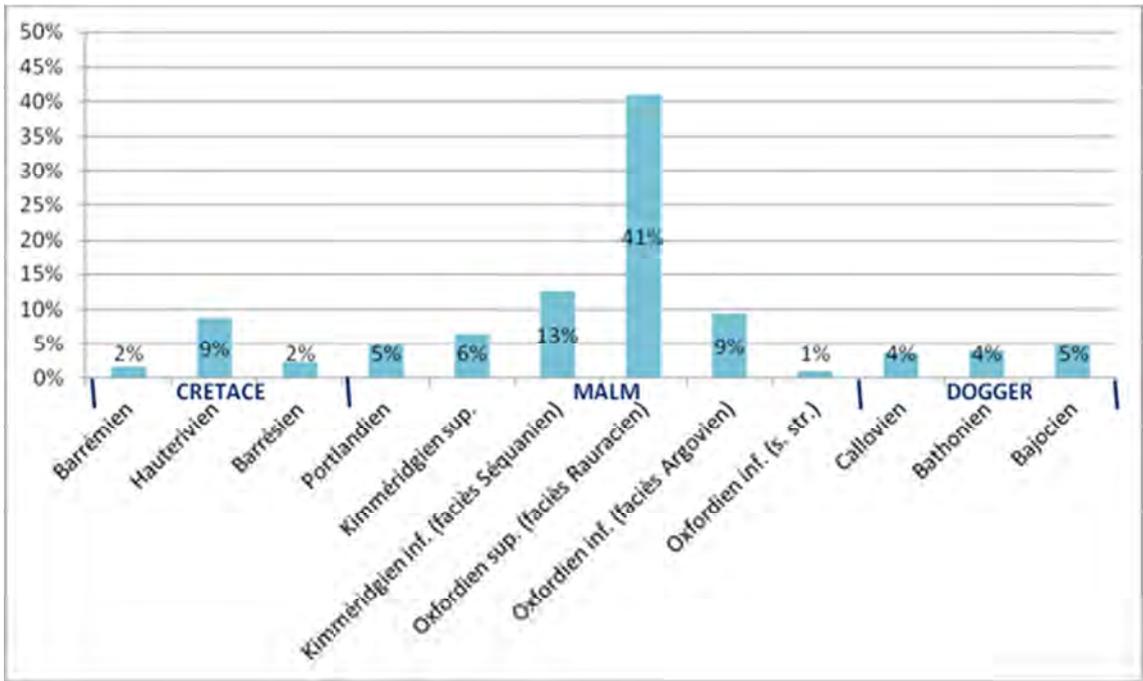
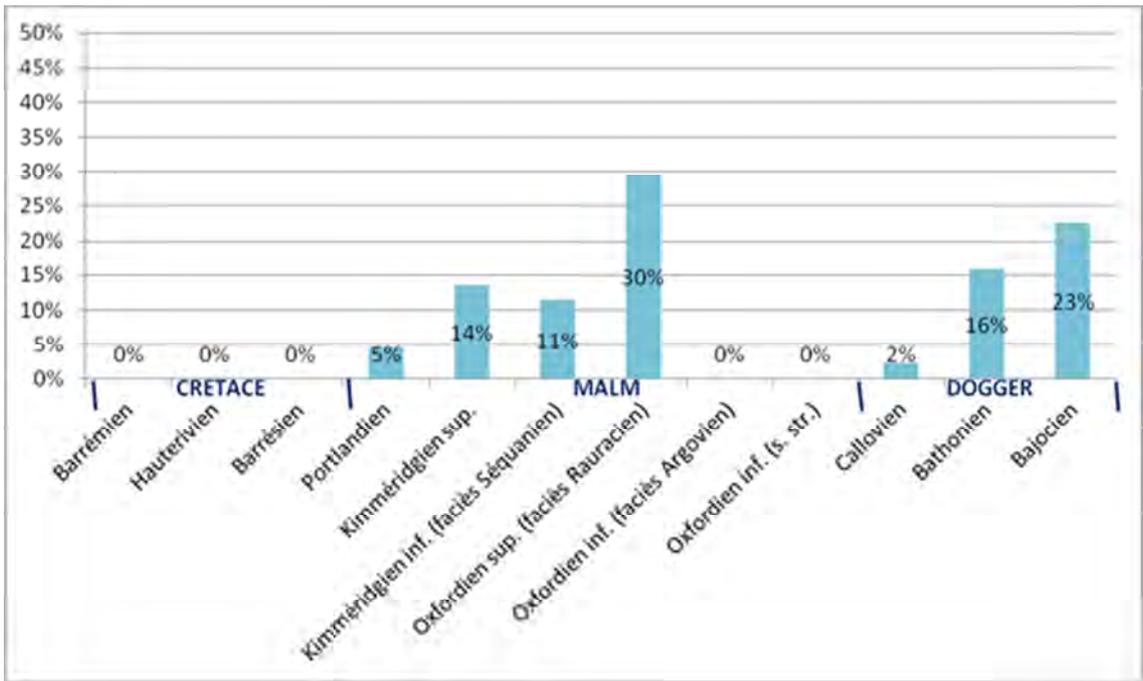


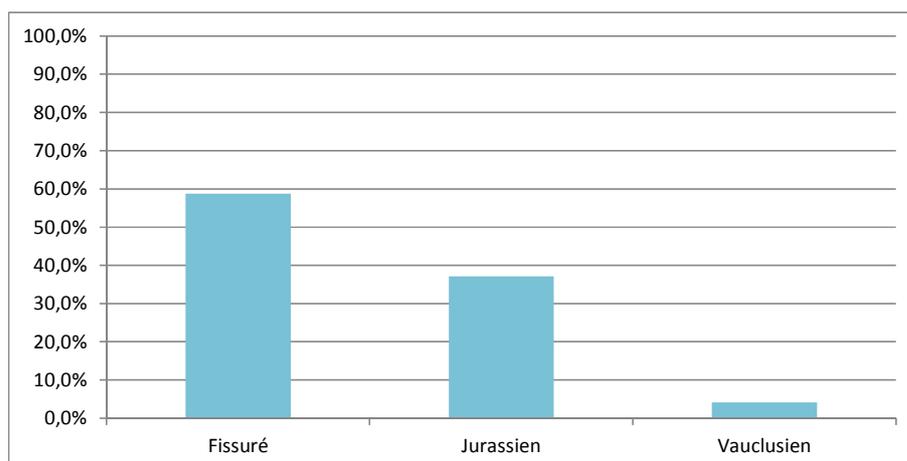
Figure 24 : pourcentage de sources karstiques non captées en fonction de la série et de l'étage géologique



Commentaire : Pour les sources captées (Figure 23), tous les étages géologiques sont représentés avec une forte proportion pour les calcaires du jurassique supérieur : 41 % dans le Rauracien, 13 % de captages sont dans le Crétacé et 13 % dans le Jurassique moyen (Bathonien/Bajocien).

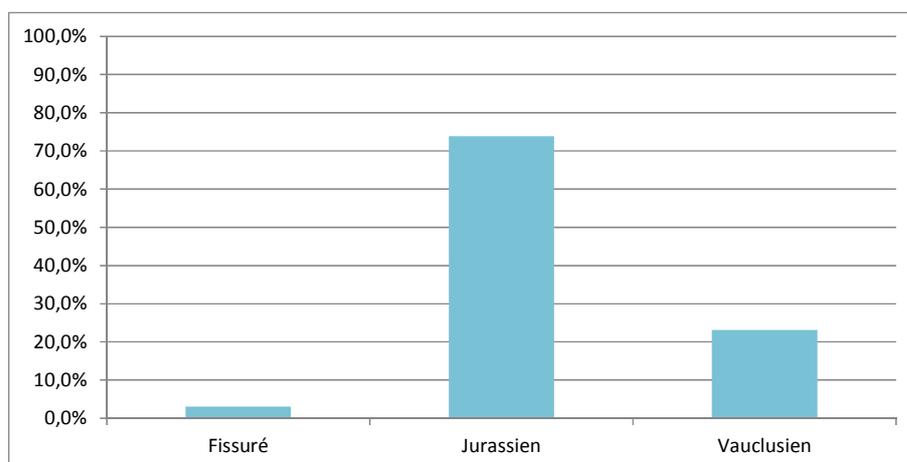
Pour les sources non captées (Figure 24) le Rauracien reste prédominant (30 %), mais le Bathonien/Bajocien prend de l'importance (41 %). Le Crétacé quant à lui n'est plus représenté.

Figure 25 : Répartition des sources captées en fonction du système karstique



Commentaire : Parmi les sources captées, celles issues d'un aquifère « fissuré » peu ou pas karstifié sont prédominantes, ce sont des sources de faibles débits et possédant des bassins versants peu étendus.

Figure 26 : Répartition des sources non captées en fonction du système karstique



Commentaire : Parmi les sources non captées, ce sont celles qui sont issues d'un aquifère « jurassien » qui sont prédominantes. Les aquifère « fissurés » ne sont quasiment plus représentés et les « vauclusiens » sont > 20%.

La comparaison entre les Figure 25 & Figure 26 nous montre que la ressource en eau provenant des systèmes karstiques n'a été jusqu'à présent que peu sollicitée.

5. TRI DES POINTS D'EAU KARSTIQUES ET IDENTIFICATION DES POINTS D'EAU MAJEURS

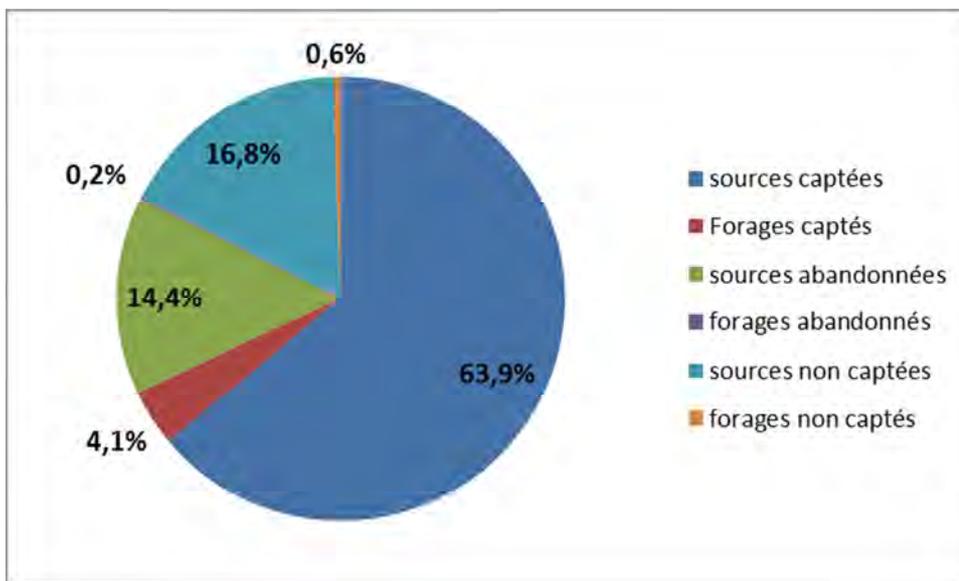
5.1. Introduction

La base de données, développée dans le cadre de l'étude, a permis de recenser 535 points d'eau concernant le karst dans la zone d'étude (6740 km²). Certains d'entre eux présentent un intérêt actuel (captage AEP), d'autres un intérêt futur (sources non captées).

Les points d'eau sont répartis dans les départements du Doubs, du Jura et du Territoire de Belfort avec des proportions respectives de 67 %, 32 % et 1 %.

Leur répartition en fonction de leur type (source et forage) et de leur mode d'utilisation (capté ou non capté pour l'alimentation en eau potable et abandonné) est illustrée dans la figure suivante.

Figure 27 : Répartition des points d'eau recensés.



En termes de volume disponible, c'est-à-dire en tenant compte du module calculé¹ pour chaque point d'eau, la répartition de ces points d'eau montre que les points d'eau non captés (93 au total) donnent un poids prépondérant à la ressource en eau karstique globale (Figure 18).

En effet, les points d'eau non captés (presque exclusivement des sources) représentent 70% de la ressource disponible dans le karst.

C'est pourquoi, nous proposons, dans ce chapitre, d'opérer un tri, non seulement sur les captages (364 au total), mais aussi sur les points d'eau non captés et abandonnés (171 au total). Ces deux niveaux de tri permettront d'identifier, d'une part, des captages majeurs et, d'autre part, des sources majeures.

¹ Module calculé [m³/h] = pluie efficace annuelle [m] x superficie du bassin d'alimentation du point d'eau [m²] / 8760

5.2. Tri sur les captages AEP

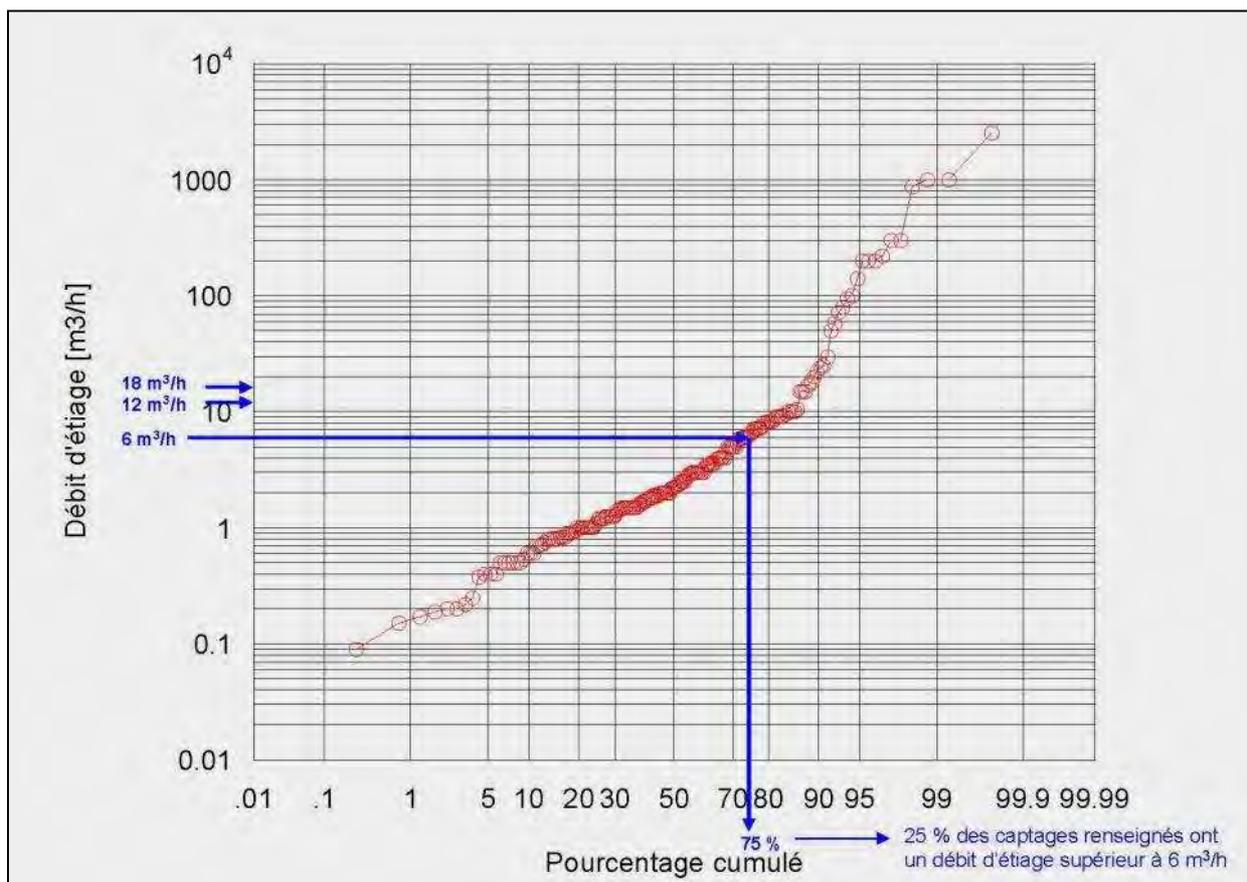
5.2.1. Critères pour les sources karstiques

Deux critères principaux ont été distingués :

- **le débit d'étiage** : il est représentatif d'une situation extrême des besoins d'une commune en période de basses eaux, lorsque le volume disponible de la ressource en eau est le plus faible. Le seuil minimum a été fixé à $6 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $144 \text{ m}^3/\text{j}$, soit 25 % des sources captées (Figure 28). La production d'eau sur l'ensemble de la zone d'étude étant d'environ $225 \text{ l/jour/habitant}$, cette limite correspond à l'alimentation d'une commune de l'ordre de 600 habitants. De plus, ce chiffre est représentatif de l'alimentation en eau d'environ 3/4 des communes du secteur d'étude (total = 779) qui ont une population inférieure à 600 habitants.

D'autres scénarii ont été testés avec des seuils de débit d'étiage croissants (x2 et x3), soit 12 et $18 \text{ m}^3/\text{h}$;

Figure 28 : Distribution statistique des débits d'étiage des sources karstiques captées – Courbe des débits classés



- **la superficie du bassin d'alimentation du captage** : le seuil a été fixé à $1,5 \text{ km}^2$, considérant qu'il peut exister un réseau karstique plus ou moins développé au-delà de cette surface. En effet, des superficies plus faibles sont généralement attribuées à des sources de versant alimentées en amont par un aquifère davantage superficiel constitué par un réseau de petites fissures et fractures peu karstifiées.

Cette superficie de bassin d'alimentation de 1,5 km² peut être corrélée à un débit moyen (module) : pour une précipitation efficace moyenne de l'ordre de 1000 mm sur la totalité de la zone d'étude, le module calculé est de 4000 m³/j (167 m³/h). En effet, le ruissellement étant considéré comme négligeable dans les systèmes karstiques, l'infiltration peut être assimilée à la totalité des pluies efficaces. En comparant avec d'autres études similaires et notamment un projet actuellement en cours en Suisse voisine², le critère débit destiné à sélectionner les points d'eau stratégiques, a été fixé à 4300 m³/j.

D'autres scénarii ont été testés avec des seuils de superficie de bassin d'alimentation croissants (x2 et x3), soit 3 et 4.5 km² ;

Ces 2 critères ne concernant que la ressource karstique, l'application d'un critère non intrinsèque au karst et se rapportant à la population a été testé. Il s'agit du nombre d'habitants desservis par un captage. Ce critère a été calculé de manière systématique dans la base de données à partir de la formule :

*Population desservie par un captage = Prélèvement moyen au captage / \sum Prélèvement moyen de tous les captages de l'UGE * population de l'UGE*

La distribution statistique de la population desservie par les captages karstiques indique que 86 % des captages alimentent une population inférieure à 600 habitants.

En fixant un seuil minimum à 600 habitants desservis, ce tri permet d'identifier, dans le premier scénario, des sources majeures supplémentaires dont le débit d'étiage est inférieur à 6 m³/h ou la superficie du bassin d'alimentation inférieure à 1.5 km², mais dont la population desservie est supérieure à 600 habitants.

Un autre scénario, plus restrictif, a été testé en prenant comme seuil minimum 900 habitants.

Au total, ce sont 6 scénarii qui ont été testés en faisant varier ces 3 critères (voir Annexe 6).

- le scénario n°1, le moins restrictif, a permis de sélectionner **83 sources karstiques majeures** soit 23 % de tous les captages karstiques et 16 % de tous les points d'eau (Annexe 7). 49 d'entre elles sont situées dans le département du Doubs, 33 dans le département du Jura et 1 dans le Territoire de Belfort ;
- le scénario n°6, le plus restrictif, n'a conservé que 45 % des sources du scénario n°1, soit **39 sources karstiques majeures**.

² SWISSKARST : Towards a sustainable management of karst waters in Switzerland. Projet national de recherche (PNR61) sur la gestion durable de l'eau en Suisse. www.swisskarst.ch

5.2.2. Critères pour les forages karstiques

Les forages captant un aquifère karstique pour l'alimentation en eau potable de la population sont au nombre de 22 sur la zone d'étude.

Le critère de tri principal est représenté par le débit critique de l'ouvrage qui est censé caractériser la capacité de production maximale du forage. Le seuil minimum a été fixé à 10 m³/h et donc à une valeur volontairement supérieure à celle du critère pour les sources captées (6 m³/h) afin d'intégrer une marge de sécurité liée à l'exploitation de l'ouvrage. Or, bien souvent cette donnée n'est pas renseignée systématiquement (39 % des cas) : des tests de pompage n'ont pas été réalisés sur tous les ouvrages.

D'autres critères ont donc dû être utilisés :

- la surface du bassin d'alimentation : celle-ci est renseignée sur un peu plus de la moitié des forages, soit parce que l'ouvrage est en relation avec une source dont le bassin d'alimentation est connu, soit parce que des essais de traçage ont abouti au forage. Le seuil minimum a été fixé à 3 km², soit le double du critère concernant les sources captées afin de tenir compte du fait que le forage n'est pas nécessairement situé sur un drain karstique principal ;
- le prélèvement moyen : le seuil a été fixé à 100 m³/j, ce qui correspond une exploitation journalière d'un ouvrage au débit de 10 m³/h durant 10 heures ;
- la population desservie : de la même manière que pour les sources captées, le seuil est de 600 habitants.

Au final, ce tri a permis de sélectionner, selon les différents scénarii, entre **12 et 14 forages majeurs**, soit entre 3 et 4 % des captages karstiques et environ 2.5 % de tous les points d'eau (Annexe 8). Ces ouvrages sont tous situés dans le département du Doubs.

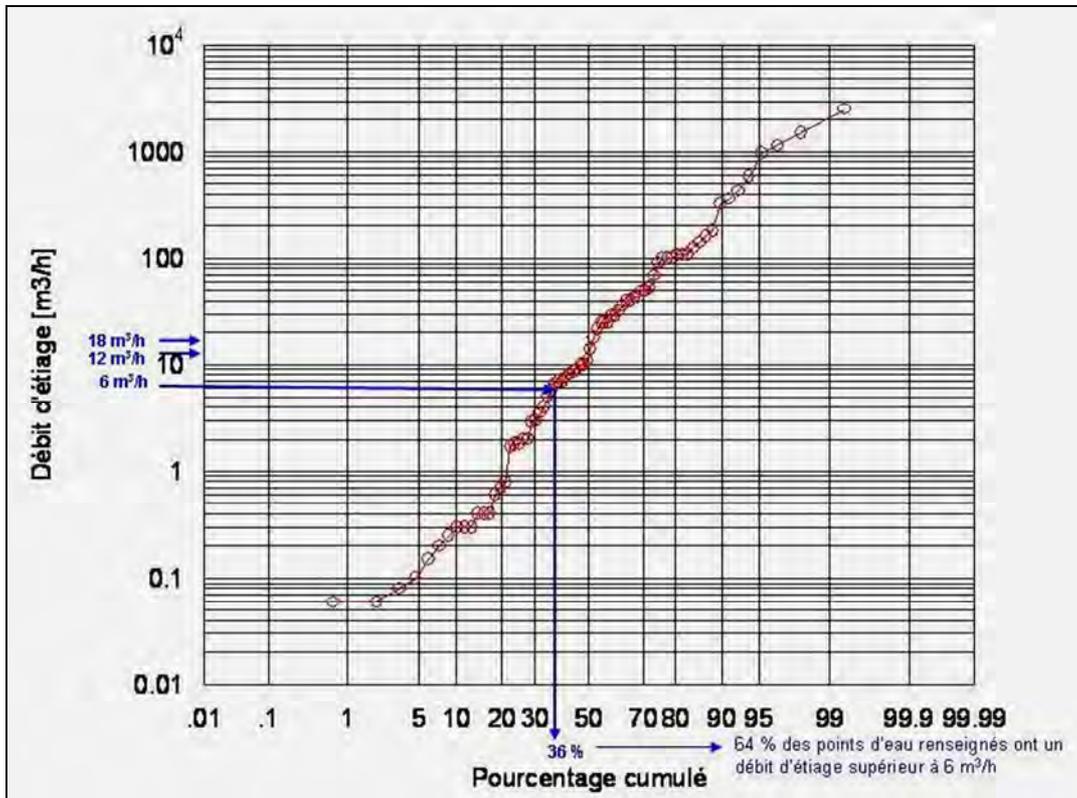
5.3. Tri sur les points d'eau non captés (ou abandonnés)

5.3.1. Critères « débit » et « surface du bassin d'alimentation »

De la même manière que pour les sources captées, le tri s'est donc effectué en utilisant les 2 critères intrinsèques à la ressource karstique : débit d'étiage et superficie du bassin d'alimentation.

Avec un premier seuil minimum fixé à 6 m³/h pour les débits d'étiage, 64 % des points d'eau renseignés seront pris en compte (Figure 29). En effet, les sources non captées les plus importantes en termes de débit ont été intégrées dans la base de données.

Figure 29 : Distribution statistique des débits d'étiage des sources karstiques non captées ou abandonnées – Courbe des débits classés



De la même manière qu'avec les sources captées, différents scénarii ont été testés avec des débits d'étiage et des superficies de bassins d'alimentation croissants (x2 et x3).

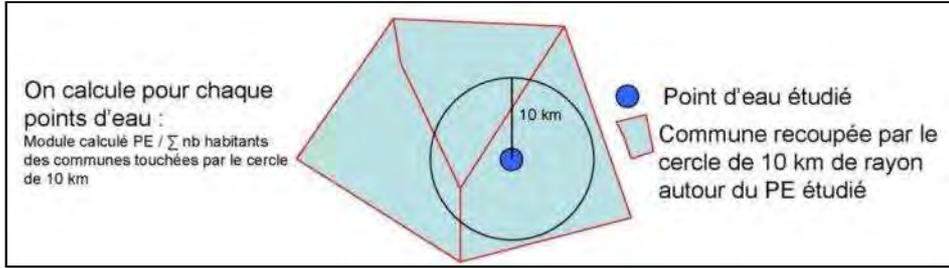
5.3.2. Critère population

Les points d'eau non captés n'étant pas rattachés à une UGE, il n'est donc pas possible de calculer un critère « population desservie » comme pour les points d'eau captés.

Par contre, il est envisageable, pour chaque point d'eau non capté (ou abandonné), de calculer la population dans un rayon de 10 km compatible avec une dimension moyenne d'un réseau de distribution et donc le module disponible par habitant (Figure 30).

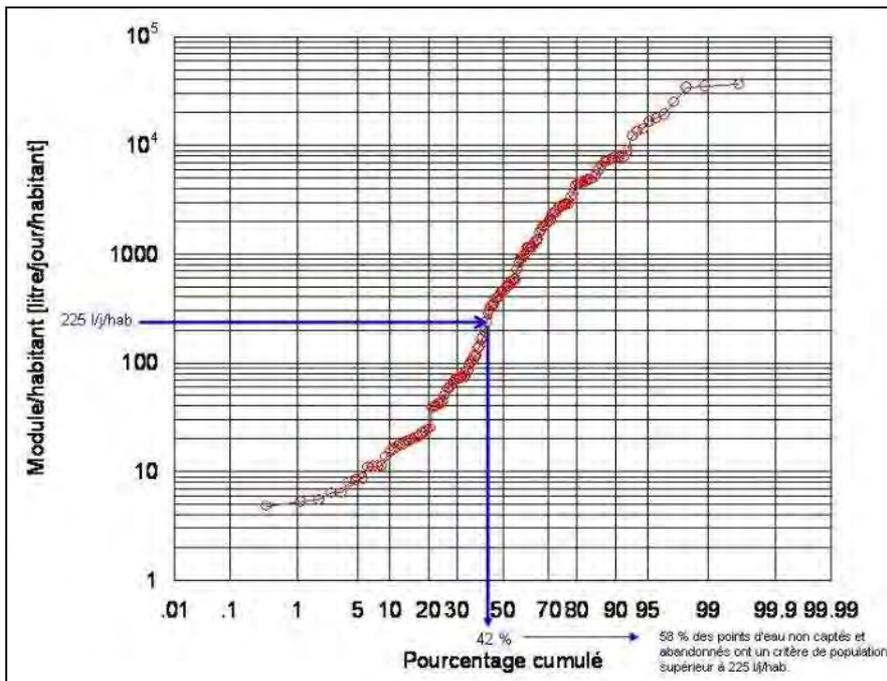
Ce critère est intéressant car il permet de sélectionner les points d'eau non captés qui sont susceptibles de fournir au moins la consommation moyenne voisine de **225 l/j/ hab.** sur la zone d'étude, soit 58 % des points d'eau renseignés sur le module (Figure 31)

Figure 30 : Méthode de calcul du critère population



Exemple : la source des 3 Pucelles à Laval-le-Prieuré a un module de 6212 m³/h, soit 149088 m³/j. La population des communes touchées par un cercle de 10 km autour de la source étant de 16816, le critère population est = $\frac{149088}{16816} * 1000$, soit 8866 l/jour/hab.

Figure 31 : Distribution statistique du module disponible par habitant pour les points d'eau non captés et abandonnés. Courbe des valeurs classées



5.3.3. Critères pour les forages non captés ou abandonnés

Ces points d'eau sont largement minoritaires dans la base de données, 4 au total.

Seul le forage profond de Viry dans le département du Jura présente un intérêt, si l'on en croit les tests de pompage réalisés. De ce fait, il a été rajouté à la liste des points d'eau majeurs non captés.

5.3.4. Bilan du tri sur les points d'eau non captés ou abandonnés

Au total, ce sont 6 scénarii qui ont été testés en faisant varier les 3 critères (Annexe 6) :

- le scénario n°1, le moins restrictif, a permis de sélectionner **96 points d'eau majeurs** soit 56 % des points d'eau non captés (ou abandonnés).
 - Le tri a surtout permis d'écartier des points d'eau abandonnés, dans la mesure où il n'en reste que 14 sur 78 (18 %). Les captages ont été abandonnés le plus souvent pour cause de débits faibles.
 - Les points d'eau non captés sont, quant à eux, très peu concernés par ce tri qui en conserve 82 sur 96 (88 %). Ce résultat n'est pas étonnant puisque seules les sources présentant un débit et un bassin versant importants ont été prises en compte dans la BDD. 70 de ces points d'eau majeurs sont situés dans le département du Doubs, 22 dans le département du Jura et 4 dans le Territoire de Belfort.
- le scénario n°6, le plus restrictif, permet de sélectionner **82 points d'eau majeurs**, soit 48 % des points d'eau non captés (ou abandonnés).

5.4. Bilan général

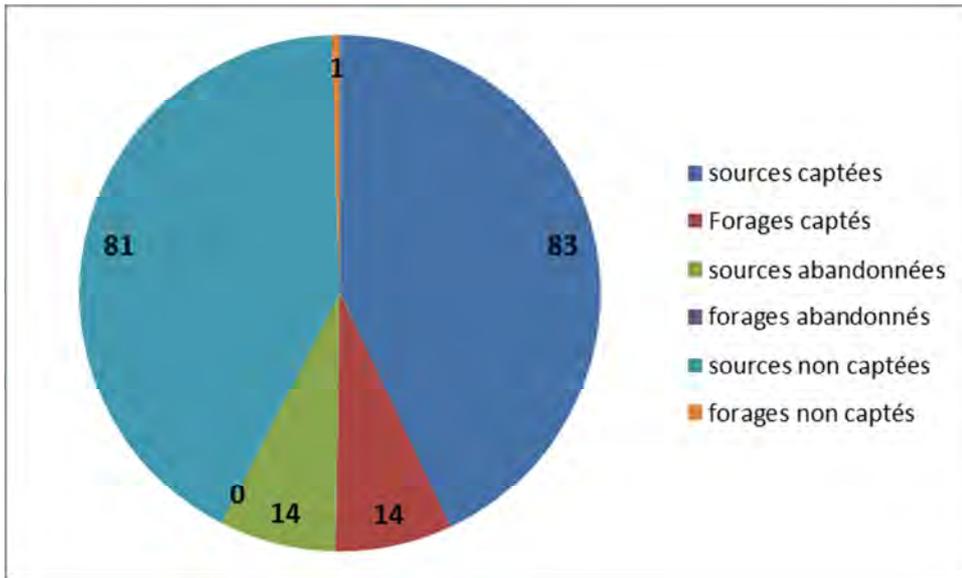
Les différents tris sur les 535 points d'eau karstiques inventoriés dans la BDD ont été testés dans 6 scénarii distincts dont la synthèse apparaît dans l'Annexe 6.

Le scénario n°1, le moins restrictif, a été retenu par le Comité de Pilotage n°2 du 11 décembre 2011.

Ce sont donc **193 points d'eau** qui sont reconnus comme majeurs dans la zone d'étude, soit 36 % de tous les points d'eau recensés dans la base de données (Figure 32).

***Remarque :** le classement d'un captage comme point d'eau « majeur » est spécifique à la présente étude et ne présume pas de l'importance ou non d'un captage dans son secteur. Les points d'eau majeurs participent, avec d'autres informations à la définition des ressources karstiques à fort enjeux actuel ou futur pour l'AEP. Le classement d'un captage comme « non majeur » n'interfère pas avec la procédure réglementaire de mise en place des périmètres de protection et d'autorisation de prélèvement de ce captage qui sont les véritables outils pour sa protection et qui lui procurent un statut particulier.*

Figure 32 : Répartition des points d'eau majeurs



Voir la Figure 33 : Répartition géographique des points d'eau majeurs (points bleus)

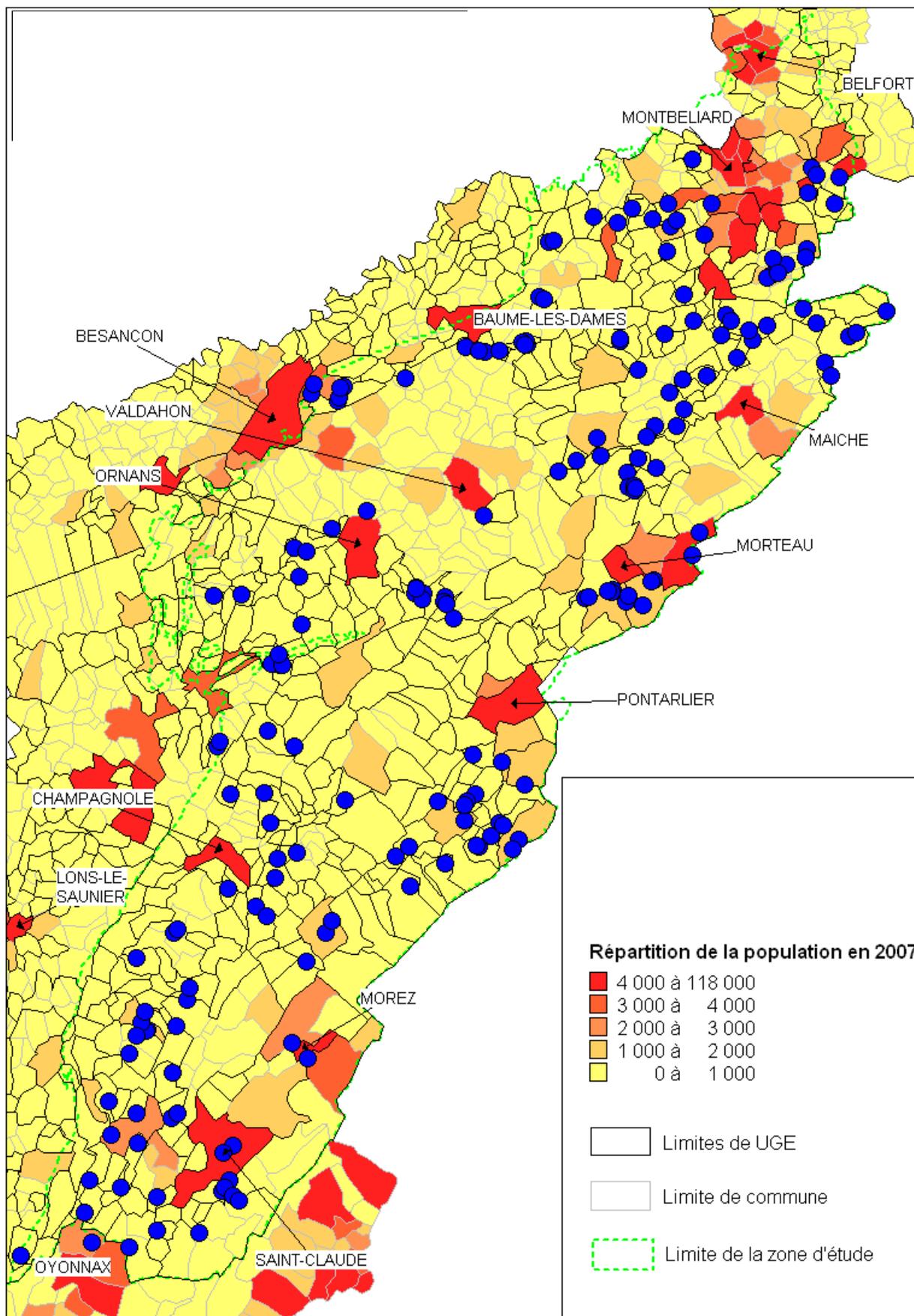
Le département du Doubs compte 133 points d'eau « majeurs », alors que le département du Jura en dénombre 55 et le Territoire de Belfort en comptabilise 5.

5.5. Utilité des points d'eau majeurs

Les points d'eau désignés comme « majeurs » dans le cadre de cette étude sont des exutoires de systèmes karstiques dont les dimensions sont très variables, de l'ordre du kilomètre pour les plus petits à plusieurs dizaines de kilomètres pour les plus grands. C'est le croisement des données ponctuelles « points d'eau majeurs » et des données spatiales (géologiques et topographiques) qui va permettre d'identifier les « ressources karstiques majeures ».

Le critère quantitatif est prépondérant : les volumes stockés et les débits d'étiage dans les aquifères karstiques à protéger doivent être importants, tout en étant suffisamment proche des besoins (renforcement ou sécurisation des ressources). Certains points d'eau majeurs pourront ne pas appartenir à des ressources karstiques majeures, ce sera le cas lorsqu'ils appartiennent à des systèmes karstiques possédant de faibles réserves ou que ces points d'eau sont mal situés par rapport aux besoins, ou encore lorsque les bassins d'alimentation sont trop exposés aux risques de pollution.

Figure 33 : Répartition géographique des points d'eau majeurs (points bleus)



6. BILAN DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP) DE LA ZONE D'ETUDE

6.1. Les chiffres clés

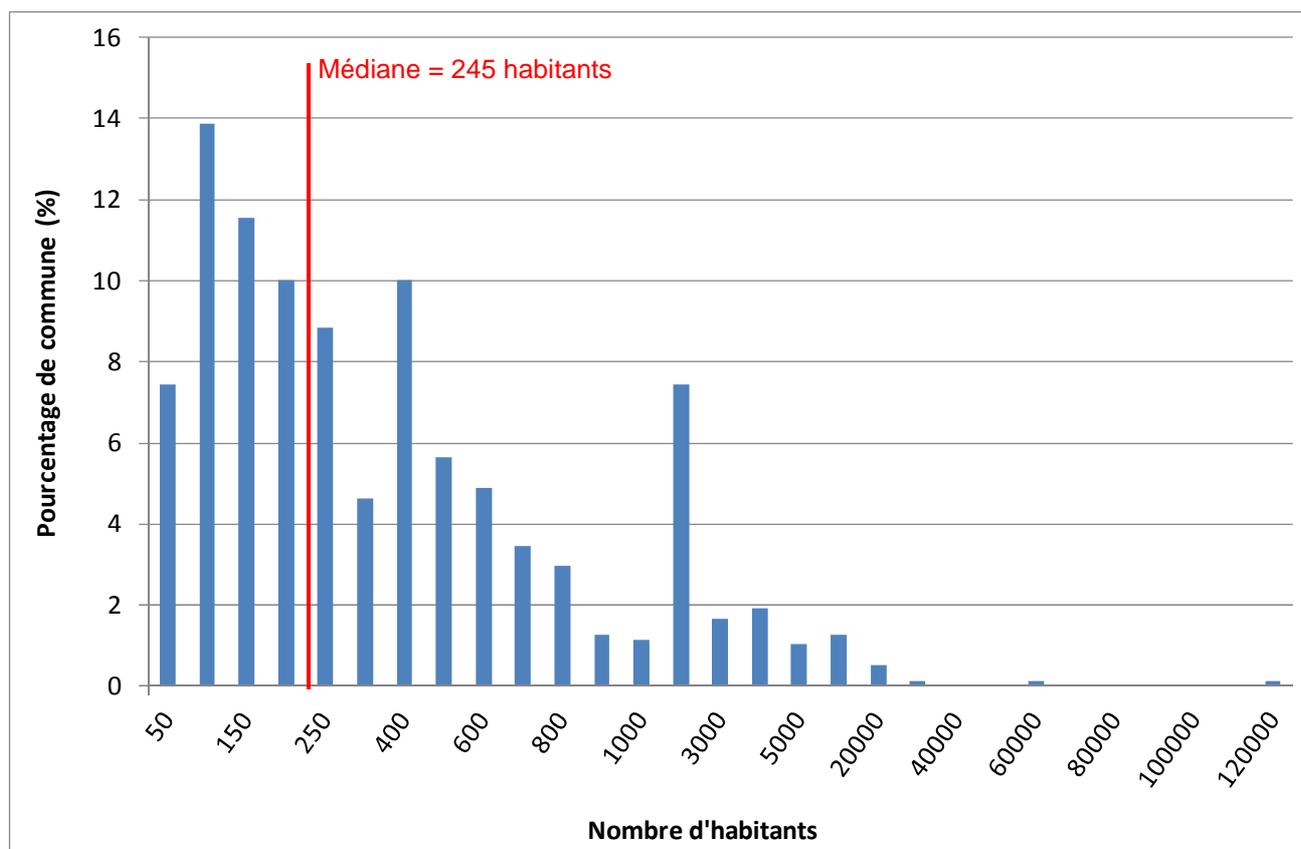
6.1.1. Répartition de la population

La superficie de notre zone d'étude est environ de 6 740 km². En 2007, la population sur ce secteur est de 670 654 habitants (99,5 hab/km²) répartis sur 3 départements et 750 communes :

- Le Doubs avec 486 communes ;
- Le Jura avec 212 communes ;
- Le Territoire de Belfort avec 52 communes ;

La taille moyenne des communes est environ de 9 km² avec un nombre moyen de 894 habitants. Ce nombre moyen d'habitants par commune est très peu représentatif de la répartition de la population. En effet, si la **moyenne est de 894 habitants par commune, la médiane est de 245 habitants** (50 % des communes ont moins de 245 habitants) comme le montre le graphique ci-dessous.

Figure 34 : Histogramme de la répartition de la population par commune



Nous avons tenté de répartir la population par classes afin d'estimer la répartition des besoins. Pour cela nous avons construit un tableau par groupe de population avec :

- Les grandes agglomérations avec leur périphérie (supérieur à 50 000 habitants) pouvant regrouper plusieurs communes.
- Communes de grandes tailles (4000 à 20000 habitants)
- Moyennes et petites communes (inférieur à 4000 habitants)

Figure 35 : Tableau de la répartition des communes en fonction du nombre d'habitants

	Communes	Nb de communes	Nb d'habitants	% et total des habitants sur la zone d'étude
Grandes agglomérations (>50 000 hab)	Grand Besançon	8	135 934	50,0 (335 650)
	Montbéliard	32	134 740	
	Belfort	4	64 976	
Communes de grandes tailles (50 000 > >4 000 hab)	Pontarlier	1	18 038	11,5 (77 726)
	St Claude	1	11 635	
	Champagnole	1	8 133	
	Morteau	1	6 403	
	Morez	1	5 354	
	Baume-les-Dames	1	5 333	
	Valdahon	1	4 777	
	Pont de Roide	1	4 619	
	Villers le Lac	1	4 352	
	Ornans	1	4 106	
Maïche	1	4 076		
Communes moyennes et petites (<4000hab)		695	370 (en moyenne)	38,5 (257 278)

De ce tableau on peut tirer les enseignements suivants :

- Les 3 grandes agglomérations de la région représentent environ 50 % de la population dont il faut assurer la production principale mais aussi la diversification et la sécurisation. Ces communes importantes du point de vue de la population sont placées sur la bordure Nord du territoire d'étude et devront être étudiées de façon indépendante.

- Les 11 communes de grandes tailles représentent 11,5 % de la population chacune sur des zones géographiques et géologiques bien différentes.
- Les 695 autres communes rassemblent environ 38,5% de la population soit une moyenne de 370 habitants par commune avec des besoins propres à chacune.

Les cartes de répartition de la population pour l'année 2007 et l'évolution de la population entre 1968 et 2007 sont présentées en Annexe 2. Ces cartes confirment cette répartition de la population décrite précédemment avec un centre de la zone d'étude très peu habité et quelques pôles urbains.

6.1.2. Evolution de la population

Du point de vue du dynamisme d'évolution de la population sur les périodes 1968-2007 et 1999-2007 (Annexe 3) le centre du territoire d'étude voit sa population stagner voire même diminuer entre 1968 et 2007.

L'INSEE a réalisé des projections d'évolution de la population sur la Franche-Comté. Le tableau ci-dessous reprend le taux de croissance annuel moyen d'après le scénario central proposé par l'INSEE.

Figure 36 : Evolution du nombre total d'habitants sur notre zone d'étude entre 2007 et 2040

	Taux de croissance annuel moyen (%)	Nombre d'habitant sur le secteur d'étude
1999-2007	+0,46	670 654
2007-2020	+0,37	703 638
2020-2030	+0,24	720 709
2030-2040	+0,18	733 787

Le nombre d'habitant en 2040 serait donc de 733 787 habitants soit un taux de croissance total de +9,4% entre 2007 et 2040 et une croissance annuelle voisine de +0,27%.

6.2. Consommation d'eau potable

La consommation en eau potable sur le secteur d'étude a été calculée en additionnant l'ensemble des prélèvements dédiés à l'eau potable sur toutes les communes appartenant à la zone d'étude (identification à partir des communes d'implantation des captages). Il est actuellement prélevé 55 758 000 m³/an soit **une production moyenne de 225 l/jour/habitant**. Cette production est plus élevée que la consommation moyenne par habitant. Une partie de l'eau produite va être perdue par les fuites au niveau des réseaux (rendement) ou consommée par l'industrie et les autres activités.

Ce sujet des pertes des réseaux d'eau potable a déjà fait partie des discussions menées dans le cadre du Grenelle de l'environnement et dans le projet de loi du Grenelle 2. Ce texte, adopté par le Sénat le 8 octobre

2011 et examiné en séance publique par l'Assemblée nationale en mai comprend un article spécifique (article n°58) sur les pertes :

"L'article L2224-7-1 du code général des collectivités territoriales est complété par la phrase suivante : Les communes "tiennent à jour un inventaire de leur patrimoine et définissent, en cas de pertes d'eau en réseaux supérieures à un seuil départemental fixé par arrêté du ministre chargé de l'environnement et du ministre chargé des collectivités territoriales après avis du Comité national de l'eau, un programme pluriannuel de travaux d'amélioration des réseaux de distribution."

Ces dispositions peuvent être assorties d'un **système de bonus-malus** :

« L'Agence de l'eau peut verser aux collectivités compétentes en matière de distribution d'eau potable dont le prélèvement d'eau est assujéti à cette majoration de redevance, une prime calculée en fonction du taux de pertes constaté et des efforts faits pour les réduire ».

De plus, le SDAGE de l'Agence de l'Eau Adour Garonne, qui définit les grandes orientations de la politique de l'eau sur le bassin à l'horizon 2015, indique dans sa quatrième orientation stratégique qu'il est nécessaire d'améliorer le rendement des réseaux d'eau potable pour préserver les ressources.

Cet indice est utilisé pour comparer les performances des réseaux. Des référentiels (Agence de l'eau, distributeurs...) ont été construits pour qualifier les performances en termes d'ILP* en fonction de la densité d'abonnés ou de l'indice linéaire de consommation (exemple tableau suivant).

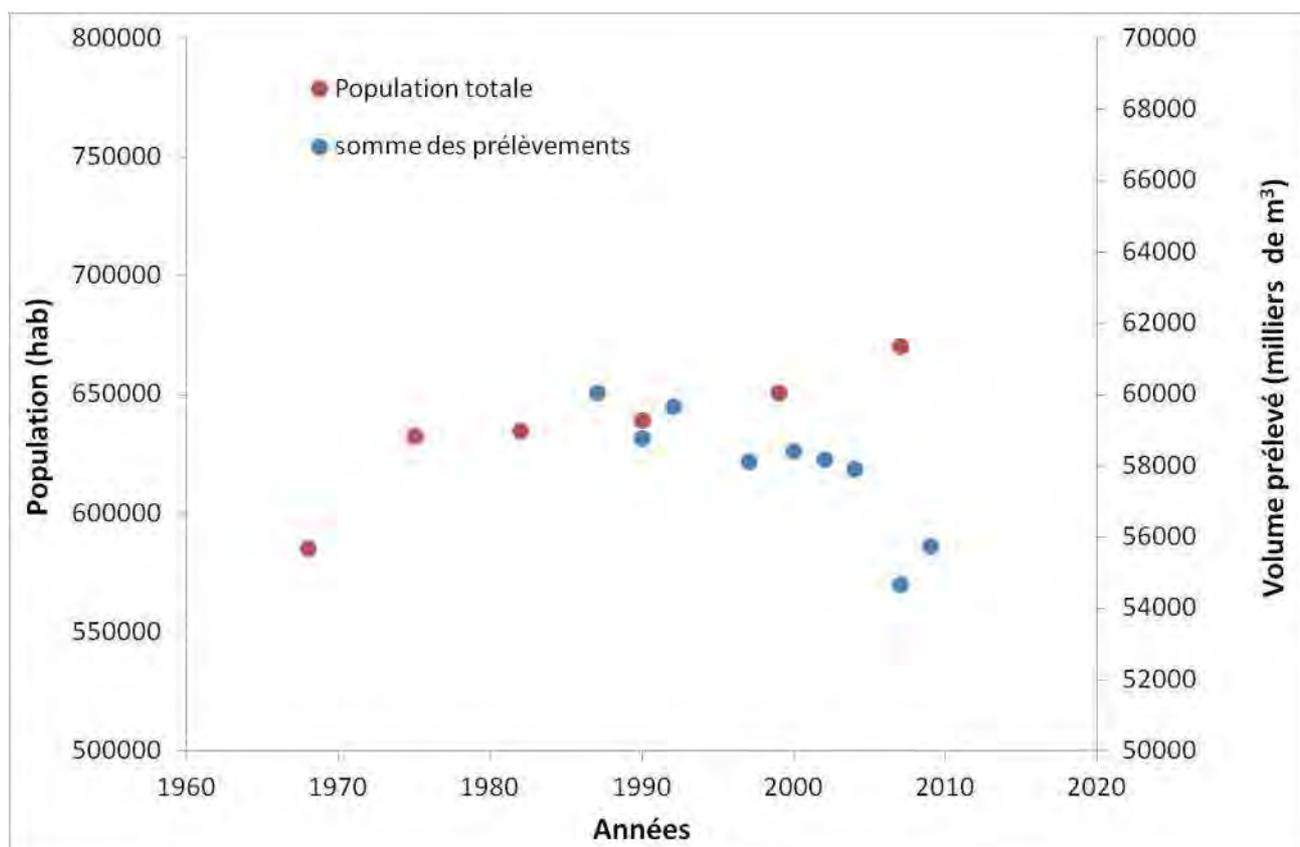
Figure 37 : Exemple du référentiel ILP de l'agence de l'eau Adour Garonne (D= densité en abonnés/km)

Type	Rural	Intermédiaire	Urbain
Critère	$D < 25$	$25 \leq D < 50$	$50 \leq D$
Bon	$ILP < 1.5$	$ILP < 3$	$ILP < 7$
Acceptable	$1.5 \leq ILP < 2.5$	$3 \leq ILP < 5$	$7 \leq ILP < 10$
Médiocre	$2.5 \leq ILP \leq 4$	$5 \leq ILP \leq 8$	$10 \leq ILP \leq 15$
Mauvais	$4 < ILP$	$8 < ILP$	$15 < ILP$

*Indice Linéaire de Perte (ILP). L'ILP représente le volume journalier d'eau perdu par longueur de réseau.
 $ILP (m^3/jour/km) = (Volume\ mis\ en\ distribution - volume\ comptabilisé) / (linéaire * 365)$.

Dans notre secteur et en se référant au chiffre de l'IFEN (Institut Français de l'Environnement) en 2004 pour la Franche-Comté, **la consommation moyenne était de 156 l/jour/habitant** soit près de 69% de l'eau produite. D'après ce chiffre, **le rendement moyen des réseaux de distribution d'eau potable est compris entre 69 et 74%** si on tient compte des volumes « techniques » utilisés pour les rétro-lavages dans les stations de traitement mais non distribués.

Figure 38 : Evolution de la population et de la consommation en eau potable



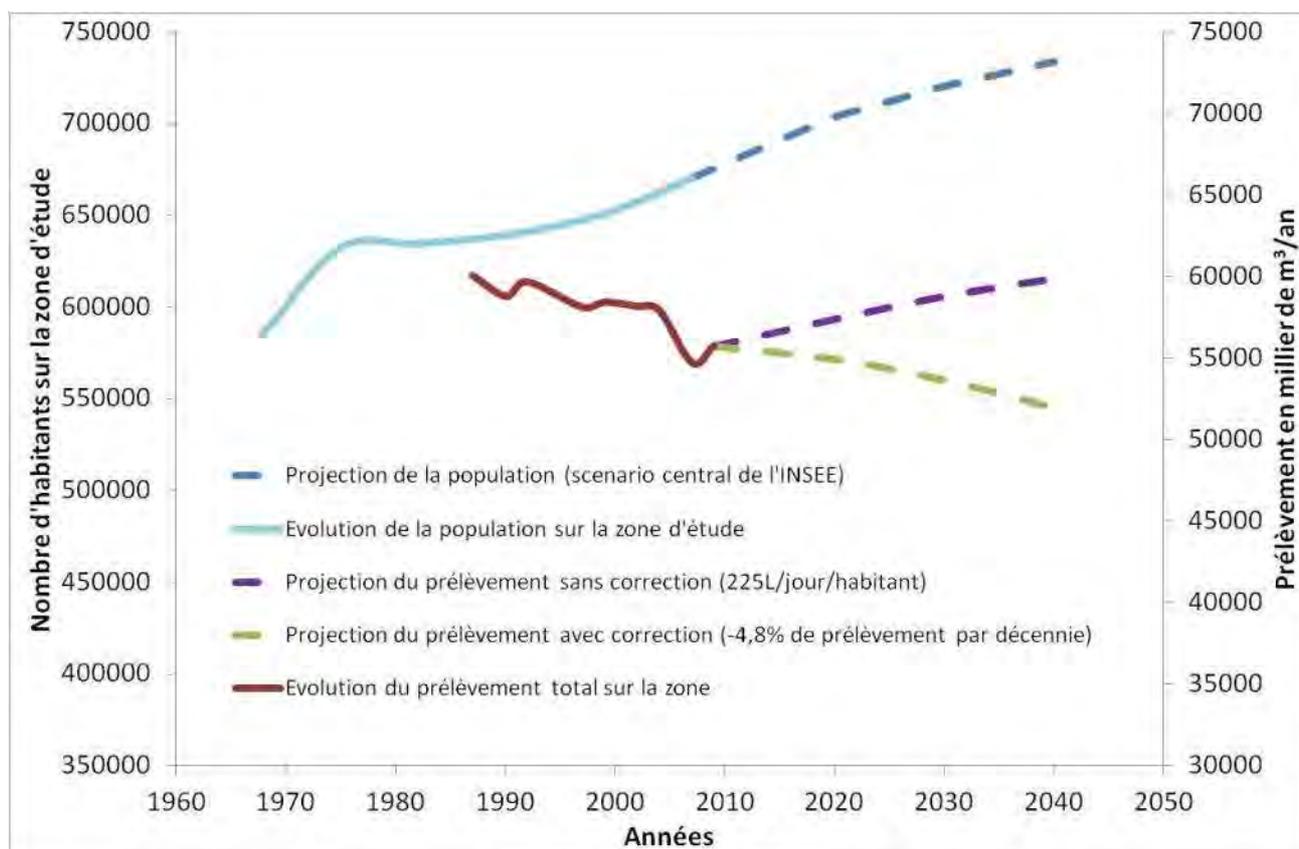
La production en eau potable diminue au cours du temps même si la population augmente. Cette tendance à la diminution est de 4,8 % entre 1999 et 2009, il sera intéressant de suivre cette tendance afin de voir si elle se confirme dans les années à venir.

Si on se réfère au chiffre de 225 l/jour/habitant d'eau potable produite alors on obtient les projections de production en eau potable suivantes :

Figure 39 : Evolution de la production d'eau potable calculée uniquement en fonction des projections de population.

Année	Nombre d'habitants sur le secteur d'étude	Production d'eau potable (milliers de m ³ /an)	Production corrigée de la baisse de 4,8% en 10 ans (l/jour/hab.)	Production d'eau potable corrigée de la baisse de 4,8 % en 10 ans (milliers de m ³ /an)
2007	670 654	54 700	225	-
2020	703 638	57 401	214	54 961
2030	720 709	58 794	204	53 664
2040	733 787	59 862	194	51 959

Figure 40 : l'évolution de la population et l'évolution des prélèvements en fonction du temps



6.3. Production et gestion de l'eau potable

Le nombre d'UGE est de 513 sur la zone d'étude (le terme UGE est défini dans la partie 4.2). Il existe 3 grands types d'UGE sur notre secteur à savoir :

- **Commune.**
- **Syndicat ou communauté de communes**
- **Privée**

Le tableau suivant résume les principales statistiques concernant les UGE présentes sur notre zone d'étude.

Figure 41 : Chiffres clé concernant les UGE

Type UGE	Nombre	Nombre moyen de communes desservies par l'UGE	Nombre moyen d'habitants desservis par l'UGE
Commune	407	1	963
Syndicat	86	11,3	4 921
Communauté de Communes	4	12,7	12 962
Privée	3	-	-

Ce tableau montre que les communes « autonomes » pour leur alimentation en eau potable représentent un peu plus de 80% des UGE. Le regroupement sous forme de syndicat ou de communauté de communes englobe en moyenne 12 communes.

6.4. Disponibilité de la ressource

6.4.1. Périodes de moyennes eaux

Les prélèvements effectués dans le karst représentent 2 % des volumes annuels s'écoulant aux sources captées ; et 0,6 % des volumes annuels s'écoulant dans l'ensemble des sources karstiques, captées ou non captées. Les volumes théoriquement disponibles sont donc très importants, mais cette disponibilité est trompeuse car elle ne prend pas en compte la variabilité saisonnière des débits des sources et en particulier la diminution des débits à l'été.

Les captages « non majeurs » (débit d'été < 6 m³/h ; ou surface BV < 1,5 km²) qui représentent 74 % des captages fournissent 17 % des volumes prélevés dans le karst (soit une population desservie d'environ 33 000 habitants).

6.4.2. Périodes d'été

La période critique de l'exploitation se situe au moment de l'été qui coïncide souvent avec les pointes de consommation (Figure 42). Ainsi, sur la zone d'étude, et pour les captages dont le débit d'été est connu, 31% de ces captages ont un débit d'été inférieur aux besoins (Annexe 5). Les collectivités ont mis en place des solutions de substitution pour palier à ces périodes de déficit. Il s'agit d'interconnexions avec des collectivités voisines mieux pourvues ou de sollicitations d'autres ressources (nappes alluviales, prises d'eau en rivière). Les sources captées ou non captées dont le débit d'été est supérieur à 1000 m³/jour sont au nombre de 45, pour un débit d'été total de 350 000 m³/jour. Sur ces sources le débit prélevé actuellement est de 30 000 m³/jour, soit moins de 10 % de la ressource disponible.

On compte 6 sources dont le débit d'été est supérieur à 20 000 m³/jour (la Loue, l'Arvoux, le Maine, la Papeterie, le Lison et le Doubs).

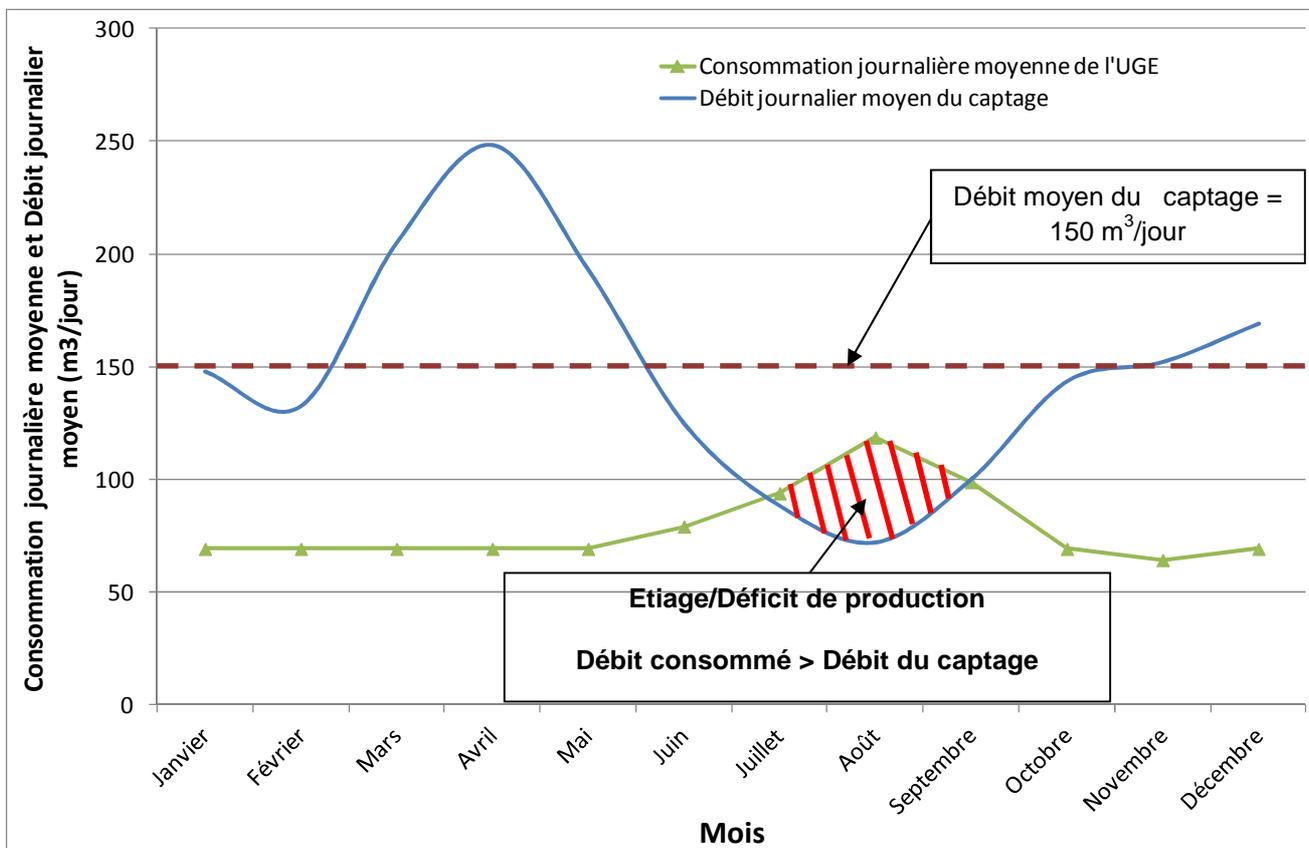
Certaines sources qui sont importantes ont un débit d'étiage qui n'est pas connu, citons les principales : Baume Archée (Moutier-Haute-Pierre), Doye Gabet (Morez), Saine (Foncine le Haut), Trou de l'Abime (Saint Claude). Les volumes disponibles à étiage sont donc considérables dans certaines sources.

La disponibilité de la ressource à l'étiage dépend étroitement des débits réservés à maintenir dans les ruisseaux et rivières à l'aval des points de prélèvement.

6.4.3. Zone noyée

La présence d'une zone noyée est cartographiée, elle est délimitée par des critères géométriques structuraux et d'altitude des exutoires. Un volume théorique de la réserve en eau peut être calculé en prenant 1 à 2 % de vide dans la roche (Voir méthode Karsys en Suisse). Le type vaclusien d'une source est attribuée à partir des renseignements disponibles (reconnaissance spéléologique, apparence de l'émergence, structures géologiques). L'existence de zone noyée à l'amont des sources vaclusiennes offre la possibilité d'exploiter par pompage des réserves qui sont potentiellement très importantes. Ces réserves dépendent de l'épaisseur de la zone noyée, du degré de développement du karst et des connexions avec les zones les plus éloignées du massif. Des karsts profonds sous couvertures, ne possédant pas d'exutoires visibles, contiennent des réserves substantielles accessibles seulement par forages et pompages. Dans ce cas d'aquifère captif, les eaux seront plutôt de meilleure qualité que dans les sources. En effet, l'alimentation de ces nappes profondes se fait plus lentement et n'est pas soumise, comme les sources, aux phénomènes de « chasse d'eau » consécutifs à la montée rapide des niveaux d'eau. Les zones noyées en relation avec des sources vaclusiennes et karsts profonds sont actuellement très mal documentées. Des investigations de terrain seront nécessaires pour caractériser ces ressources qui sont sans doute des ressources d'avenir, car moins soumises aux aléas climatiques.

Figure 42 : Variations typiques du débit moyen journalier d'une source karstique et du prélèvement moyen (m^3 /jour) au cours de l'année

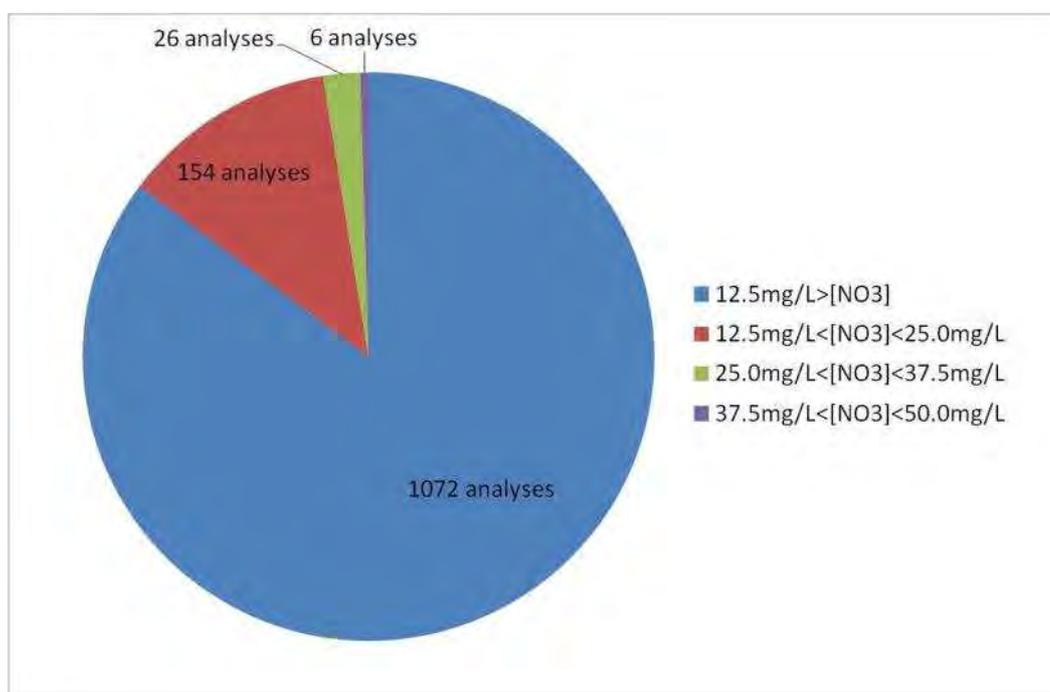


6.5. Qualité des eaux

Les pollutions diffuses d'origine agricole sont peu présentes, les nitrates n'excèdent jamais la limite de qualité de 50 mg/l et l'impact agricole se fait sentir pour des concentrations modestes de l'ordre de 20 mg/l. Les analyses sur 10 ans réalisées dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux potables et fournies par les ARS départementales, montrent que seulement 2,5% des analyses en nitrates sont comprises entre 25 et 50mg/l (Figure 43).

La présence de pesticides est assez rare, même si ponctuellement des dépassements de normes sont relevés. Les activités agricoles ont un impact sur la qualité des eaux seulement dans la moitié nord de la zone d'étude : plateaux du Doubs vers Montbéliard et Besançon, plateau du Dessoubre. Les taux de nitrates n'excèdent pas 10 mg/l dans le département du Jura et le Haut Doubs, cela est dû à une agriculture tournée vers l'élevage et la fabrication de fromages, ainsi qu'à la présence de vastes espaces forestiers.

Figure 43 : Concentration en nitrates mesurée sur les captages de la zone d'étude (en nombre d'analyses)



Pour ce qui est des problèmes liés à la bactériologie, et en ne se focalisant que sur les captages du département du Jura, le nombre d'analyses sur les eaux brutes sont à 78,0% non conformes entre 2001 et 2002 avec présence d'Entérocoques, de Coliformes ou encore d'Escherichia Coli. Sur la période 2010-2011 elles atteignent un pourcentage de 67,3%. **Dans le karst, la contamination bactériologique est chronique car c'est un milieu « vulnérable »** à circulation rapide et dépourvu de filtration. Cependant, cette contamination n'est pas rédhitoire à condition de ne pas dépasser certains seuils et de mettre en place un traitement efficace avant distribution.

Après traitement (simple chloration le plus souvent), le pourcentage d'analyses d'eau non conformes dans le département du Jura, est de 8,1% sur la période 2001-2002 et de 6,7% entre 2010 et 2011. Le traitement avant distribution de l'eau n'a pas une efficacité totale, mais cela est en lien avec le nombre de petites ressources qui ne bénéficient pas d'un système de traitement automatisé avec un fonctionnement en continu.

Pour les petites ressources (quelques m³/h), les eaux captées sont des eaux provenant des versants et circulant à faible profondeur. L'étanchéité des ouvrages de captage est souvent imparfaite avec une pénétration possible d'eau de surface. La qualité bactériologique des eaux captées dans ces petites sources pourra être améliorée à condition de réhabiliter les captages et de respecter les préconisations apportées lors de la mise en place des périmètres de protection.

Les pollutions accidentelles ou ponctuelles ne sont pas détectées par le système de contrôle qui ne comporte que quelques analyses annuelles. Cependant, des pollutions accidentelles sont régulièrement signalées et conduisent parfois à l'abandon temporaire d'un captage. Ces pollutions sont dues principalement à des épandages de matières fermentescibles qui apportent un flux massif de contamination bactériologique aux sources.

Pour les grosses ressources captées, la qualité dépend en grande partie de l'état du bassin d'alimentation, dont les limites ne sont pas toujours faciles à déterminer par manque de données de terrain. La vulnérabilité sera évaluée (méthode RISK) et croisée avec les pressions polluantes. On cherchera alors à améliorer la qualité par des actions ciblées et concertées.

7. ENSEMBLES KARSTIQUES (EK)

7.1. Définitions

Une délimitation spatiale des entités hydrogéologiques karstiques a été réalisée dans la zone d'étude. Elle se base sur les entités de la BDLisa, avec un niveau de précision plus grand en ce qui concerne les unités de drainage. Il s'agit à ce stade, d'ensembles karstiques^[1] comprenant un ou plusieurs systèmes karstiques^[2]. Dans le cas où il y en a plusieurs, ces systèmes ont une limite de partage des eaux souterraines en commun.

- ^[1] Les ensembles karstiques sont délimités en fonction de la localisation des sources (Points d'eau majeurs du §6) et d'unités géomorphologiques homogènes. Cette approche prend en compte des critères spatiaux géologiques et topographiques, les résultats de traçages et les informations disponibles dans les études de terrain. Cette délimitation concerne la totalité du territoire de l'étude de manière à ne pas délaissier des zones qui seraient mal connues (absence de traçages, de mesures de débit...) ou qui n'appartiendraient pas à des bassins d'alimentation déjà répertoriés.
- ^[2] Le système karstique est l'unité de base dans le fonctionnement du karst. Son schéma classique est une source (exutoire principal) associée éventuellement à une source de trop-plein (exutoire secondaire), alimentées par un réseau souterrain structuré autour d'un drain principal (unité de drainage). En surface, le système karstique possède un bassin d'alimentation sur lequel les eaux de pluies s'infiltrent pour être drainées vers l'exutoire du système.

7.2. Les aquifères

Trois aquifères karstiques principaux sont présents dans le secteur d'étude. Il s'agit du haut en bas des calcaires du Crétacé, du Malm et du Dogger.

- ✓ Le Crétacé est présent seulement dans les synclinaux du Jura plissé. Dans la zone d'étude, les synclinaux crétacés forment des structures importantes uniquement au sud de la région de Morteau/Pontarlier. Les calcaires Crétacés sont karstifiés et donnent naissance à des sources dont l'intérêt est très localisé. Les synclinaux crétacés ont été délimités et constituent des ensembles karstiques surtout par la présence des calcaires du Malm en-profondeur. En effet, la structure synclinale constitue un piège favorable au développement d'une zone noyée dans les calcaires du Malm.
- ✓ Le Malm forme l'ossature du massif du Jura, il a été intensément soumis aux phénomènes de karstification. Les eaux d'infiltration circulent dans des réseaux souterrains qui alimentent de très nombreuses sources. C'est de loin l'aquifère le plus important du secteur d'étude.
- ✓ Le Dogger est présent partout en profondeur dans la zone d'étude, il est séparé du Malm par les marnes imperméables de l'Oxfordien. Il est également le siège d'importants phénomènes de karstification. Il apparaît seulement dans les vallées profondes qui incisent les structures géologiques où sont localisées d'importantes sources (Lison, Maine, Cusancin).

Les aquifères du Malm et du Dogger peuvent être en relation à la faveur des fractures et des déformations qui affectent le massif du Jura (cas de la source d'Arcier à Besançon).

Le nombre d'ensembles karstiques délimités est de 61 pour une superficie moyenne de 108 km². Le plus petit a une superficie de 6 km², le plus vaste de 599 km², ce qui illustre la très grande hétérogénéité des domaines karstiques.

Tous les aquifères présents dans la zone d'étude sont affectés à un EK, même ceux qui ne possèdent pas d'exutoires connus.

Figure 44 : Tableau des 61 ensembles et sous-ensembles karstiques

	Code EK	Code sous-EK	Nom EK	Surface km ²
1	DO_EK_01_0		Plateau de Bethoncourt_rive droite Savoureuse / Malm	75
2	DO_EK_02_0		Plateau d'Accolans_Onans_Arcey / Dogger	106
3	DO_EK_03_0		Plateau d'Etrappe_Fontaine_rive droite du Doubs / Malm	69
4	DO_EK_04_0		Plateau d'Ecot_Sourans_rive gauche du Doubs / Malm	115
5	DO_EK_05_0		Plateau de Blamont_Vallée du Gland / Malm	88
6	DO_EK_06_0		Plateau d'Ecurcey_rive droite du Doubs / Malm	39
7	DO_EK_07_0		Val de La Ranceuse / Malm	39
8	DO_EK_08_0		Sources du Cusancin rive droite / Malm_Dogger	67
9	DO_EK_09_0		Vallée de la Barbèche / Malm_Dogger	63
10	DO_EK_10_0		Plateau de Montancy_Chamesol_rive droite du Doubs / Malm_Dogger	76
11	DO_EK_11_0		Plateau de Courtefontaine_Burnevillers_rive gauche du Doubs / Malm_Dogger	37
12	DO_EK_12_0		Plateau d'Indevillers / Malm	25
13	DO_EK_13_0		Sources du Cusancin rive gauche / Malm_Dogger	256
14	DO_EK_14_0		Plateau de Chamesey_Vauclusotte_rive gauche du Dessoubre / Malm_Dogger	96
15	DO_EK_15_0		Source du Bief de Brand_plateau de Maîche_Dessoubre aval / Malm_Dogger	182
16	DO_EK_16_0		Plateau de Fessevillers_Charmauvillers_Vaudrey_rive gauche du Doubs / Malm	39
17	DO_EK_17_0		Source Arcier_Bergeret_Chevanne / Malm_Dogger	165
18	DO_EK_18_0		Plateau de Montrond le Château_Chenecey Buillon / Dogger	77
19	DO_EK_19_0		Sources du Maine_Ecoutot_Vaux / Malm_Dogger	313
20	DO_EK_20_0		Sources de la Reverotte / plateau de Pierrefontaine_Flangebouche / Malm	148
21	DO_EK_21_0		Sources du Dessoubre / Plateau d'Orchamps-Vennes_Le Russey / Malm_Dogger	219
22	DO_EK_22_0		Plateau du Lison_Montfort / Malm_Dogger	183
23	DO_EK_23_0		Plateau de Chantrans_Amancey / Malm	92
24	DO_EK_24_0		Source de Bief Poutot_Grande Baume_Verneau / Malm_Dogger	47
25	DO_EK_25_0		Source de La Tuffière / Dogger	6
26	DO_EK_26_0		Sources de la Truite d'Or_Grand Bief / Malm_Dogger	42
27	DO_EK_27_0		Source de la Baume du Rocher / Dogger	7
28	DO_EK_28_0		Source des Pontets / plateau d'Arc-sous-Cicon / Malm	66
29	DO_EK_29_0		Plateau de Gilley_Les Combes / Malm	70
30	DO_EK_30_0		Val de Morteau_Grand Combe Chateleu_Villers-le-Lac / Malm_Crétacé	113
	DO_EK_31_0		Source Lison_Sarrazine_Gyps_La Furieuse / Malm_Dogger	180
31		DO_EK_31_1	Source Lison_Sarrazine / Malm_Dogger	140
32		DO_EK_31_2	Source La Furieuse / Malm_Dogger	26
33		DO_EK_31_3	Source Gyps / Malm_Dogger	14
	DO_EK_32_0		Source Loue_Baume Archée / Plateau de Levier_Pontarlier / Malm	591
34		DO_EK_32_1	Source Loue / Plateau de Pontarlier / Malm	452
35		DO_EK_32_2	Source Baume Archée / Plateau de Levier / Malm	139
36	DO_EK_33_0		Val de Saint Point / Malm_Crétacé	81
37	DO_EK_34_0		Source Martin / Plateau des Fourgs / Malm	23
38	DO_EK_35_0		Vallée de la Jougnena_Plateau du Mont de l'Herba / Malm	53
	DO_EK_36_0		Sources du Doubs_La Creuse_Schlumberger_Bleue / Malm_Crétacé	198
39		DO_EK_36_1	Sources du Doubs_La Creuse / Malm	132
40		DO_EK_36_2	Sources Schlumberger_Bleue / Malm	16
41		DO_EK_36_3	Val de métabief_Rochejean / Crétacé	50
42	DO_KP_01_0		Karst sous couverture vallée du Doubs	114
43	JU_EK_01_0		Combe d'Ain et rive droite de l'Ain / Dogger	255
44	JU_EK_02_0		Source de la Doye-rivière la Serpentine / Plateau de Nozeroy_Lent / Malm_Crétacé	88
45	JU_EK_03_0		Source Ain_Papeterie_Fontaine Noire_Intermittente Syam / Malm	161
46	JU_EK_04_0		Plateau de Loule-Saint Maurice_Etival / Malm	228
47	JU_EK_05_0		Source de la Saine_val de Foncine le Bas / Malm	48
48	JU_EK_06_0		Val de Chaux Neuve_Lac des Rouges Truites / Malm_Crétacé	50
49	JU_EK_07_0		Sources de la Doye Gabet_L'Arce / Malm_Dogger	116
50	JU_EK_08_0		Plateau de Hautecourt_Meussia_Lect / Malm	108
51	JU_EK_09_0		Source de l'Enragée / Plateau du Grand Vaux / Malm	159
52	JU_EK_10_0		Canyon de la Bienne_Plateau de La Rixouse_Monts de Bienne / Malm_Crétacé	46
53	JU_EK_11_0		Sources de La Cascade_Les Foules_Montbrilland_Trou de l'Abime / Malm_Crétacé	183
54	JU_EK_12_0		Rive droite de l'Ain / Malm	56
55	JU_EK_13_0		Source du Pont des Arches_Nerbier / Malm	33
56	JU_EK_14_0		Plateau d'Arbant_Lavancia-Epercy / Malm	50
57	JU_EK_15_0		Plateau de Rogna_Viry / Malm	28
58	JU_EK_16_0		Massif du Surmontant_Mont Chabot / Malm	20
59	JU_EK_17_0		Plateau de Désertin / Malm	22
60	TB_EK_01_0		Plateau de Croix_St-Dizier_vallée de la Feschotte / Malm	63
61	TB_KP_01_0		Karst sous couverture Belfort	53

7.3. Critères de tri des ensembles karstiques majeurs

7.3.1. Généralités

Une première approche s'attache à évaluer le niveau de connaissance actuelle pour chaque EK. Les ensembles karstiques insuffisamment renseignés sont ainsi identifiés.

Pour les EK dont le niveau de renseignement est jugé suffisant, 5 critères ont été retenus comme étant pertinents pour le tri et le classement en ensembles karstiques majeurs.

À cette étape de l'étude, il s'agit de critères généraux qui prennent en compte des informations concernant :

- ✓ Les points d'eau majeurs : prélèvements AEP actuels, répartition, débits.
- ✓ Les bassins d'alimentation des EK : recharge par les pluies (lame d'eau spécifique), pression humaine.

L'importance des prélèvements actuels constitue un critère prioritaire pour la sélection des ressources déjà largement sollicitées.

Des seuils ont été définis pour chaque critère pour distinguer les EK majeurs et non majeurs.

Sur les 61 ensembles et sous-ensembles karstiques définis, 6 correspondent à des ressources profondes « sous couverture » ou contenues dans une structure synclinale. **Ces 6 ressources profondes sont retenues et ne sont pas soumises au tri.**

Les critères de tri, dont il est question ci-dessous, s'appliquent aux 55 EK « conventionnels » (autres que les ressources profondes).

La règle d'application des critères est qu'il suffit qu'un seul critère soit « négatif » pour que l'EK soit classé en « non majeurs ».

7.3.2. Niveaux de renseignement

Certains secteurs karstiques de la zone d'étude sont peu ou mal connus. Chacun des ensembles karstiques a fait l'objet d'une évaluation de son niveau de renseignement.

Les 4 critères, débit d'étiage _ station de jaugeage _ traçages _ chimie, ont été notés d'après la grille de la Figure 45.

Figure 45 : Grille d'évaluation du niveau de renseignement.

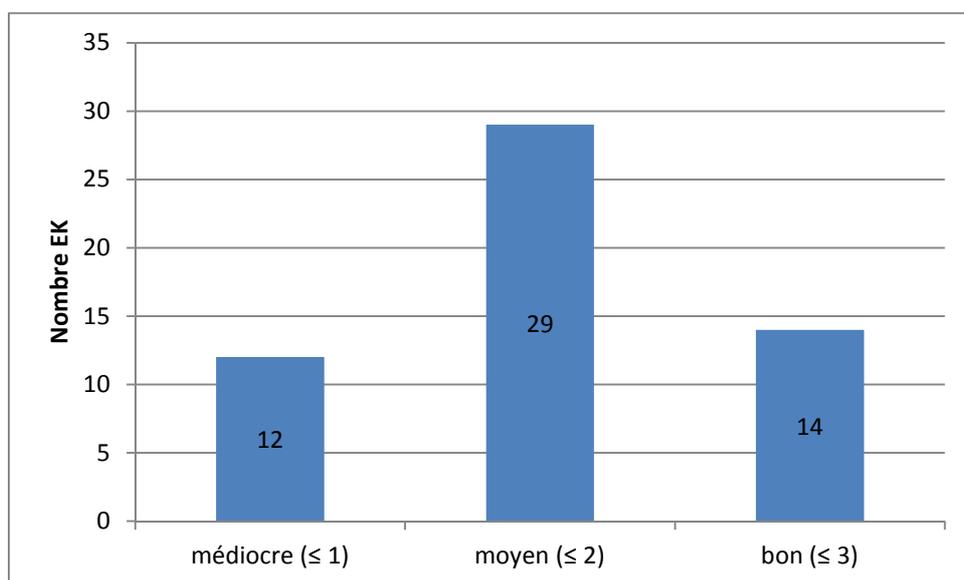
		Mesures des débits d'étiage	Station de Jaugeage	Données de chimie	Traçage	Indice global
		(Nbr de PE majeurs renseignés) / (Nbr de PE majeurs de l'EK)			(Nbr de traçages dans EK) / (Nbr de PE majeur dans EK)	Moyenne des indices
rien	0	aucunes	aucune	aucunes	aucun	0
médiocre	1	$\leq 33\%$	$\leq 33\%$	$\leq 33\%$	$\leq 1,5$	1
moyen	2	$33\% < x \leq 66\%$	$33\% < x \leq 66\%$	$33\% < x \leq 66\%$	$1,5 < x \leq 3$	2
bon	3	$> 66\%$	$> 66\%$	$> 66\%$	> 3	3

Pour les 3 premiers critères on calcule le % de points d'eau majeurs de l'EK qui sont renseignés. Pour le 3^{ème} critère « traçage », à partir du nombre de traçages réalisés dans l'EK qui ont touchés un point d'eau majeur, on calcule le nombre moyen de traçages par point d'eau majeur. Une note (0 à 3) est attribuée pour chaque critère et par EK.

Les 4 paramètres sont ensuite moyennés pour obtenir un indice global du niveau de renseignement $0 \leq i \leq 3$.

Les ensembles karstiques qui ont un indice ≤ 1 sont définis comme insuffisamment renseignés (Figure 47). Ils devront faire l'objet d'études hydrogéologiques complémentaires. Ces EK sont au nombre de 12 auxquels il faut ajouter 6 EK correspondant à des ressources profondes « sous couverture ».

Figure 46 : Répartition des 55 ensembles et sous-ensembles karstiques en fonction du niveau de renseignement



Le niveau de renseignement des EK n'est pas un critère de tri. Les EK insuffisamment renseignés pourraient être écartés du cadre de l'étude jusqu'à la réalisation d'investigations complémentaires. Cependant, la réalisation de ces études complémentaires n'étant pas à l'ordre du jour, et afin de ne pas écartier d'emblée des EK pouvant présenter un intérêt, certains de ces EK ont été conservés à « dire d'expert ». L'avantage de cette démarche est d'écartier du champ des études hydrogéologiques complémentaires des EK qui d'évidence ne présentent pas de potentialité vis-à-vis de l'AEP des collectivités.

Les structures géologiques favorables à la présence de zones karstiques profondes noyées sont mal renseignées ; ces secteurs correspondent aux synclinaux crétacés du Jura plissé ou à des karsts profonds « sous couverture » du bas Jura (Vallée du Doubs à l'amont de Besançon et région de Belfort). La reconnaissance de ces ressources n'est possible que par forage, il n'existe à ce jour quasiment aucune données sur ces ressources profondes sous synclinaux crétacés. Le karst sous couverture de la vallée du Doubs à l'amont de Besançon est assez bien documenté, celui du Territoire de Belfort est plus mal connu, mais des études sont en cours. Ces secteurs ont été délimités dans le cadre de l'étude, et sont définis comme ressources majeures.

Figure 47 : Tableau du niveau de renseignement des EK

Code EK	Code Sous-ensemble	Nom EK	Surface km2	Nbr de PE majeurs	Mesures de débit d'étiage	Station de jaugeage	Traçage	Données de chimie	Indice	Insuffisamment renseigné <= 1
1	DO_EK_01_0	Plateau de Bethoncourt_rive droite Savoureuse / Malm	75	1	3	0	3	3	2,25	
2	DO_EK_02_0	Plateau d'Accolans_Onans_Arcey / Dogger	106	5	2	1	3	2	2	
3	DO_EK_03_0	Plateau d'Etrappe_Fontaine_rive droite du Doubs / Malm	69	3	1	0	2	3	1,5	
4	DO_EK_04_0	Plateau d'Ecot_Sourans_rive gauche du Doubs / Malm	115	5	2	0	2	3	1,75	
5	DO_EK_05_0	Plateau de Blamont_Vallée du Gland / Malm	88	7	2	0	3	3	2	
6	DO_EK_06_0	Plateau d'Ecurcey_rive droite du Doubs / Malm	39	0	0	0	3	0	0,75	X
7	DO_EK_07_0	Val de La Ranceuse / Malm	39	1	0	0	3	3	1,5	
8	DO_EK_08_0	Sources du Cusancin rive droite / Malm_Dogger	67	1	3	3	3	0	2,25	
9	DO_EK_09_0	Vallée de la Barbèche / Malm_Dogger	63	3	3	0	3	1	1,75	
10	DO_EK_10_0	Plateau de Montancy_Chamesol_rive droite du Doubs / Malm_Dogger	76	6	3	0	2	2	1,75	
11	DO_EK_11_0	Plateau de Courtefontaine_Burnevillers_rive gauche du Doubs / Malm_Dogger	37	2	3	0	1	3	1,75	
12	DO_EK_12_0	Plateau d'Indevillers / Malm	25	2	2	0	2	2	1,5	
13	DO_EK_13_0	Sources du Cusancin rive gauche / Malm_Dogger	256	7	2	2	3	1	2	
14	DO_EK_14_0	Plateau de Chamesey_Vauclusotte_rive gauche du Dessoubre / Malm_Dogger	96	7	3	0	3	2	2	
15	DO_EK_15_0	Source du Bief de Brand_plateau de Maîche-Damprichard_Dessoubre aval / Malm_Dogger	182	2	3	0	3	3	2,25	
16	DO_EK_16_0	Plateau de Fessevillers_Charmavillers_Vaudey_rive gauche du Doubs / Malm	39	3	3	0	3	3	2,25	
17	DO_EK_17_0	Source Arcier_Bergeret_Chevanne / Malm_Dogger	165	3	2	2	3	2	2,25	
18	DO_EK_18_0	Plateau de Montrond le Chateau_Chenecey Buillon / Dogger	77	2	0	0	3	0	0,75	X
19	DO_EK_19_0	Sources du Maine_Ecoutot_Vaux / Malm_Dogger	313	5	3	0	3	3	2,25	
20	DO_EK_20_0	Sources de la Reverotte / plateau de Pierrefontaine_Flangebouche / Malm	148	4	3	0	3	1	1,75	
21	DO_EK_21_0	Sources du Dessoubre / Plateau d'Orchamps-Vennes_Le Russey / Malm_Dogger	219	8	2	0	1	1	1	X
22	DO_EK_22_0	Plateau du Lison_Montfort / Malm_Dogger	183	1	3	0	2	3	2	
23	DO_EK_23_0	Plateau de Chantrans_Amancey / Malm	92	2	2	1	1	2	1,5	
24	DO_EK_24_0	Source de Bief Poutot_Grande Baume_Verneau / Malm_Dogger	47	3	3	1	3	1	2	
25	DO_EK_25_0	Source de La Tuffière / Dogger	6	1	3	0	3	3	2,25	
26	DO_EK_26_0	Sources de la Truite d'Or_Grand Bief / Malm_Dogger	42	2	0	0	3	0	0,75	X
27	DO_EK_27_0	Source de la Baume du Rocher / Dogger	7	1	3	0	1	0	1	X
28	DO_EK_28_0	Source des Pontets / plateau d'Arc-sous-Cicon / Malm	66	1	3	0	3	0	1,5	
29	DO_EK_29_0	Plateau de Gilley_Les Combes / Malm	70	2	2	0	2	0	1	X
30	DO_EK_30_0	Val de Morteau_Grand Combe Chateaul Villers-le-Lac / Malm_Crétacé	113	8	2	0	2	1	1,25	
31	DO_EK_31_1	Source Lison_Sarrazine / Malm_Dogger	140	4	3	2	2	3	2,5	
32	DO_EK_31_2	Source La Furieuse / Malm_Dogger	26	1	3	0	2	3	2	
33	DO_EK_31_3	Source Gyps / Malm_Dogger	14	1	0	0	2	0	0,5	X
34	DO_EK_32_1	Source Loue / Plateau de Pontarlier / Malm	452	1	3	3	3	2	2,75	
35	DO_EK_32_2	Source Baume Archée / Plateau de Levier / Malm	139	1	0	0	3	0	0,75	X
36	DO_EK_33_0	Val de Saint Point / Malm_Crétacé	81	0	0	0	0	0	0	X
37	DO_EK_34_0	Source Martin / Plateau des Fourgs / Malm	23	2	3	0	1	3	1,75	
38	DO_EK_35_0	Vallée de la Jougna_Plateau du Mont de l'Herba / Malm	53	3	2	1	2	2	1,75	
39	DO_EK_36_1	Sources du Doubs_La Creuse / Malm	132	6	3	2	2	3	2,5	
40	DO_EK_36_2	Sources Schlumberger_Bleue / Malm	16	4	2	1	3	2	2	
41	DO_EK_36_3	Val de métabief_Rochejean / Crétacé	50	0	0	0	0	0	0	X
42	DO_KP_01_0	Karst sous couverture vallée du Doubs	114	7	2	0	2	3	1,75	
43	JU_EK_01_0	Combe d'Ain et rive droite de l'Ain / Dogger	255	2	0	0	3	3	1,5	
44	JU_EK_02_0	Source de la Doye-rivière la Serpentine / Plateau de Nozeroy_Lent / Malm_Crétacé	88	0	0	0	0	0	0	X
45	JU_EK_03_0	Source Ain_Papeterie_Fontaine Noire_Intermittente Syam / Malm	161	3	2	1	3	3	2,25	
46	JU_EK_04_0	Plateau de Loule-Saint Maurice_Etival / Malm	228	9	2	1	2	2	1,75	
47	JU_EK_05_0	Source de la Saine_val de Foncine le Bas / Malm	48	1	0	1	1	0	0,5	X
48	JU_EK_06_0	Val de Chaux Neuve_Lac des Rouges Truites / Malm_Crétacé	50	0	0	0	0	0	0	X
49	JU_EK_07_0	Sources de la Doye Gabet_L'Arce / Malm_Dogger	116	2	2	0	2	2	1,5	
50	JU_EK_08_0	Plateau de Hautecourt_Meuussia_Lect / Malm	108	10	2	0	2	2	1,5	
51	JU_EK_09_0	Source de l'Enragée / Plateau du Grand Vaux / Malm	159	1	3	0	3	3	2,25	
52	JU_EK_10_0	Canyon de la Bienne_Plateau de Tancua_La Rixouse_Monts de Bienne / Malm_Crétacé	46	0	0	0	0	0	0	
53	JU_EK_11_0	Sources de La Cascade_Les Foules_Montbrilland_Trou de l'Abime / Malm_Crétacé	183	6	0	0	3	2	1,25	
54	JU_EK_12_0	Rive droite de l'Ain / Malm	56	0	0	0	1	0	0,25	X
55	JU_EK_13_0	Source du Pont des Arches_Nerbier / Malm	33	3	3	1	2	2	2	
56	JU_EK_14_0	Plateau d'Arbant_Lavancia-Epercy / Malm	50	1	0	3	1	3	1,75	
57	JU_EK_15_0	Plateau de Rogna_Viry / Malm	28	2	3	1	1	3	2	
58	JU_EK_16_0	Massif du Surmontant_Mont Chabot / Malm	20	0	0	0	0	0	0	X
59	JU_EK_17_0	Plateau de Désertin / Malm	22	0	0	0	0	0	0	X
60	TB_EK_01_0	Plateau de Croix_St-Dizier_vallée de la Feschotte / Malm	63	5	3	1	1	3	2	
61	TB_KP_01_0	Karst sous couverture Belfort	53	0	0	0	0	0	0	X

 EK sous couverture crétacé ou karst profond

X EK insuffisamment renseigné

7.3.3. Volumes prélevés pour l'AEP (PREL)

La somme des prélèvements aux points d'eau majeurs pour l'AEP est calculée pour chacun des EK, elle est exprimée en m³/h. **Les valeurs de PREL > 40 m³/h = 960 m³/j** ont été retenues comme étant représentatives d'ensembles karstiques majeurs. Ce critère est prioritaire sur tous les autres critères afin de privilégier les ressources actuellement sollicitées. Elles sont définies comme « majeures » quels que soient les indices obtenus pour les autres critères.

Figure 48 : Répartition des EK en fonction des volumes prélevés aux PE maj

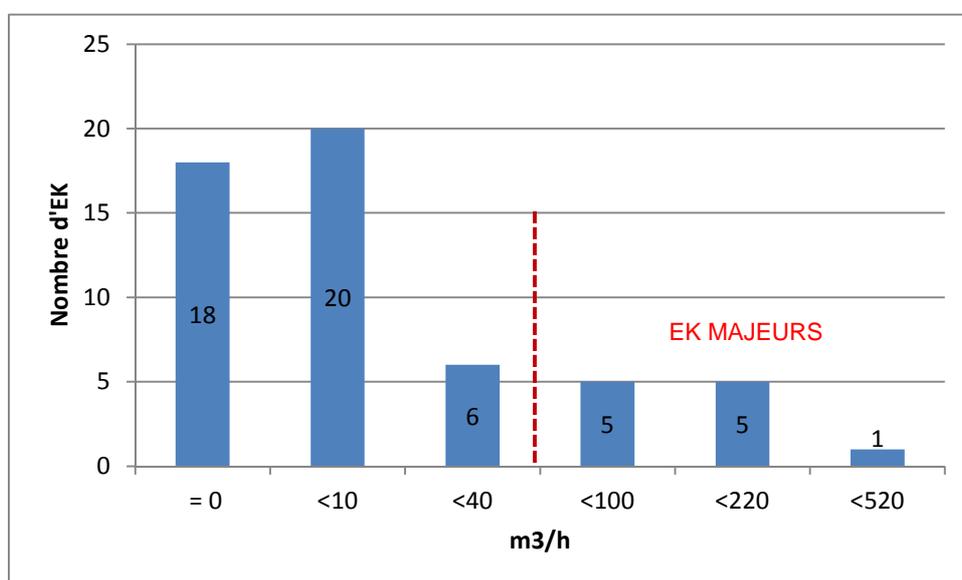


Figure 48 : 44 EK ont des prélèvements < 40 m³/h soit 80 % des 61 ensembles et sous-ensembles karstiques. 11 EK ont des prélèvements > 40 m³/h soit 20 % et sont classés d'office en EK « majeurs ».

Voir tableau de la Figure 56 pour le détail de l'application des critères de tri par EK.

7.3.4. Poids des points d'eau majeurs dans un ensemble karstique (PROP)

Chacun des points d'eau majeurs (PE maj.) possède une surface de bassin versant. Un critère de tri (PROP) a été défini comme étant la proportion de la somme des surfaces des bassins versants des PE majeur par rapport à la surface totale de l'ensemble karstique (EK) auquel ils appartiennent. Cet indice, lorsqu'il est élevé, mesure la capacité d'un EK à « concentrer » les écoulements souterrains sur un nombre restreint de sources. A l'inverse, une faible valeur traduit une « dispersion » des eaux souterraines sur un grand nombre d'émergences, dans ce cas l'EK ne possède pas d'axes de drainage individualisés, ni de réserves importantes.

La limite pour l'élimination de l'EK est fixée à PROP < 33 %.

Figure 49 : Répartition du poids des PE majeurs au sein de leur EK

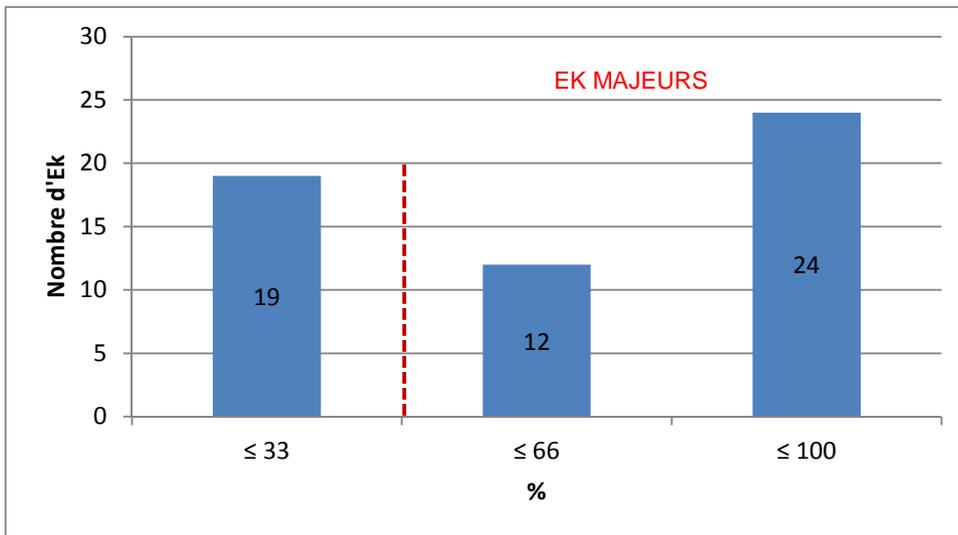
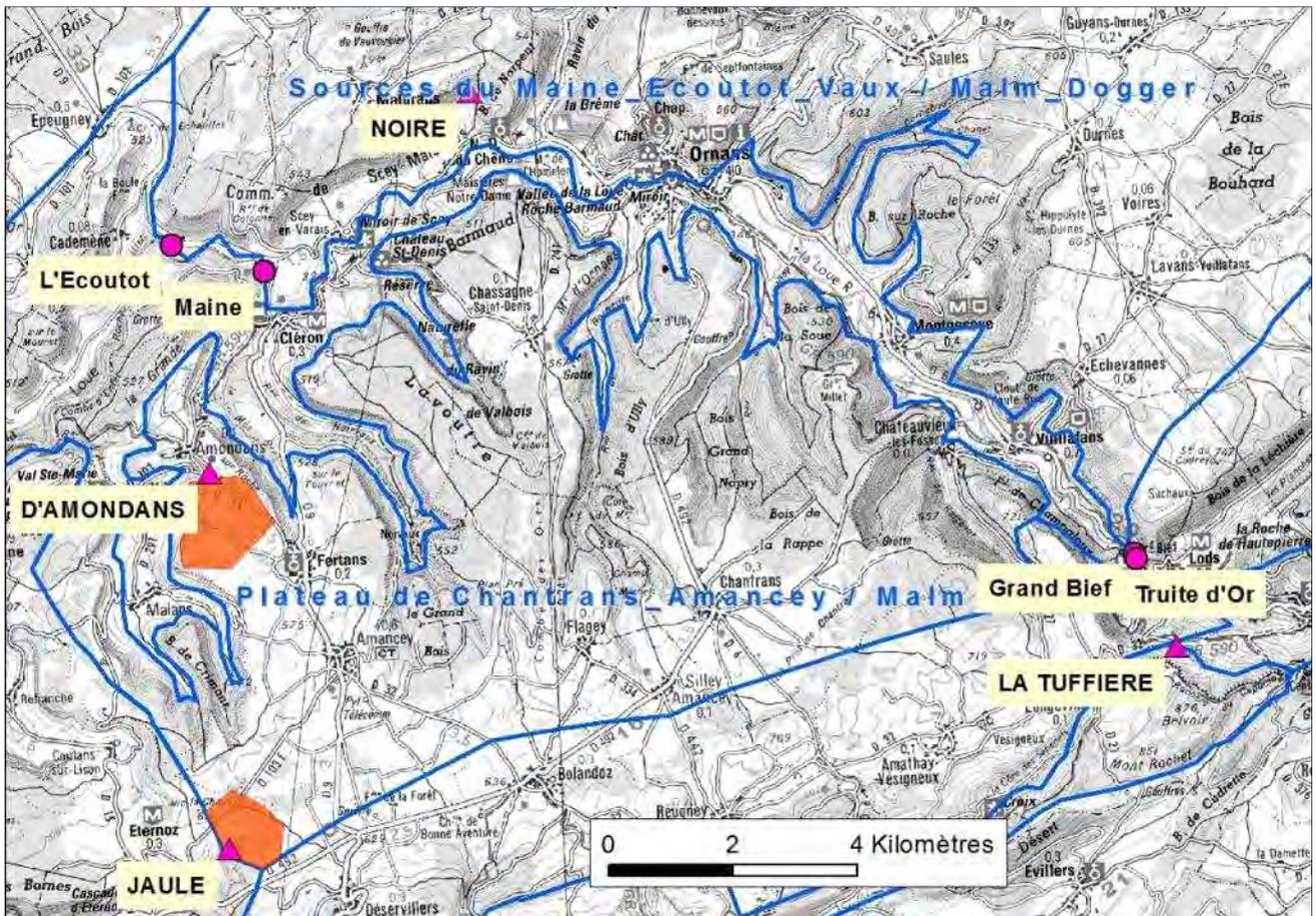


Figure 49 : 19 EK possèdent des PE maj. qui ne sont pas représentatifs de l'ensemble karstique auquel ils appartiennent.

17 EK ne seront pas retenus en tant que EK majeurs, 2 EK étant classés en majeurs car ce sont des ressources actuellement exploitées (PREL > 40 m³/h).

La carte de la Figure 50 montre l'exemple de l'EK du plateau de Chantrans_Amancey qui est drainé par la Loue. Les 2 points d'eau « majeurs » sources d'Amondans et de la Jaule possèdent des bassins d'alimentation de faibles superficies (en orange sur la carte) qui représentent 2 % de la surface de l'EK. Le plateau n'est pas retenu comme EK majeur car il ne possède pas de systèmes karstiques suffisamment individualisés. Les eaux souterraines sont drainées vers de multiples sources de faible importance.

Figure 50 : Carte de l'EK « Plateau de Chantrans_Amancey » et localisation des points d'eau majeurs et de leur bassin d'alimentation, PROP < 33 %



7.3.5. Débit d'étiage spécifique (DESP) et existence d'une zone noyée (VAU)

Cet indice, exprimé en $l/s/km^2$, évalue la quantité des pluies infiltrées qui participent à l'alimentation des PE maj. en période d'étiage (infiltration retardée). Il exprime la quantité de ressource disponible aux exutoires en période sèche. Il est calculé par le rapport de la somme des débits d'étiage aux points d'eau majeurs sur la surface de l'EK. Une faible valeur exprime une arrivée rapide des pluies infiltrées aux sources, il n'y a pas ou peu d'écoulements retardés et par conséquent pas ou peu de réserves à exploiter.

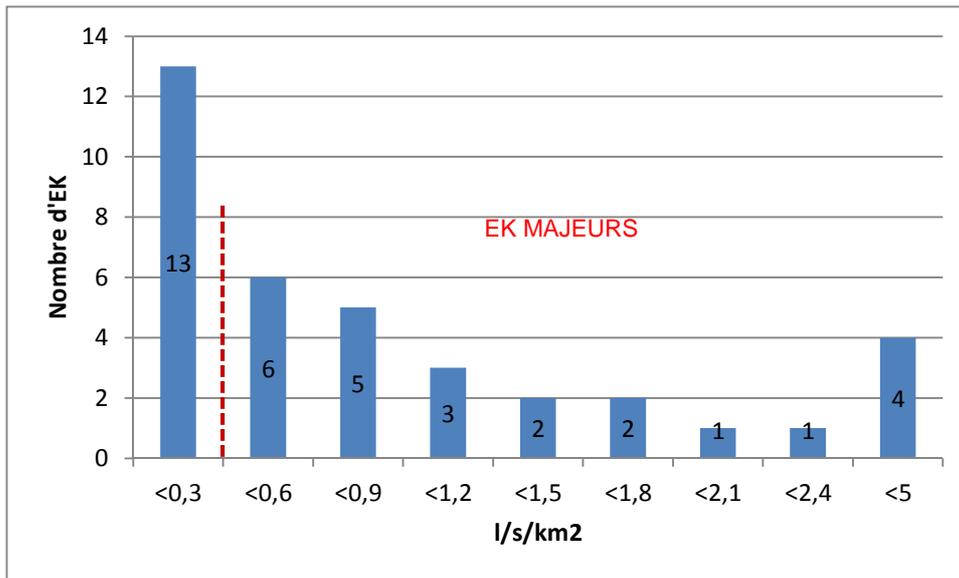
Note : Ce paramètre est absent dans 18 EK pour lesquels les débits d'étiage des points d'eau majeurs ne sont pas connus.

La moyenne de DESP sur l'ensemble de la zone d'étude est de $1,115 l/s/km^2$.

Ce débit d'étiage spécifique peut être exprimé également en lame d'eau infiltrée sur la surface de l'EK (mm/an). Ainsi la moyenne de $1,115 l/s/km^2 = 35 mm/an$.

Afin de ne pas être trop restrictif et tenant compte du fait que bon nombre de points d'eau majeurs ne sont pas renseignés en débit d'étiage, la limite pour l'élimination de l'EK est fixée à $DESP < 0,3 l/s/km^2 = 10 mm/an$.

Figure 51 : Répartition des EK en fonction du débit spécifique d'étiage (seulement 37 EK renseignés)



13 EK (35 % des 37 EK renseignés en débit d'étiage) présentent un très faible débit spécifique d'étiage inférieur au seuil fixé de 0,300 l/s/km².

Pour prendre en compte l'existence d'une zone noyée et d'une réserve située en-dessous du niveau des exutoires, les sources vaclusiennes sont comptabilisées par EK. Ce critère « positif » est associé à DESP, il permet de « récupérer » des EK qui seraient éliminés pour DESP < 0,3 l/s/km².

Si $VAU \geq 1$ alors l'EK n'est pas exclu même si $DESP < 0,3$ l/s/km².

Ce critère « repêche » 2 EK qui seraient éliminés par le critère DESP.

7.3.6. Pression anthropique dans l'EK, nombre d'habitants (POP) et densité de population (DENS)

Ces 2 critères correspondent à la population installée dans l'EK (nombre d'habitants) et au rapport de cette population sur la surface de l'EK (nombre d'habitants par km²).

Ces indices mesurent la « pression » de l'urbanisation dans l'EK. Une forte population est un facteur de risques de pollutions accidentelles qui pèse sur la ressource en eau.

D'autre part, des conflits d'usage apparaîtront entre la volonté de protéger la ressource en eau et les projets d'aménagements et de développement économiques qui se concentrent en périphéries des métropoles.

L'occupation du sol et les projets d'aménagements seront largement abordés dans la phase 2 de l'étude. A cette étape il s'agit uniquement d'identifier les EK sur lesquels la pression liée à l'urbanisation est très forte et compromet la protection de la ressource en eau.

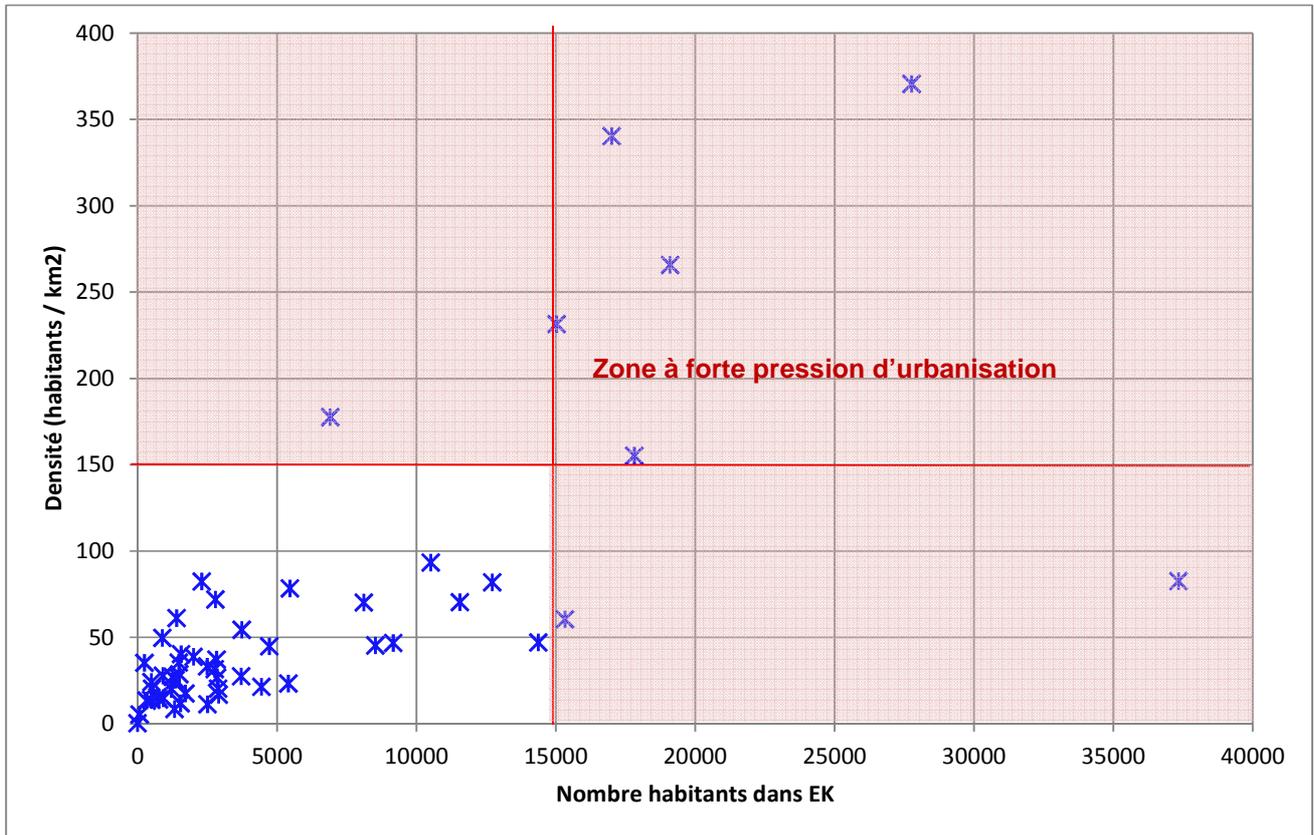
Note : Les données de chimie ont été étudiées (voir §7.3.8 et Figure 53) en particulier en prenant en compte les paramètres représentatifs de pollutions d'origine anthropique (ammonium, carbone organique total,

chlorures, nitrates, potassium, sodium, pesticides). Les niveaux de pollution atteints sont modestes et les plus fortes contaminations sont localisées dans la partie nord de la zone d'étude : régions de Montbéliard et Besançon, plateau de Maiche. Ils sont de 2 types : pollutions liées à l'assainissement ou aux pratiques agricoles. Les contaminations agricoles sont très réduites, les concentrations en nitrates ne dépassent guère le seuil des 25 mg/l et la présence de pesticides est rare. Il n'y a pas de corrélation très nette entre urbanisation et contamination des sources, ni entre surfaces agricoles et taux de nitrates ou pesticides. Aussi, nous avons considéré que dans la zone d'étude, les données de chimie ne fournissent pas de critères suffisamment discriminants dans le choix des EK majeurs.

Les limites pour l'élimination de l'EK est fixée à POP > 15 000 hab ou DENS >150 hab/km².

8 EK sont dans cette situation (Figure 52).

Figure 52 : Répartition des EK en fonction du nombre d'habitants et de la densité de population



7.3.7. Autres critères testés

D'autres critères ont été étudiés, mais n'ont pas été retenus car ils ne sont pas discriminants dans le choix des EK majeurs.

✓ **Taux de nitrates moyen dans l'EK (NO3).**

Le taux moyen de nitrates est calculé pour tous les PE maj. de l'EK (mg/l).

Cet indice mesure la pression agricole sur l'EK. Les valeurs sont globalement faibles dans la zone d'étude.

✓ **Qualité chimique des eaux vis-à-vis des pollutions anthropiques (QUAL).**

7 paramètres représentatifs d'une pollution anthropique (agriculture, assainissement, décharges, industries) sont reportés dans un diagramme en coordonnées logarithmes : ammonium, carbone organique total, chlorures, nitrates, potassium, sodium, phytosanitaire (pesticides). La conductivité et l'écart-type des conductivités sont ajoutés sur le diagramme.

Chaque EK fait l'objet d'une représentation dans ce diagramme de toutes les analyses disponibles pour chaque point d'eau majeur. Une note est donnée à l'EK suivant sa qualité globale.

Notation :

0_ aucune information

1_ qualité médiocre, ≥ 3 paramètres en dépassement.

2_ qualité moyenne, $1 \leq$ nombre de paramètres en dépassement < 3

3_ bonne qualité ; aucun paramètre en dépassement.

Les seuils de qualité par paramètres sont les suivants :

Ammonium $> 0,1$ mg/l

Carbone organique total > 2 mg/l

Chlorures > 20 mg/l

Nitrates > 15 mg/l

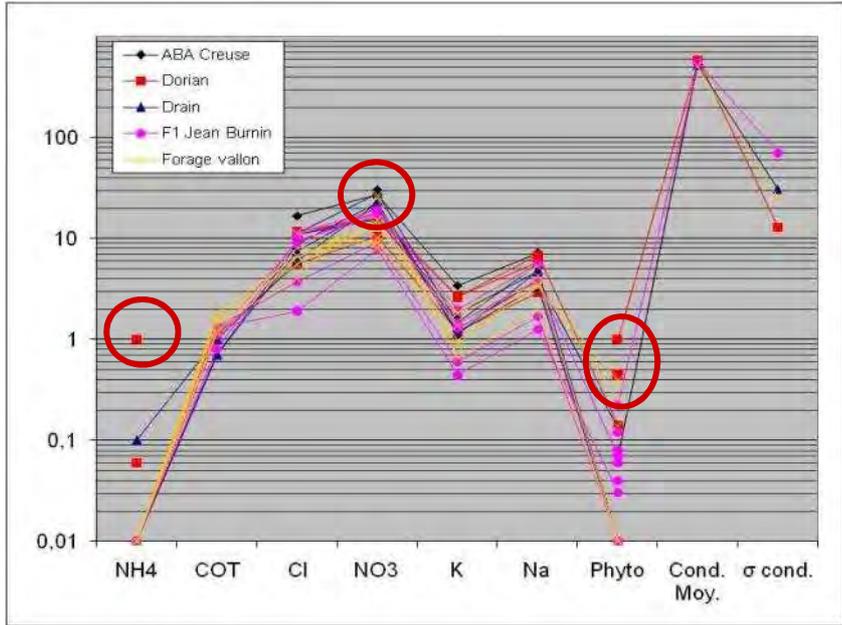
Potassium_sodium indice de pollution si la concentration en K $>$ concentration en Na.

Phytosanitaire $> 0,2$ μ g/l

Les seuils choisis correspondent à des valeurs pour lesquelles une pression polluante sur l'EK peut être identifiée. Ils sont distincts des limites de qualité pour l'AEP. Par exemple, on estime qu'un impact des activités agricoles sur la qualité des eaux est avéré au-delà d'une concentration de 15 mg/l de nitrates alors que la norme de potabilité est de 50 mg/l.

Ces résultats sont intégrés dans la BDD et dans la fiche par ensemble karstique.

Figure 53 : Exemple de diagramme, note = 1 (qualité médiocre car 3 paramètres en dépassement des seuils fixés) :



✓ **Module et débit réservé.**

Le produit de la pluie efficace annuelle et de la surface de l'EK donne le débit moyen ou module théorique calculé (m³/s). Ce débit est souvent la seule valeur disponible en absence de jaugeages des sources majeures. Il est peu représentatif des débits véritablement disponibles aux sources karstiques. En effet, la caractéristique du fonctionnement karstique est la grande variabilité des débits dans le temps et une propension à donner des débits d'étiage plutôt faibles. L'application de la règle du **débit réservé de 1/10 du module réglementaire** donne toujours un débit réservé supérieur au débit d'étiage pour tous les EK étudiés. Théoriquement, il n'y a donc pas en période de basses eaux de débit disponible pour l'AEP.

Si l'on veut pouvoir exploiter des ressources karstiques il faut utiliser une autre approche pour déterminer le débit réservé. Le critère retenu est le « débit minimum biologique » qui est plus proche de la réalité du comportement biologique et hydrologique des cours d'eau alimentés par des systèmes karstiques.

✓ **Population potentielle à desservir.**

Le nombre d'habitants appartenant aux UGE comprises dans un cercle de 5 km de rayon autour des PE majeurs a été calculé pour chaque EK. Les valeurs trouvées sont toujours importantes, ce qui traduit un maillage assez dense des réseaux d'eau potable. Ce paramètre est cependant trop théorique pour estimer véritablement les besoins des collectivités. Les besoins exprimés seront analysés durant la phase 2 de l'étude, à partir des informations récoltées auprès des collectivités (Syndicats des eaux, communautés de communes, agglomérations...).

✓ **Distance du PE maj. à la ville la plus proche.**

Il s'agit de la distance minimum en kilomètres depuis les PE Maj. d'un EK jusqu'à la ville la plus proche dont la population est > 4000 hab. Ce paramètre est également trop théorique pour fournir une information utilisable comme critère de sélection.

7.4. Liste des ensembles karstiques majeurs

Les tableaux Figure 54 & Figure 56 font la synthèse du classement des 55 ensembles karstiques en fonction des 6 critères retenus. Au final on retient 30 EK qui possèdent des ressources potentiellement intéressantes, justifiant un classement en ressources majeures. Cette liste sera consolidée dans la phase 2 de l'étude.

25 EK sont d'ores et déjà considérés comme peu intéressants et ne possédant pas de ressources majeures.

Les 6 EK (Figure 57) qui définissent des ressources profondes (karsts sous couvertures et karsts sous synclinaux crétacés) ne sont pas pris en compte par les critères de sélection car le contexte géologique est particulier et nous avons peu d'informations sur eux. Ils sont classés d'office en EK majeurs car ils correspondent à des secteurs où la présence d'une zone noyée est avérée, ce statut étant à confirmer par des investigations de terrain (géophysique, forages).

Le classement des 25 EK ne possédant pas de ressources majeures concerne 44 points d'eau majeurs dont 22 captages majeurs, définis comme tel dans la première partie de l'étude.

Figure 54 : Application des critères de tri sur les 55 EK initiaux

	CRITERES DE TRI						NIVEAU DE RENSEIGNEMENT		
	PREL	PROP	DESP	VAU	POP	DENS			
SEUILS	> 40	< 33	< 0,300	>= 1	>15000	>150	MOYEN A BON >1	MAUVAIS <=1	
unité	m3/h	%	l/s/km2	nbre	hab.	hab/km2			
	EXPLOITATION ACTUELLE	"POIDS" DES POINTS D'EAU MAJEURS DANS L'EK (en % surface)	QUANTITE DE LA RESSOURCE EN ETIAGE (DESP) + PRESENCE D'UNE ZONE NOYEE (VAU)		PRESSION LIEE A L'URBANISATION - pollutions accidentelles projets de développement		EXISTENCE DE DONNEES SUFFISANTES	MANQUE DE DONNEES Tri "à dire d'expert"	
		→	→		→		→		
nombre de EK MAJEUR	12	43	26	24	2	22	14	4	30
nombre de EK NON MAJEUR	55	17	2		2		8	4	25
									SOMME :

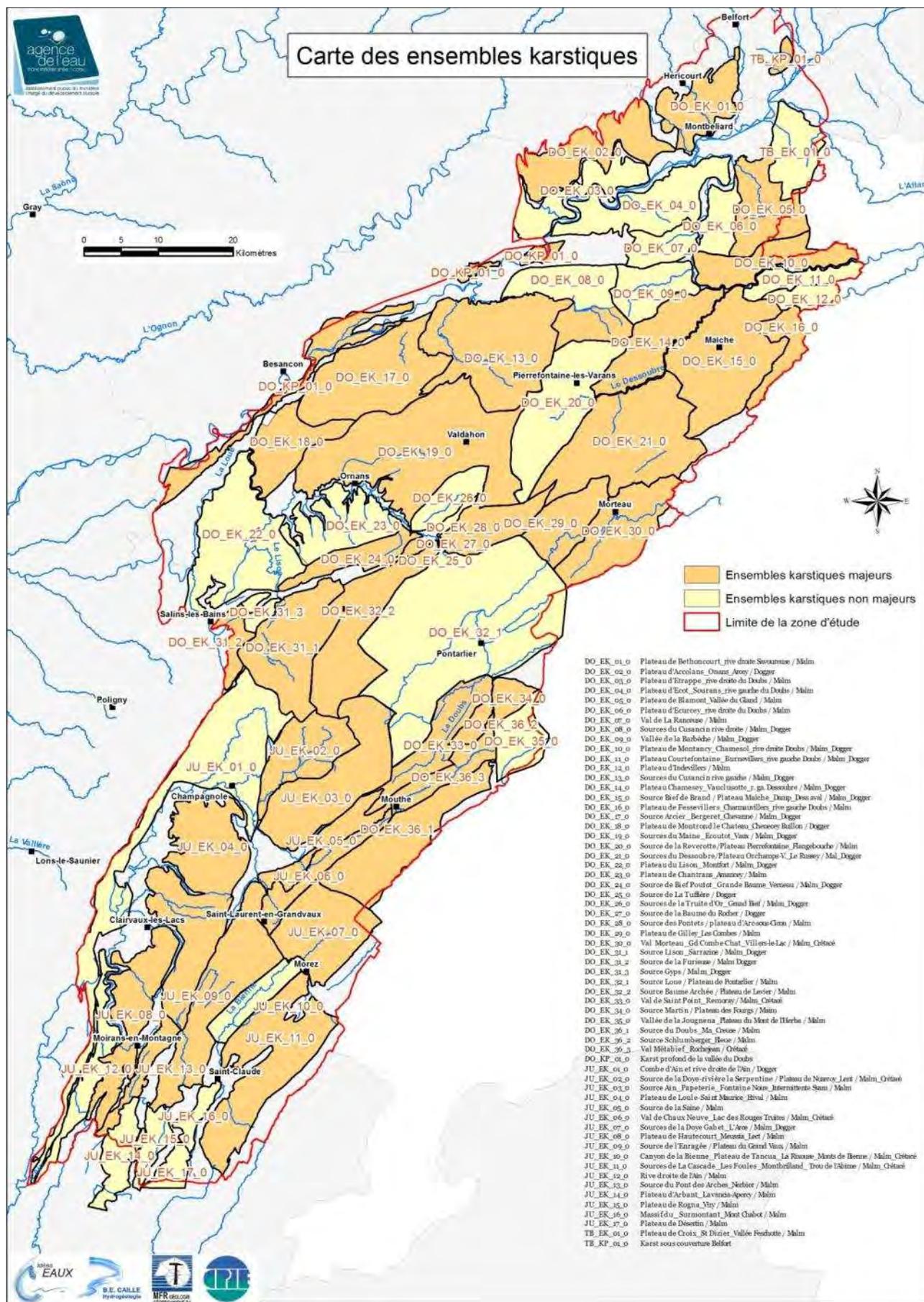
Figure 55 : Répartition des surfaces

	EK majeurs	EK non majeurs	total
Surface km2	3865	2062	5927
%	65%	35%	100%
PE majeur (nbre)	123	44	
Cap. Majeur (nbre)	53	22	

Figure 57 : Tableau des EK « ressources profondes » définies comme majeures

	Code EK	Code Sous-ensemble	Nom EK	Surface km ²	Nombre de forages "majeurs"	Nombre forages majeurs captés pour l'AEP
1	DO_EK_33_0		Val de Saint Point / Malm_Crétacé	81	0	0
2		DO_EK_36_3	Val de metabief_Rochejean / Crétacé	50	1	0
3	DO_KP_01_0		Karst sous couverture vallée du Doubs	114	7	4
4	JU_EK_02_0		Source de la Doye-rivière la Serpentine / Plateau de Nozeroy_Lent / Malm_Crétacé	88	0	0
5	JU_EK_06_0		Val de Chau Neuve_Lac des Rouges Truites / Malm_Crétacé	50	0	0
6	TB_KP_01_0		Karst sous couverture Belfort	53	0	0

Figure 58 : Carte des ensembles karstiques.



8. RESSOURCES KARSTIQUES MAJEURES

8.1. Généralités

Les ensembles karstiques (EK) sont définis sur des critères géologiques et de drainage. Ils sont souvent constitués par plusieurs systèmes karstiques qui correspondent à l'unité de base du fonctionnement des aquifères karstiques.

À cette étape de l'étude, la surface des EK majeurs est de 3 965 km² soit 65 % de la totalité des EK. Cette surface est considérable à l'échelle de la zone d'étude et des 3 départements concernés. Le tri appliqué aux EK ne prend en compte que des critères intrinsèques (exploitation actuelle, débits et volumes des ressources, pression humaine), sans se préoccuper des besoins existants dans chaque zone géographique.

La détermination finale des ressources karstiques majeures se fera à l'échelle plus fine des systèmes karstiques, en intégrant dans la réflexion les besoins des collectivités et la vulnérabilité des ressources. Le but est de protéger des ressources dont les volumes sont en adéquation avec les volumes nécessaires à l'alimentation en eau potable des collectivités.

Les ressources majeures répondent à 3 types de besoins :

- Ressources actuellement exploitées et dont le volume de prélèvement est important (captages structurants).
- Ressources nouvelles permettant un renforcement des ressources actuellement exploitées.
- Ressources nouvelles permettant une sécurisation des ressources actuellement exploitées. La sécurisation d'une collectivité implique que l'on dispose d'une nouvelle ressource en adéquation avec les besoins.

8.2. Méthode de détermination des ressources karstiques majeures (RKM)

La sélection des RKM se fait en subdivisant en systèmes karstiques les EK majeurs et en conservant les systèmes karstiques présentant le meilleur potentiel.

Les limites des RKM sont dessinées à partir de critères géologiques et topographiques et des résultats de traçages.

Le choix est réalisé par ensemble karstique suivant les conditions particulières de ceux-ci. Il s'agit donc d'un choix relatif, le niveau de chaque critère pouvant varier d'un ensemble à l'autre.

Les critères sont les suivants :

- Vulnérabilité de la ressource liée à l'existence de pertes dans le bassin d'alimentation.
- Occupation du sol : répartition entre forêts, prairies, cultures, urbanisation & ZAC ou ZI.
- Évaluation des risques de pollution liés à la présence d'ICPE (Installation Classée Pour l'Environnement), de STEP, de décharges anciennes, de carrières d'extraction...
- Importance des débits d'étiage et existence d'une réserve noyée.
- Besoins existants, il s'agit de sélectionner les ressources nécessaires à la satisfaction de ces besoins (actuels, renforcement, sécurisation) et d'écarter les ressources en surcroît ou trop distant des besoins.

Le tableau de la Figure 59 donne la liste des ressources karstiques majeures, croisée avec le besoin des collectivités déjà alimentées ou potentiellement intéressées par la ressource.

8.3. Liste des ressources karstiques majeures

Figure 59 : Tableau des ressources karstiques majeures, débits de la ressource et besoins des collectivités

RESSOURCES KARSTIQUES MAJEURES (RKM)								BESOINS			
Nom	surface	Débit d'étiage (Qe)	Débit prélevé moyen (Qprel)	Débit restant (Qr = Qe-Qprel)	Disponibilité (= Qr/Qe)	Intérêt actuel ou futur	N° ref. RKM	Nom collectivités	Besoins actuels (Ba)	Ressource actuelle	Intérêt de la RKM (= Qe/Ba)
	km ²	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	%				m ³ /j	m ³ /j	%
karst sous couverture_Belfort	8	?	0	?	?	ZIF	1	Agglo. Belfort	20150	13000	?
Source des Beaumettes	19	2256	1200	1056	47%	ZIA	2	SIE Vallée du Rupt	1200	2256	188%
Source de Lougres	47	?	0	?	?	ZIF	3	CA du Pays de Montbéliard_SIE Vallée du Rupt	30200	77500	?
Fontaine du Crible	13	528	324	204	39%	ZIA	4	SIE Abbaye 3 Rois	324	528	163%
Source du Val Trou de la Doux	18	3216	115	3101	96%	ZIF	5	CC Sud Territoire	3800	7656	85%
Sources Gourdeval_Sarre	45	1780	138	1642	92%	ZIF	6	Baumes les Dames_SIE de Clerval	1560	4000	114%
Source de la Doue_Forage Jean Burnin	19	2640	350	2290	87%	ZIF	7	SIE Abbévillers	1000	>2568	264%
Sources de la Laronesse_Creuse_Forage du Vallon	12	710	530	180	25%	ZIA	8	SIE Abbévillers	1000	>2570	71%
Source Ronde Fontaine	17	2400		2400	100%	ZIF	9	Saint Hippolyte_SIE du Lomont	840	1110	286%
Sources Œil de Bœuf_Oeuches	4	384	280	104	27%	ZIA	10	SIE de Clerval	340	>389	113%
Source Château de la Roche	5	600		600	100%	ZIF	11	Saint Hippolyte_SIE du Lomont	840	1110	71%
Karst profond de la vallée du Doubs	93	?	18000	?	?	ZIA	12	Besançon_Baume les Dames_SIE de Clerval_SIE Region de Roche	20500	48400	?
Sources Noire et Alloz	76	14800	0	14800	100%	ZIF	13	Baumes les Dames_SIE de Clerval	1560	4000	949%
Plateau de Chamesey_source de Froidefontaine	24	6240	2266	3974	64%	ZIA	14	SIE Froidefontaine	2270	5280	275%
Source du Bief de Brand	108	8820	100	8720	99%	ZIF	15	SIVU Plateau Maichois_Saint Hippolyte	3600	>4255	245%
Sources de Blanchefontaine_la Forge	18	3360	3045	315	9%	ZIA	16	SIVU Plateau Maichois_Goumois	3045	>3360	110%
Sources Arcier_Bergeret	113	7200	12500	0	0%	ZIA	17	Besançon	18000	43000	40%
Source du Bief	77	?	0	?	?	ZIF	18	Besançon	18000	43000	?
Source du Maine_Ecotot	278	30000	0	30000	100%	ZIF	19	Besançon_SIE Haute Loue	36000	?	83%
Sources du Dessoubre_Bief Ayroux	123	10320	0	10320	100%	ZIF	20	SIE Haut Plateau du Russey	3480	>7560	297%
Sources Bief Poutot_Grande Baume	44	12100	0	12100	100%	ZIF	21	SIE Haute Loue_SIE pl Amancey	18000	?	67%
Source de la Tuffières	6	480	3280	0	0%	ZIA	22	SIE Haute Loue_SIE pl Amancey	18000	?	3%

RESSOURCES KARSTIQUES MAJEURES (RKM)								BESOINS			
Nom	surface	Débit d'étiage (Qe)	Débit prélevé moyen (Qprel)	Débit restant (Qr)	Disponibilité (= Qprel/Qe)	Intérêt actuel ou futur	N° ref. RKM	Nom collectivités	Besoins actuels (Ba)	Ressource actuelle	Intérêt de la RKM (= Qe/Ba)
	km2	m3/j	m3/j	m3/j	%				m3/j	m3/j	%
Plateau de Gilley_Les Combes	69	?	0	?	?	ZIF	23	Morteau_SIE Plateau des Combes_Montlebon	2150	3620	?
Source Moulin Bournez_Puits Cinquin	7	?	2470	?	?	ZIA	24	SIE Haut Plateau du Russey	3330	>7440	?
Source de Derrière le Mont	13	1392	1500	0	0%	ZIA	25	Morteau_SIE Plateau des Combes	2150	3620	65%
Source de La Furieuse	9	4800	1200	3600	75%	ZIA	26	Salins les Bains	1200	4800	400%
Source de Baume Archée	130	?	0	?	?	ZIF	27	SIE Haute Loue_SIE pl Amancey	18000	?	?
Source de La Papeterie	121	24000	5000	19000	79%	ZIA	28	SIE Centre Est_Champagnole	5800	24000	414%
Synclinal Val de Saint Point	81	?	0	?	?	ZIF	29	CC du Larmont	8000	?	?
Sources Schlumberger_Grande Source_Bleue	31	?	900	?	?	ZIA	30	CC du Larmont	8000	?	?
Source Martin	22	?	0	?	?	ZIF	31	CC du Larmont	8000	?	?
Synclinal Val de Rochejean_Métabief	50	?	0	?	?	ZIF	32	SIE de Joux	2200	?	?
Source C Tunnel du Mont d'Or_La Creuse	52	2400	0	2400	100%	ZIF	33	SIE de Joux	2200	?	109%
Source de Balerme et Bief de la Reculée	32	?	0	?	?	ZIF	34	SIE du Centre Est_Champagnole	5800	24000	?
Source de la Saine	31	?	0	?	?	ZIF	35	SIE du Centre Est_Champagnole_SIE source du Doubs	6000	44700	?
Source du Doubs	68	20700	270	20430	99%	ZIF	36	SIE du Centre Est_Champagnole_SIE de Joux	8000	?	259%
Source de Fontenu_du Moulin	28	2000	0	2000	100%	ZIF	37	SIE du Lac d'Ilay	830	?	241%
Sources des Gines_Le Pas	15	370	480	0	0%	ZIA	38	Clairvaux_SIE du Petit Lac	1000	1570	37%
Source de la Gongone	46	4800	40	4760	99%	ZIF	39	Clairvaux_SIE du Petit Lac_SIE Grandvaux	5300	7770	91%
Source de l'Enragé	155	10350	0	10350	100%	ZIF	40	Saint-Claude_SIE Grandvaux	7200	?	144%
Source de l'Arce	48	4800	820	3980	83%	ZIA	41	Morez_SIE de Bellefontaine_SIE du Plateau des Rousses	4920	17800	98%
Source du Pont des Arches	13	85	400	0	0%	ZIA	42	SIE de Vouglans	1400	400	6%
Trou de l'Abîme	42	?	0	?	?	ZIF	43	Saint-Claude	3300	?	?
Sources Foules_Montbrillant	37	?	3300	?	?	ZIA	44	Saint-Claude	3300	?	?
Bief Noir	12	4800	0	4800	100%	ZIF	45	Saint-Claude	3300	?	145%

Explication des colonnes du tableau :

Ressources karstiques majeures :

Le nom de la ressource.

La superficie du bassin d'alimentation de la ressource.

Les ressources disponibles dans les RKM sont estimées pour le débit d'étiage de la source ou la somme des débits d'étiage des différents exutoires (Q_e) (ou débit critique pour les forages).

Les prélèvements actuels (Q_{prel}) effectués dans la ressource majeure.

Le débit restant (Q_r) qui est la différence entre le débit d'étiage Q_e et le débit de prélèvement Q_{prel} .

La disponibilité de la ressource correspond au rapport du débit restant (Q_r) sur le débit d'étiage (Q_e) exprimé en %. C'est la proportion de débit disponible en sus des débits déjà prélevés.

L'intérêt actuel ou futur classe la ressource en Zone d'Intérêt Actuel (ZIA) pour les ressources déjà fortement sollicitées ou en Zone d'Intérêt Futur (SIF) pour les ressources peu ou pas sollicitées.

Le n°RKM correspond à la référence de la ressource majeure dans l'étude.

Besoins des collectivités :

Les noms des collectivités (Unité de Gestion UGE) qui sont ou qui pourraient être alimentées par la ressource.

Les besoins actuels (B_a) correspondent aux besoins totaux des collectivités associées à la RKM, qu'ils soient couverts actuellement par la ressource karstique majeure ou par d'autres ressources non karstiques.

La ressource actuelle correspond au total des débits disponibles à l'étiage dans tous les captages exploités par les collectivités. Ces captages peuvent exploiter aussi bien des sources karstiques que des nappes alluviales ou des prises d'eau de surface (rivières, lacs).

L'intérêt de la RKM mesure la proportion (en %) que représente la ressource karstique majeure (Q_e) par rapport aux besoins actuels des collectivités (B_a).

8.4. Caractéristiques des RKM.

Les surfaces totales des RKM représentent 2405 km² pour une zone d'étude initiale de 6740 km², soit 35 % du territoire.

Les débits totaux disponibles en période d'étiage dans les RKM sont d'au moins 188 000 m³/jour. Un certain nombre de sources n'ont jamais fait l'objet de mesures de débits à l'étiage (sources de Baume Archée, de la Saine, de l'Abîme...). Les ressources profondes ne sont pas plus quantifiées. Les débits disponibles sont donc sensiblement plus importants que cette première estimation. Les zones d'intérêt actuel (ZIA) représentent 60 000 m³/jour (32%) alors que les zones d'intérêt futur (ZIF) représentent 128 000 m³/jour (68%).

Les prélèvements totaux dans la zone d'étude sont de 197 000 m³/jour, tous captages confondus (karst et hors karst). 139 000 m³/jour concernent les collectivités les plus importantes (villes, syndicats des eaux), le reste soit 58 000 m³/jour concernent les plus petites collectivités (communes indépendantes pour la gestion de l'eau).

Les débits disponibles dans les RKM représentent la totalité des besoins de l'ensemble des collectivités. Ces sont les ressources futures (ZIF) qui représentent le plus fort potentiel.

Figure 60 : Tableau des besoins et des ressources par UGE

Nom collectivités	Besoins actuels (Ba)	Ressource actuelle	Disponibilité des ressources
	m3/j	m3/j	%
CA du Pays de Montbéliard	29000	77500	267%
Agglo. Belfort	20150	13000	65%
Besançon	18000	43000	239%
SIE Haute Loue_SIE pl Amancey	18000	?	?
CC du Larmont	8200	?	?
SIE Centre Est_Champagnole	5800	24000	414%
SIVU Plateau Maichois	3000	3360	112%
SIE Grandvaux	3900	4800	?
CC Sud Territoire	3800	7650	201%
SIE Haut Plateau du Russey	3330	7440	223%
Saint-Claude	3300	?	?
SIE du Plateau des Rousses	2700	4500	167%
SIE Froidefontaine	2270	5280	233%
SIE de Joux	2200	10600	482%
Morteau	1800	3618	201%
SIE de Bellefontaine	1420	2000	141%
SIE de Vouglans	1400	?	?
Baumes les Dames	1200	4000	333%
Salins les Bains	1200	4800	400%
SIE Vallée du Rupt	1200	2256	188%
Clairvaux	1000	1570	157%
SIE Abbévillers	1000	2568	257%
SIE Region de Roche	1000	?	?
SIE du Lac d'Ilay	830	?	?
Morez	800	11300	1413%
Saint Hippolyte	600	895	149%
SIE du Petit Lac	400	1200	300%
SIE de Clerval	360	389	108%
SIE Plateau des Combes	350	16	5%
SIE Abbaye 3 Rois	320	530	166%
SIE source du Doubs	300	20000	6667%
SIE du Lomont	220	220	100%
SOMME	139050	256492	184%

Figure 61 : Carte des ressources karstiques identifiées et des besoins par UGE

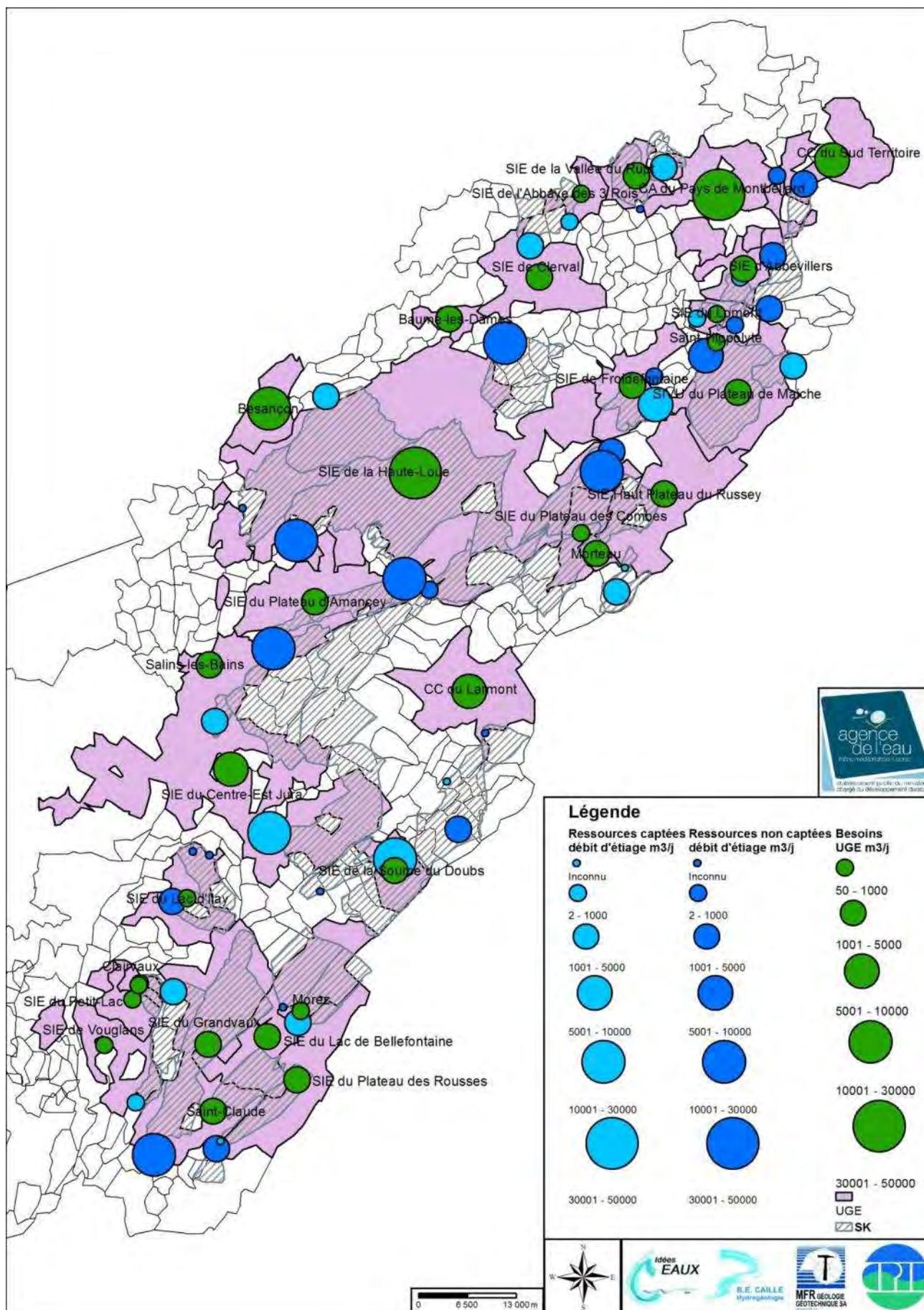
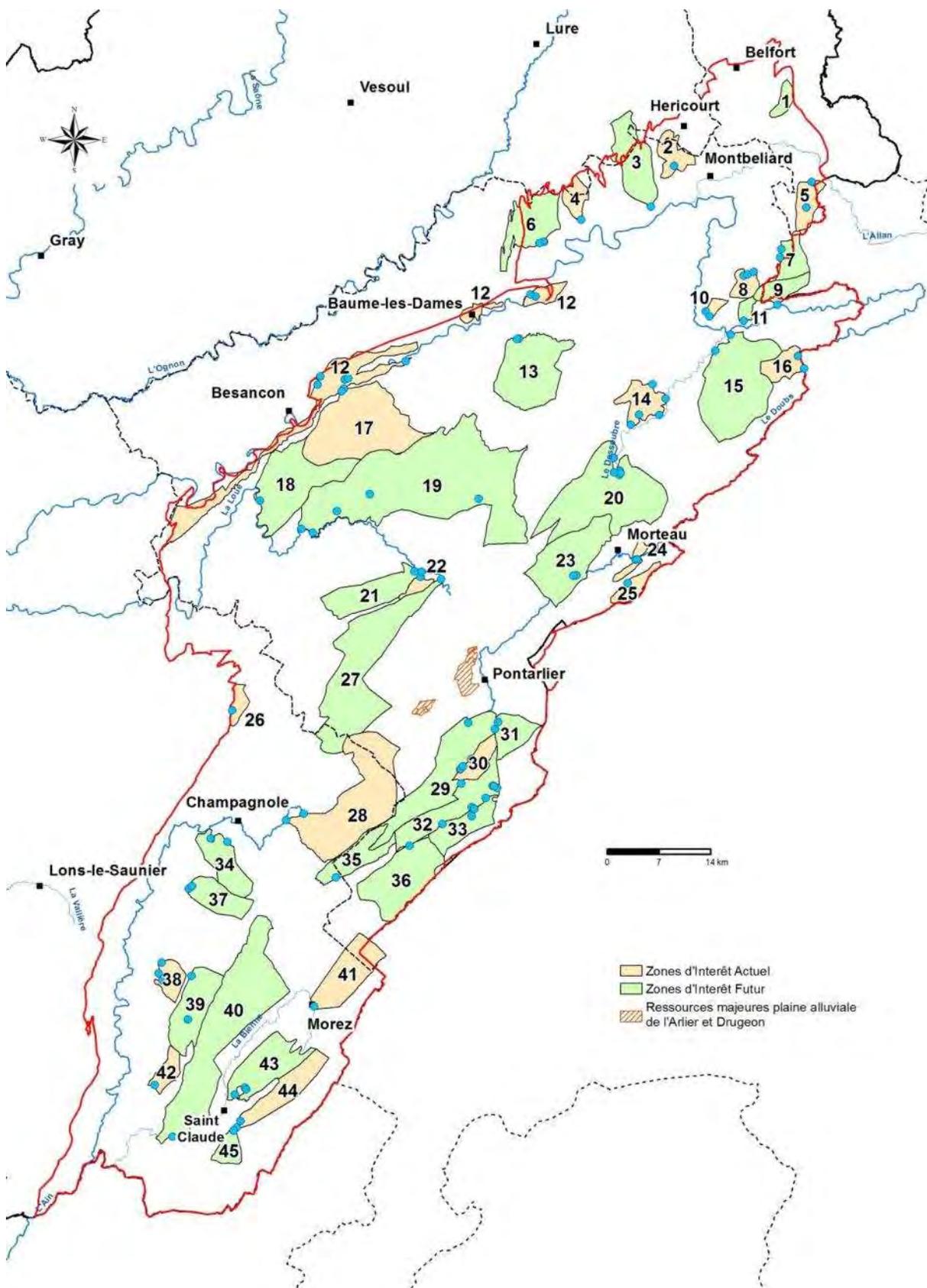


Figure 62 : Carte des ressources karstiques majeures



8.5. Fiches synthétiques par ressource karstique

Les fiches sont en annexe, volume V7 de l'étude.

8.5.1. Introduction

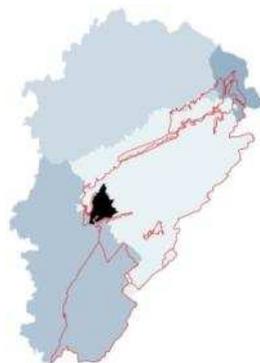
Les caractéristiques de chaque ressource karstique sont présentées dans une fiche synthétique (Volume 7). Les informations sont regroupées par thème :

- **Dénomination et localisation**
- **Géographie et morphologie**
- **Indices de karstification**
- **Chimie**
- **Exutoires**
- **Hydrogéologie et hydrologie**
- **Cartographie de l'RKM et coupes géologiques**

8.5.2. Dénomination et localisation

Un nom et un code désignent la ressource karstique majeure.

Une carte sommaire permet de localiser l'ensemble karstique dans la zone d'étude et dans les 4 départements (25, 39, 70, 90).



8.5.3. Géographie et morphologie

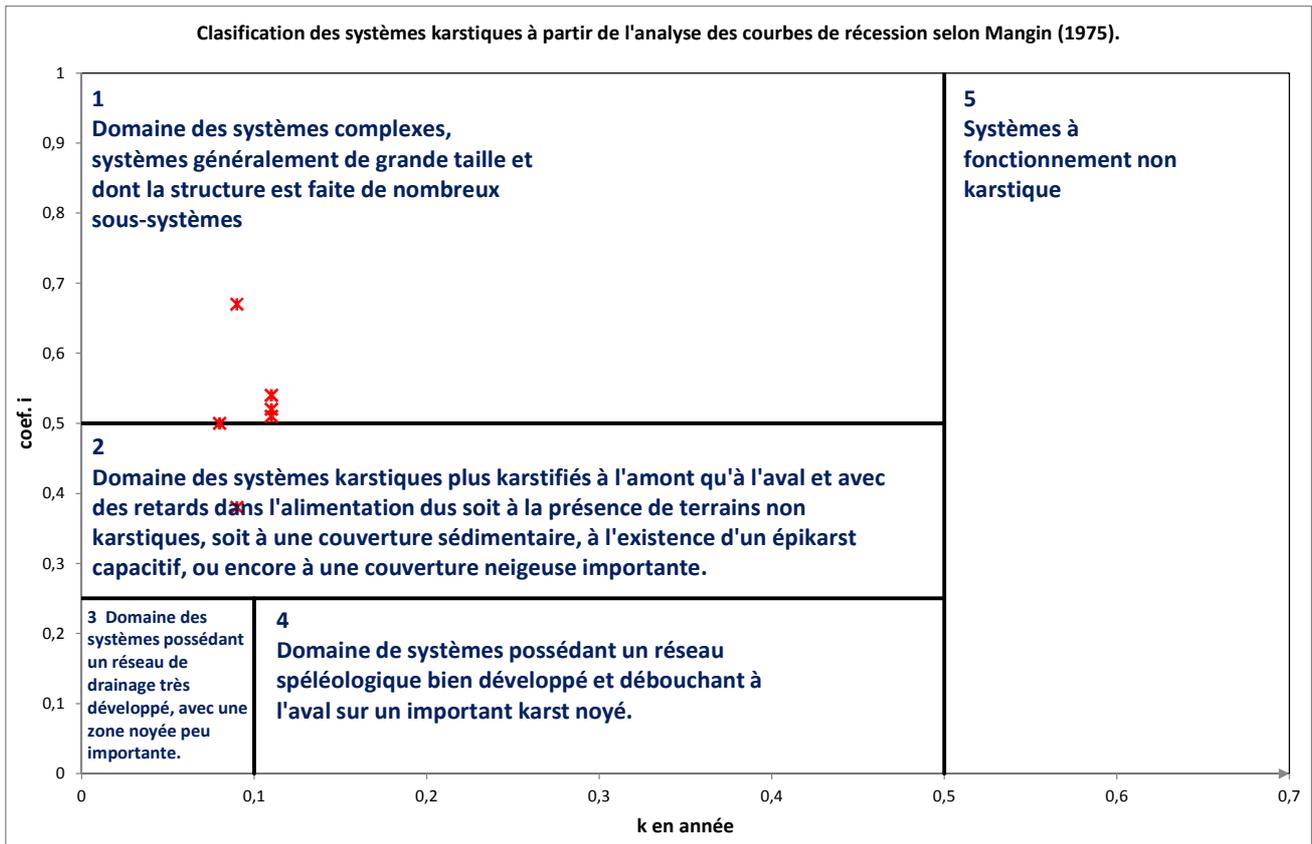
Sous ce thème apparaissent les informations telles que la surface, les dimensions, le type de système, la pluie efficace, la répartition du bassin versant en fonction de l'altitude et une description de la géographie du bassin versant.

Note : la pluie efficace correspond à la partie des pluies qui s'infiltrent vers le milieu souterrain. Elle est égale aux pluies diminuées de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et néglige les ruissellements superficiels qui échappent à la réinfiltration vers le milieu souterrain. L'ETP annuelle a été calculée sur l'ensemble de la zone à partir de la formule de Turc qui prend en compte la pluie et la température en moyennes annuelles.

8.5.4. Indices de karstification

Sous ce thème apparaissent des informations sur les formes de surface caractéristiques du karst (dolines, lapiés, vallées sèches, pertes...), le degré de développement du réseau karstique (classification de Mangin), les vitesses de circulation déterminées par traçages

Figure 63 : Classification de Mangin



Notes : La méthode de Mangin repose sur l'interprétation des hydrogrammes des sources karstiques (courbes des débits) et en particulier des courbes de récession qui correspondent à un épisode de décrue suivi d'une période de tarissement. Le calcul des 2 paramètres caractéristiques de la zone d'infiltration (k , i) permet de placer la source étudiée sur le graphe et de la rattacher à un des 4 systèmes karstiques définis dans la méthode.

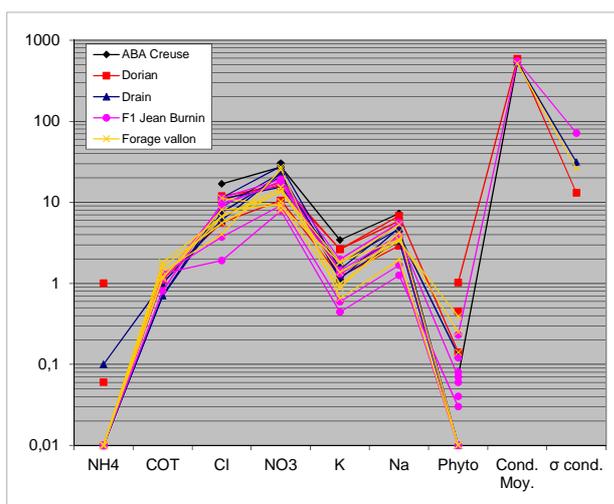
Le paramètre k « pouvoir régulateur » traduit l'aptitude du système karstique à stocker les précipitations et à les restituer (une faible valeur correspond à un pouvoir régulateur faible).

Le paramètre i traduit le retard à l'infiltration (une forte valeur correspond à une infiltration lente ou complexe).

8.5.5. Chimie

Un diagramme permet d'estimer la « pression anthropique » sur la qualité des eaux mesurée à partir de 7 paramètres (Ammonium, Carbone Organique Total (COT), Chlorures, Nitrates, potassium, sodium, phytosanitaire).

Figure 64 : Diagramme des pressions chimiques d'origine anthropique



La Présence éventuelle d'autres éléments chimiques indésirables (exemple : métaux rares, hydrocarbures...) est signalée et des commentaires concernant la qualité de l'eau et estimation de la pression polluante dans l'ensemble karstique (population, industrie, agriculture...) sont donnés.

8.5.6. Principaux exutoires

Inventaire des points d'eau « majeurs » (points d'eau captés ou non captés) présents dans la ressource karstique.

8.5.7. Hydrogéologie et hydrologie

Ce chapitre présente les caractéristiques principales de l'aquifère (niveaux géologiques, épaisseurs), et des débits (d'étiage, moyens, prélevés), ainsi qu'une estimation des volumes d'eau contenus dans la zone noyée lorsqu'elle existe.

Les informations et les caractéristiques hydrologiques de la station de jaugeage aval la plus proche sont données.

8.5.8. Cartographie et occupation du sol

Les cartes de la ressource karstique majeure sont accessibles dans ce chapitre :

- Délimitation de la ressource sur fond topographique.
- Carte géologique et localisation des coupes géologiques du secteur.
- Coupes géologiques.
- Carte de vulnérabilité obtenue par la méthode RISK.
- Carte des pressions de pollution.
- Carte des risques.

Les surfaces sont données en fonction de l'occupation du sol (forêts, prairies, cultures, zones urbanisées et d'activités).

La pression anthropique est estimée par le nombre d'ICPE, de STEP, d'anciennes décharges et de carrières d'extraction.

9. CHANGEMENT CLIMATIQUE

9.1. Introduction

Les documents présentés dans ce paragraphe sont tirés des publications :

« Le climat change, la Franche-Comté s'adapte » Conseil Economique et Social de Franche-Comté – Juillet 2010.

« Impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse, bilan des connaissances » Agence de l'Eau RM&C – septembre 2012.

Elles présentent les connaissances actuelles sur l'évolution du climat et reposent sur les travaux du GIEC (Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) et sur des simulations régionales réalisées par Météo-France.

9.2. L'évolution des températures

Figure 65 : Augmentation de la température

Moyenne annuelle en France sur la période 1901-2000

La température annuelle a augmenté de 1°C dans le massif du Jura.

Réchauffement de la France de 0,7 à 1,1 degré suivant les régions

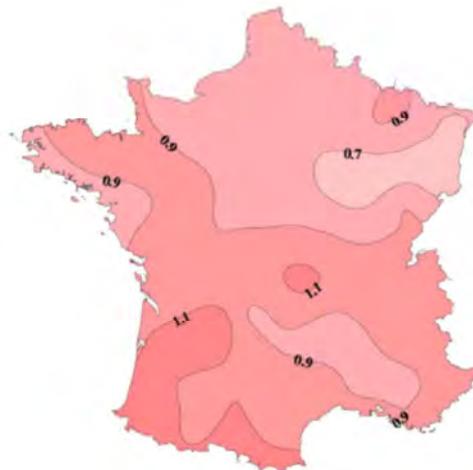
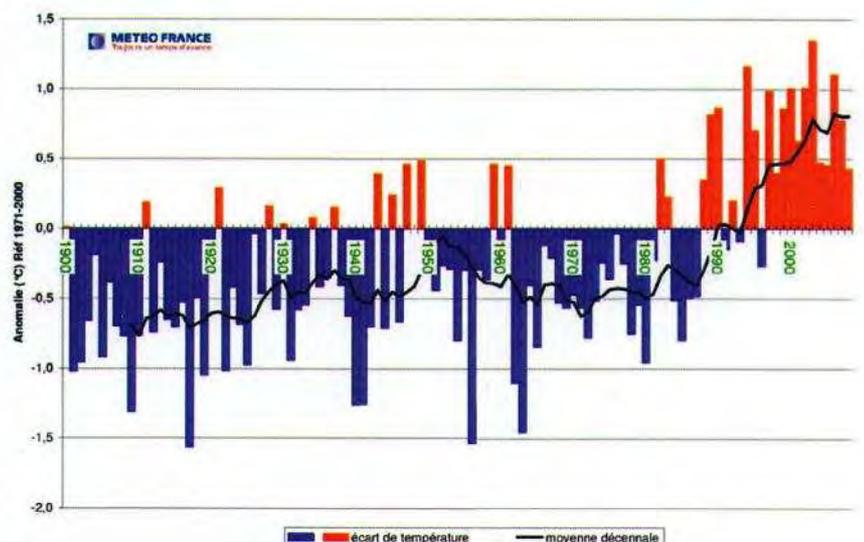


Figure 66 : Evolution de la température moyenne en France métropolitaine

sur la période 1900-2007, exprimée en anomalie de température par rapport à la période de référence 1971-2000.

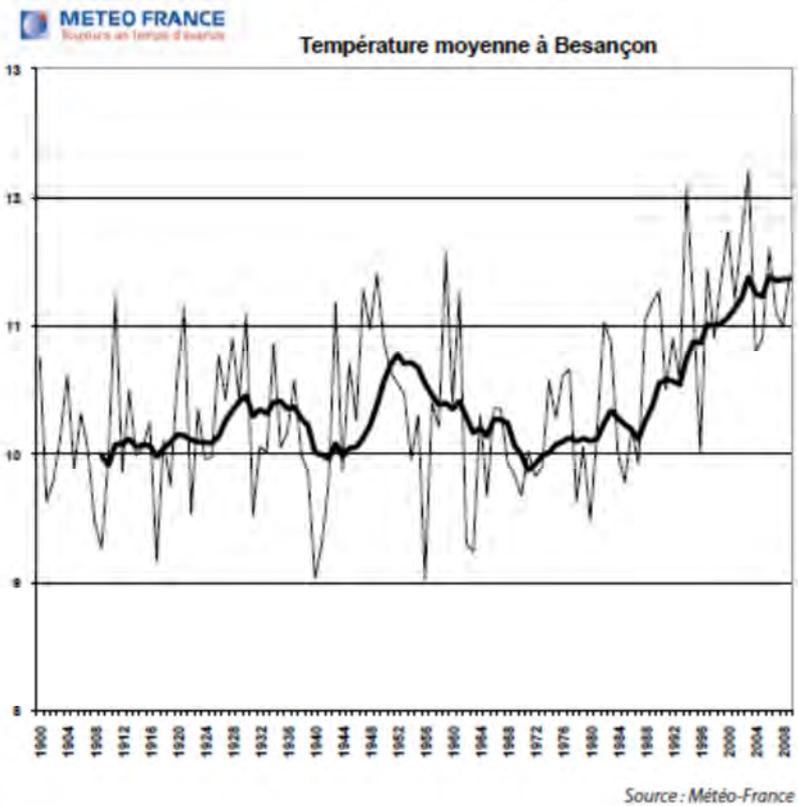
On observe une accélération du réchauffement depuis la fin des années 1970.



Source : ONERC/relevés Météo-France

Figure 67 : Relevés des moyennes annuelles de température à Besançon sur la période 1900-2008

Depuis les années 70 on observe une augmentation de température d'environ 1 °C à Besançon.



9.3. Simulations de l'évolution du climat aux horizons 2030, 2050 et 2080

Les simulations climatiques reposent tout d'abord sur des scénarios d'évolution globale des émissions de gaz à effet de serre. Elles sont influencées par les projections à l'échelle mondiale en termes de démographie, d'économie, de dimensions sociales et politiques et de progrès technologiques.

Ces scénarios ont été classés en 4 familles présentées dans le tableau de la Figure 68 et les graphiques de la Figure 69.

Le scénario A2 a été retenu pour les simulations du climat en Franche-Comté. Il est considéré au niveau national comme un bon indicateur des conditions futures.

Des cartes de simulation de la température et de la pluviométrie sont présentées dans les Figure 71 & Figure 72 pour les horizons 2030, 2050 et 2080.

Figure 68 : Les grandes familles de scénarios d'évolution (SRES, adapté de Sauquet et al, 2007)

Scénarios	A1	A2	B1	B2
Croissance démographique	Lente avec maximum au milieu du XXI ^e siècle	Lente et continue	Lente avec maximum au milieu du XXI ^e siècle	Plus lente que les scénarios A2 mais continue
Croissance économique	Très rapide	La plus hétérogène et plus faible de tous les scénarios	Rapide	Modérée
Evolution technologique	Introduction rapide de nouvelles technologies avec solutions alternatives	La plus hétérogène et plus faible de tous les scénarios	Rapide avec introduction de technologies « propres »	Modérée, solutions locales ou régionales

Figure 69 : Emissions mondiales annuelles totales de CO₂ entre 1990 et 2100 pour les 4 familles de scénarios

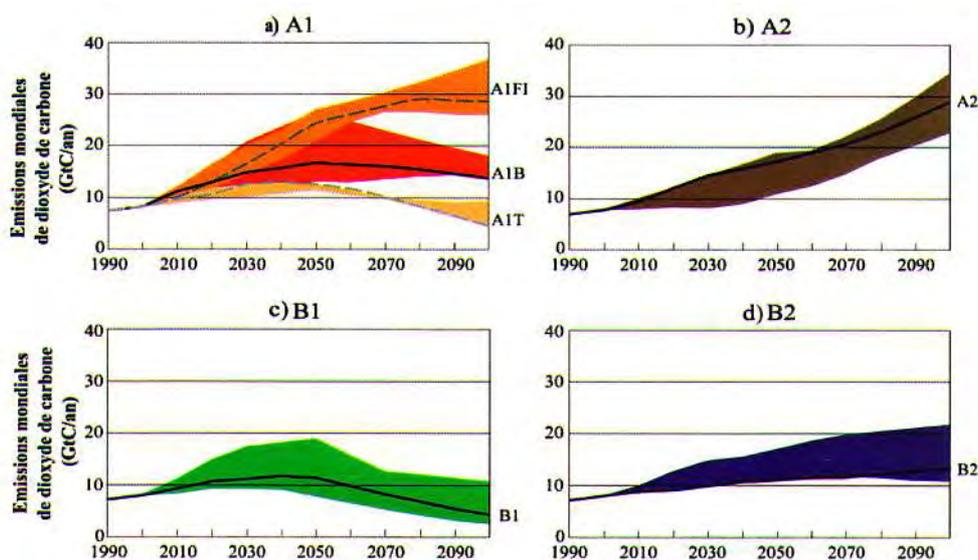


Figure 70 : Evolutions des températures moyennes annuelles en Franche-Comté

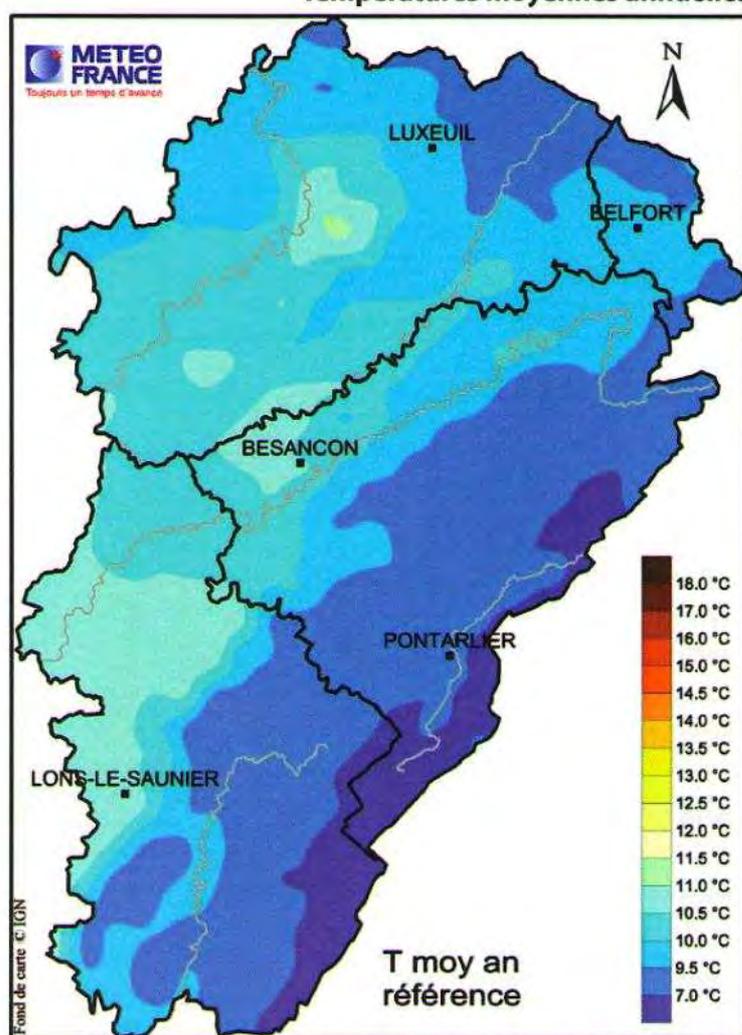
Les résultats significatifs de l'étude de Météo-France (scénario « A2 »)

Un réchauffement marqué sur l'ensemble de la région

Le réchauffement climatique pour les décennies à venir prévoit :

- une hausse des températures moyennes et du nombre de jours où la température maximale dépassera 25°C,
- une diminution du nombre de jours de gel.

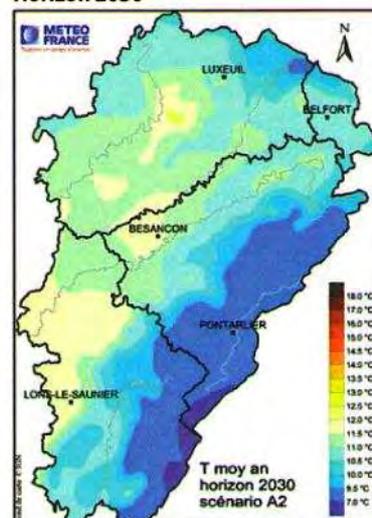
Températures moyennes annuelles



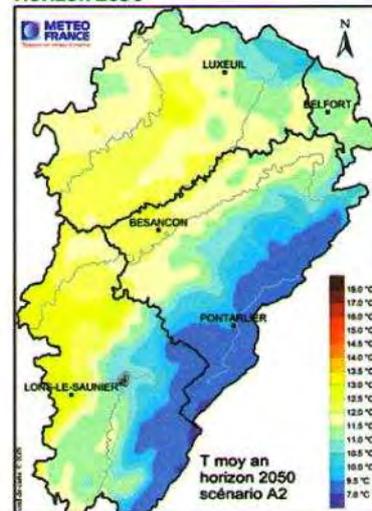
Climatologie de référence (1971-2000)

Ces 3 cartes (scénario A2) de simulations mettent en évidence l'accroissement du réchauffement, ceci dès 2030.

Horizon 2030



Horizon 2050



Horizon 2080

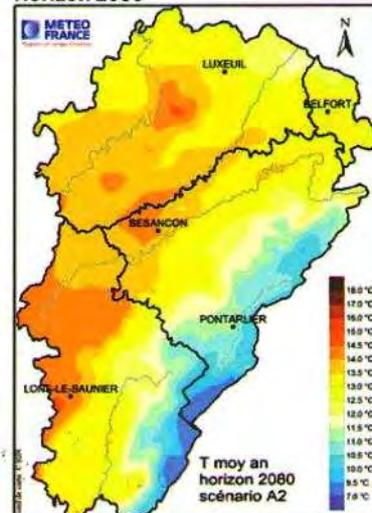
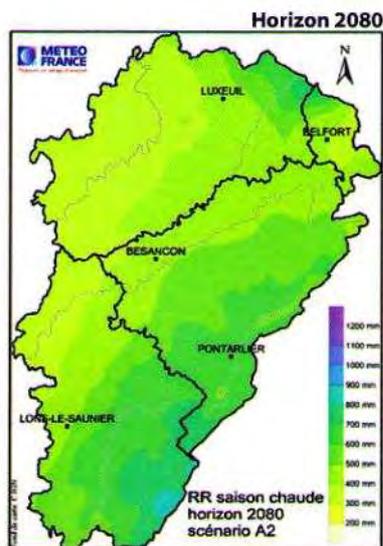
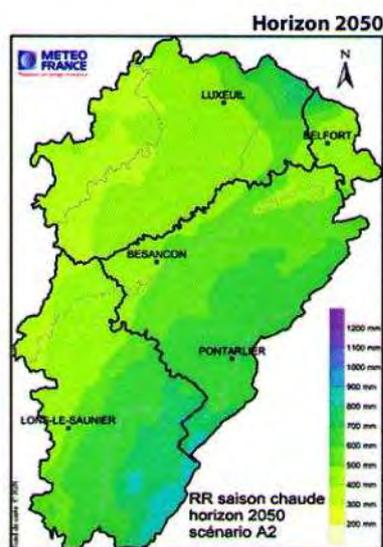
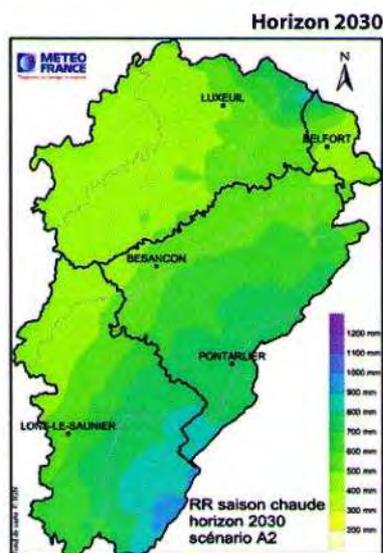


Figure 71 : Evolutions des précipitations en hauteurs moyennes d'avril à septembre en Franche-Comté

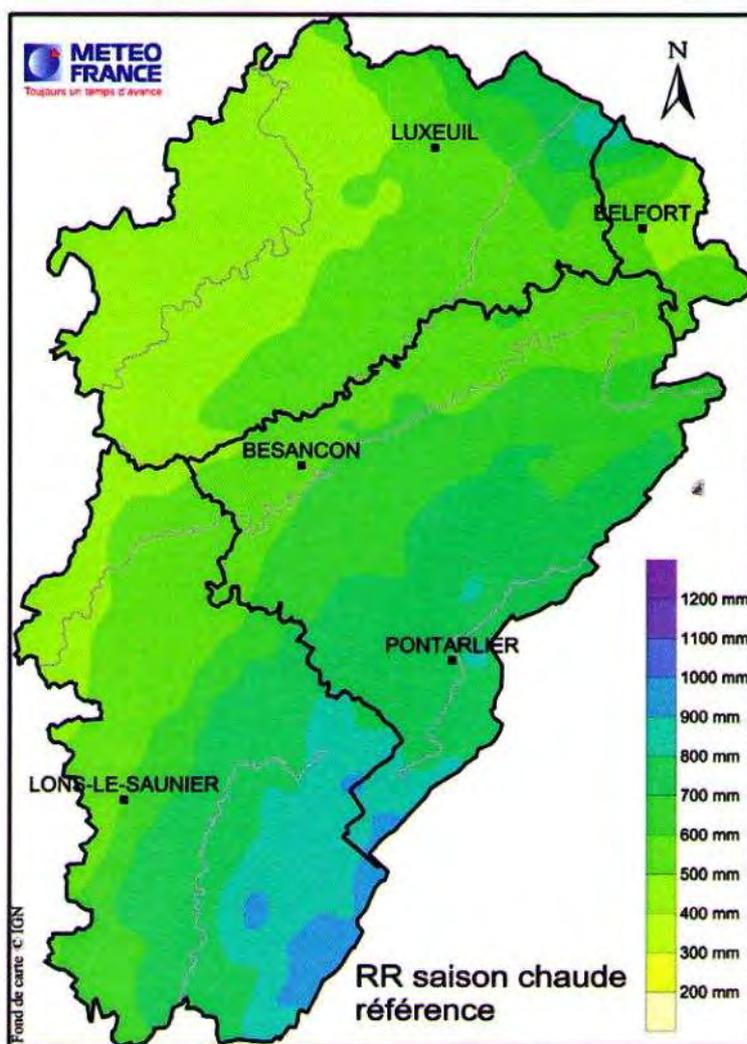


Une modification du régime pluviométrique

Concernant les précipitations, les tendances décrites dans l'étude de Météo-France sont beaucoup moins marquées que pour les températures. Cependant :

- une augmentation des précipitations hivernales (d'octobre à mars inclus) est prévue dès 2030,
- une baisse des précipitations estivales (d'avril à septembre inclus) est assez nette, surtout à l'horizon 2050,
- une diminution des précipitations annuelles semble se dessiner pour l'horizon 2080.

Hauteur moyenne des précipitations d'avril à septembre



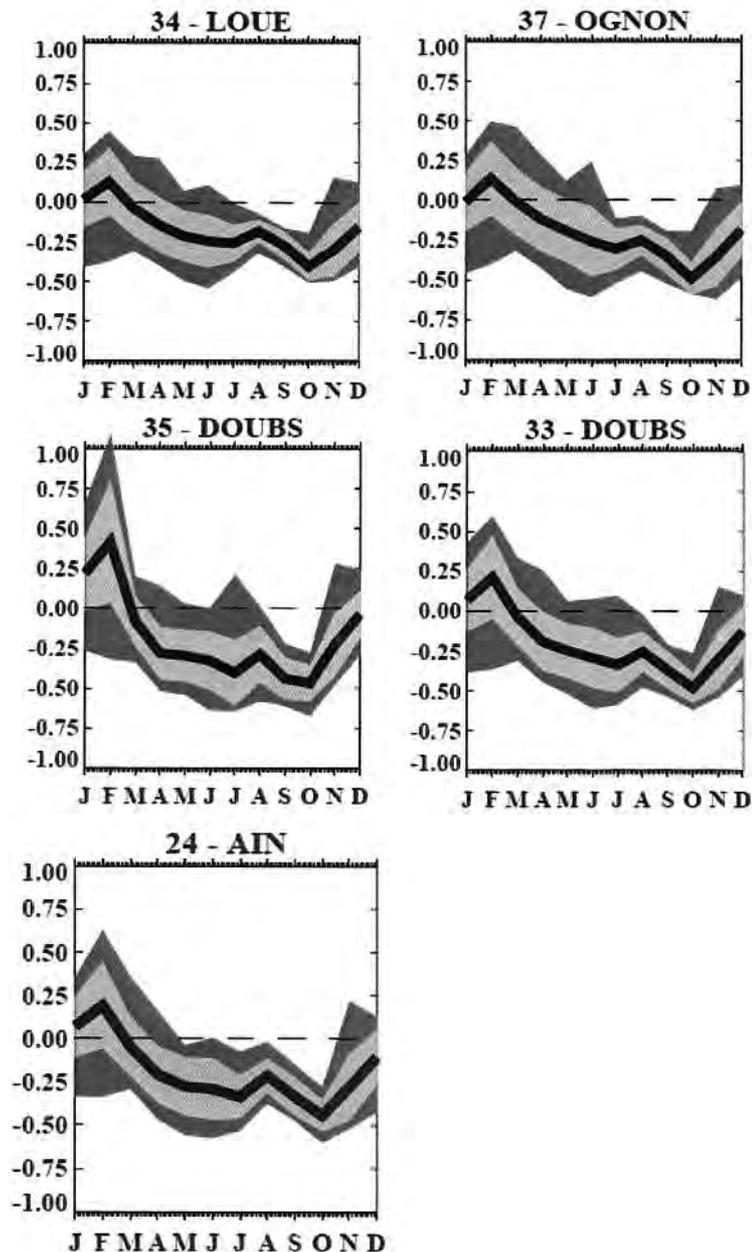
Ces 3 cartes (scénario A2) de simulations mettent en évidence la baisse de pluviométrie en période estivale (notamment aux horizons 2050 et 2080). Contrairement aux températures, les trois scénarios donnent des résultats assez proches entre eux pour ce paramètre.

9.4. Evolution des régimes hydrologiques des rivières

Les graphiques de la Figure 72 présentent les projections issues de modélisation hydrologique pour 14 modèles climatiques du GIEC.

Lecture des graphiques : En abscisse les mois de l'année et en ordonnées de 1 à -1 une échelle statistique des débits moyens mensuels. La droite en pointillés correspond à la période de référence 1970-1999. Le trait noir correspond à la moyenne d'ensemble des 14 modèles, la zone gris claire délimite l'écart-type inter-modèle, la zone gris foncé délimite les valeurs maximums et minimums calculées par les 14 modèles. L'échelle des ordonnées représente la proportion en plus ou en moins des débits des rivières par rapport à la période de référence (exemple :0,25 représente une augmentation de 25 % des débits, -0,50 représente une diminution de 50 % des débits).

Figure 72 : Evolution des débits mensuels de la Loue, de l'Ognon, du Doubs amont (35), du Doubs aval (33) et de l'Ain à l'horizon 2050 (source : Boé, 2007)



Quel que soit le modèle, les graphiques indiquent tous **une diminution importante des débits d'étiage en septembre et octobre comprise entre 25 et 50 %**.

En hiver les incertitudes sont plus fortes avec suivant les modèles une augmentation ou une diminution des débits, la moyenne d'ensemble indiquant plutôt une augmentation des débits en février.

9.5. Impact du changement climatique sur la ressource en eau

La synthèse ci-dessous des différents impacts est tirée de « Impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse, bilan des connaissances » Agence de l'Eau RM&C – septembre 2012.

Les impacts du changement climatique sur la ressource et la demande en eau

Incidences clés :

- Le signal net de baisse généralisée des débits moyens se traduira par des déséquilibres croissants entre ressources et demandes en eau. Des bassins versants ou aquifères considérés comme non déficitaires pourraient le devenir.
- La baisse nette d'enneigement aura un impact marqué sur les régimes des cours d'eau, y compris sur le Rhône.
- Les projections sur la sévérité des étiages montrent que l'apparition de conflits d'usages est très probable, ce qui met en avant l'importance d'une gouvernance spécifique dédiée à la gestion des crises.
- L'augmentation de la sévérité et de la longueur des étiages pose de façon plus aigüe la question de la forte saisonnalité de la demande sur certains territoires, puisque la demande estivale pourrait encore s'accroître (pour l'irrigation et le refroidissement par exemple), posant un problème supplémentaire d'adéquation entre besoins et ressources disponibles.
- Au vu des impacts envisagés, les stockages naturels (zones humides, recharge des nappes...) et l'amélioration de leur capacité et des conditions de leur alimentation prennent une importance considérable.
- Face aux étiages renforcés sur les cours d'eau et à la multiplication des sécheresses, le report des prélèvements sur les eaux souterraines pourrait être important. Dans la mesure où les nappes, elles - mêmes, pourraient voir leur recharge diminuer du fait des impacts du changement climatique, il devient essentiel d'être en mesure de quantifier ces prélèvements pour assurer une gestion durable des aquifères.
- Le lien entre la quantité et la qualité de l'eau est renforcé. La question des rejets polluants dans les cours d'eau se posera avec acuité face à des débits d'étiage fortement diminués et à l'augmentation des températures de l'eau. Le problème devrait se poser en termes de capacité de dilution des contaminants et de recrudescence des phénomènes d'eutrophisation.
- En favorisant leur résilience, le bon état des milieux aquatiques devient un pré requis indispensable pour faire face aux impacts projetés du changement climatique.
- Les valeurs de débits élevés ainsi que l'amplitude et la fréquence des crues ne devraient pas baisser ; on note même parfois des signes d'aggravation. Ceci aura une incidence sur le dimensionnement des ouvrages, avec des contrastes plus forts à gérer.
- Concernant l'impact du changement climatique sur les usages, les activités agricoles sont en première ligne en raison d'une demande en eau qui devrait croître fortement mais aussi en termes de viabilité de certaines pratiques culturales.

Connaissance scientifique à investir ou approfondir :

- Développer une modélisation intégrée de l'hydrologie du Rhône, prenant en compte les projections d'enneigement.
- Etudier les impacts du changement climatique sur l'évolution des demandes en eau et mettre en perspective les évolutions des ressources par rapport aux prélèvements futurs.
- Anticiper la modification des flux d'eau (répartition spatio - temporelle) dans les bassins. Développer une meilleure connaissance de ces flux afin de déterminer objectivement les impacts des différents usages sur la ressource en eau. Notamment une compréhension du fonctionnement à l'échelle de bassins versants des agro - hydrosystèmes (consommation nette, évolution de l'ETR et influence sur les débits...) paraît importante.
- Approfondir la connaissance des échanges nappes - rivières pour mieux comprendre l'impact sur les ressources en eau et anticiper la présence de refuges thermiques favorisant la résilience des milieux.
- Etudier les impacts sur la recharge des nappes et la salinisation des aquifères côtiers.
- Anticiper l'évolution des pressions climatiques et anthropiques sur les nappes alluviales.

Il ressort de ces projections d'évolution du climat que les débits d'étiage subiront une baisse significative dans les décennies à venir.

Les prévisions de baisses des débits sont exprimées en moyenne mensuelle, la situation pourrait être plus difficiles encore sur des pas de temps plus courts : décennaires ou quotidiens.

Les sources karstiques seront fortement impactées par cette évolution. En effet ce sont des systèmes aquifères très réactifs aux phénomènes climatiques saisonniers. Ils possèdent pour la plupart une faible inertie, la fonction conductrice étant prépondérante par rapport à la fonction de stockage.

Si on se réfère aux projections qui prévoient une baisse de 25 à 50% des débits d'étiage (horizon 2050), alors entre 48 et 61% des captages actuellement en service seront déficitaires contre 34% aujourd'hui. Des pénuries aux captages dont l'exploitation est déjà intensive, seront à craindre. Pour d'autres les marges de manœuvre qui étaient confortables vont se réduire pouvant remettre en cause des projets d'alimentation ou d'interconnexion.

La qualité des eaux sera également affectée par ces changements climatiques. La baisse des débits d'étiage favorisera la concentration des flux polluants. Pour notre secteur d'étude, il s'agira principalement de contaminations bactériologiques liées à l'assainissement et aux épandages d'azote d'origine organique. L'augmentation de la température des eaux apportera des modifications des milieux aquatiques, comme par exemple une prolifération d'algues ou de bactéries.

Les changements climatiques vont également modifier les usages et la demande en eau. Les sécheresses répétées vont à la fois diminuer la ressource en eau et augmenter la demande. Les conflits d'usage seront plus fréquents : l'agriculture sera amenée à irriguer de manière plus intensive, même en moyenne montagne. Le tourisme d'été est très orienté autour des activités aquatiques (baignade, canoë-kayak, pêche, navigation...). La fabrication d'énergie électrique d'origine hydraulique sera pénalisée par les étiages...

Une conséquence subsidiaire à ces évolutions est la nécessité de mieux connaître les ressources karstiques. La phase 1 de l'étude a montré qu'il y a un déficit important de données sur ces aquifères. Les ressources karstiques majeures captées ou non captées devront faire l'objet de suivis et d'études spécifiques : acquisition de chroniques des débits sur plusieurs années, campagnes d'analyses de la qualité des eaux, suivis en continu de certains paramètres chimiques (conductivité, turbidité), traçages complémentaires.

Les ressources karstiques profondes sont moins affectées par les phénomènes climatiques extrêmes, étiages sévères ou crues. Ces ressources sont mal connues et demanderaient à être étudiées de manière spécifique : suivis de débit et pompages dans les sources vaclusiennes ; reconnaissance géophysique des structures géologiques (méthodes électrique, sismique, électromagnétique, gravimétrique...) ; réalisation de forages profonds, pompages et analyses d'eau. Une « gestion active » de ces aquifères profonds peut être mise en œuvre, elle permet une maîtrise des débits par l'application de méthodes d'exploitation interventionnistes (pompage, recharge artificielle, barrage...).

10. SCENARII DE PROTECTION DE LA RESSOURCE

10.1. Préambule

Ce chapitre consiste à reprendre de façon synthétique les différents moyens de protection pouvant être mis en œuvre sur les ressources karstiques majeures.

Pour optimiser la mise en place de ces outils de protection, une méthode de caractérisation de la vulnérabilité de l'aquifère a été réalisée pour 40 Ressources Karstiques Majeures (*cf volumes 4 & 5 du rapport*). Ces cartes nous indiquent les zones les plus vulnérables qui sont à protéger en priorité dans le futur. Le croisement de ces cartes de vulnérabilité et des cartes de pressions de pollutions actuelles permet d'établir des cartes de risques. Le zonage des cartes de risques permet de délimiter les zones prioritaires pour la mise en place d'actions de protection.

Pour optimiser cette protection, l'acquisition de connaissances est nécessaire pour mieux connaître les sources (débits d'étiage, qualité de l'eau,...) ainsi que les limites des ressources karstiques (traçages, suivi de débit des exutoires). La dernière partie de ce chapitre sera donc consacrée au chiffrage d'études complémentaires permettant d'acquérir les données manquantes.

Les scenarii de protection doivent appréhender divers aspects. La protection ou la non-dégradation de la qualité de l'aquifère est le premier volet auquel on pense. Cette protection passe par la mise en place de mesures qui seront décrites ci-dessous. D'après les mesures de qualité de l'eau disponibles, les problèmes qualitatifs restent rares sur le secteur d'étude. La protection de la ressource consistera en première lieu à la non-dégradation de la qualité actuelle, mais des objectifs de reconquête de la qualité de la ressource sont à envisager au cas par cas.

Un autre aspect est la protection d'un point de vue quantitatif de l'aquifère. Le chapitre précédent a permis de voir qu'entre 48% et 68% des captages actuellement utilisés seraient déficitaires à l'horizon 2050 si les prévisions du GIEC se vérifient. Un suivi du débit des différentes sources doit être mis en place rapidement pour mesurer et anticiper l'impact réel du changement climatique. De plus, si les prévisions sont exactes, alors il faudra, pour sécuriser l'alimentation en eau potable, rechercher de nouvelles ressources (karst sous couverture, pompage dans les sources vaclusiennes, source éloignée non captée...), s'interconnecter à d'autres syndicats d'eau excédentaires ou mieux connaître les ressources pour optimiser leur exploitation (pompage dans la zone noyée des sources vaclusiennes). La réalisation d'études complémentaires permettra d'acquérir les connaissances nécessaires à la mise en place d'une stratégie de gestion harmonieuse. Par exemple, la diminution des précipitations pourraient entraîner la mise en place de système d'irrigation des prairies pour stabiliser les quantités de fourrage. Le paragraphe 10.3. décrit les études complémentaires nécessaires pour augmenter la connaissance sur les différentes Ressources Karstiques Majeures notamment des ressources profondes dont on ne connaît que peu de choses.

Les deux tableaux suivants décrivent les problèmes rencontrés au niveau qualitatif et quantitatif que ce soit actuellement ou dans le futur. Pour chaque problème ou risque, les études complémentaires sont proposées pour palier le plus souvent au manque de connaissance rencontré.

Figure 73 : Scénarii en relation avec des problèmes quantitatifs.

Type de ressource karstique	Volet quantitatif				
	Problèmes actuels	Degré de priorité	Risques futurs	Degré de priorité	Etudes complémentaires
Système karstique : *94% des captages de la zone d'étude * Sources jurassiennes * Sources vaclusiennes	Etiage : 30% des captages montrent un déficit chronique	1	Evolution climatique avec des étages plus sévères (-20 à 40% des débits de la Loue, du Doubs, de l'Ognon en 2050)	1	* Mettre en place un suivi des débits sur les points d'eau problématiques pour pouvoir juger de l'évolution sur 1 ou plusieurs décennies * Recherche de nouvelles ressources/sécurisation/diversification (ressources profondes, interconnexions...)
	Hautes eaux : la répercussion engendre un problème qualitatif		* Augmentation des pluies orageuses * Hausse des précipitations et intensification des évènements pluviométriques en hiver.	2	Mettre en place des mesures pour pouvoir valider ou infirmer ces perspectives
			Le réchauffement climatique induit une diminution des quantités de fourrages (Courier de l'environnement de l'INRA n°59, octobre 2010)		
karst sous couverture accessible par forages uniquement (6% des captages actuels)	Méconnaissance des formations profondes donc rien des problèmes pouvant affecter ces ressources		les risques sont les mêmes que pour les secteurs où les forages sont très nombreux : surexploitation et concurrence entre forages (particuliers, industriels, eau potable, agriculture)		1- identifier ces ressources (tertiaire, crétacé, jurassique sup, moyen, inf)
					2- Les tester à partir d'ouvrage correctement réalisés
					3- Mettre en place des outils pour suivre leurs évolutions dans le temps
Légende :					
1	pas de solution au problème : abandon de la ressource				
2	traitement au niveau du captage (en cas de pollutions accidentelles par exemple)				
3	mise en place de moyens de préventions au niveau du BAC				

Figure 74 : Scénarii en relation avec des problèmes qualitatifs.

Type de ressource karstique	Volet qualitatif				
	Problèmes actuels	Degré de priorité	Risques futurs	Degré de priorité	Etudes complémentaires
Système karstique : *9 4% des captages de la zone d'étude * Sources jurassiennes * Sources vaclusiennes	Baisse de débit génère des problèmes qualitatifs	2	Simple aggravation des répercussions		Mieux comprendre le fonctionnement de ces ressources pour mieux les gérer : * Suivi des débits en continu pour avoir des chroniques permettant de réaliser des bilans hydrologiques et de caractériser le fonctionnement du karst * Réalisation de traçages pour mettre en évidence les limites mal renseignées ainsi que le fonctionnement du système karstique
	Turbidité et bactériologie	2			
	Pollutions de type urbain dont le domaine industriel (assainissement - décharge - routes - habitations) : pollution majoritairement chronique ou accidentelle	2	A mesurer dans les suivis de qualité		Réalisation de traçage pour mettre en évidence les limites mal renseignées de certaines ressources majeures mais aussi mettre en évidence les zones de pertes (dolines, gouffres..) zone de circulation rapide vers l'aquifère.
	Pollution de type agricole : nitrates - pesticides	3	* Augmentation des intrants pour augmenter la productivité des prairies * Irrigation des prairies pour augmenter la production de fourrage * A mesurer dans les suivis de qualité	2	
	Gestion de la forêt	3	à mesurer dans les suivis de qualité		
	Forages : actuellement très peu d'ouvrages traversent les formations captées		Forages : géothermiques - pétroliers -	1	Evaluation des risques pas facile et sujette à caution et interprétation
karst sous couverture accessible par forages uniquement (6% des captages actuels)	Méconnaissance des formations profondes donc rien des problèmes pouvant affecter ces ressources				1- Identifier les zones d'alimentation (études géophysiques)
					2- Avoir une bonne connaissance de la piézométrie, des vitesses de circulation, de renouvellement, pompages d'essai..
					3- Analyses

10.2. Outil réglementaire à mettre en œuvre

10.2.1. Définition des zones prioritaires

Caractérisation de la vulnérabilité de l'aquifère.

La cartographie de la vulnérabilité de l'aquifère a été réalisée à partir de la méthode RISK (méthode développé par le BRGM). Cette méthode de cartographie multicritères de la vulnérabilité des surfaces contribuant à la recharge de l'aquifère permet d'établir une cartographie hiérarchisée en 5 classes de vulnérabilité. Les 5 classes sont les suivantes :

- Très élevée
- Elevée
- Modérée
- Faible
- Très faible

Pour le détail de la méthode de cartographie de la vulnérabilité RISK, des pressions polluantes et des risques se reporter aux volumes 4 et 5 de l'étude.

La cartographie de la vulnérabilité de l'aquifère permet de hiérarchiser les zones selon leur vulnérabilité. Les zones à protéger en priorité sont les zones les plus vulnérables (vulnérabilité élevée à très élevée) pour ne pas dégrader la qualité de l'eau sans perdre de vue que l'effort doit être porté sur l'ensemble de la ressource karstique majeure. L'exemple de l'Ain-Papeterie montre que près des 2/3 de la superficie de la ressource karstique majeure a une vulnérabilité élevée à très élevée. Ces zones très vulnérables devront être prises en compte dans le futur lors des différents projets d'aménagement du territoire.

Le tableau Figure 75 reprend, pour chaque Ressource Karstique Majeure, les superficies où la vulnérabilité est élevée à très élevée.

En moyenne près de 80% des surfaces des Ressources Karstiques Majeures ont une vulnérabilité élevée à très élevée. Ces superficies importantes sont à protéger pour éviter une dégradation de la qualité de l'aquifère et seront à prendre en compte pour le futur.

Ces cartes de vulnérabilité doivent ainsi permettre aux décideurs de concilier développement et préservation de la ressource en implantant les activités potentiellement polluantes sur les zones de faibles vulnérabilités qui présentent le moins de risque de contamination de la ressource en eau sous-jacente.

Caractérisation des risques sur l'aquifère.

La cartographie des risques permet d'identifier les zones qui sont à la fois vulnérables et soumises à des pressions de pollutions élevées voir très élevées. Cette carte des risques est le résultat du croisement entre la carte de pression de pollutions et la carte de vulnérabilité (décrite dans le paragraphe précédent).

Les croisements entre les cartes de vulnérabilité et les cartes de pressions de polluantes ont été réalisés pour 38 Ressources Karstiques Majeures. Le tableau Figure 76 reprend l'ensemble des superficies où le risque est élevé à très élevé.

Ainsi, près de 80 % des ressources présentent des surfaces à protéger en priorité de moins de 10 km². Cette « faible » superficie s'explique par la présence d'une couverture favorable vis-à-vis des pressions de pollution avec notamment la présence de la forêt et des prairies permanentes.

En conclusion, les zones à protéger actuellement en priorité sont les zones de risque élevé à très élevé (zonage visible sur les cartes de risques). Les zones à protéger en priorité pour éviter une dégradation future de la qualité de l'aquifère sont les zones de vulnérabilité élevée à très élevée (zonage visible sur les cartes de vulnérabilité). Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'effort doit être porté sur l'ensemble de la ressource karstique majeure

L'ensemble des nouveaux projets devront être compatibles avec le SDAGE. Un très gros effort de communication doit être mis en place pour promouvoir les limites des 45 Ressources Karstiques Majeures. En effet, l'ensemble des décisionnaires en matière d'aménagement du territoire devront tenir compte des limites des Ressources Karstiques Majeures. Les zones les plus sensibles devront bénéficier de mesures de protection particulière lors de l'installation de nouvelles infrastructures (transport, industrie, agriculture...) qui ne devront en aucun cas impacter et/ou dégrader la qualité de l'eau de l'aquifère. Les zones de développement à « privilégier » sont à localiser à l'extérieur des limites des Ressources Karstiques Majeures ou alors sur les zones les moins vulnérables à l'intérieur des Ressources Karstiques Majeures.

Figure 75 : Classement des ressources karstiques majeures en fonction de leur degré de vulnérabilité élevée à très élevée

Nom	Superficie totale km ²	Zône d'intérêt actuel / futur	N° RKM	Superficie vulnérabilité élevée et très élevée km ²
Source du Maine_Ecoutot	277.5	ZIF	19	242.7
Source de l'Enragé	154.9	ZIF	40	135.3
Source de Baume Archée	129.1	ZIF	27	125.2
Sources Arcier_Bergeret	112.6	ZIA	17	109.3
Sources du Dessoubre_Bief Ayroux	123	ZIF	20	102.3
Source de La Papeterie	120.2	ZIA	28	79.7
Source du Bief	80.4	ZIF	18	77.6
Source du Bief de Brand	108	ZIF	15	69.3
Source du Doubs	68.3	ZIF	36	64.1
Plateau de Gilley_Les Combes	69	ZIF	23	63.1
Sources Noire et Alloz	74.5	ZIF	13	60
Source de l'Arce	47.9	ZIA	41	47.83
Source de Lougres	47	ZIF	3	44.3
Sources Gourdeval_Sarre	45	ZIF	6	44.2
Source de la Gongone	44.6	ZIF	39	42.24
Sources Bief Poutot_Grande Baume	44	ZIF	21	33.7
Sources Foules_Montbrillant	36.2	ZIA	44	32
Source de Balerme et Bief de la Reculée	31.9	ZIF	34	31.9
Trou de l'Abîme	42.1	ZIF	43	30.5
Source C Tunnel du Mont d'Or_La Creuse	51.3	ZIF	33	29.6
Source de Fontenu_du Moulin	27.4	ZIF	37	26.1
Sources Schlumberger_Grande Source_Bleue	30.2	ZIA	30	21.9
Source du Val_Trou de la Doux	17.7	ZIF	5	15.7
Source Martin	22.3	ZIF	31	15.1
Source de la Doue_Forage Jean Burnin	19	ZIF	7	14.7
Sources de Blanchefontaine_la Forge	18	ZIA	16	13.5
Source du Pont des Arches	12.9	ZIA	42	12.9
Sources des Gines_Le Pas	13.5	ZIA	38	11.2
Plateau de Chamesey_source de Froidefontaine	24	ZIA	14	10.6
Source de Derrière le Mont	12.6	ZIA	25	10.6
Source Ronde Fontaine	17	ZIF	9	8.8
Bief Noir	12	ZIF	45	8.2
Source de La Furieuse	8.6	ZIA	26	7.39
Sources de la Laronesse_Creuse_Forage du Vallon	11	ZIA	8	6.82
Source de la Tuffières	5.8	ZIA	22	4.93
Source Château de la Roche	6	ZIF	11	4.32
Source Moulin Bournez_Puits Cinquin	7	ZIA	24	2.8
Sources Œil de Bœuf_Oeuches	4	ZIA	10	2.4

Figure 76 : Classement des ressources karstiques majeures en fonction de leur degré de risque élevé à très élevé

Nom	Superficie totale km ²	Zône d'intérêt actuel / futur	N° RKM	Superficie à risque de pollution élevé et très élevé km ²
Source du Maine_Ecoutot	277.5	ZIF	19	90.7
Sources Arcier_Bergeret	112.6	ZIA	17	52.2
Source du Bief	80.4	ZIF	18	33.28
Sources du Dessoubre_Bief Ayroux	123	ZIF	20	21
Sources Gourdeval_Sarre	45	ZIF	6	15.85
Source de Baume Archée	129.1	ZIF	27	15.24
Source de Lougres	47	ZIF	3	14
Sources Noire et Alloz	74.5	ZIF	13	13.5
Source de l'Enragé	154.9	ZIF	40	9.8
Source du Bief de Brand	108	ZIF	15	8.8
Source de La Papeterie	120.2	ZIA	28	8.8
Source de Balerme et Bief de la Reclée	31.9	ZIF	34	7.2
Source de la Doue_Forage Jean Burnin	19	ZIF	7	5.7
Plateau de Gilley_Les Combes	69	ZIF	23	5.4
Sources Schlumberger_Grande Source_Bleue	30.2	ZIA	30	5.4
Plateau de Chamesey_source de Froidefontaine	24	ZIA	14	4.75
Source du Val_Trou de la Doux	17.7	ZIF	5	4.5
Source Martin	22.3	ZIF	31	4.5
Source C Tunnel du Mont d'Or_La Creuse	51.3	ZIF	33	3.7
Sources de la Laronesse_Creuse_Forage du Vallon	11	ZIA	8	3.34
Source de l'Arce	47.9	ZIA	41	3
Source de Fontenu_du Moulin	27.4	ZIF	37	2.8
Source de la Gongone	44.6	ZIF	39	2.76
Source de La Furieuse	8.6	ZIA	26	2.17
Sources Bief Poutot_Grande Baume	44	ZIF	21	2
Source Château de la Roche	6	ZIF	11	1.8
Sources de Blanchefontaine_la Forge	18	ZIA	16	1.7
Source Ronde Fontaine	17	ZIF	9	1.3
Sources Œil de Bœuf_Oeuches	4	ZIA	10	1.3
Sources Foules_Montbrillant	36.2	ZIA	44	1.3
Sources des Gines_Le Pas	13.5	ZIA	38	1.26
Source de Derrière le Mont	12.6	ZIA	25	1.13
Source de la Tuffières	5.8	ZIA	22	1.04
Trou de l'Abîme	42.1	ZIF	43	0.8
Source du Doubs	68.3	ZIF	36	0.2
Source du Pont des Arches	12.9	ZIA	42	0.2
Bief Noir	12	ZIF	45	0.1
Source Moulin Bournez_Puits Cinquin	7	ZIA	24	0

10.2.2. Actions à mettre en place (boîte à outils)

Le tableau de la Figure 77 présente la liste des outils réglementaires pouvant jouer un rôle dans la protection des ressources en eau. A chaque fois les porteurs de projets sont désignés.

Note sur les SAGE : Initié par la loi sur l'eau de 1992, le SAGE établit un « projet commun pour l'eau » assorti d'objectifs clairs et de règles de bonne conduite. Il décline à l'échelon local les objectifs majeurs du SDAGE.

Le périmètre du SAGE est une unité de territoire où s'imposent des solidarités physiques et humaines : bassin versant, zones humides, nappe d'eau souterraine, estuaire, etc. Initiés le plus souvent dans des contextes difficiles (pénuries d'eau, inondations, conflits d'usage, etc.), les SAGE permettent de renouer le dialogue et d'engager la concertation entre les acteurs. Ils reposent sur la création d'une Commission Locale de l'Eau (CLE), centre de débats et d'arbitrages, associant les collectivités, les usagers, les services de l'Etat. Véritable « loi sur l'eau » pour le bassin versant, il est élaboré par les acteurs locaux et approuvé par l'Etat. Il a donc une portée réglementaire. Le SAGE dresse un constat de l'état de la ressource en eau et du milieu aquatique et le recensement des usages qui lui est lié ; Il fixe des objectifs de qualité à atteindre dans un délai donné et contribue ainsi à l'atteinte de l'objectif de bon état des eaux poursuivi par la directive cadre sur l'eau ; Il définit des objectifs de répartition de la ressource en eau entre les différents usages ; Il identifie et protège les milieux aquatiques sensibles ; Il définit des actions de protection de la ressource et de lutte contre les inondations. A la différence du contrat de milieu, le SAGE fait l'objet d'un arrêté préfectoral et a donc une portée réglementaire. Les décisions prises par l'Etat et les collectivités locales (y compris en matière d'urbanisme) doivent être compatibles avec les objectifs et orientations du SAGE pour tout ce qui concerne la gestion et la protection des milieux aquatiques. Le SAGE doit être compatible avec le SDAGE. Les projets de périmètre de SAGE et des projets de SAGE sont soumis à l'examen du comité d'agrément, après audition des représentants des CLE. L'approbation des projets relève du Préfet. Le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) définit les priorités du territoire en matière de politique de l'eau et de milieux aquatiques, ainsi que les objectifs et les dispositions pour les atteindre. Il fixe les conditions de réalisation du SAGE, notamment en évaluant les moyens techniques et financiers nécessaires à sa mise en œuvre. Le PAGD est opposable à l'administration étendue au sens large (déconcentrée et décentralisée). Le PAGD décline un certain nombre d'actions pour atteindre le bon état des eaux. Ces actions sont identifiées dans les fiches actions présentées dans un document annexe au PAGD. Ces fiches sont les « feuilles de route » des acteurs pour les années à venir en matière de travaux et d'études à réaliser, mais également en matière de communication.

Intérêts et limites du SAGE : Le SAGE est un outil de planification et de concertation qui vise à la définition d'enjeux et d'objectifs sur un territoire. Via le règlement, il permet d'aboutir à des prescriptions particulières. Il s'agit d'un outil particulièrement pertinent et « efficace » pour la préservation de zones stratégiques. Pour être le plus pertinent possible, la concertation doit aboutir à la définition de règles partagées de gestion précises, faciles à appliquer. Cette concertation, avec tous les acteurs locaux, peut dans certains cas faire ressortir des conflits d'usage, d'occupation du sol et limiter le champ d'application du règlement et donc sa pertinence. Le SAGE prend toute son importance lors de sa prise en compte dans les documents d'urbanisme tels que les SCoT et les PLU, qui agissent sur l'occupation des sols, l'aménagement des territoires. Les SAGE occupent 30 % du territoire de la Franche Comté, ils représentent un poids important et sont particulièrement adaptés à la gestion et à la préservation de la ressource en eau. Il est possible par exemple d'imposer des objectifs précis aux ICPE (Installation Classées pour l'Environnement) et aux IOTA (Installations, Ouvrages, Travaux, Activités). Une réglementation via la définition de « zone d'importance particulière pour l'AEP actuelle et future » pouvant correspondre aux RKM, peut imposer un grand nombre de mesures opposables aux tiers sur toutes les activités.

Comme défini dans le paragraphe précédent, un zonage a été réalisé pour définir les zones à protéger prioritairement (cartes de vulnérabilité et de risques). Les actions à mener pour la préservation ou la non-dégradation de la qualité de la ressource sont synthétisées dans le tableau de la figure 79 qui reprend :

- Le volet urbain et trafic routier ;
- Le volet agricole ;
- Le volet forestier ;
- Le volet industriel ;
- Autres volets (forage, tourisme..).

Chaque pression de pollution identifiée (action) est accompagnée d'une mesure de protection à mettre en place. Cette mesure est qualifiée de générale quand elle doit être appliquée sur l'ensemble de la Ressource Karstique Majeure. Si la mesure doit être appliquée sur les zones de vulnérabilité élevée à très élevée et pour les risques de pollutions élevés à très élevés alors cette mesure est qualifiée de spécifique. Pour chaque mesure, des outils de suivi et réglementaires sont proposés. Ces propositions ne sont pas exhaustives, les outils réglementaires et leurs applications étant très complexes, il faut à chaque fois rechercher l'outil adapté ou l'association des outils qui permettent d'atteindre les objectifs fixés.

Figure 77 : Liste des outils réglementaires de préservation des ressources majeures.

	Outil	Détail	PORTEURS DE PROJETS				
			AERMC	Etat	Conseil Régional	Conseil général	inter-communalités
identification des ressources majeures	SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux					
	PIG	Projet d'intérêt général					
	PAC	Porter à connaissance					
	AAC	Aire d'alimentation des captages					
application générale	Communication						
	Contrat	Moratoire, charte, convention, protocole, doctrine					
gestion du territoire	DTA	Directive territoriale d'aménagement					
	PRSE	Plan Régional Sante-Environnement					
	SAGE	Schéma d'aménagement et de gestion des eaux					
	SRADT	Schéma régional d'aménagement et de développement du territoire					
	SCoT	Schéma de cohérence territoriale					
	PLU	Plan local d'urbanisme					
	DGEAF	Document de gestion de l'espace agricole et forestier					
	SDC	Schéma départemental des carrières					
application locale	Périmètres de protection des captages						
	Contrat de milieu	Contrat de rivière, de nappe...					
	Acquisition foncière						
	Bail environnemental						
	ENS	Espace naturel sensible					
	PAEN	périmètres de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains					
	Zones vulnérables aux pollutions par les nitrates						
	Zones sensibles						
	Zones humides						
	PNR	Parc naturel régional					
	Arrêté de protection de biotopes						
	Réserves naturelles régionales						
	Réserves naturelles nationales						
	ZNIEFF	Zones naturels d'intérêt faunistique et floristique					
	Natura 2000						
	Espaces boisés						
	Forêts de protection						
	Sites classés						
Sites inscrits							

Figure 78 : Tableau des actions envisageables pour la protection des ressources en eau.

CATÉGORIE DE POLLUTION POTENTIELLE	ACTIONS	MESURES		OUTILS	
		Générales ¹⁾	Spécifiques ²⁾	Suivi	Réglementation
VOLET URBAIN ET VOIE DE COMMUNICATION	Réduction de l'usage des produits phytosanitaires par les communes	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation et adhésion des communes à la démarche de réduction d'intrants - Organisation de réunions avec les élus et services techniques - Formation du personnel en partenariat avec un organisme spécialisé - Utilisation d'herbicides non polluants - Mise aux normes des locaux de stockage 	<ul style="list-style-type: none"> - Objectif phyto zéro - Achat de matériel adapté aux techniques alternatives 	Mise en place d'indicateurs d'efficacité : enregistrement annuel des pratiques d'utilisation de produits phytosanitaires	Porter à connaissance
	Réduction de l'usage des produits phytosanitaires par les particuliers	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation aux techniques de jardinage sans pesticides - Diffusion de plaquettes d'information 	Objectif phyto zéro	Enquête de consommation	
	Mise en conformité des installations d'assainissement collectif	<ul style="list-style-type: none"> - Réhabilitation, restructuration et mise en conformité des installations existantes - Sécurisation (zone de stockage des résidus d'épuration, fuites sur le réseau, problème de fonctionnement) - Incitation au réseau séparatif 	Objectif 100 % sécurisation des réseaux	- Nombre de dossiers de subvention	Code de l'Environnement
			Objectif zéro point de rejet et déversoir d'orage	- Nombre de sites de stockage sécurisés	Code de la santé publique
					Code général des collectivités territoriales
	Mise en conformité des installations d'assainissement non collectif	<ul style="list-style-type: none"> - Appui à la mise aux normes des systèmes ANC - Encadrement pas le SPANC 	Objectif 100 % aux normes	- Fréquence des contrôles	Code de l'Environnement
				- Nombre d'installations mises aux normes / nombre d'installations	Code de la santé publique
	Gestion des déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnostic et actualisation des informations sur les anciennes décharges d'ordure ménagères - Mise aux normes des déchetteries 	Faisabilité de réhabilitation des anciennes décharges		Code de l'environnement
Gestion des cuves à fuel	Faisabilité de mise en place d'une gestion centralisée de contrôle des installations		- Cuve à double parois	PLU	
			- Système de détection et rétention des fuites	SCOT	

Identification des ressources karstiques majeures pour l'AEP en vue de leur protection sur une partie du massif du Jura, sept. 2013

CATÉGORIE DE POLLUTION POTENTIELLE	ACTIONS	MESURES		OUTILS	
		Générales ¹⁾	Spécifiques ²⁾	Suivi	Réglementation
OULET URBAIN ET VOIE DE COMMUNICATION	Gestion du risque accident routier avec épandage de produits polluants	- Sensibilisation, signalétique - Plan d'alerte et d'intervention	- Sécurisation des points d'eau à risque et des sites d'infiltration très vulnérables (perte) - Faisabilité d'une réglementation du trafic poids lourds à matières dangereuses		
	Salage des routes	Usage plus ciblé et circonstancié du salage	- Salage du réseau principal - Utilisation du sablage	Quantité de produits utilisés	
VOLET AGRICOLE	Animation, groupes de travail et coordination des réseaux	- Animation d'un réseau avec les autres structures techniques (CA, Coop. Agri., Interbio,...) - Echange et retour d'expériences sur les pratiques agricoles		Nombre de réunions avec les structures techniques	
		- Engagement des prescripteurs dans une démarche contractuelle type charte régionale ou comité de pilotage local			
		- Information des techniciens sur les évolutions réglementaires concernant les ressources majeures			
Coordination des opérateurs de terrain en charge directe de la mise en place des mesures	- Promotion des bonnes pratiques agricoles (BPA) et d'une agriculture respectueuse de l'environnement et des ressources en eau	- Mise en place d'un réseau de mesure de reliquat d'azote entrée hiver et sortie hiver	- Nombre de suivis agronomiques		
	- Suivi agronomique auprès des agriculteurs	- Promotion des cultures intermédiaires pour réduire le ruissellement	- Nombre d'exploitations ayant réalisé une analyse		
	- Développement d'outils de pilotage de la fertilisation (mesure des rendements, analyse des engrais de ferme)	- Sensibilisation des agriculteurs aux risques de ruissellement et d'infiltration vers les dolines	- Nombre d'analyses effectuées		

Identification des ressources karstiques majeures pour l'AEP en vue de leur protection sur une partie du massif du Jura, sept. 2013

CATÉGORIE DE POLLUTION POTENTIELLE	ACTIONS	MESURES		OUTILS		
		Générales ¹⁾	Spécifiques ²⁾	Suivi	Réglementation	
VOLET AGRICOLE	Coordination des opérateurs de terrain en charge directe de la mise en place des mesures	- Formations, démonstrations (gestion de l'interculture, promotion du désherbage mécanique, promotion des systèmes de culture intégrés (AI) et de l'agriculture biologique (AB), développement des connaissances du sol, information au bon usage des produits phytosanitaires, journée d'échange et visite de ferme)			- Nombre de formations	
		- Communication			- Nombre de participants aux journées techniques et formations	
	Pratiques agricoles	- Développement des pratiques réduisant les risques de ruissellement	- Maintien et augmentation des surfaces en prairies permanentes, conversion à l'herbe aidée	- Pourcentage des surfaces en prairie	Contractualisation:	
		- Gestion de l'interculture	- Objectif phyto zéro	- Nombre d'agriculteurs contractualisant une MAE	- Contrat de milieu	
		- Mesures de réduction progressive des intrants (engrais et produits phytosanitaires), ouverture de MAE	- Développement de techniques alternatives	- Nombre d'exploitation convertie en agriculture biologique	- AAC	
		- Pérennisation de la zone Comté	- Restrictions sur l'épandage des boues de station d'épuration	- Qualité de l'eau		
			- Incitation à la reconversion en agriculture biologique	- Enquêtes agricoles		
			- Maintien des éléments du paysage (haies, talus, bandes enherbées,...)	- Plan d'épandage		
	Gestion foncière		- Veille foncière : acquisition, échange de parcelles (communes)		Contractualisation:	
			- Développement des "baux environnementaux" (SAFER)		- Contrat de milieu	
		- Regroupement de parcelles de production AB/AI sur un même secteur géographique		- AAC		

Identification des ressources karstiques majeures pour l'AEP en vue de leur protection sur une partie du massif du Jura, sept. 2013

CATÉGORIE DE POLLUTION POTENTIELLE	ACTIONS	MESURES		OUTILS	
		Générales ¹⁾	Spécifiques ²⁾	Suivi	Réglementation
VOLET AGRICOLE	Aménagement des sièges d'exploitation	- Diagnostic de ferme		- Nombre de diagnostic	Contractualisation:
		- Installation de bac de rétention dans les locaux de stockage de produits phytosanitaires et aire de remplissage/lavage du pulvérisateur (aides PVE)		- Nombre de sièges d'exploitation aménagés	- Contrat de milieu
				- Pourcentage en zones à vulnérabilité élevée et très élevée	- AAC
	Développement de filière : création de pôles de production et de collecte en AB et AI, circuit de commercialisation	- Incitation à développer la filière AB/AI de collecte et de transformation par les coopératives agricoles locales, promotion des AMAPs - Développement des circuits courts de commercialisation associés (InterBio) - Développement de filières de valorisation de culture économes en intrants : chanvre, luzerne, Méteil (mélange céréales-légumineuses)		- Nombre d'AMAPs	Contractualisation:
			- Surface en cultures économes	- Contrat de milieu	
					- AAC

CATÉGORIE DE POLLUTION POTENTIELLE	ACTIONS	MESURES		OUTILS		
		Générales ¹⁾	Spécifiques ²⁾	Suivi	Réglementation	
VOLET INDUSTRIEL	Réduction de l'usage des produits phytosanitaires ou toxiques par les entreprises	<ul style="list-style-type: none"> - Renforcement de l'adhésion des entreprises non impliquées dans la démarche de réduction - Enregistrement et suivi annuel des usages 				
	Gestion des rejets non domestiques (pollution chronique ou accidentelle) et des stockages	<ul style="list-style-type: none"> - Communication / information : diffusion régulière d'informations auprès des entreprises concernant les bonnes pratiques en matière de gestion des produits et déchets dangereux, informations des entreprises sur le dispositif d'aides et le montage du dossier - Renforcement des contrôles de conformité des branchements / réseaux internes / rejets (DREAL, DDT) - Identification d'un correspondant "eau" par site prioritaire, constitution d'un réseau d'alerte et d'informations aux risques de pollutions de l'eau (CCI) - Suivi régulier et intensifié de la démarche d'autorisations de déversement (communes, DREAL, DDT) - Renforcement de la sécurité des stockages de produits dangereux - Faisabilité de l'embauche de chargés de mission "gestion des effluents industriels" 		<ul style="list-style-type: none"> - Dénombrement des ICPE par ressource majeure - Suivi de qualité des eaux rejetées - Suivi spécifique de la qualité des eaux de la ressource - Nombre de rejets conformes - Nombre de correspondant "eau" identifiés - Nombre d'établissements contrôlés 		
	Gestion des déchets	Contrôle de l'imperméabilisation des zones de stockage, de la collecte et du traitement des lixiviats	Elaboration d'un cahier des charges pour le déstockage des produits dangereux pour l'eau			
	Veille technologique sur le cycle de l'eau industrielle	<ul style="list-style-type: none"> - Promotion de la mise en place de dispositifs de pré-traitement, de réutilisation des eaux usées ou d'affinage du traitement industriel pour les PME-PMI - Promotion des technologies de réduction des pollutions à la source 			Nombre de dispositifs de pré-traitement installés	

Identification des ressources karstiques majeures pour l'AEP en vue de leur protection sur une partie du massif du Jura, sept. 2013

CATÉGORIE DE POLLUTION POTENTIELLE	ACTIONS	MESURES		OUTILS	
		Générales ¹⁾	Spécifiques ²⁾	Suivi	Réglementation
VOLET FORSTIER	Protection des forêts	Maintien des surfaces boisées	Sensibilisation des élus aux intérêts du bénéficiaire du régime forestier pour les communaux forestiers qui n'en bénéficient pas encore Continuer à privilégier les peuplements feuillus ou mixtes résineux/feuillus chaque fois que les conditions écologiques et économiques le permettent	Pourcentage de couvert forestier Certification forestière Lors de la révision des documents cadres réglementaires de la politique et de la gestion forestière sur la région	Régime forestier et réglementation relative au défrichement[1] (seuil surface de 0 à 4ha) Réglementation sur les boisements (utilisable pour limiter la plantation de résineux allochtones en fonds de vallée) PLU : classement en espaces boisés classés Servitude à utiliser avec discernement, et notamment inutile pour les forêts bénéficiant de plans de gestion (massifs > 25 ha pour faire simple)
	Diminution du risque de pollution et de turbidité	Sensibilisation et information des acteurs forestiers	Bonne adéquation des réglementations de captage aux contraintes de gestion forestière (en matière de coupe rase, de création de routes...) Soutien aux dispositifs de franchissements de cours d'eau temporaires (kits tuyaux PEHD) ou pérennes (pont, radier, passage busé) Soutien à la dotation en huiles hydrauliques bio-dégradables. Traitement des bois : recherche de solutions de remplacement au traitement insecticide en forêt, en lien avec l'interprofession Etude de l'efficacité de système de stockage et d'absorption des hydrocarbures et autres fluides hydrauliques en cas de fuite Etude de l'efficacité des modes d'exploitations alternatifs (câble-mât, traction animale)	Action de sensibilisation (à illustrer sur le terrain de préférence) 100% des réunions bilan associant ONF et CRPF (phase amont à la consultation publique des arrêtés de protection de captage) % d'entreprise de travaux forestiers dotées de kits Nbre de création de franchises-pérennes (via dossiers d'instruction loi sur l'eau) % d'engins dotés de fluides bio-dégradables par catégorie (abatteuses, porteur, skidder ou tracteurs de débardage) Test technique et économique de méthode(s) de substitution Réunion d'animation	- Arrêté préfectoral de réglementation de captage -
VOLET AUTRES	Gestion des carrières		Limitation de la surface des exploitations		SDC
	Réglementation des forages	Soumettre les forages à autorisation			SCOT PLU
	Gestion des gros chantiers	Mise en place de suivi environnemental de réalisation			SCOT PLU
	Tourisme, sport	Limitation de la création de nouveaux chemins de randonnée.			SCOT PLU

11. CONNAISSANCES COMPLÉMENTAIRES À ACQUÉRIR

11.1. Introduction.

Certaines ressources karstiques majeures sont insuffisamment renseignées, c'est le cas plus particulièrement des ressources non captées où il manque beaucoup d'informations (qualité, débits limites...).

En premier lieu, l'acquisition de chroniques de débits sur des périodes pluri-annuelles est très souvent absente, même pour des sources captées. Des traçages complémentaires seront nécessaires à une meilleure connaissance des bassins d'alimentation des sources. Les ressources non captées ont fait l'objet de très peu d'analyses de qualité des eaux, certaines n'ont jamais été analysées, il faut donc acquérir des données analytiques précises. Les ressources profondes et les zones noyées accessibles dans les systèmes karstiques vaclusiens qui ont des temps de renouvellement élevés (plusieurs années) pourront faire l'objet d'analyses isotopiques pour dater les eaux et mieux connaître les zones de recharge. Les zones noyées en relation avec une émergence vaclusienne sont à tester par des pompages d'essai à gros débit qui permettront d'estimer le volume de la réserve en eau. Des diagnostics sont à réalisés dans les forages existants pour déterminer les niveaux producteurs et connaître l'état générale des ouvrages. Pour les ressources profondes, le recours à des méthodes géophysiques renseigne sur les structures géologiques et apporte une aide à l'implantation de forages de reconnaissance. Enfin, les ressources profondes ne sont accessibles que par la réalisation de forages de reconnaissance, associés à des pompages d'essai et à des analyses de qualité des eaux.

Le tableau (Figure 79) récapitule les études envisageables par ressources karstiques majeures.

11.2. Géologie historique.

L'étude de l'histoire de la formation du massif du Jura et des formations géologiques qui le composent apporte des informations indispensables pour comprendre le développement des systèmes karstiques. Cette histoire est complexe et comporte une succession de phase de sédimentation et d'érosion, de soulèvements et de plissements. Le potentiel de karstification des roches calcaires dépend de facteurs tels que : la pluviométrie, la végétation, la dénivellation, la fracturation. Tous ces facteurs ont évolués au cours de l'histoire géologique du massif du Jura. Des phases de colmatage des réseaux karstiques ont pu également intervenir.

11.3. Suivi de débit.

Il est très important de connaître les débits qui transitent dans les ressources karstiques majeures captées ou non. **Le suivi d'une source s'entend comme l'acquisition de données en continu sur des périodes de plusieurs années.** Les chroniques obtenues illustrent les variations saisonnières et interannuelles dans une région où le climat présente une grande variabilité. Ces données permettent une gestion globale de la ressource à l'échelle du massif. Dans un contexte de changement climatique, l'acquisition de données apporte des éléments de compréhension et d'anticipation du phénomène.

La mesure du débit d'une source nécessite en général des aménagements conséquents : chenal et/ou seuil calibrés associés à une sonde et un enregistreur de niveau. Une courbe de tarage doit être établie pour la conversion niveau/débit.

Outre la connaissance des débits qui transitent par la source et en particulier les débits d'étiage qui conditionnent son potentiel d'exploitation, l'étude des hydrogrammes (courbe des débits en fonction du temps) permet de caractériser le fonctionnement du réseau karstique : dimension, existence de systèmes annexes, volume dynamique, pouvoir régulateur, écoulements retardés...

11.4. Traçages.

Nous avons à notre disposition un grand nombre de données de traçages accessibles dans une base cartographique gérée par la DREAL. Cependant à chaque fois que les limites des bassins versants sont mal connues, ou reposent sur des hypothèses géologiques non vérifiées, ou encore que des traçages existants sont jugés peu fiables, des traçages complémentaires sont proposés. Une localisation approximative des traçages complémentaires est donnée dans le tableau en fonction de la position de la limite à étudier (nord, sud, est ou ouest).

Les données de traçages disponibles sont essentiellement qualitatives, ces traçages mettent en relation des points d'infiltration et des points d'émergence, sans autres détails. Le perfectionnement récent du matériel de terrain, et en particulier l'usage des fluorimètres permet de réaliser des mesures quantitatives d'une grande précision lorsqu'elles sont associées à des mesures de débit. Les traçages quantitatifs apportent des renseignements précieux sur l'organisation du réseau karstique. La construction des courbes de Distribution des Temps de Séjour (DTS) permet le calcul de paramètres caractéristiques des écoulements souterrains et la comparaison des différents « systèmes-traçages » d'un massif.

11.5. Analyses physico-chimiques.

11.5.1. Captages.

Pour les captages, le contrôle sanitaire effectué par les ARS donne une bonne idée de la qualité des eaux pour les principaux paramètres. Le rythme des analyses (au mieux mensuelles) peut cependant passer à côté de l'observation de certains problèmes dans un milieu karstique vulnérable et où les vitesses de circulation sont rapides. Ainsi des pics de pollution qui peuvent durer quelques heures ont peu de chance d'être détectés lors du contrôle. Des suivis plus précis sur des périodes choisies de quelques jours ou quelques semaines, pourraient apporter des informations intéressantes. Cette recherche peut concerner par exemple les pesticides ou les hydrocarbures.

Le dosage des CFC (chlorofluorocarbones) et SF6 (hexafluorure de soufre) qui sont des gaz largement utilisés dans les aérosols, permet de dater les eaux (< 50 ans).

Des suivis en continu de paramètres physiques tels que la turbidité, la conductivité, la température grâce à des sondes enregistreuses renseignent sur le comportement et la structure du réseau karstique en fonction de la recharge par les pluies.

11.5.2. Points d'eau non captés.

Des analyses sont à réaliser sur des cycles annuels avec des paramètres identiques que ceux qui sont analysés dans le cadre du contrôle sanitaire des captages.

Comme pour les captages, des suivis plus précis ou en continu sont à envisager.

11.6. Analyses isotopiques.

Le dosage de certains isotopes présents dans l'eau apporte des informations sur l'âge des eaux (tritium, carbone 14) ou sur l'altitude de la zone de recharge (oxygène 18, deutérium).

11.7. Pompages dans les sources vauclusiennes

Les sources vauclusiennes sont des émergences remontantes qui communiquent avec un conduit karstique et une zone noyée. Celle-ci représente une réserve d'eau potentiellement importante. L'exploitation de cette réserve peut présenter un intérêt non négligeable pour l'alimentation en eau potable et permettre une gestion active de la ressource. On peut ainsi solliciter un volume d'eau qui n'alimente pas les sources, surtout pendant les périodes d'étiage et de baisse notable du débit des sources. Les volumes pompés peuvent être répartis entre les besoins pour l'alimentation en eau potable et les besoins du milieu aquatique situé à l'aval de l'émergence vauclusienne (soutien d'étiage du cours d'eau).

Des tests de pompage sont nécessaires pour connaître l'extension de la réserve noyée et les débits effectivement disponibles. Les caractéristiques physico-chimiques de ces eaux sont également à étudier car elles peuvent être sensiblement différentes de celles des sources.

Les opérations de pompage dans des cavités naturelles sont complexes et nécessitent un matériel lourd. Outre la mise en place d'une pompe immergées de gros débits (> 500 m³/h), il faut également amener l'énergie électrique (mise en place d'une ligne provisoire, ou utilisation d'un groupe électrogène). L'accès à la source nécessitera l'aménagement d'une piste pour l'acheminement du matériel. L'intervention de plongeurs pour la descente de la pompe et la mise en place des conduites de refoulement est également obligatoire. La durée des essais sera de l'ordre de 2 semaines en période d'étiage. Il faut que le matériel mis en place résiste à une montée intempestive des eaux avec des débits à la source qui peuvent passer de quelques litres par secondes à plusieurs mètres cubes.

Pour le suivi des essais l'émergence doit être instrumentalisée avec une sonde de niveaux d'eau, des systèmes de mesure du débit pompé (compteur) et du débit s'écoulant naturellement dans la source (station de jaugeage), et des sondes physico-chimiques (température, conductivité, turbidité, oxygène dissous, pH...). Un suivi en continu de la turbidité pour voir le comportement de la source en cours de pompage suite à un orage par exemple et vérifier s'il existe des vitesses critiques de remobilisation des fines intra karst. Les mesures sont faites en continu.

Des prélèvements pour analyses sont à effectuer tout au long du pompage (chaque jour ou chaque semaine). Les paramètres à analyser sont à minima : COT (Carbone Organique Total), bactériologie, nitrates, ammonium, nitrites, fer, manganèse, balance ionique... Une analyse de première adduction est réalisée sur un prélèvement en fin de pompage pour la recherche d'éléments indésirables tels que les hydrocarbures, les pesticides, les solvants...

Les essais de pompage font l'objet d'une déclaration préalable à la DDT service de la Police de l'Eau, assortie d'un délai d'instruction de 2 mois.

11.8. Diagnostic de forage.

Pour les forages implantés sur la zone d'étude, les connaissances peuvent être elles aussi très limitées. De plus, la connaissance du fonctionnement des aquifères profonds dans la zone d'étude est faible notamment à cause du nombre réduit d'ouvrages permettant de tester ceux-ci (S'agit-il d'aquifère libre ou captif ?). Tout comme pour les sources dont on suit le débit, on doit aussi suivre le niveau piézométrique

au cours du temps (enregistrement du niveau d'eau par capteur de niveau). Cette mesure simple permet de suivre au cours du temps l'évolution du niveau piézométrique (sans pompage) et du rabattement lors du pompage. Grâce à ces mesures, on pourra anticiper un éventuel colmatage de l'ouvrage ou expliquer une baisse de productivité par une baisse globale du niveau de l'aquifère.

Le diagnostic du forage passe d'abord par la réalisation d'une inspection caméra qui permettra à la fois de vérifier la coupe technique du forage (équipement) ainsi que son état (perforation, encroustement, présence de bactéries...).

Par la suite, la réalisation d'un pompage par paliers (descente et remontée de durée égale) permet d'accéder à son débit critique, au débit spécifique et aux pertes de charges du forage. Cet essai est réalisé en plaçant une pompe dans le forage et en suivant le niveau de l'eau en fonction du débit pompé. Les paramètres physico-chimiques comme la température, la conductivité, la turbidité sont aussi suivis en continu. Pendant l'essai de pompage par paliers, le débit de pompage est maintenu constant jusqu'à stabilisation du niveau de l'eau (niveau dynamique) et des paramètres physico-chimiques. Une fois le niveau stabilisé et les paramètres constants, on augmente le débit. On trace alors la courbe caractéristique du forage qui relie le niveau dynamique au débit. Le débit critique du forage est ainsi identifié. Si d'autres essais ont été réalisés précédemment, alors on pourra estimer la baisse de productivité de l'ouvrage en comparant les courbes caractéristiques.

Un pompage de longue durée (1 mois) à un débit constant permet d'obtenir les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère et d'optimiser l'utilisation du forage. Lors de ce pompage, le niveau dynamique est suivi et enregistré en continu par un capteur de niveau. Le débit de pompage est mesuré et enregistré en continu. Enfin, des appareils de mesure des paramètres physico-chimiques (température, conductivité, turbidité, ...) sont installés pour suivre l'évolution de la qualité de l'eau. Si d'autres forages ou source sont présents à proximité, alors des enregistreurs de niveau sont installés pour suivre l'influence du pompage sur le débit d'une source ou sur le niveau dans un forage. À la fin du pompage, une analyse chimique doit être réalisée. Ce pompage de longue durée permet de connaître les capacités de prélèvement au niveau du forage mais aussi la qualité de la ressource ainsi que l'impact du prélèvement dans le forage et sur les ouvrages voisins.

Les essais de pompage font l'objet d'une déclaration préalable à la DDT service de la Police de l'Eau, assortie d'un délai d'instruction de 2 mois.

Le diagnostic du forage se poursuit par la réalisation de diagraphies. Ces mesures sont réalisées en descendant des sondes de mesure dans les forages. Différentes mesures sont effectuées et permettent d'obtenir diverses informations complémentaires. Les mesures préconisées sont les suivantes :

- Mesure de gamma-ray : vérifier ou établir la coupe géologique du forage ;
- Contrôle de cimentation : vérifier qu'une cimentation est bien réalisée pour isoler qu'un seul aquifère et ne pas mettre en relation différents aquifères (notamment risques de pollution par les eaux de surface) ;
- Micromoulinet-Température-Conductivité : positionner les arrivées d'eau et visualiser les niveaux les plus productifs ;
- Contrôle de verticalité : vérifier que le forage n'est pas trop dévié pour équiper et déséquiper le forage.

L'ensemble des pompages et des mesures de diagraphie doivent à la fois permettre une meilleure connaissance des aquifères profonds mais aussi optimiser la production et l'entretien des forages existants.

11.9. Reconnaissance géophysique.

Pour la reconnaissance des ressources profondes des méthodes indirectes d'auscultation du sous-sol sont à mettre en œuvre. Les profondeurs à atteindre par ces méthodes sont < 500 m. Le but est de reconstituer la géométrie des structures géologiques et de localiser des zones potentiellement aquifères (pièges structuraux, fractures, zones broyées...). Elles permettent également de reconnaître les terrains de couverture (plaquage morainique, comblement miocène, crétacé...). Les données géophysiques sont à croiser avec les données de terrain : cavités reconnues, forages existants, cartes géologiques...

La sismique est la méthode la mieux adaptée à la reconnaissance des structures profondes. Avec un matériel standard il est possible d'atteindre des profondeurs de 500 m suffisante pour les aquifères qui nous intéressent. Les objets structuraux que l'on visualise (interbanes, failles) sont localisés avec précision (quelques mètres), et si les données de terrain sont suffisantes on peut donner une interprétation géologique au profil.

La méthode des panneaux électriques peut atteindre une profondeur de 100 à 300 m. Elle est adaptée à la visualisation des terrains de couverture et des structures géologiques. Les coupes géo-électriques obtenues doivent être calées sur des données de terrain (coupes de forages) Cette méthode intégrative ne permet pas un repérage précis des objets géologiques tels que les failles alors que la grande hétérogénéité du karst nécessite une localisation à quelques mètres près.

11.10. Forages de reconnaissance.

Après l'étape d'interprétation des données de terrain (cartes géologiques, affleurements, morphologie, sources, méthodes géophysiques...) une phase de reconnaissance par forage peut être engagée. Une coupe géologique prévisionnelle est fournie et l'aquifère cible est défini.

Les méthodes de foration et les équipements du forage sont déterminés mais devront être adaptés en cours de travaux aux terrains rencontrés.

Classiquement un forage dans les calcaires est réalisé par la méthode du marteau fond de trou qui est rapide et permet de localiser les arrivées d'eau. Une tête de forage de quelques dizaines de mètres est équipée d'un tube en acier plein et cimenté. La foration peut alors se faire sur toute la profondeur désirée si les terrains rencontrés sont suffisamment stables. Si des terrains argileux ou éboulant sont traversés il sera nécessaire de réaliser un tubage et une cimentation pour assurer la stabilité de l'ouvrage avant de pouvoir poursuivre. Il est également nécessaire d'isoler par des cimentations les différents aquifères qui pourront être rencontrés afin d'éviter le mélange des eaux.

À la suite des travaux de forage et d'équipement des essais de pompage sont réalisés suivant la procédure décrite au chapitre 11.7.

Les profondeurs de forages de reconnaissance sont de l'ordre de 500 m maximum avec un matériel de foration standard. Cette profondeur permet déjà d'atteindre un grand nombre d'aquifères dans le massif du Jura.

Des aquifères plus profonds existent, d'autant plus que les structures chevauchantes typique du massif engendrent une superposition des niveaux géologiques. Par exemple le forage pétrolier du Risoux 1 démarre dans les calcaires du séquanien et rencontre à nouveau ces mêmes calcaires à la profondeur de 1234 m. On peut cependant craindre que ces aquifères profonds renferment des eaux très anciennes et par conséquent chimiquement très chargées, au-delà des normes de potabilité.

Figure 80 : Détail du contenu des études complémentaires.

Type d'étude	Détail
Suivi de débit	Equipement d'une source par une station de jaugeage automatique, réalisation de la courbe de tarage, et suivi pendant 3 ans.
Traçage	Fourniture du traceur, injection, suivi des sources (fluorimètres et fluocapteurs) analyses des fluocapteurs, mesure du débit de la source, interprétation.
Analyses physio-chimiques	Analyses de type RP.
Analyses isotopiques	Dosage du tritium, deutérium et oxygène 18.
Pompage dans une source vaclusienne	Amené/repli d'un atelier de pompage (débit > 500 m3/h) et d'un groupe électrogène en accès facile, durée de 15 jours, suivi des niveaux d'eau, analyses en continu de la conductivité, température et turbidité, interprétation.
Diagnostic de forage	Passage caméra, diagraphie micromoulinet avec pompage (40 m3/h) de 24 heures.
Reconnaissance géophysique	10 panneaux électriques de longueur 320 m et 100 m de profondeur et interprétation, ou un profil sismique hybride de 800 m et 400 m de profondeur.
Forage de reconnaissance	Forage de reconnaissance au marteau fond de trou de 200 m de profondeur avec tests de pompage.

12. MOBILISATION DES ACTEURS LOCAUX

12.1. INTRODUCTION

Les Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement (CPIE) du Haut-Jura et du Haut-Doubs avaient plusieurs missions dont celle d'organiser l'animation des phases 3 et 4 de la présente étude. Pour faciliter l'appropriation du sujet, les CPIE ont participé aux secrétariats techniques organisés tout au long de l'étude, ainsi qu'aux différents comités de pilotage. Les CPIE ont eu la charge de la rédaction des comptes rendus de ces différents temps de coordination.

Une série de documents de vulgarisation a été réalisée lors de l'étude. La démarche était la suivante :

- Proposition d'une trame par les CPIE, complétée par les Bureaux d'Etudes en hydrogéologie (BE) ;
- Validation et mise en forme de la maquette par les CPIE ;
- Validation de la maquette par l'Agence de l'Eau (AE) ;
- Rédaction du contenu par les Bureaux d'Etudes en hydrogéologie ;
- Relecture par les CPIE dont un des objectifs est de rendre le contenu accessible à tous ;
- Relecture par l'AE ;
- Validation des documents par les BE et les CPIE.

12.2. DEMARCHE

La mobilisation des acteurs locaux s'est organisée en 2 grandes étapes :

→PHASE PREPARATOIRE : Élaboration d'une stratégie efficace pour la mobilisation

Cette phase a consisté à mettre en place les outils nécessaires à la mobilisation des acteurs. Elle s'est organisée en 4 étapes clés :

1. Référencer les outils existants pouvant bénéficier à la protection des ressources karstiques majeures (RKM)
2. Lister l'ensemble des acteurs concernés par la protection des RKM
3. Réaliser des entretiens préalables pour consolider la base de données et solliciter les différents acteurs pour les réunions de concertation
4. Élaboration et conception de documents de vulgarisation :
 - une plaquette générique à l'étude
 - des feuillets spécifiques à chaque ressource karstique majeure

→MOBILISATION DES ACTEURS LOCAUX concernés par les ressources karstiques majeures et leur protection

Cette phase, au-delà des enjeux identifiés par l'Agence de l'Eau et par le groupement des bureaux d'études, est une phase préparatoire à une démarche ultérieure qui devra concerner directement la mise en place de la protection des ressources.

Cette phase de mise en place active de la protection ne rentre pas dans le champ d'action de cette présente étude.

La phase de mobilisation a permis « d'esquisser » des possibilités en matière de protection des ressources et de porter à connaissance des acteurs locaux et institutionnels l'existence et les limites des RKM afin que chacun à son niveau veille à la non dégradation de ces ressources qui pourront ainsi servir pour alimenter les générations futures.

OBJECTIFS

1. Sensibiliser les acteurs aux problématiques « Eaux souterraines »
2. Faire en sorte que les enjeux liés aux ressources majeures soient pris en charge par les acteurs locaux
3. Travailler avec les acteurs locaux
4. Définir les perspectives d'avenir pour la préservation des ressources

Lors d'un échange avec l'Agence de l'Eau, il est apparu important d'impliquer les institutionnels sur la durée. Pour répondre au mieux à ces différents objectifs, deux niveaux de mode d'action ont été retenus :

- ✓ Niveau départemental/régional pour « Porter à connaissance » l'étude menée
- ✓ Niveau local pour associer et mobiliser en vue de la préservation et de la non-dégradation des RKM.

MOYENS RETENUS

- ✓ **UNE RÉUNION À L'ÉCHELLE RÉGIONALE** qui a rassemblé l'ensemble des institutionnels (Conseil régional, Conseils généraux, DREAL, DDT, ARS, Agence de l'Eau RMC, ONF, PNR du Haut-Jura, CAUE, CCI, Chambre d'Agriculture...).
- Cette réunion a permis de rassembler les services de l'état, de la région, et des départements pouvant être concernés par la thématique « eau » dans leur travail. Ils ont pu faire bénéficier le groupe de leurs pratiques, actions, engagement dans la préservation des eaux souterraine.

OBJECTIFS DE CETTE RÉUNION:

1. Présenter succinctement cette étude;
2. Recueillir les impressions et ressentis des différents services par rapport aux ressources karstiques majeures ;
3. Discuter par thèmes (volet forestier, volet urbain, volet agricole, volet industriel..) avec les services. Les retours de ces discussions ont permis de consolider la boîte à outils ;
4. Mobiliser/motiver/impliquer les services pour la suite de l'étude et la mise en place de la protection et faire en sorte que les services deviennent acteurs de la démarche.

- ✓ **DES RÉUNIONS AU NIVEAU LOCAL** (découpage du territoire d'étude en 10 zones homogènes)

OBJECTIFS DE CES RÉUNIONS:

1. Sensibiliser les acteurs locaux aux problématiques et enjeux des eaux souterraines ;
2. S'approprier localement les enjeux des ressources karstiques majeures ;
3. Capitaliser les échanges avec les acteurs locaux pour valider les données acquises lors de l'étude et dresser des perspectives sur la suite à donner (orientation, sécurisation de la ressource, études complémentaires...).
4. Identifier les freins sur le terrain ou les conditions à réunir pour envisager la préservation des ressources.

12.3. PHASE PREPARATOIRE : Élaboration d'une stratégie efficace pour la mobilisation

Cette phase préparatoire a permis de collecter l'ensemble des informations nécessaires pour l'organisation et la réalisation de la concertation des acteurs locaux.

Cette phase préparatoire a consisté à :

- ✓ Référencer les outils et mesures existants pour la protection des ressources
- ✓ Lister l'ensemble des acteurs concernés par les ressources karstiques majeures (gestion, protection, usages,...)
- ✓ Élaborer un document de vulgarisation et de communication générique à l'étude

12.3.1. Référencer les outils existants pour la protection des ressources

D'une part, un recensement des outils de protection existant a été réalisé par les bureaux d'études. L'ensemble des outils et mesures a été recensé dans une « boîte à outils réglementaire ». Cette « boîte à outils » sera la base de travail utile aux acteurs locaux pour définir des stratégies de préservation de la ressource. Les mesures de protection s'organisent en fonction des risques mis en évidence dans la phase 2.

D'autre part, la protection quantitative de la ressource (notamment la mise en évidence de l'impact du changement climatique sur la ressource) demande la mise en place d'outils de suivi de débit et la réalisation de traçages (Cf. tableau des études complémentaires Figure).

12.3.2. Lister tous les acteurs de la phase 4

Afin de travailler avec l'ensemble des acteurs du territoire d'étude, il était indispensable de lister l'ensemble des acteurs pouvant participer potentiellement à la réflexion de protection de la ressource. Les différents acteurs pouvant être concernés par l'aménagement du territoire et par la préservation des ressources ont été classés en 3 catégories :

- ✓ Les institutions, organismes et / ou services publics (*soit 31 sur le territoire d'étude*).
- ✓ Les unités de gestions des eaux (*soit 30 sur le territoire d'étude*)
- ✓ Les collectivités locales (*soit 41 communautés de communes sur le territoire d'étude*).

Pour valider les données collectées dans la première phase de l'étude, et pour informer l'ensemble des acteurs liés aux ressources karstiques majeures, des rencontres et des entretiens préalables ont été réalisés avec les unités de gestion des eaux (UGE) présentes sur le territoire d'étude.

Figure 81 : Liste des institutions, organismes et services publics.

ORGANISME	VILLE
DREAL de FRANCHE COMTE	25000 BESANCON
CONSEIL GENERAL DU DOUBS	25035 BESANCON
CONSEIL GENERAL DU JURA	39039 LONS-LE-SAUNIER
CONSEIL GENERAL DU TERRITOIRE DE BELFORT	90020 BELFORT
CONSEIL REGIONAL DE FRANCHE-COMTE	25031 BESANCON
DDT DU DOUBS	25003 BESANCON
DDT DU JURA	39015 LONS-LE-SAUNIER
DDT DU TERRITOIRE DE BELFORT	90020 BELFORT
CLE du SAGE Hauts Doubs- Haute Loue	25560 LA RIVIERE DRUGEON
PROGRAMME INTEGRE DU DOUBS - Doubs Franco-suisse – EPTB SAONE DOUBS	25000 BESANCON
CONTRAT RIVIERE LOUE	25720 PUGEY
CONTRAT DE RIVIERE TRANSFRONTALIER ALLAINE	90600 GRANDVILLARS
CONTRAT DE RIVIERE Ain-Amont	
PNR Haut Jura	39310 LAJOUX
Commission de Protection des Eaux de FRANCHE-COMTE	25000 BESANCON
Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement du DOUBS	25000 BESANCON
Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement du JURA	39000 LONS-LE-SAUNIER
Chambre Régionale de Commerce et d'Industrie de FRANCHE-COMTE	25480 ECOLE-VALENTIN
Chambre Régionale d'Agriculture de FRANCHE-COMTE	25048 ECOLE -VALENTIN
Chambre d'Agriculture du Jura	39016 LONS LE SAUNIER
Chambre d'Agriculture du Doubs	25021 BESANCON
Chambre d'Agriculture du Territoire de Belfort	90000 BELFORT
FREDON Franche-Comté	25048 BESANCON
Agence de l'Eau RMC	69363 LYON
ONF: Direction territoriale Franche-Comté	25010 BESANCON
ONEMA du Doubs	25320 BOUSSIERES
ONEMA du Jura	39300 CHAMPAGNOLE
ARS de FRANCHE-COMTE	25044 BESANCON
ARS DU DOUBS	25045 BESANCON
ARS DU JURA	39015 LONS-LE-SAUNIER
ARS DU TERRITOIRE DE BELFORT	90004 BELFORT

Figure 82 : Liste des unités de gestion des eaux.

ORGANISME
Ville de Baumes les Dames
Ville de Besançon
Ville de Clairvaux-les-Lacs_ SIE du Petit Lac
Ville de Morez
Ville de Saint-Claude
Ville de Salins les Bains
Syndicat intercommunal des Eaux de Bellefontaine
Syndicat intercommunal des Eaux Centre Est_ Ville de Champagnole
Syndicat intercommunal des Eaux de Vouglans
Syndicat intercommunal des Eaux du Lac d'Ilay
Syndicat intercommunal des Eaux du plateau des Rousses
Syndicat intercommunal des Eaux du Grandvaux
Syndicat intercommunal des Eaux de la Haute Loue
Syndicat intercommunal des Eaux du plateau d'Amancey
Syndicat à vocation unique du Plateau Maïchois
Agglomération Belfortaine
Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard
Communauté de communes du Larmont
Communauté de communes Sud Territoire
Ville de Morteau_ Syndicat intercommunal des eaux du Plateau des Combes
Ville de Saint Hippolyte
Syndicat intercommunal des eaux de l'Abbaye des 3 Rois
Syndicat intercommunal des eaux d'Abbévillers
Syndicat intercommunal des eaux de Clerval
Syndicat intercommunal des eaux du Lomont
Syndicat intercommunal des eaux Froidefontaine
Syndicat intercommunal des eaux Haut Plateau du Russey
Syndicat intercommunal des eaux Région de Roche
Syndicat intercommunal des eaux source du Doubs
Syndicat intercommunal des eaux Vallée du Rupt

Figure 83 : Liste des communautés de communes.

ORGANISMES	VILLE
Communauté de l'Agglomération Belfortaine	90020 BELFORT Cedex
Pays de Montbéliard Agglomération	25208 MONTBELIARD Cedex
Communauté de Communes du Sud Territoire	90101 DELLE Cedex
Communauté de Communes de la Vallée du Rupt	25113 SAINTE-MARIE
Communauté de Communes des Balcons du Lomont	25310 BLAMONT
Communauté de Communes des 3 Cantons	25260 COLOMBIER FONTAINE
Communauté de Communes du Pays de Rougemont	25680 ROUGEMONT
Communauté de Communes des Isles du Doubs	25250 ISLE SUR LE DOUBS
Communauté de Communes du Vallon de Sancey	25430 SANCEY LE GRAND
Communauté de Communes du Pays de Pierrefontaine - Vercel	25800 VALDAHON
Communauté de Communes du Pays de Clerval	25340 CLERVAL
Communauté de Communes du Pays de Maîche	25120 MAÎCHE
Communauté de Communes de Saint-Hippolyte sur le Doubs	25190 SAINT-HIPPOLYTE
Communauté de Communes entre Dessoubre et Barbèche	25380 BELLEHERBE
Communauté de Communes Val Saint Vitois	25410 Saint-Vit
Com Agglomération Grand Besançon	25043 BESANCON
Communauté de Communes du Pays de Pierrefontaine - Vercel	25800 VALDAHON
Communauté de Communes Vaite Aigremont	25640 ROULANS
Communauté de Communes Canton de Quingey	25440 Quingey
Communauté de Communes du Pays Baumoïse	25110 Baume-les-Dames
Communauté de Communes du Pays d'Ornans	25290 Ornans
Communauté de Communes du Plateau du Russey	25210 LE RUSSEY
Communauté de Communes du Pays de Pierrefontaine - Vercel	25800 VALDAHON
Communauté de Communes du Canton de Montbenoît	25650 MONTBENOIT
Communauté de Communes du Val de Morteau	25503 MORTEAU
Communauté de Communes plateau de Frasne - Drugeon	25560 Frasne
Communauté de Communes Champagnole-Porte du Haut-Jura	39300 Champagnole
Communauté de Communes Pays des Lacs	39130 Clairvaux les Lacs
Communauté de Communes des Hauts du Doubs	25240 Mouthe
Communauté de Communes du Plateau de Nozeroy	39250 Nozeroy
Communauté de Communes du Pays de Salins	39110 Salins les Bains
Communauté de Communes des Hauts du Doubs	25240 MOUTHE
Communauté de Communes du Mont d'Or et des Deux Lacs	25 370 LES HOPITAUX VIEUX
Communauté de Communes du Larmont	25301 PONTARLIER cedex
Communauté de Communes du Pays des Lacs	39130 Clairvaux-les-Lacs
Communauté de Communes Haut-Jura Saint-Claude	39206 Saint-Claude
Communauté de Communes Jura Sud	39260 Moirans en Montagne
Communauté de Communes la Grandvallièrre	39150 Chaux du Dombief
Communauté de communes Haut-Jura Saint-Claude	39206 Saint-Claude
Communauté de communes du Haut Jura Arcade	39400 Morez
Communauté de communes la Grandvallièrre	39150 Chaux du Dombief

12.3.3. Les entretiens préalables

Les entretiens préalables avec les unités de gestion ont été réalisés par binôme composé d'un bureau d'études du groupement et d'un Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement. Ces entretiens se sont déroulés sur une période de 5 mois : de juin 2012 à octobre 2012.

Les résultats et informations obtenus lors de ces entretiens ont été complétés par des entretiens téléphoniques auprès des institutions, organismes et/ou services publics.

OBJECTIFS

1. Présenter l'étude et les ressources majeures du secteur dans le prochain SDAGE
2. Connaître le fonctionnement de l'UGE
3. Connaître les problèmes de l'UGE
4. Connaître les projets sur l'UGE
5. Connaître la (les) protection(s) de la ressource existante
6. Connaître la position de l'UGE par rapport aux ressources karstiques majeures
7. Associer l'UGE à la rédaction des scénarii de préservation
8. Connaître et mobiliser les acteurs pour la phase 4

Figure 84 : Planning des entretiens préalables.

NOM COLLECTIVITÉ	DATES RETENUES (en 2012)
Besançon	19 juin
Clairvaux-les-Lacs_SIE du Petit Lac	18 octobre
Saint-Claude	5 septembre
Salins les Bains	11 septembre
Sie Bellefontaine	18 septembre
SIE Centre Est_Champagnole	14 septembre
SIE du plateau des Rousses	18 septembre
SIE Grandvaux	31 juillet
Baumes les Dames	14 novembre 2
SIE Haute Loue	16 octobre
SIE pl Amancey	
SIVU Plateau Maichois	13 septembre
Agglomération belfortaine	11 septembre
CC Sud Territoire	3 août
SIE Froidefontaine	27 septembre
CA du Pays de Montbéliard	6 septembre
SIE Vallée du Rupt	24 août
SIE Abbévillers	6 septembre
SIE du Lomont	24 septembre
Saint Hippolyte	24 septembre
Pont de Roide	24 septembre
SIE Abbaye 3 Rois	26 septembre
SIE de Clerval	23 août
SIE Région de Roche	1 ^{er} août
SIE Haut Plateau du Russey	23 août
Morteau_SIE Plateau des Combes	23 août
CC du Larmont	3 septembre
SIE source du Doubs	24 juillet
SIE de Joux	31 juillet

PRÉSENTATION DES ENTRETIENS PRÉALABLES

Les entretiens ont été réalisés à partir d'une grille commune pour « normaliser » les différentes interventions des différents membres du groupement d'étude.

Chaque entretien réalisé a fait l'objet d'un compte rendu, et l'ensemble des données ont été intégrées à la base de données.

DURÉE : 2heures

OUTILS UTILISÉS :

- Diaporama de présentation de l'étude.
- Base de données à consulter
 1. Extraits de cartes du secteur concerné avec délimitation des ressources majeures ;
 2. Collectivités concernées (Besoin AEP, projet en cours...);
 3. Points d'eau majeurs.

- Grille d'entretien.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS PRÉALABLES

- | | |
|--|--|
| 1/. Présentation des objectifs de l'entretien
Tour de table | > durée 5 min |
| 2/. Présentation de l'étude
Outil à utiliser : Diaporama
Présentation du SDAGE
Présentation des études RISK | > durée 15 min |
| 3/. Entretien avec l'Unité de gestion des eaux
Outil à utiliser : Grille d'entretien
Présentation de/ des ressources majeures du secteur | > durée 45 min
> durée 30 min |
| 4/. Avis sur les acteurs locaux à solliciter pour la phase 4
Outil à utiliser : Grille d'entretien | > durée 20 min |

ÉLÉMENTS DE SYNTHÈSE :

- ✓ La compilation des données de la BDD a pu être effectuée ;
- ✓ Dans l'ensemble des UGE, les besoins sont couverts ;
- ✓ 70% des UGE possèdent une interconnexion ;
- ✓ Rendement moyen des réseaux : 77%
- ✓ Évolution des besoins : stagnation (dans 50% des cas) ou augmentation de l'ordre de quelques % (seul Pontarlier prévoyait 33% d'augmentation mais ce chiffre a été revu à la baisse) ;
- ✓ Mise à jour de la BDD par rapport aux périmètres de protection. Mesures de protection intéressantes à insérer dans les scénarii de protection
- ✓ De rares problèmes de qualité.
- ✓ Prix moyen du m³ est de 1,7€ ;
- ✓ Intérêt pour les ressources karstiques présentées : 60% des UGE sont intéressées et souhaitent avoir des éléments complémentaires pour une diversification potentielle des ressources utilisées
- ✓ Listes d'acteurs locaux à solliciter en phase 4.

12.3.4. Élaboration de documents de vulgarisation :

Afin de communiquer et faire comprendre de manière simple l'étude et les enjeux de protection des ressources karstiques majeures, il a été choisi de réaliser des outils pour la vulgarisation de l'étude et de ses résultats. Ces supports illustrés sont accessibles au grand public.

Les documents réalisés ont été le fruit d'un travail collectif, où se sont associés bureaux d'études (contenu), Centres permanent d'initiatives pour l'environnement (forme et reformulation), illustrateur et graphiste.

Création d'un bloc diagramme 3D, fonctionnement du karst

Un outil pédagogique de présentation du karst a été créé dans le cadre de l'étude par l'entreprise suisse ISSKA³ associée à notre groupement de bureau.

Il a été utilisé dans les réunions de concertation (régionale et locales).

Cet outil permet de visualiser le fonctionnement du karst à partir d'un bloc diagramme en 3 dimensions d'une zone karstique fictive.

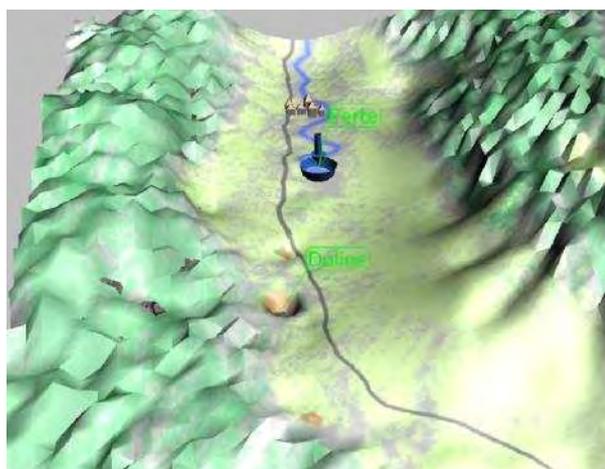
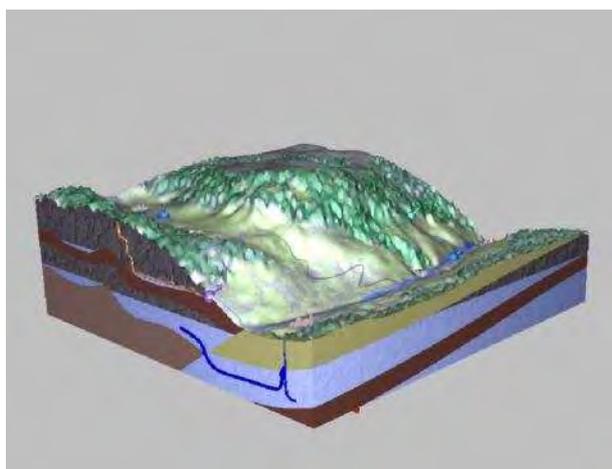
La morphologie typique du karst est représentée en surface par des lapiés, des dolines, des pertes, des vallées sèches et des gouffres. On visualise facilement le rôle des failles et des niveaux marneux imperméables.

Son utilisation est interactive, elle permet de « tourner » autour du massif karstique, de pénétrer à l'intérieur en ôtant les couches géologiques et en suivant l'itinéraire de l'eau depuis son infiltration jusqu'à l'exutoire.

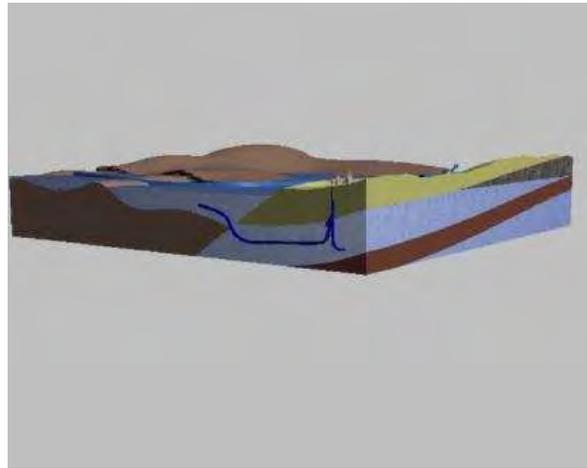
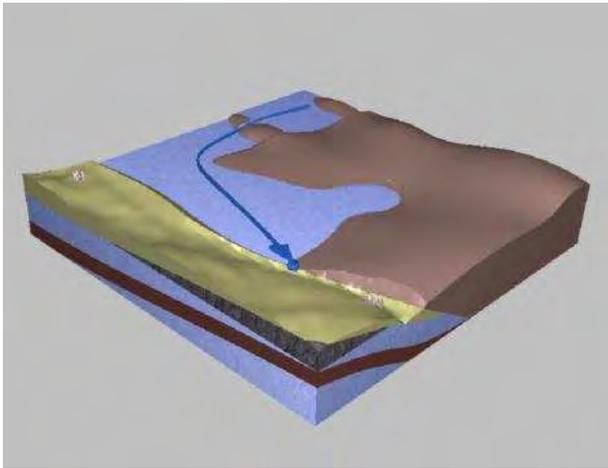
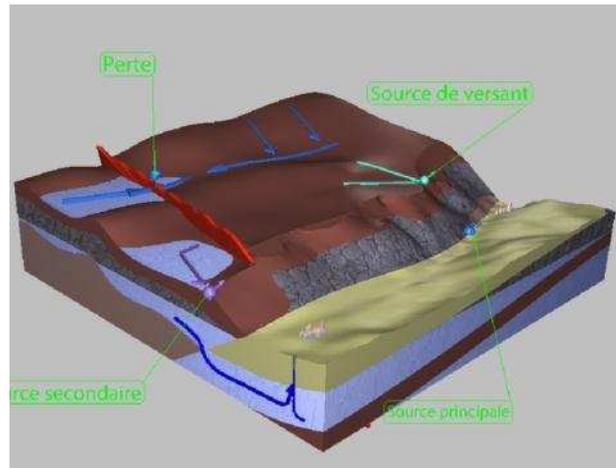
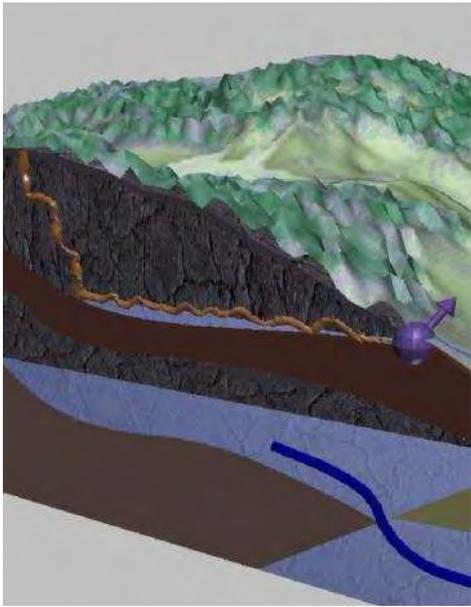
Quatre types d'exutoire sont représentés :

- source de versant (verte),
- source de type « jurassien » (violette),
- source de type « vaclusien » (bleue)
- ressource profonde exploitable par forage.

Figure 85 : Différentes vues du modèle 3D



³ Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie – CH 2301 La Chaux de Fond.



Création d'une charte graphique :

Une charte graphique a été mise en place pour permettre de mettre en valeur les différentes informations à transmettre au public.

À partir de la thématique, il a été choisi de décliner les différents éléments de la plaquette autour de deux couleurs : le vert et le bleu.

POLICES UTILISÉES :

- ✓ Candara
- ✓ Existence-Light

La charte graphique a également permis de hiérarchiser les informations.

Il a été décidé de faire apparaître les informations sur 2 niveaux :

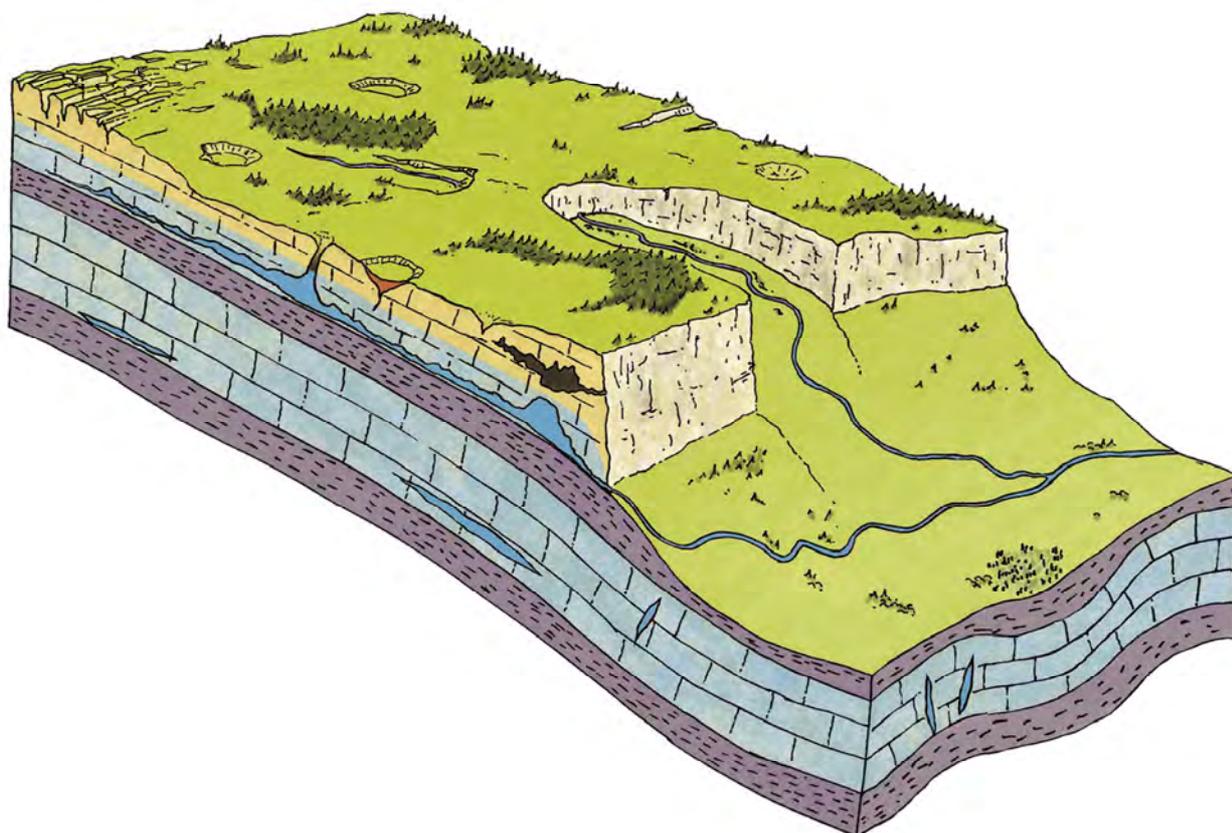
- ✓ Les données générales à l'étude : textes principaux sur fond blanc
- ✓ Informations secondaires d'aide à la compréhension (Définition simplifiée du SDAGE, impact du réchauffement climatique et origine du mot « karst ») : bulles de la forme d'une goutte d'eau, avec les textes qui apparaissent sur fond bleu

Création d'illustrations de communication :

Pour faire ressortir les idées principales, nous avons fait le choix de créer des illustrations permettant de comprendre facilement les notions abordées. L'ensemble des illustrations ont été réalisées par Thierry Mazzéo.

POUR LA PLAQUETTE

Paysage karstique :



Les risques concernant la pollution des ressources karstiques :

- ✓ Pollutions diffuses



- ✓ Pollutions accidentelles



LES FEUILLETS

Nous avons choisi d'illustrer les thèmes d'actions possibles dans le futur de manière humoristique et imagées. Ces illustrations ont également été réalisées comme supports « pédagogiques » pour illustrer les thèmes des ateliers organisés lors des réunions de concertation (régionale et locales).

Mieux connaître la ressource en eau:

Un personnage effectue des mesures d'une goutte d'eau



Mieux protéger la ressource en eau:

Un personnage prend une goutte d'eau dans ses bras



Mieux gérer la ressource en eau:

Un personnage oriente les « gouttes d'eau » en fonction de leur utilité.



Sensibiliser les publics

Des gouttes d'eau manifestent pour leurs protections.

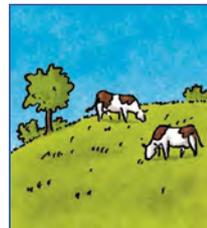


Pour les feuillets nous avons fait réaliser des pictogrammes pour illustrer les différents types d'occupation du sol.

Forêts



Prairies :



Zones urbaines et industrielles:



Cultures :

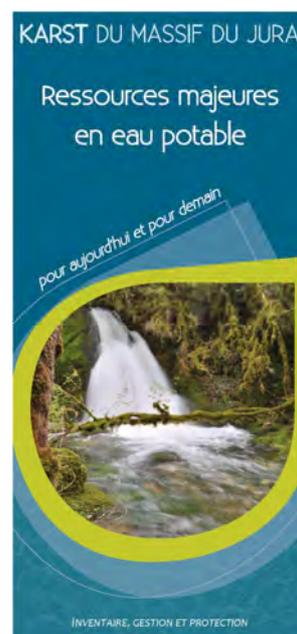


La plaquette générique à l'étude :

Une plaquette présentant l'ensemble de l'étude a été réalisée. Imprimé à 3 000 exemplaires et téléchargeable sur le site internet de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, ce document a deux utilités :

-Information des différentes personnes sollicitées pour les réunions de concertation. Ce document a été joint au courrier d'invitation.

-Information des populations sur l'étude sur l'ensemble du territoire. La diffusion se fera via les communautés de communes concernées, les unités de gestion des eaux, et les différentes institutions, organismes et/ou services publics souhaitant participer à la protection des ressources karstiques majeures.



OBJECTIFS DE LA PLAQUETTE GÉNÉRALE :

1. Présenter l'étude
2. Mobilisation des acteurs pour la phase 4

FORME DE LA PLAQUETTE

Ce document de vulgarisation et de communication a été conçu comme une « pochette » avec un rabat intérieur pour accueillir les feuillets relatifs aux différentes RKM du territoire d'étude. Il se compose de 3 volets en couleurs, et mesure 137 X 297 mm.

COMPOSITION DE LA PLAQUETTE

Couverture Recto :

- ✓ Titre et objet de l'étude.
- ✓ Photographie d'une des ressources majeures retenue

Couverture Verso:

- ✓ Contacts

Pages intérieures :

Page de gauche

- ✓ Présentation des enjeux de l'étude
- ✓ Présentation simplifiée du SDAGE
- ✓ Présentation simplifiée de la démarche d'identification des ressources karstiques majeures.

Page centrale

- ✓ Présentation du territoire d'étude
- ✓ Situation et Nom des 45 ressources karstiques majeures identifiées

Page de droite

- ✓ Présentation des risques pouvant concerner les ressources karstiques majeures
- ✓ Présentation rapide des risques liés au réchauffement climatique sur les débits des ressources.

Rabat intérieur de couverture :

- ✓ Présentation simplifiée du karst.

Figure 86 : Plaquette, couverture verso et rabat intérieur de couverture.

Le karst, c'est quoi ?

La rencontre de l'eau et du calcaire : l'eau de pluie, chargée en gaz carbonique à son passage dans le sol, acquiert l'acidité nécessaire pour permettre la dissolution de la roche calcaire.

Au cours du temps, l'eau agrandit les fissures et les fractures préexistantes dans la roche et développe de véritables réseaux souterrains qui donnent naissance à des sources.

Paysage et principaux types de formes karstiques

Calcaires secs
Calcaires saturés en eau
Marnes imperméables

Le karst est caractérisé par des formes originales :

- en surface, la morphologie est marquée par la présence de dolines, de lapiés, de pertes, d'avens, de vallées sèches, de reculées, de sources...
- en profondeur, on distingue deux zones :
 - une zone d'écoulement verticale des eaux par des cheminées karstiques (circulation rapide) et des réseaux de fines fissures (circulation lente),
 - une zone d'écoulement horizontale (zone noyée), formée de galeries et de drains souterrains.
- des réseaux karstiques fossiles existent généralement au-dessus des réseaux actifs. Ce sont les grottes et cavités visitées par les spéléologues.

Le saviez-vous ?

Le mot allemand « karst » nomme à l'origine la zone de plateaux calcaires du Nord-Ouest de la Slovénie. Le mot slave correspondant, « kras », ou en italien « carso », provient de la racine « kr » qui désigne la montagne. Ce mot a été généralisé à toutes les régions calcaires présentant une morphologie comparable.

Les documents de l'étude seront disponibles sur demande ou téléchargeables sur www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr

Agence de l'Eau
Rhône Méditerranée Corse
Département public de l'Etat

Agence de l'Eau
Rhône Méditerranée Corse
Délegation de Besançon

Immeuble le Cadran
34 rue de la Corvée
25000 Besançon
Tél : 04 26 22 31 00
www.eaurmc.fr

KARST DU MASSIF DU JURA

Ressources majeures en eau potable

pour aujourd'hui et pour demain

INVENTAIRE, GESTION ET PROTECTION

Crédits photos : Vincent Billec, Sébastien, Robert Lepoint, MFR. Illustrations : Thierry Muzard. Graphisme : CPIE Haut-Doubs Imprimerie Simon Graphie & Onisme - Printemps 2013

Figure 87 : Plaquette, pages intérieures.



Source Bleue à Malbuisson

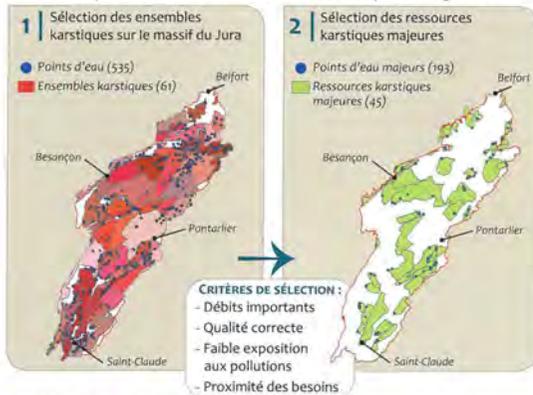
Quels enjeux ?

- L'alimentation en eau potable de nos territoires est un enjeu important pour les collectivités. Actuellement 70% des captages du massif du Jura sont d'origine karstique et permettent d'alimenter un tiers de la population.
- En 2015, le SDAGE* sera révisé. Les ressources identifiées dans le cadre de cette étude seront inscrites comme des zones à protéger pour l'alimentation en eau potable actuelle et future. Parmi les outils de préservation pré-identifiés, les acteurs locaux pourront engager les actions qu'ils jugent prioritaires.
- A ce titre, l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse a lancé une étude afin d'identifier les ressources karstiques majeures.

*Le SDAGE

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un document de planification dans le domaine de l'eau. Il fixe les orientations fondamentales d'une « gestion équilibrée » de la ressource en eau, à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée.

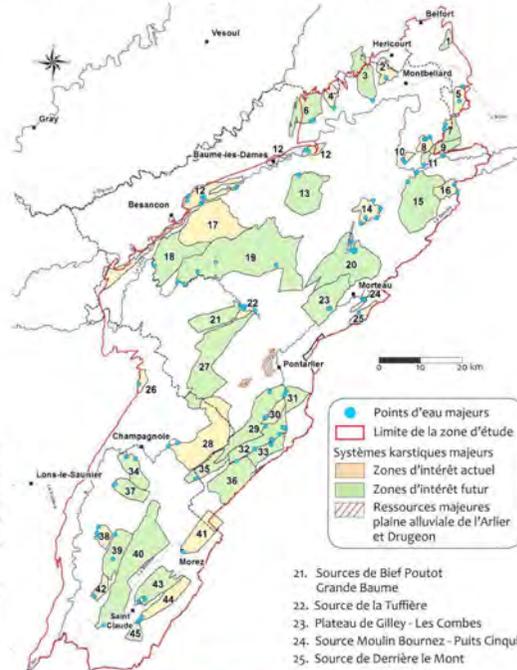
Identification des ressources karstiques majeures



- La démarche de délimitation et de protection des ressources karstiques majeures s'inscrit dans une volonté de développement durable : connaissance de ces ressources, maîtrise des flux de pollution, usages respectueux des milieux naturels et de leur biodiversité, réponses aux besoins d'alimentation en eau potable, anticipation face aux évolutions climatiques.

Quel territoire ?

Les ressources karstiques majeures concernent des zones d'intérêt actuel (ressources actuellement exploitées) et des zones d'intérêt futur (sources et quifères profonds non exploités). Elles sont réparties sur un vaste secteur de 6 500 km².



Source: BD Carthage - Agence de l'Eau RMC

NOM DE LA RESSOURCE KARSTIQUE MAJEURE

1. Karst sous couverture Belfort
2. Source des Beaumettes
3. Source de Lougres
4. Fontaine du Crible
5. Source du Val - Trou de la Doux
6. Sources Gourdeval - Sarre
7. Source de la Doue - Forage Jean Burnin (Suisse)
8. Sources de la Laronsse - Creuse Forage du Vallon
9. Source Ronde Fontaine (Suisse)
10. Sources Oeil de Boeuf - Oeuches
11. Source Château de la Roche
12. Karst profond de la vallée du Doubs
13. Sources Noire - Allox
14. Plateau de Chamesey - Source de Froidefontaine
15. Source du Bief de Brand
16. Sources de Blanchefontaine - La Forge
17. Sources Arcier - Bergeret
18. Source du Bief
19. Sources du Malne - Ecourot
20. Sources du Dessoubre - Bief Ayroux
21. Sources de Bief Poutot Grande Baume
22. Source de la Tuiffière
23. Plateau de Gilley - Les Combes
24. Source Moulin Bournez - Puits Cinquin
25. Source de Derrière le Mont
26. Source de la Furieuse
27. Source Baume Archée
28. Sources de l'Ain - Papeterie
29. Synclinal Val de Saint Point
30. Sources Schlumberger Grande source Bleue
31. Source Martin
32. Synclinal Val de Rochejean - Métabief
33. Sources C Tunnel du Mont d'Or La Creuse
34. Source de Balerne et Bief de la Reclule
35. Source de la Saine
36. Source du Doubs
37. Sources de Fontenu - du Moulin
38. Sources des Gines - Le Pas
39. Source de la Gongone
40. Source de l'Enragé
41. Source de l'Arce
42. Source du Pont des Arches
43. Trou de l'Abime
44. Sources des Foules - Montbrillant
45. Bief Noir



Dolines à Obergrünchenberg

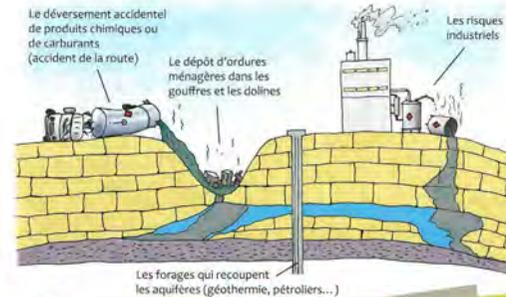
Quels risques ?

Le karst est un milieu vulnérable vis-à-vis des pollutions extérieures. Il est caractérisé par l'existence de zones d'infiltration préférentielle à circulation rapide (dolines, gouffres, pertes...). Le karst est un milieu complexe avec des circulations parfois surprenantes comme l'alimentation de la Loue par le Doubs, mise en évidence par l'incendie des usines Pernod à Pontarlier en 1901.

Pollutions diffuses dans les zones vulnérables



Pollutions accidentelles dans les zones vulnérables



Le saviez-vous ?

Aujourd'hui 30% des captages présentent, en été, des baisses de débits problématiques. Un bilan récent des connaissances réalisé par l'Agence de l'Eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse expose les perspectives d'évolution climatique. Elle prévoit, dans les 30 ans à venir, une diminution de débit sur la Loue et le Doubs (en période de sécheresse) de 25 à 50 %.

Ces constats doivent conduire à une réflexion sur la diversification de l'alimentation en eau potable. Les ressources karstiques majeures peuvent répondre à ce besoin.

Les feuillets spécifiques à chaque ressource :

OBJECTIFS DES FEUILLETS :

1. Présenter des données précises sur chaque ressource
2. Donner des pistes de protection, gestion, connaissance et sensibilisation pour les acteurs locaux

FORME DU FEUILLET

45 feuillets ont été réalisés et correspondent aux 45 ressources karstiques majeures identifiées.

Ce document en couleur, de même format que la plaquette pliée (137 X 297 mm), vient se glisser à l'intérieur de la plaquette.

Ce choix de format permet de cibler la diffusion. En effet, les institutions, organismes et/ou services publics peuvent avoir besoin de l'ensemble des 45 feuillets.

Les unités de gestion, les communautés de communes, ..., quant à elles auront des besoins plus locaux, et se verront remettre les RKM situées sur leur territoire.

Pour faciliter l'accès aux différents supports, l'ensemble des documents de communication seront téléchargeables sur le site internet de l'Agence de l'Eau « Rhone-Méditerranée-Corse » : www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr

COMPOSITION DU FEUILLET

Recto :

- ✓ Titre détaillé de l'étude.
- ✓ Carte de situation de la ressource
- ✓ Nom de la ressource et numéro de référence présentée à l'intérieur de la plaquette générique
- ✓ Données générales sur la ressource (intérêt, superficie, ...)
- ✓ Présentation des points d'eau de la ressource (nom, captage, collectivité utilisatrice, débit moyen prélevé, débit critique)
- ✓ Carte IGN de localisation et délimitation de la ressource
- ✓ Présentation rapide de la ressource

Verso:

- ✓ Présentation du fonctionnement d'une ressource karstique (circulation des eaux, pollutions, ...)
- ✓ Photographie de la ressource
- ✓ Occupation du sol de la ressource karstique
- ✓ Proposition de pistes pour le futur, permettant d'orienter les collectivités locales pour la protection et la gestion des ressources. Ces propositions sont organisées en 4 catégories :
 - Mieux connaître
 - Mieux protéger
 - Mieux gérer
 - Sensibiliser les publics

12.4. Mobilisation des acteurs

Les CPIE du Haut-Jura et du Haut-Doubs, de par leurs compétences pédagogiques et en accompagnement au changement, utilise des techniques d'animation dynamiques, permettant aux différentes personnes présentes de participer et de s'exprimer.

Suite aux différents échanges entre l'Agence de l'eau, et le groupement d'étude, la technique d'animation des réunions « World Café » a été retenue.

Les réunions de type « World café » permettent de répartir les participants dans différents ateliers thématiques où un référent est chargé de collecter les propos échangés. Cette technique permet de faire s'exprimer les participants en groupe, tout en modifiant la composition des groupes lors de chaque atelier et ainsi effectuer un « brassage » des participants et des idées.

Chaque personne présente reçoit, en début de réunion, un ordre de passage d'atelier (chaque participant n'a pas le même ordre de circulation pour favoriser le brassage).

À la fin de la réunion, chaque participant est passé par tous les ateliers et a pu échanger avec des personnes différentes.

Cette technique d'animation a été utilisée pour la réunion régionale et les réunions locales.

12.4.1. La réunion régionale

OBJECTIFS GÉNÉRAUX :

1. Porter à connaissance des acteurs régionaux l'étude
2. Travailler sur les thèmes principaux pour l'avenir des ressources : Acquisition des connaissances, Gestion et Protection.

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS :

1. Consolider la boîte à outils ;
2. Discuter des scénarii ;
3. Sensibiliser/mobiliser des institutionnels ;
4. Transférer aux acteurs locaux

Il a été choisi de faire travailler les participants sur 3 thématiques :

- ✓ "Connaitre et faire connaitre les ressources majeures"
- ✓ "Mieux gérer les ressources (actuelles et futures)"
- ✓ "Et l'eau potable pour demain?" (dans 20, 30 ou 40 ans)

DÉROULEMENT DE LA REUNION REGIONALE

SEQUENCES	DUREE
1. Accueil et présentation de l'objet de la réunion	5 minutes
2. Présentation de l'étude	10 minutes
3. Présentation du Karst	10 minutes
4. Présentation des RKM concernées et des feuillets v.0	15 à 20 minutes
5. Présentation du fonctionnement des ateliers (règles du jeu)	10 minutes
6. Temps préparatoire individuel	10 minutes
7. Ateliers (3 X 20 minutes)	60 minutes
8. Synthèse	30 minutes
TOTAL	≈ 2 h 35
<i>Battement, installation, déplacements...</i>	<i>10-20 minutes</i>
TOTAL REUNION	2h45 – 3h00

Les premières séquences de la réunion ont été consacrées à la présentation de l'étude, et des éléments de compréhension nécessaires à l'expression des participants lors des ateliers thématiques.

Les participants ont eu un temps de travail préparatoire individuel avant le lancement des ateliers.

Cela a permis de réfléchir aux différentes actions portées par leurs structures et administrations.

Ce travail s'est fait sur un support papier distribué en début de réunion.

LES ATELIERS « WORLD-CAFÉ » :

Les ateliers de travail ont été répartis dans l'espace afin de faciliter la discussion et les échanges des participants. Chaque atelier était numéroté de 1 à 3.

Sur chaque table d'atelier, des supports permettaient de prendre note des différents échanges et idées émises, tout en structurant les points à aborder.

Ces supports présentaient :

- ✓ Le titre de l'atelier
- ✓ les actions réalisées actuellement et celles qui peuvent être envisagées dans le futur.
- ✓ les relais au niveau local.

Ressources karstiques majeures pour l'alimentation en eau potable (AEP)			
AUJOURD'HUI		DEMAIN	
Les actions existantes	Liens entre acteurs	Les actions à envisager	Liens entre acteurs
-		-	
-		-	
-		-	
-		-	
Quels sont les relais au niveau local ?			

DÉROULEMENT DES ATELIERS:

- ✓ La « mémoire de table » ou animateur de l'atelier (membre du groupement d'étude) reste sur la même table thématique tout au long de l'animation
- ✓ L'animateur principal de la réunion passe entre les tables pour aider aux débats ou questionnements si besoin. C'est également le gardien du temps qui indique quand il faut changer de table.
- ✓ Déroulé des 20 mn :
 - Accueil des participants
 - présentation très rapide du thème de l'atelier
 - Au bout de 15 min, reformulation de toutes les idées émises pour être sûr des idées fortes qui sont ressorties des discussions.
- ✓ À la fin de l'ensemble des ateliers, c'est-à-dire après l'heure de travail par groupe, chaque mémoire de table présente les idées émises à l'ensemble des participants (10 minutes/ atelier). Cette phase représente la synthèse de la réunion.

OUTILS UTILISÉS :

- ✓ Badges distribués à l'accueil de la réunion, permettant d'identifier facilement les différentes personnes prenant la parole.
- ✓ Nappes de couleurs (pour que l'ambiance de la salle soit agréable et propice à la réflexion)
- ✓ Titres et illustrations des trois thèmes (illustrations utilisées dans les feuillets des RKM)
- ✓ Feuilles pour chaque atelier (avec mise en page identique pour l'ensemble du projet) et pour les animateurs (Taille de feuille de Paper-board)
- ✓ Étiquette des ordres de passage et d'expression individuelle
 Format A5 : *recto* : ordre de passage,
verso : élément de réflexion individuelle :

RECTO :

KARST DU JURA

Ressources karstiques majeures
en eau potable
pour aujourd'hui et pour demain

Réunion régionale – 28 mars 2013

Ordre de passage :

ATELIER 1 :
Connaître et faire connaître les ressources majeures

ATELIER 2 :
Mieux gérer les ressources (actuelles et futures)

ATELIER 3 :
Et l'eau potable pour demain (dans 20, 30 ou 40 ans) ?



VERSO :

Ressource karstique majeure
pour l'alimentation en eau potable

ET VOUS ?

1. Quelles sont les actions de votre service en lien avec la ressource en eau

.....

.....

.....

2. Quels sont les partenariats à privilégier dans le futur ?

.....

.....

.....



La réunion régionale s'est déroulée dans les locaux de l'agence de l'eau à Besançon le 28 mars 2013. 42 administrations et services ont été invités et 20 personnes ont participé à la réunion.

SYNTHÈSE DES ATELIERS :

ATELIER N°1 : Connaître et faire reconnaître les ressources majeures

AUJOURD'HUI

ACTIONS EXISTANTES
<ul style="list-style-type: none"> - Plans d'épandages (connaissance des sols) - Base de données sur les traçages gérée par la DREAL Franche-Comté - Périmètres de protections des captages - Inventaire des dolines par la DDT 25 - Plan « Ecophyto » (sensibilisation des différents publics) - Zonages (SCOT, PLU, ...) => pour appliquer, interdire - Intégration des RKM au schéma directeur départemental de l'eau potable du Jura

DEMAIN

TYPE D'ACTION	PUBLIC	ACTION
PORTER À CONNAISSANCE LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR	<ul style="list-style-type: none"> - Élus - Agriculteurs, - Forestier - Industriels - Propriétaires de parcelles 	<ul style="list-style-type: none"> - Communiquer de manière régulière (affichage, diffusion de documentation, réunions,...) sur les zonages et les mesures et les réglementations relatives à ces zones - Mise en ligne des différentes informations (ex : inventaire des dolines)
	<ul style="list-style-type: none"> - Administrations 	<ul style="list-style-type: none"> - Porter à connaissance les zones sensibles aux services instructeurs (ex : Permis construire)
COMMUNICATION, SENSIBILISATION SUR LE FONCTIONNEMENT DU KARST	<ul style="list-style-type: none"> - Élus - Grand public - scolaires - agriculteurs,-forestiers - acteurs de l'urbanisme - Professionnels des travaux publics 	<ul style="list-style-type: none"> - Diffusion de documents de vulgarisation - Diffusion de reportage, émission sur les médias locaux et régionaux (TV, radio, presse)
	<ul style="list-style-type: none"> - Conseil régional de Franche-Comté 	<ul style="list-style-type: none"> - Relier les RKM au schéma régional « Air Energie »
COMMUNICATION GÉNÉRALE	<ul style="list-style-type: none"> - Habitants des communes sur les territoires des RKM 	<ul style="list-style-type: none"> - Symboliser physiquement les périmètres des RKM (mise en place de panneaux, faire apparaître les limites sur les cartes IGN) - Informer tous les citoyens de la présence d'une RKM sur sa commune
	<ul style="list-style-type: none"> - Abonnés /Usagés 	<ul style="list-style-type: none"> - Diffusion d'information sur le Karst et les RKM en accompagnement des factures d'eau.
	<ul style="list-style-type: none"> - Communes situées sur les territoires des RKM 	<ul style="list-style-type: none"> - Communication spécifique pour toutes les communes situées sur les territoires des RKM. - Diffusion des plaquettes aux conseils municipaux, communautaires - Organisation de réunions locales
	<ul style="list-style-type: none"> - Scolaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Organiser des visites des installations de traitement et de distribution des eaux. - Diffuser le bloc 3D de présentation du fonctionnement du karst aux enseignants
	<ul style="list-style-type: none"> - Tout public 	<ul style="list-style-type: none"> - Organiser des événementiels (fête de l'eau, portes ouvertes,...) au niveau des bassins et des captages prioritaires
	<ul style="list-style-type: none"> - Administrations 	<ul style="list-style-type: none"> - Communication interne entre les services pour pouvoir être cohérent et communiquer auprès des élus.
	<ul style="list-style-type: none"> - Agence de l'eau, Conseil régional, Conseils généraux, UGE, collectivités locales... 	<ul style="list-style-type: none"> - Porter, réaliser et financer des études complémentaires pour mieux connaître les ressources (quantité et qualité) des RKM. - Réaliser des études d'évaluation du coût/de la valeur économique de la ressource et de la préservation pour faire prendre consciences de l'importance de la ressource et lui donner une notion de « Patrimoine »
CONTRÔLE, POLICE	<ul style="list-style-type: none"> -ONEMA, -ONCFS -gendarmerie 	<ul style="list-style-type: none"> -Mettre en place un règlement pour la protection des RKM, et faire effectuer des contrôles.

ATELIER 2 : Mieux gérer les ressources (actuelles et futures)

AUJOURD'HUI

Actions existantes
<ul style="list-style-type: none"> - Périmètres de protection des sources et réglementations en vigueur - Grenelle : captages prioritaires (recommandations pour assainissement et constructions...) - Outils d'autorisation - Rendement réglementaire (depuis janvier 2012) pour les réseaux d'alimentation en eau potable. - Sensibilisation auprès du monde agricole, scieries. - Inventaire du patrimoine géologique (atlas) - Dans le monde agricole : maîtrise des intrants ; projet éco-phyto ; installations qui se rénovent et qui se mettent aux normes. - Inventorier, préservation et communication sur les zones humides

DEMAIN

ACTIONS À ENVISAGER
- Le SDAGE doit définir les moyens de protection. A minima figer la situation actuelle. La préserver lorsqu'elle est satisfaisante.
- A minima, avoir une vigilance accrue sur l'application de la réglementation générale sur les captages existants
- Analyser les eaux qui seront ensuite distribuées (filtration, désinfection) quelque soient leurs origines.
- Maitriser les rejets d'assainissement et les déversoirs d'orage
- Augmenter les aides des MAET à proximité de certains captages ou dans des zones reconnues sensibles.
- Veille sur le long terme pour accompagner le monde agricole et les collectivités (sensibilisation, participation des associations telles qu'Interbio, FREDON...)
- Inscrire une réglementation relative aux ressources potentielles dans la loi pour l'Eau
- Amélioration des rendements des réseaux d'AEP
- Créer un Plan de prévention des risques spécifique au karst ?
- Différencier la protection de la non-dégradation
- Urbanisation : identifier les zones à risques (= géotope)
- Stocker de l'eau pour l'agriculture
- Inventorier et protéger les dolines (27 000 sur la Franche-Comté) sur l'ensemble du territoire d'étude
- Reforestation sur certains secteurs
- Création d'un label pour ces territoires. Cela permet d'avoir un point de vue positif. (Ex : La Bisontine).

ATELIER N°3 : Et l'eau potable pour demain ? (dans 20, 30 ou 40 ans)...

TYPE D'ACTION	ACTEURS	ACTION
CONSUMMATION	-Syndicats de distribution -Associations d'éducation à l'environnement,	-Inciter à la baisse de la consommation d'eau potable (ex : mousseurs, débitmètres,...)
	-Collectivités territoriales, -État pour la réglementation, -Europe.	-Modifier l'assiette de recouvrement des redevances AEP et assainissement.
GESTION	- Syndicats de distribution - Collectivité (arrosage espaces verts)	-Réutilisation des Eaux potables -Réutilisation des Eaux Usées. -Étudier les possibilités de gestion active sur certains systèmes -Sécurisation des ressources
	-ARS	-Encadrement juridique des constructions
	-Syndicats	-Travaux de recherche en eau, de raccordement vers d'autres collectivités
	-Urbanisme	-Ré-infiltration des eaux pluviales. Nouveau lotissements ou ZAC
	-Collectivités	-Double circuit : privé (particulier) / public (PRPE)
	-Collectivités, syndicats	-Inciter aux économies d'eau (tarif progressif). Et utiliser de l'eau potable pour la consommation et non pour les WC par exemple -Reprendre les captages abandonnés ou autres sources pour l'utilisation agricoles et industrielle
	-Urbanisme	-Intégrer les RKM dans les documents d'urbanisme (SCOTT, PLU,...)
	-ARS	-Établir l'évolution passée de la qualité de l'eau potable distribuée (pesticides, nitrates, turbidité, microbiologie,...) à partir des documents des Agences Régionales de la Santé. But : tendance sur les 10-20 dernières années
	COMMUNICATION GÉNÉRALE	-Association d'éducation à l'environnement - chambre agriculture.
-Syndicats de gestion des eaux		- Informer les usagers avec des documents qui accompagnent les factures d'eau
-Agence de l'eau, collectivités		-Faire circuler des expositions sur le karst dans les lieux et manifestations de la région
-Hydrogéologues -Éducation à l'environnement		-Démarche de sensibilisation aux réglementations (porter à connaissance) auprès des maires et des pouvoirs judiciaires. -Sensibilisation des procureurs.
SENSIBILISATION	SDAGE	-Estimer l'impact d'un forage de prélèvement d'eau
CONTROLE , POLICE	?	-Obligation de rechercher la source de pollution, si découverte de substances dangereuses :
		-Rétablir une police de l'environnement (Garde champêtre)

12.4.2. Les réunions locales

OBJECTIFS GÉNÉRAUX :

1. Sensibiliser les acteurs locaux aux problématiques des eaux souterraines
2. Proposer les outils pour que les acteurs locaux s'approprient les enjeux des ressources karstiques majeures (RKM)
3. Capitaliser les données du territoire à partir des échanges avec les acteurs locaux
4. Identifier les freins sur le terrain ou les conditions à réunir pour envisager la préservation des ressources

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS :

1. Capitaliser les données du territoire à partir des échanges avec les acteurs locaux
2. Transférer les enjeux de protection et de non-dégradation aux acteurs locaux
3. Adapter l'encadré « sensibiliser » de chaque feuillet en fonction des actions déjà menées
4. Faire évoluer et valider les feuillets de chaque RKM

DÉCOUPAGE DU TERRITOIRE :

Pour organiser les réunions locales, le groupement d'étude a réalisé un zonage du territoire d'étude. 10 secteurs ont été définis, ce qui a donné lieu à la tenue de 10 réunions de concertation.

MOBILISATION ET INVITATIONS AUX REUNIONS LOCALES :

- > Les dates et lieux de réunions ont été pris par les différents membres des groupements d'études.
- > Les horaires ont été fixés en fin de journée, après un rapide sondage effectués auprès des élus.
- > Les envois des invitations ont été réalisés par l'agence de l'eau. Ces invitations se composaient :
 - ✓ D'un courrier d'invitation ;
 - ✓ De la plaquette de l'étude ;
 - ✓ Des feuillets présentant les RKM de la zone de réunion ;
 - ✓ De la carte de découpage du territoire pour les réunions locales ;
 - ✓ De la liste des invités.

L'agence de l'eau a décidé que les invitations seraient envoyées aux communautés de communes de chaque zone définie, en leur demandant de transférer l'invitation aux communes et personnes concernées. Nous avons pu constater la limite de ce mode de diffusion, puisque toutes les collectivités n'ont pas le même mode de fonctionnement. Certains territoires ont « joué » le jeu, d'autres non.

Un mail de relance avec les documents en pièces jointes a été envoyé à toutes les collectivités et structures concernées.

Les services et administrations ayant participé à la réunion régionale ont également été invités, mais la fréquentation de ces institutionnels a été relativement faible.

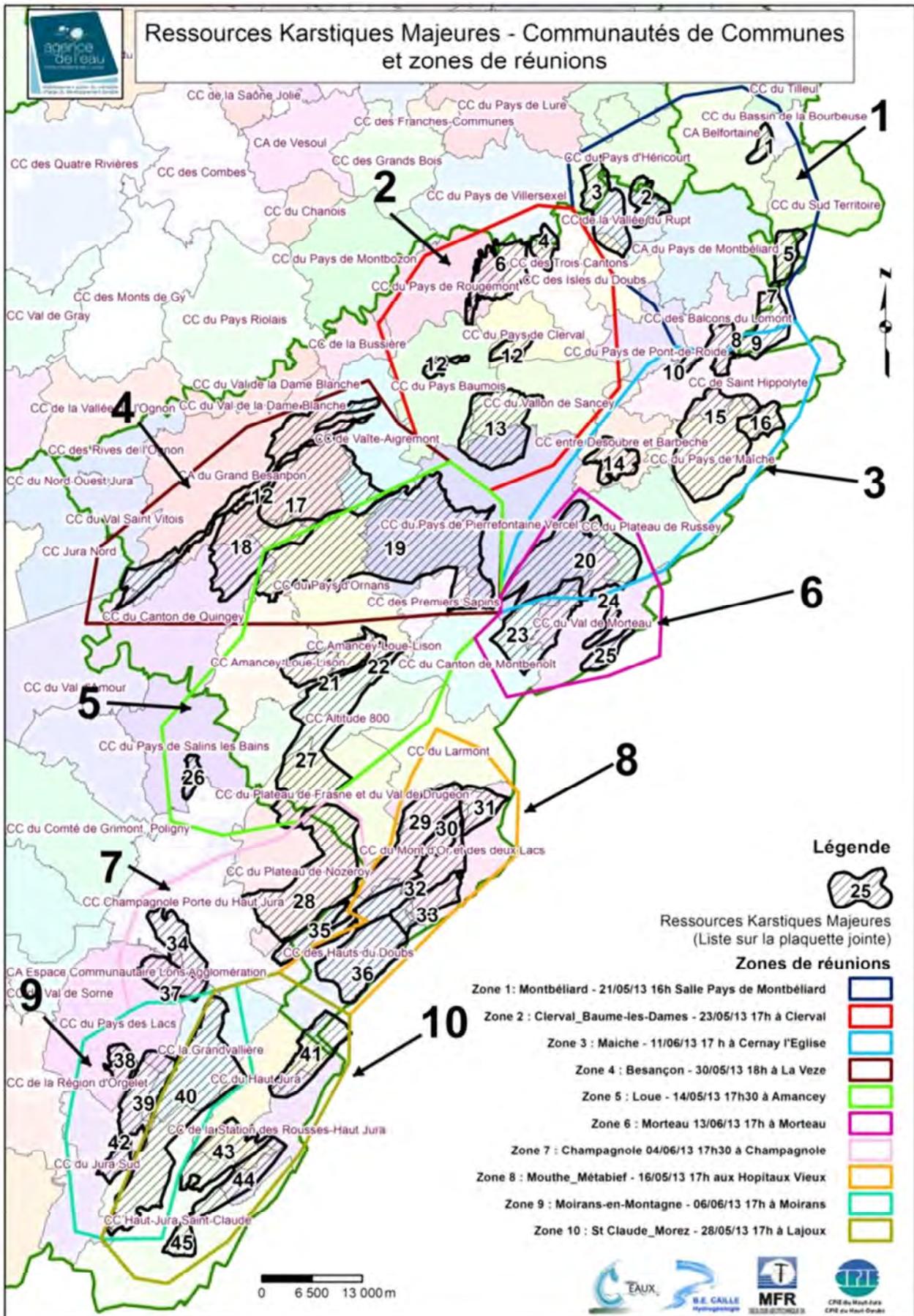
QUELQUES CHIFFRES :

- > 10 réunions réalisées entre mai et juin 2013
- > Nombre total de participants : 84
- > Fréquentation très variable : entre 3 et 17 personnes
- > Répartition :
 - ✓ 58 % des participants étaient des élus
 - ✓ 42 % des participants étaient des techniciens (Communautés de communes, CG 25 et 39, UGE, EPTB, ONF, PNR du Haut-Jura, Chambre d'agriculture,...)

Tous les échanges ont été riches et constructifs.

La fréquentation variable de ces réunions n'a pas influencé les propositions issues des réunions (nombreuses et de qualité).

Figure 88 : Carte des zones de réunions locales.



DÉROULEMENT DES RÉUNIONS LOCALES

SÉQUENCES	DURÉE
1. Accueil et présentation de l'objet de la réunion	5 minutes
2. Contexte de l'étude	5 minutes
3. Présentation du Karst	7 minutes
4. Présentation de l'étude	7 minutes
5. Présentation des RKM concernées et des feuillets v.0	15 minutes
6. Présentation du fonctionnement des ateliers (règles du jeu)	10 minutes
7. Ateliers de concertation	60 minutes
8. Synthèse	30 minutes
TOTAL	≈ 2 h 20
Battement, installation, déplacements...	10-20 minutes
TOTAL RÉUNION	2h45 – 3h00

Les premières séquences de la réunion ont été consacrées à la présentation de l'étude et des éléments de compréhension nécessaires à l'expression des participants lors des ateliers thématiques.

Contrairement à la réunion régionale les participants n'ont pas eu de temps de travail préparatoire individuel avant le lancement des ateliers de concertation.

LES ATELIER DE CONCERTATION :

Contrairement à la réunion régionale, et pour nous adapter facilement au nombre de participants aux réunions, seules deux thématiques ont été proposées :

- ✓ Gérer et protéger les ressources
- ✓ Sensibiliser les publics

En fonction du nombre de personnes présentes, nous avons réalisés :

- ✓ les ateliers successivement (3 < nbre de participant < 6)
- ✓ Rotation des ateliers (nbre de participant > 6)
- ✓ Les premières séquences de la réunion ont été consacrées à la présentation de l'étude, et des éléments de compréhension nécessaires à l'expression des participants lors des ateliers thématiques.
- ✓ Le modèle 3D présentant le fonctionnement des réseaux karstiques a été présenté de manière détaillée. Cette présentation a permis aux participants de comprendre les différents types de sources, les fonctionnements des écoulements des eaux en milieu karstique, et de faire les rapprochements avec la réalité de leur territoire.

Sur chaque table d'atelier, des supports de même format que ceux utilisés lors de la réunion régionale étaient présents. Ces supports ont servi d'outil d'expression et de mémoire d'atelier.

Ressources karstiques majeures pour l'alimentation en eau potable (AEP)		
ATELIER n°1 : GERER ET PROTEGER LES RESSOURCES		
Actions à poursuivre	Actions à envisager	Liens entre acteurs
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

✓ DÉROULEMENT DES TEMPS D'ATELIER :

> Accueil des participants

> Présentation très rapide du thème de l'atelier (et des idées déjà exprimées).

> Au bout de 15 min, reformulation de toutes les idées émises pour être sûr des idées fortes qui sont ressorties des discussions.

À la fin de l'ensemble des ateliers, c'est-à-dire après l'heure de travail par groupe, chaque mémoire de table présente les idées émises à l'ensemble des participants (5 minutes pour ressortir les idées/5 min de présentation au groupe). Cette phase représente la synthèse de la réunion.

✓ OUTILS UTILISES :

> Badges pour inscrire les noms des participants, et structures et faciliter l'identification des personnes dans les temps de prise de parole

> Nappes de couleurs (pour que l'ambiance de la salle soit agréable et propice à la réflexion)

> Titres et illustrations des deux thèmes (illustrations utilisées sur les feuillets)

> Feuilles pour chaque atelier (avec mise en page identiques à l'ensemble du projet) pour les mémoires de table (Taille de feuille de Paper-board)

SYNTHÈSE DES ATELIERS :

ATELIER N°1 : Gérer et protéger les ressources majeures

THEME	LES ACTIONS À POURSUIVRE	LES ACTIONS À ENVISAGER	REMARQUES
AGRICULTURE	- Contrats annuels entre syndicat des eaux / Agence de l'eau / FREDON /Chambre d'Agriculture	- Besoins de financement pour faire réaliser des projets et actions.	-Besoin de coordination entre les actions déjà menées
		- Déclinaison du SDAGE en SAGE sur tout le territoire	-Création de « Commission Locale de l'Eau »
		- Développer la production de biogaz (Méthanisation du lisier)	
		- Favoriser le développement des haies	
	- Maintien des pratiques agricoles et les améliorer lorsque la ressource reste bonne		-Manque de cohésion entre professionnels
		- Avoir des moyens financiers plus importants pour les Mesures Agroenvironnementales	-Les agriculteurs Suisses exploitants en France n'ont pas de subvention.
		- Simplification de l'accès aux terres agricoles (en Agriculture bio par exemple)	
	- Délimiter les bassins versants des parcelles agricoles à risque		
	- Adapter les cultures selon la vulnérabilité des sols.		
	- Communication des arrêtés de protection lorsqu'il y a changement d'agriculteur		
	-Favoriser l'utilisation de paille pour faire du fumier		

THEME	LES ACTIONS À POURSUIVRE	LES ACTIONS À ENVISAGER	REMARQUES
UNITÉ DE GESTION DES EAUX	- Améliorer l'état et le rendement des réseaux d'assainissement	- Maîtrise des effluents des eaux usées.	- Les communes s'essoufflent. Il faut des financements pour poursuivre les actions engagées. Les subventions sont en baisse.
		- Mettre en place des forfaits pour l'assainissement des eaux grises provenant des eaux de pluie récupérées.	
		- Collecter le pluviale pour l'infiltration en milieu souterrain	
		- Augmenter les aides aux petites communes rurales pour l'assainissement	
	- Mise en place de conventions avec les agriculteurs sur les périmètres de protection (ex : Problème d'épandage de purin...)		- Importance de l'utilisation de diplomatie et des démarches de concertation
		- Renouveler les compteurs d'eau chez les particuliers	- ARS et syndicats des eaux
		- Mettre en place la tarification différenciée sur certaines périodes sur la base des jours de pointe (ex : système EJP pour l'électricité)	
		- Analyser les produits pharmaceutiques dans les STEP, fixer des normes et étudier comment les traiter	
		- Cibler les ressources prioritaires pour la protection des ressources	
	- Améliorer le fonctionnement des STEP	- Meilleure formation du personnel technique	
	- Mieux aménager les points de rejet	- Développer les réseaux séparatifs	
	- SPANC – Contrôler l'efficacité des installations individuelles (surtout les anciennes, même s'il n'y a pas de vente immobilières)		
		- Augmenter le prix de l'eau	
	- Documents d'urbanisme généralisés	- Encourager les citernes individuelles et établir une réglementation pour la participation financière à l'assainissement	

THEME	LES ACTIONS À POURSUIVRE	LES ACTIONS À ENVISAGER	REMARQUES
COLLECTIVITÉS	- Objectif ZERO phytosanitaire	- Il faudrait l'étendre (voir imposer) ce programme à toutes les collectivités du territoire d'étude.	- Ces actions doivent s'accompagner de campagne de sensibilisation pour informer les usagers et les agents des collectivités
	- SAGE : travail sur la sécurisation des ressources et la mise en place des interconnexions.	- Besoin de rechercher des informations sur la qualité et la quantité avant l'exploitation pour les points d'eau non captés.	- Il faut de la concertation.
	- Favoriser les contrats de rivière		
	- Pérenniser la protection des AAC pour les pollutions diffuses		
		- Harmoniser les législations entre les différents départements (ex : carrière au Nord de Fontaine du Crible= département 25 : non autorisation, département 70 : autorisation)	
		- Mutualiser la ressource en eau comme EDF, téléphone pour avoir un prix national et non local...	
		- Protéger les dolines	
	- Poursuivre les études portées par l'AE	- Maitrise d'ouvrage AE - Avec les collectivités locales - Définir la qualité et la quantité - Délimiter certaines aires d'alimentation de ressources - Gestion active (acquérir des données : quoi, où, comment)	
		- Mener des études complémentaires sur les RKM (quantité, qualité,...)	
		- Centralisation de toutes les données par l'AE, pour favoriser la diffusion des informations	
	- Réactualiser les inventaires des anciennes décharges	- Inventorier les friches industrielles	
		- Réviser les périmètres de protection : évolution du cadre législatif	
		- Coordination des services à améliorer (réunions, beaucoup de réflexion) Tutelle → conseils généraux plutôt que l'État	- Éviter de reproduire les mêmes études par deux porteurs différents (ex : Préfecture et Conseil Général 39)
		- Interdire les forages (exploration et exploitation des gaz des schistes.)	
		- Faire circuler l'information des cartes de vulnérabilité et de risques	
	- Protection des zones humides - Reconstitution des zones humides - Programme Natura 2000		

THEME	LES ACTIONS À POURSUIVRE	LES ACTIONS À ENVISAGER	REMARQUES
COLLECTIVITÉS (suite)		- Chercher à créer des structures qui « portent », « gèrent » la protection des ressources potentielles (ex : les Conseils généraux)	
		- Taxer les produits phytosanitaires (prendre l'exemple de l'essence)	
INDUSTRIES	- Gestion des rejets industriels		
VOIES DE COMMUNICATION		- Aménager les routes nationales pour la prévention des risques (idem autoroutes) pour réduire les risques liés à la circulation des poids lourds	
FORET	- Utilisation d'huiles biodégradables pour les exploitations forestières situées sur les périmètres de protection	- Adapter le règlement ONF sur l'utilisation des huiles biodégradables + contrôles systématiques sur les périmètres des RKM	- Difficulté de contrôler les exploitants forestiers
		- Réglementer les traitements phytosanitaires sur les forêts situées sur les périmètres des RKM	
		- Interdire les coupes blanches sur les périmètres des RKM	
		- Interdire les regards sur les conduites d'adduction en pleine forêt	
		- Favoriser les aires de stockage + arrosage (à développer en sites contrôlés et avec collecte des eaux) :	- La gestion de la forêt est différente entre ONF et autres forestiers (privé).
	- Cartographie pédologique par forêt communale soumise à plan de gestion (document publique)		

ATELIER N°2 : Sensibiliser les publics

PUBLIC	LES ACTIONS À POURSUIVRE	LES ACTIONS À ENVISAGER	REMARQUES
PARTICULIERS/ CONSOMMATEUR	- plaquette sur l'alimentation en eau potable réalisée par l'ARS	- Favoriser sa diffusion sur l'ensemble du territoire d'étude	Est-ce opportun de communiquer trop précisément sur des ressources karstiques avec un risque de pollution mal intentionné ? Faire passer des messages positifs et pas toujours moralisateurs
	- Bulletin de l'ARS joint à la facture d'eau (qualité, dureté...)		
	- donner des informations de sensibilisation dans les bulletins municipaux et communautaires.		
		- Communiquer et expliquer la gestion de l'eau localement.	
	- Un film sur l'Allaine a été conçu par des étudiants dans le cadre du contrat de rivière et diffusé sur le site internet	- Multiplier les films de communication sur tous les territoires de la zone d'étude	
	- Sensibilisation du grand public à travers un programme de conférences sur le thème du jardinage biologique en faisant appel à des intervenants extérieurs	- Mutualiser les moyens et rendre accessibles les conférenciers. - Organiser une tournée de conférence sur l'ensemble du territoire d'étude	
		- Faire un inventaire et un bilan de ce qui existe en matière de communication et de sensibilisation Le diffuser à tous les acteurs pouvant être concernés	
SCOLAIRE	- possibilité de faire des visites de stations de pompage.		- Trouver les financements pour mener des actions pédagogiques avec des professionnels, et pour les déplacements en bus
	- Renforcer les actions d'éducation sur les différentes thématiques de l'eau et pour tous les niveaux scolaires		
	- Travail avec les écoles => sur les thèmes du jardinage, du cycle de l'eau, du traitement des eaux,...		
AGRICULTEURS	- Action de prévention (désherbinage de 120 ha) menée par un syndicat des eaux en lien avec la chambre d'agriculture		
		- Sensibilisation du monde agricole à l'utilisation des produits phytosanitaires	

PUBLIC	LES ACTIONS À POURSUIVRE	LES ACTIONS À ENVISAGER	REMARQUES
ELUS		- Conférences avec la FREDON sur les pesticides à destination des élus, employés communaux ; le grand public.	
		- Sensibiliser les élus locaux. « Beaucoup ne sont pas présents à la réunion de ce soir. On réagit quand il y a un problème. » Comment ? en dehors des périodes électorales, convocation des maires par le Sous-préfet pour discuter sur ces questions.	- L'éducation par les services de l'État
		-Élections municipales en 2014 : Profiter du début du mandat pour informer sur les RKM	
FORESTIER	- Plan Certi-phyto : tous les professionnels qui utilisent des produits phyto doivent suivre une formation		
		- Sensibilisation au moment de la distribution de l'affouage	
		- Communiquer et informer les exploitants particuliers qui ne sont pas obligatoirement informer des lois, et aspects réglementaires	
COLLECTIVITES	- Communauté de communes engagée dans l'action ZERO phyto menée avec l'ASCOMADE		
	- Informer sur les services rendus par la nature pour pouvoir comprendre l'intérêt de protéger	- Communiquer sur la vulnérabilité qui est différente des risques (vulgariser les notions techniques et scientifiques...)	- Si pas de compréhension ni de protection, cela entrainera des augmentations des coûts pour la collectivité.
		- Information des administrés par réunions générales avec représentant qui remonte l'information.	
		- Sensibilisation de la SNCF pour les phytosanitaires	
		- informer visuellement les habitants qu'ils entrent dans une aire de protection par rapport aux RKM.	
	- Campagne de récupération de produits toxiques et communication (ex : rassemblement le samedi)	- Étendre cette campagne à tous le secteur d'étude	
		- Communiquer sur les services de distribution, de traitement et non sur le prix. - Expliquer la différence entre le prix du m3 et le prix du service au m3	
	-	- Avoir une communication à l'échelle nationale	

PUBLIC	LES ACTIONS À POURSUIVRE	LES ACTIONS À ENVISAGER	REMARQUES
COLLECTIVITES (suite)		- Travailler avec les conseils municipaux/ généraux/ régionaux des jeunes	
		- Mieux communiquer sur les outils pouvant être mis à disposition par l'agence de l'eau (inventaire, coût, location, don,...)	
		- Organiser des fêtes de l'eau, des portes ouvertes des stations de pompage et de traitement	
	- Mise en place d'Écolabels pour les hébergeurs (affichettes et matériels)	- Informer la population touristique : Utilisation de l'eau dans les campings	Hébergeurs, OT => CDT, CRT
		- Utiliser les radios locales, la télé régionale	
		- Créer un site internet dédié à l'étude pour le grand public.	
		- proposer des circuits (sur quelques kms) pour observer des éléments géologiques (lapiaz, source, perte, doline...) et des infrastructures de la gestion de l'eau (réservoir, station...)	
		- créer des sentiers pédagogiques avec des panneaux sur certaines RKM	
GRAND PUBLIC		- réaliser un traçage à la fluorescéine pour le grand public	
	- Lessives sans phosphates (ex : les Suisses l'appliquent)	- Développer la même communication pour les produits utilisés dans les Lave-vaisselles (distributeurs particuliers)	
		- Développer la communication par les Médias : radios locales (sur des « flashes »)	
		- créer des vidéos pédagogiques sur les RKM visibles sur un site internet, une page Facebook...dédiés	
		- Sensibiliser sur « moins consommer »	
	- « Casser » les idées reçues : « ici il pleut beaucoup donc ce n'est pas forcément nécessaire d'économiser l'eau. »	- Besoin d'informer : mettre en exergue des connaissances du territoire. Ex : en 20 ans, la moyenne des précipitations est passée de 1800 mm à 1600 mm.	
		- Intégrer un important volet de communication, sensibilisation et éducation à l'environnement aux contrats de rivière : Scolaires, AL, Touristes,...	
		- Utiliser les événements existants pour faire passer des informations (Foire, Expo, Fêtes de village)	
INDUSTRIE	- Industriels : démarche volontariste de communication dans le secteur de l'automobile (sur l'eau potable dans les locaux sociaux = mis à disposition du personnel et sur l'eau industrielle).	- Développer ces actions auprès d'autres secteurs de production	

13. CONCLUSIONS

Cette étude dirigée par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse avait pour but l'identification des ressources karstiques majeures pour l'alimentation en eau potable en vue de leur protection sur une partie du massif du Jura. Ces ressources majeures seront inscrites au SDAGE révisé en 2016 au titre des zones à protéger. La zone d'étude s'étendait sur 3 départements (Doubs, Jura et Territoire de Belfort) pour couvrir 6 500 km². Le but de cette étude était de recenser, dans un premier temps, les ensembles karstiques présents dans la zone d'étude puis au sein de ces ensembles d'identifier les ressources qui présentent un réel intérêt pour l'alimentation en eau potable et qui deviendront les « ressources karstiques majeures ».

Cette étude a classé 45 systèmes karstiques en **Ressources Karstiques Majeures** qui contribuent actuellement (Zone d'Intérêt Actuel) ou pourraient contribuer dans le futur (Zone d'intérêt Futur) à alimenter la zone d'étude en eau potable. Ces 45 ressources recouvrent un peu plus du tiers de la superficie de la zone d'étude. La liste des ressources karstiques majeures est présentée dans la Figure 59.

Une fois la délimitation des ressources karstiques majeures réalisée, un travail sur la protection de ces ressources a été effectué d'un point de vue qualitatif et quantitatif. Sur le secteur d'étude peu de problèmes de qualité ont été identifiés. L'objectif minimum est la non-dégradation de la qualité des aquifères, mais le but affiché est d'obtenir une restauration de la qualité des eaux. Cette restauration passera par la mise en place d'actions sur ces ressources karstiques majeures. Ces actions devront être portées par les acteurs locaux avec la possibilité d'utiliser des outils administratifs comme les SCoT ou les PLU pour mettre en place une protection efficace sur les ressources karstiques majeures. Pour l'instant aucune réglementation spécifique à la préservation des ressources majeures n'a été mise en place.

Pour optimiser l'utilisation de ces outils de protection des aquifères karstiques, la méthode de caractérisation de la vulnérabilité intrinsèque RISK a été appliquée pour 40 Ressources Karstiques Majeures (*voir volume 4 & 5 de l'étude*). Les cartes élaborées à partir de cette méthode indiquent les zones les plus vulnérables qui sont à prendre en compte pour les futurs aménagements et projets. Le croisement de ces cartes de vulnérabilité et des cartes de pressions de pollutions actuelles permet d'établir des cartes de risques. Le zonage des cartes de risques permet de délimiter les zones où intervenir prioritairement vis-à-vis des activités anthropiques.

Globalement la qualité des eaux dans le massif du Jura est bonne si ce n'est les problèmes récurrents de turbidité et de bactériologie peu en relation avec les pollutions anthropiques. Les impacts des activités industrielles sont minimes et ceux de l'agriculture faibles car l'élevage extensif constitue l'activité agricole dominante sur le secteur.

D'un point de vue quantitatif, un manque important de données concernant les débits a été mis en évidence. En l'absence de données de débit, l'impact du changement climatique sur les ressources ne pourra pas être bien évalué (débit d'étiage, fréquence de crues, débit moyen...). En plus des mesures de débits, la connaissance des aquifères profonds et des réserves noyées (pour les sources vaclusiennes) permettraient de proposer des scénarii de gestion intégrés et harmonisés pour des territoires donnés (nouvelles ressources, sécurisation, gestion active,...). Le lancement rapide d'études complémentaires permettant l'acquisition de données est une condition indispensable pour permettre une protection efficace des ressources.

Un effort de vulgarisation de l'étude et de sensibilisation constituait un axe important de l'étude. Aussi deux types d'intervention ont permis de porter à connaissance les limites et les enjeux associés aux ressources karstiques majeures :

- Une plaquette générique de l'étude associée à 45 feuillets décrivant chacune des ressources karstiques majeure. Ces documents seront largement diffusés sous forme de tirages ou pourront être téléchargés en format PDF.
- 11 réunions participatives pour porter à connaissance l'étude et pour impliquer les acteurs locaux et institutionnels sur la préservation des ressources karstiques majeures.

Cette étude de détermination des ressources majeures est la première étude de ce type réalisée en milieu calcaire karstifié. La méthodologie a été adaptée tout au long de l'étude pour répondre aux spécificités du karst : grand nombre de sources et grande hétérogénéité des aquifères qui concentrent plus ou moins les écoulements. En conséquence les surfaces prises en compte concernaient au départ la quasi-totalité du territoire d'étude. Des outils de sélection ont été définis pour ne retenir que les territoires où les ressources ont le plus fort potentiel (débits d'étiage, volume des réserves, pression anthropique, volumes prélevés pour l'AEP). Les ressources retenues sont alors croisées avec la localisation des besoins existants. La vulnérabilité et les risques de pollution sont des critères retenus à cette étape dans le choix des ressources majeures.

Les ressources captées sont assez bien documentées même s'il manque souvent des chroniques de débit, cependant, leur sélection en ressource majeure dépend uniquement du débit de prélèvement. Au-delà d'un volume de prélèvement de 1000 m³/jour la ressource est classée en majeure.

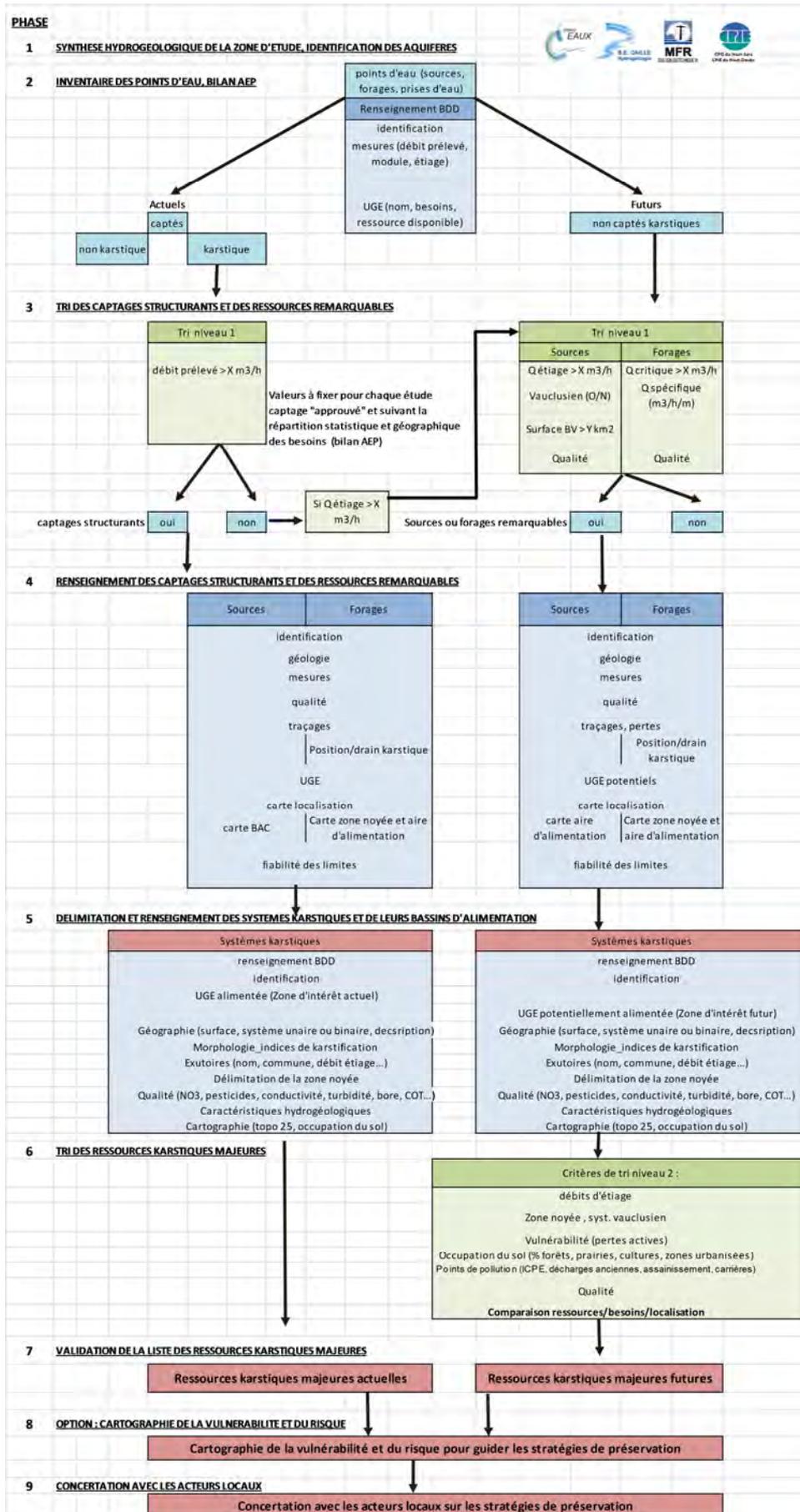
Une limite au travail réalisé est le manque de données sur les ressources non captées dont la sélection en majeure dépend tout d'abord des données de terrain, et ensuite des besoins existants à proximité.

La cartographie de la vulnérabilité repose sur une bonne connaissance des sols. Les cartes pédologiques disponibles ne sont pas toujours suffisamment précises et ne concernent en général que les zones cultivées.

La Figure 89 présente une méthodologie de détermination des ressources karstiques majeures issue de l'expérience acquise en réalisant cette étude dans le massif du Jura.

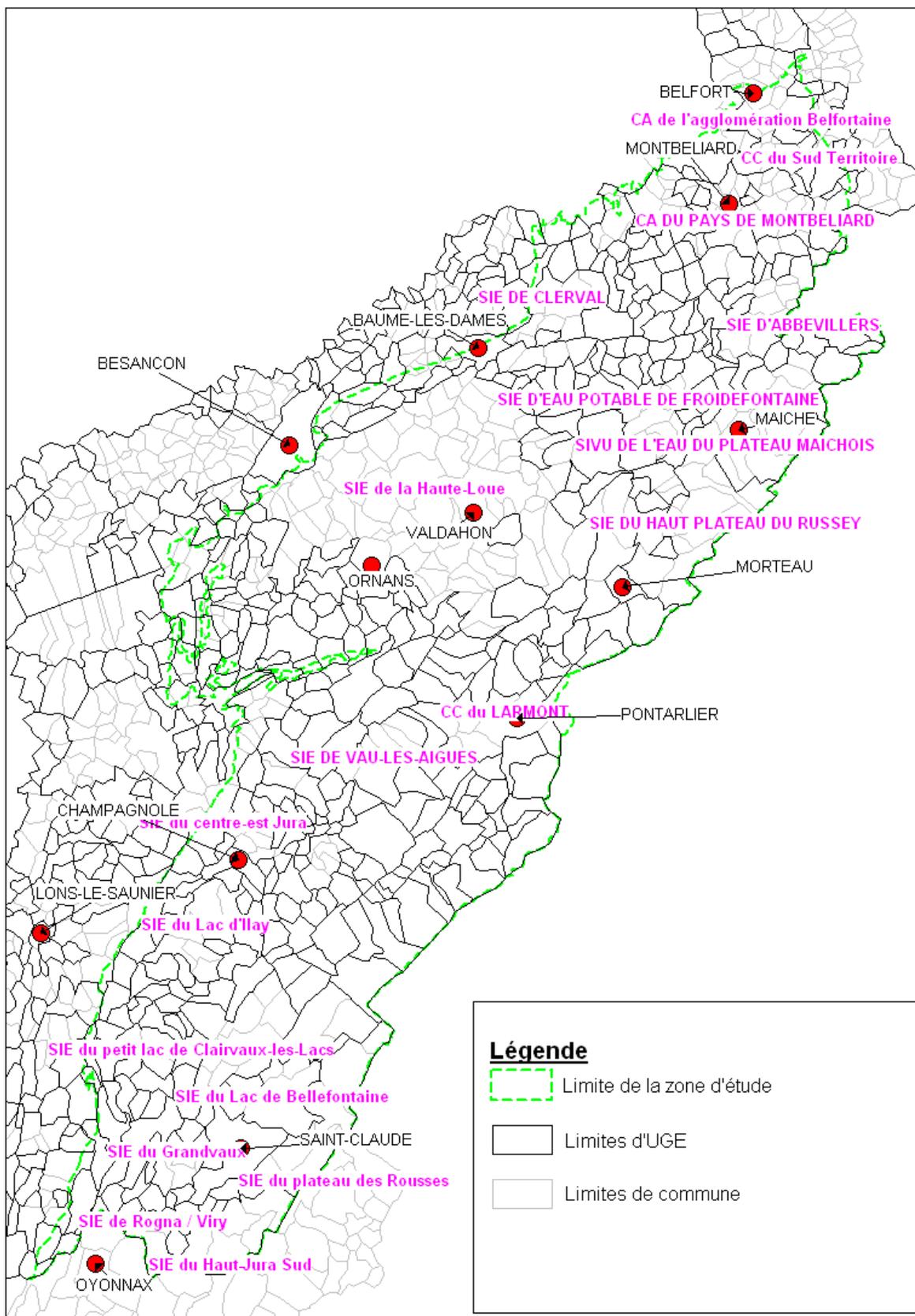
Cette étude n'apporte pas toutes les réponses et constitue donc un point de départ pour la connaissance et la protection des ressources karstiques du massif jurassien. On ne connaît que peu de chose sur le fonctionnement des aquifères souterrains mais on sait que la majorité d'entre eux est fragile. Cette étude devra ainsi permettre aux acteurs locaux de s'approprier les données. À eux ensuite, avec l'appui des services administratifs des départements concernés, de mettre en place un programme ambitieux pour les prochaines décennies sur ces ressources en eau patrimoniales et essentielles pour la vie de notre région. Il s'agit de penser l'alimentation en eau potable, et plus largement l'équilibre des milieux aquatiques, dans le cadre d'une gestion harmonieuse à l'échelle d'un vaste territoire, et dans un souci de développement durable. Le travail qui sera mis en place dès maintenant aura à coup sûr un impact positif pour les générations suivantes.

Figure 89 : Organigramme du déroulement des études de détermination des ressources karstiques majeures.

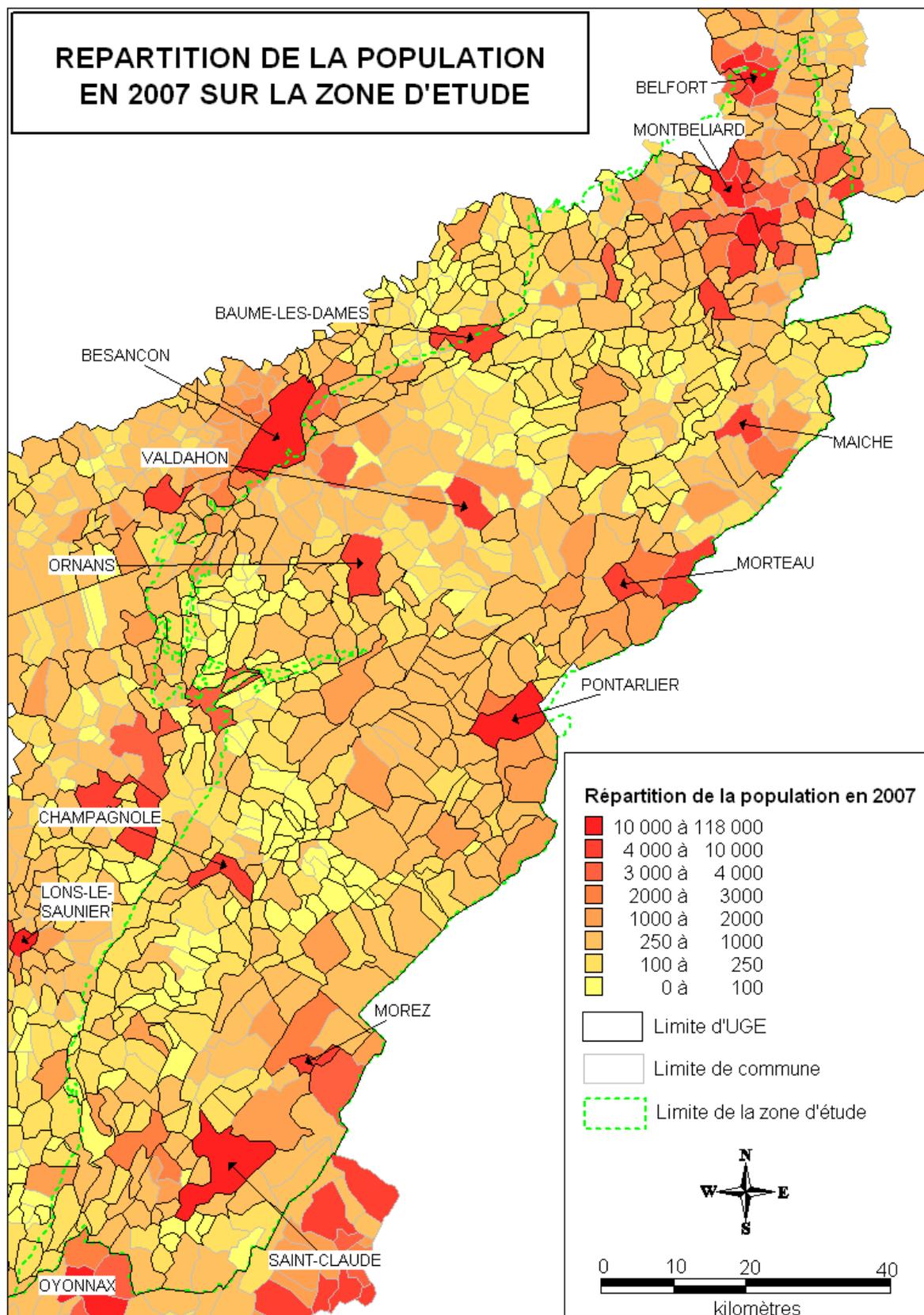


ANNEXES

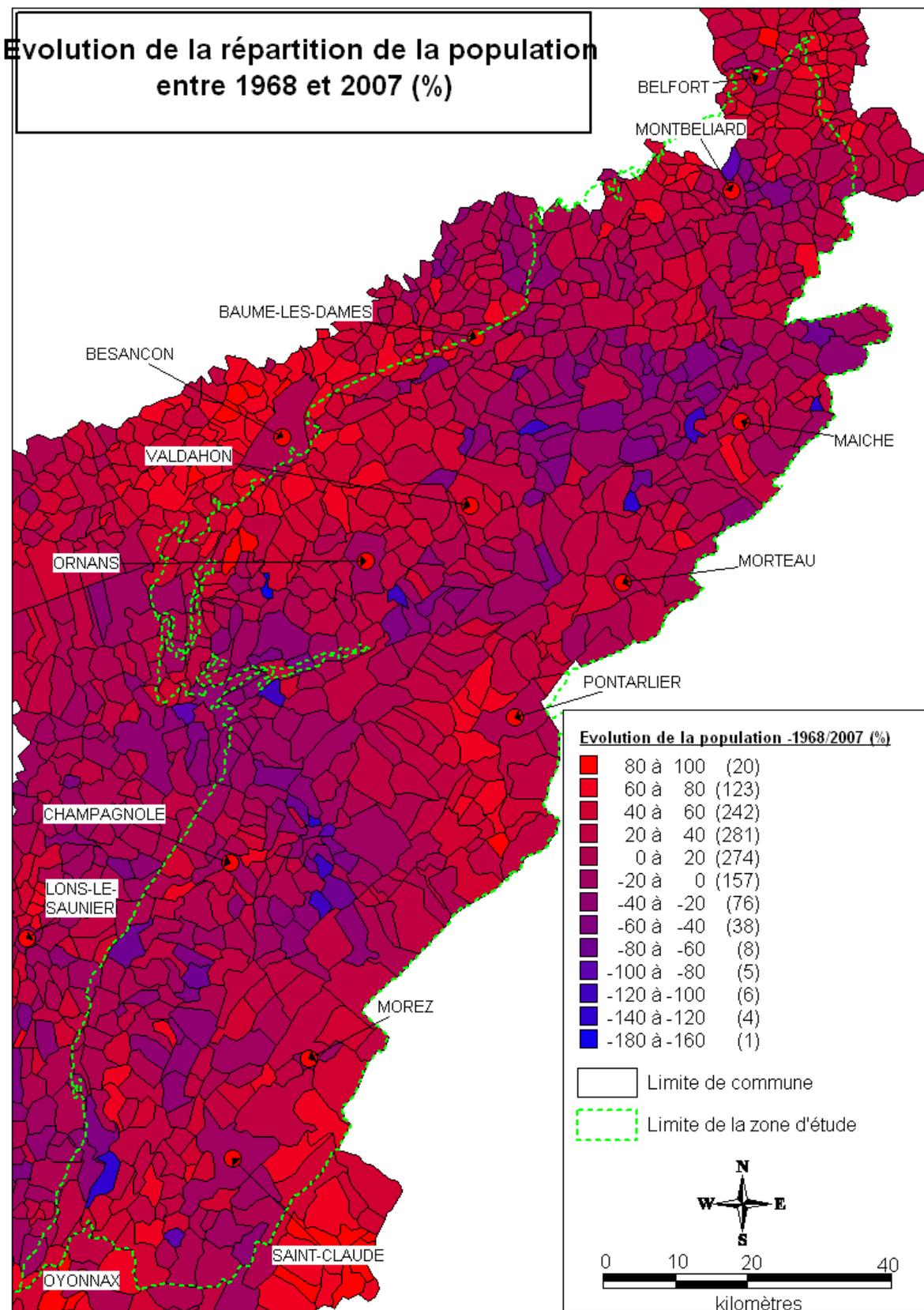
Annexe 1 : Localisation des principaux groupements de communes pour l'AEP



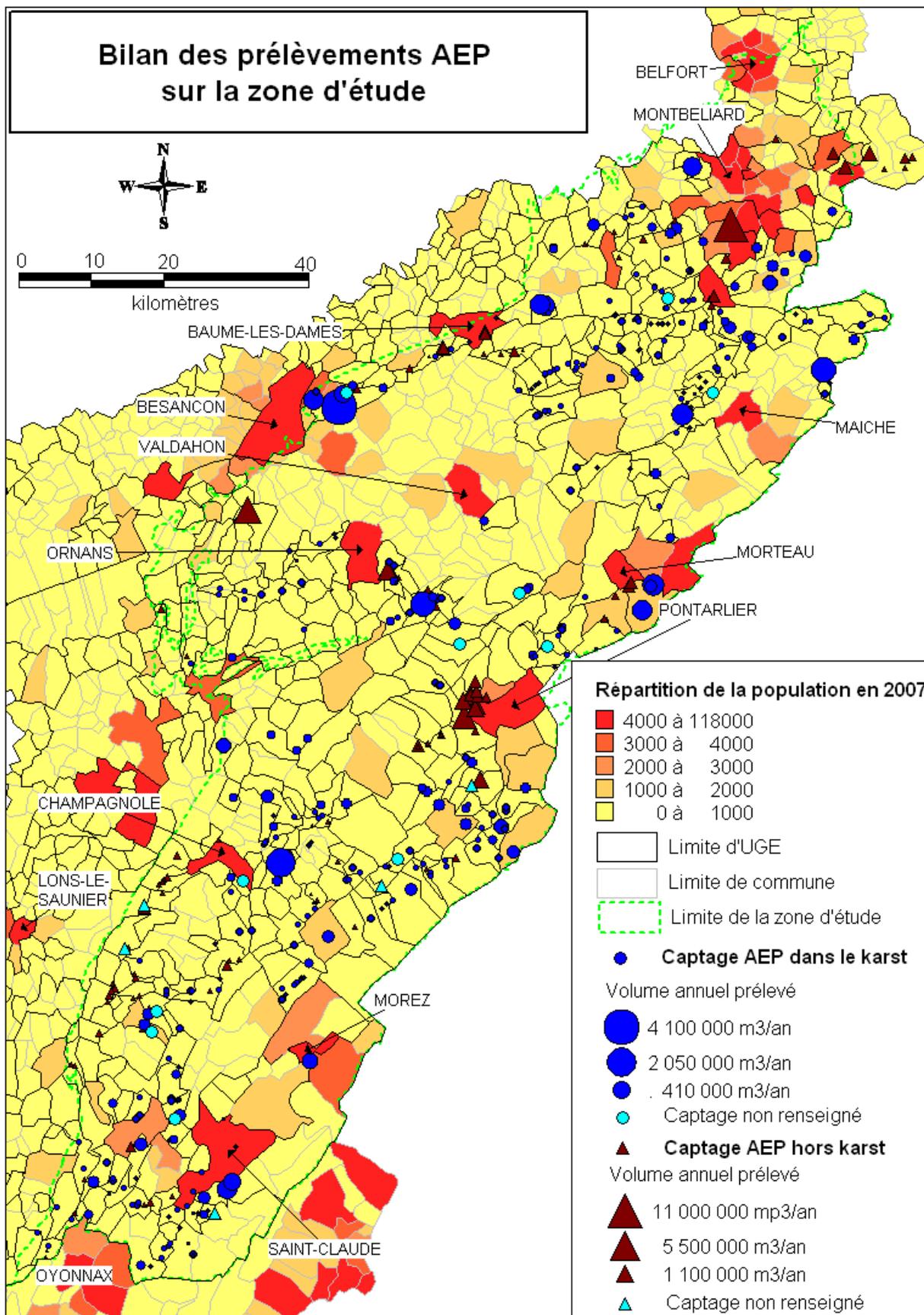
Annexe 2 : Répartition de la population par commune pour le recensement de 2007



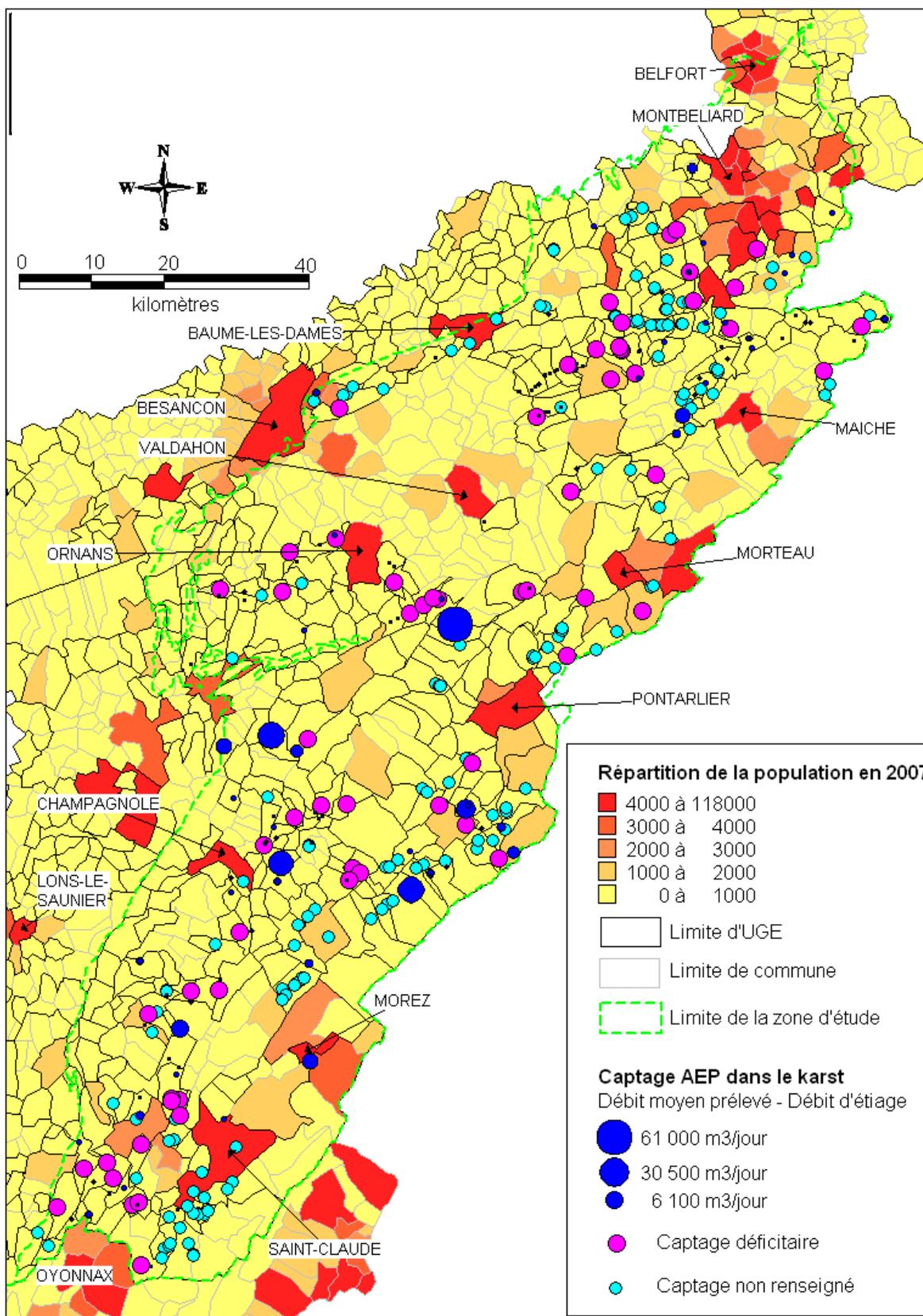
Annexe 3 : Evolution de la répartition de population par commune entre 1968 et 2007



Annexe 4 : Bilan des prélèvements AEP



Annexe 5 : Captages karstiques excédentaires (en référence au débit d'étiage) après les prélèvements AEP



Annexe 6 : Résultats des 6 scénarii de tri des points d'eau karstiques de la BDD

Scénario	Critères de tri			Source AEP Tot.=342	Forage AEP Tot.=22	Critères de tri			Captages abandonnés Tot.=78	Points d'eau non captés Tot.=93	Total PE majeurs Tot.=535	% PE majeurs / tot. PE
	Q étiage [m ³ /h]	BAC [km ²]	Pop. des. [nb hab.]			Q étiage [m ³ /h]	BAC [km ²]	Module/hab [l/j/hab]				
1	>6	>1.5	>600	83	14	>6	>1.5	>235	14	82	193	36
2	>6	>1.5	>900	78	14	>6	>1.5	>235	14	82	188	35
3	>12	>3	>600	56	13	>12	>3	>235	8	77	154	29
4	>12	>3	>900	49	13	>12	>3	>235	8	77	147	27
5	>18	>4.5	>600	47	12	>18	>4.5	>235	8	74	141	26
6	>18	>4.5	>900	39	12	>18	>4.5	>235	8	74	133	25

Q = débit

PE = points d'eau

Prél. moy. = prélèvement moyen

Mod./hab. = module calculé / habitant

BAC = bassin d'alimentation du PE

Pop. des. = population desservie

AEP = alimentation en eau potable

Annexe 7 : Sources majeures captées sélectionnées sur les critères « débit d'étiage », « surface du bassin versant » et « population desservie »

	Code SISE Eaux	Code_BSS	Code_UGE	Nom_UGE	Nom_Point_Eau	Aquifere	Superficie BV [km ²]	Debit Etiage [m ³ /h]	Population desservie [nb hab.]
1	25000025	05298X0014	250007	AMONDANS	SOURCE D'AMONDANS	Karst	1,8		95
2	25000049	05567X0008	250012	ARC SOUS MONTENOT	MONTORGE	Karst	1,4	100,0	222
3	25000079	04742X0025	250021	BEUTAL	CUDOT	Karst	3,9		102
4	25000205	04743X0015	250061	COLOMBIER FONTAINE	LA DOUVE	Karst	4,5	5,4	651
5	25000206	04743X0025	250061	COLOMBIER FONTAINE	VAUX	Karst	0,3	5,9	764
6	25000246	05297X0012	250072	ECHAY	SOURCE DU DESERT	Karst	1,6	1,5	99
7	25000250	04744X0115	250071	CA DU PAYS DE MONTBELIARD	VUILLEPRES	Karst	2,0	10,0	233
8	25000256	05303X0001	250075	EPENOY	EN ALLOZ	Karst	2,0	5,0	544
9	25000266	05298X0027	250269	SIE du Plateau d'Amancey	JAULE	Karst	0,4	7,2	490
10	25000286	05578X0002	250082	LES FOURGS	VOURBEY	Karst	1,2		1179
11	25000299	04755X0009	250242	SIE D'ABBEVILLERS	DORIAN	Karst	1,0	9,0	328
12	25000317	05052X0011	250089	GOUMOIS	DE LA FORGE	Karst	2,0		21
13	25000346	05833X0026	250096	LES HOPITAUX NEUFS	LE CHENAILLON	Karst	1,0		708
14	25000364	05052X0013	250101	INDEVILLERS	FONTAINE JEULE	Karst	1,1	6,6	225
15	25000381	05833X0018	250103	JOUGNE	BONNES EAUX	Karst	4,5	80,0	1155
16	25000392	05833X0025	250105	LABERGEMENT SAINTE MARIE	LA FUVELLE	Karst	1,2	3,6	1021
17	25000423	05833X0024	250114	LES LONGEVILLES MONT D'OR	LA COMBE	Karst	2,1		302
18	25000455	05833X0016	250122	MALBUISSON	SCHLUMBERGER	Karst	3,2	300,0	250
19	25000456	05833X0019	250122	MALBUISSON	GRANDE SOURCE	Karst	3,2	300,0	250
20	25000460	05577X0014	250122	MALBUISSON	ROUTE DU FORT	Karst	0,8	7,2	67
21	25000489	05833X0021	250131	METABIEF	BIEF ROUGE - SOURCE DES GERANIUMS	Karst	1,5	50,0	390
22	25000503	04757X0002	250134	MONTANCY BREMONCOURT	LE FRENOIS	Karst	0,5	15,0	74
23	25000517	05316X0015	250138	MONTLEBON	DERRIERE LE MONT	Karst	12,9	58,0	1896
24	25000542	04748X0025	250145	NOIREFONTAINE	OEIL DE BOEUF	Karst	1,4	7,2	180
25	25000566	05307X0007	250150	OUHANS	LA LOUE	Karst	270,0	2520,0	376
26	25000582	05043X0013	250154	PESEUX	CHAMPS DU MOULIN	Karst	2,4	4,0	96
27	25000639	04747X0022	250168	REMONDANS VAIVRE	SOUS LE GEY	Karst	1,6		108
28	25000665	04755X0005	250242	SIE D'ABBEVILLERS	DRAIN	Karst	1,0		819
29	25000674	05047X0009	250178	ROSUREUX	COMBE LAURENT	Karst	1,2	18,0	94
30	25000686	05042X0006	250182	SANCEY-LE-LONG	FRENE	Karst	5,5	9,2	200
31	25000697	05294X0011	250185	SCEY MAISIERES	NOIRE	Karst		7,2	170
32	25000714	05045X0009	250190	LA SOMMETTE	PLAIMONT	Karst	16,0	5,0	179
33	25000724	04741X0031	250193	SOYE	SARRE	Karst	10,0		137
34	25000735	05044X0014	250196	SAINT HIPPOLYTE	BLANCHETERRE	Karst	0,6	7,5	153
35	25000783	05043X0021	250210	VAUCLUSOTTE	TOUVET	Karst	0,5	8,0	40
36	25000797	05576X0010	250213	VAUX ET CHANTEGRUE	LA CLUSETTE	Karst	2,0	8,3	505
37	25000832	05832X0024	250222	LES VILLEDIEU	RANCON	Karst	1,6	2,7	51
38	25000852	04741X0028	250227	SIE DE L'ABBAYE DES TROIS ROIS	FONTAINE DU CRIBLE	Karst	10,0	22,0	1214
39	25000947	05316X0016	250251	SIE DU HAUT PLATEAU DU RUSSEY	SOURCE MOULIN BOURNEZ	Karst	5,0		1005
40	25000952	04437X0012	250274	SIE DE LA VALLEE DU RUPT	BEAUMETTES	Karst	16,0	94,0	6054
41	25000954	05044X0009	250253	SIE DU LOMONT	OEUCHES	Karst	2,9	9,0	1142

Identification des ressources karstiques majeures pour l'AEP en vue de leur protection sur une partie du massif du Jura, sept. 2013

Code SISE Eaux	Code_BSS	Code_UGE	Nom_UGE	Nom_Point_Eau	Aquifere	Superficie BV [km ²]	Debit Etiage [m ³ /h]	Population desservie [nb hab.]	
42	25000961	05052X0012	250255	SIVU DE L' EAU DU PLATEAU MAICHOIS	BLANCHEFONTAINE	Karst	13,0	140,0	12640
43	25000964	05046X0011	250258	SIVU DU PRIEURE	MOULIN DU BOIS	Karst	7,3	5,0	912
44	25000969	05836X0001	250265	SIE DE LA SOURCE DU DOUBS	SOURCE DU DOUBS	Karst	46,5	864,0	972
45	25000984	05306X0011	250250	SIE de la Haute-Loue	LA TUFFIERE	Karst	3,3	20,0	3546
46	25001016	05024X0084	250262	SIE de la Région de Roche	PARETS	Karst	3,2	15,0	3382
47	25001085	05031X0054	250020	BESANCON	ARCIER	Karst	102,0	72,0	56561
48	25001322	05044X0006	250196	SAINT HIPPOLYTE	DE LA VILLE	Karst	1,4	24,0	612
49	25001326	05047X0011	250244	SIE D'EAU POTABLE DE FROIDEFONTAINE	FROIDEFONTAINE	Karst	14,5	220,0	1889
50	39000007	05567X0002	390030	CHAPOIS	LA FONTAINE NOIRE	Karst	7,2		203
51	39000059	06051X0016	390014	BONLIEU	BOUZAILLES	Karst	3,0	2,0	29
52	39000146	06277X1003	390028	CHANCIA	SOUS LA ROCHE	Karst		17,0	398
53	39000151	05818X0055	390031	CHARCIER	LE DUDON	Karst	7,0	10,0	117
54	39000235	06051X0015	390045	CLAIRVAUX LES LACS	LES GINES	Karst	1,2	5,0	744
55	39000236	06044X0030	390045	CLAIRVAUX LES LACS	LE PAS	Karst	2,2	10,5	774
56	39000245	06051X0022	25KB01	Colonie de Saint Ouen	COLONIE ST-OUEN	Karst	4,3		
57	39000285	06276X0019	390054	CORNOD	VARRAMBOZ-VILLETTE	Karst	0,3	8,6	75
58	39000315	06048X0014	390059	CRENANS	LA SCIE	Karst	1,2	30,0	176
59	39000447	06055X0013	390078	ETIVAL	LE RAVIN	Karst	1,1	9,6	102
60	39000468	05828X0011	390082	FONCINE LE BAS	LA TANNERIE	Karst	0,6	25,0	221
61	39000476	05828X0010	390083	FONCINE LE HAUT	LE BRUILLARD	Karst	7,0		1024
62	39000505	06051X0020	390089	LA FRASNEE	LA GONGONE	Karst	26,0	200,0	40
63	39000533	06274X0021	390096	JEURRE	NERBIER	Karst	4,0	6,2	229
64	39000585	06273X0035	390103	LECT	LA DOYE	Karst	1,0	10,0	307
65	39000591	05567X0003	390104	LEMUY	LA FONTAINE MARE	Karst	19,0	1000,0	245
66	39000776	06058X0007	390132	MOREZ	L'ARCE	Karst	21,0	200,0	5354
67	39000806	05823X0023	390135	LES NANS	LA DOYE	Karst	5,7	10,0	83
68	39000844	05826X0005	390143	PILLEMOINE	L'ECUELLE AU CHIEN	Karst	1,8	5,0	62
69	39000910	06282X0080	390155	SAINT CLAUDE	LES FOULES	Karst	35,0		5612
70	39000911	06282X0081	390155	SAINT CLAUDE	MONTBRILLANT	Karst	35,0		6476
71	39000915	06282X0082	390155	SAINT CLAUDE	LES BOURGEOISES	Karst	3,6		22
72	39000973	05566X0012	390162	SALINS LES BAINS	LA FURIEUSE	Karst	11,0	200,0	3045
73	39001008	06051X0026	390165	SAUGEOT	LE PETIT GEOT 2	Karst	2,0		59
74	39001011	05823X0016	390166	SIROD	LA RONGE	Karst	2,2	15,0	553
75	39001055	05566X0013	390180	VERS EN MONTAGNE	LA FONTAINE VERNIER	Karst	3,3	8,0	198
76	39001063	06274X0026	390184	VILLARDS D'HERIA	LE PONT DES ARCHES - LE PUIITS ROMAIN	Karst	17,0	3,6	447
77	39001185	05823X0014	390310	SIE de la Source de la Papeterie	LA PAPETERIE	Karst	107,0	1000,0	25180
78	39001485	05568X0005	390196	SIE de Bief du Fourg / Petit Villard	GRAND FONTAINE	Karst	1,1	6	783
79	39001587	06048X0011	390210	SIE de la Mercantine	MAFFAY	Karst	2,0		133
80	39001666	06055X0018	390205	SIE du Grandvaux	LES GORGES	Karst	0,9	8,3	575
81	39001667	06055X0017	390205	SIE du Grandvaux	LE COUPET	Karst		8,3	574
82	39001770	06285X0066	390223	SIE de Rogna / Viry	source de la vignette	Karst	2,7	6,1	826
83	90000089	04752X0012	900059	CC du Sud Territoire	SOURCE DU VAL	Karst	6,5	9,0	422

Annexe 8 : Forages majeurs captés.

	Code SISE Eaux	Code_BSS	Code_UGE	Nom_UGE	Nom_Point_Eau	Aquifere	Superfici e BV [km2]	Preleveme nt Moyen [m3/j]	Debit Critique [m3/h]	Population Desservie [nb]
1	2500091	04755X0006	250242	SIE D'ABBEVILLERS	FORAGE DU VALLON	Karst	5,0	530	62	2171
2	25000324	04747X0029	250090	GOUX LES DAMBELINS	DU MOULIN	Karst	7,3	20		106
3	25000892	04738X0048	250239	SIE DE CLERVAL	FORAGE N°2	Karst		1500	150	1420
4	25000903	04755X0007	250242	SIE D'ABBEVILLERS	F1 JEAN BURNIN	Karst	2,5	350		1434
5	25000948	05316X0017	250251	SIE DU HAUT PLATEAU DU RUSSEY	PUITS CINQUIN	Karst	7,0	2200	100	8190
6	25001017	05031X0037	250262	SIE de la Région de Roche	PUITS DE NOVILLARS	Karst	26,0	940		3697
7	25001087	05024X0054	250020	BESANCON	FORAGES THISE	Karst	20,0	3900		22058
8	25001323		250115	LONGEVILLE SUR LE DOUBS	COMBE MONNEY	Karst	4,0	120	30	632
9	25001439		250131	METABIEF	CRET DE LA CHAPELLE - HOPITAUX-NEUFS	Karst	1,6	100		83
10	25001444		250239	SIE DE CLERVAL	CHAMPS D'AVENEY	Karst	14,0	1500		1420
11	25001608		250193	SOYE	FORAGE	Karst	10,0	78		178
12	25001792		250020	BESANCON	FORAGE F2	Karst	27,0			0
13	25001793		250020	BESANCON	FORAGE F3	Karst	27,0			0
14	25001865		250131	METABIEF	FORAGE DU MONT D'OR	karst		500		415

Annexe 9 : Points d'eau majeurs non captés ou abandonnés sélectionner sur les critères débit d'étiage, superficie du bassin d'alimentation et module/habitants

	Code SISE Eaux	Code BSS	Nom Point_Eau	Commune d'implantation	Aquifere	Code Nature PE	Code Mode Utilisation	Superficie BV [km ²]	Debit Etiage [m ³ /h]	Module/hab. [l/j/hab]
1		05046X0101	3 Pucelles	Laval-le-Prieuré	Karst	SCE	NON	60,0	50	8866
2	25000435	05046X0010	ABANDON BLAGNIERE	Bretonvillers	Karst	SCE	ABA	0,5	9	70
3	25000899	05052X0014	ABANDON ESSARTS AUX BOIS	Vaufrey	Karst	SCE	ABA	1,5	8	300
4			ABANDON MOULINOT	Vaucluse	Karst	SCE	ABA	2,5	14	
5	25000138	05046X0007	ABANDON VAL	Bretonvillers	Karst	SCE	ABA	8,5		1165
6	25000090	04755X0018	ABANDONNE CREUSE	Blamont	Karst	SCE	ABA	2,0	8	65
7		05305X0023	Ain	Conte	Karst	SCE	NON	107,0	0	19075
8		05034X0049	Alloz	Cusance	Karst	SCE	NON	65,0		7686
9			Arvoux	Villers-le-Lac	Karst	SCE	NON	40,0	1500	5033
10		05822X0031	Balerne	Monnet-la-Ville	Karst	SCE	NON	31,0		
11			Baume du Rocher	Mouthier-Haute-Pierre	Karst	SCE	NON	5,6		837
12			Beaume Archée	Mouthier-Haute-Pierre	Karst	SCE	NON	116,0	2520	17643
13			Bergeret	Vaire-Arcier	Karst	SCE	NON	102,0	7	1166
14		05046X0109	Bief Ayroux	Laval-le-Prieuré	Karst	SCE	NON	12,0	100	1336
15		05044X0003	Bief de Brand	Saint-Hippolyte	Karst	SCE	NON	80,0	360	7630
16		05052X0056	Bief de Fuesse	Indevillers	Karst	SCE	NON	6,0		2638
17			Bief de la Reculée	Ney	Karst	SCE	NON	4,0		
18		05043X0098	Bief de Vau	Vauclusotte	Karst	SCE	NON	1,5	10	193
19		05055X0006	Bief d'Etoz	Charmavillers	Karst	SCE	NON	1,5	4	
20			Bief noir	Septmoncel	Karst	SCE	NON	11,0		1565
21			Bief Poutot	Lods	Karst	SCE	NON	18,0	324	2848
22		05023X0099	Bléfond	Silley-Bléfond	Karst	SCE	NON	123,0	160	12198
23			Bleue	Malbuisson	Karst	SCE	NON	10,0		889
24		05034X0025	Bleue	Cusance	Karst	SCE	NON	38,0	43	4421
25			Bleue	Thoirette	Karst	SCE	NON	40,0		2451
26			Bois de Buchelion	Pont-les-Moulis	Karst	SCE	NON	123,0		14078
27		05051X0016	Chateau de la Roche ou Serpent Blanc	Chamesol	Karst	SCE	NON	2,0	25	162
28			Chevanne	Champlive	Karst	SCE	NON	55,0		2847
29		05315X0056	Côte Brune	Les Combes	Karst	SCE	NON	27,0	0	2734
30	25000371	05834X0001	COTE PARROD	Jougne	Karst	SCE	ABA	1,5	7	447
31			Cressandon	Cogna	Karst	SCE	NON	13,0		

	Code SISE Eaux	Code BSS	Nom Point_Eau	Commune d'implantation	Aquifere	Code Nature PE	Code Mode Utilisation	Superficie BV [km ²]	Debit Etiage [m ³ /h]	Module/hab. [l/j/hab]
32	25000069	04752X0006	CUL DE L'OYON	Dampierre-les-Bois	Karst	SCE	ABA	5,0	36	75
33	25000202	05577X0020	DE LA COMBE	La Cluse-et-Mijoux	Karst	SCE	ABA	0,1	10	8
34			De la Creuse	Métabief	Karst	SCE	NON	10,0		
35		05312X0021	Dessoubre	Consolation-Maisonnettes	Karst	SCE	NON	35,0	140	3327
36		05044X0059	Douve	Bief	Karst	SCE	NON	5,0	40	399
37		04747X0044	Douve (Barbèche)	Feule	Karst	SCE	NON	4,0		340
38			Douveraine	Les Bouchoux	Karst	SCE	NON	5,0		458
39			Doye Gabet ou Source Bleue ou Trou Bleu		Karst	SCE	NON	39,0		7599
40		05293X0051	Du Bief	Chenecey-Buillon	Karst	SCE	NON	63,0		
41			du Moulin	Fontenu	Karst	SCE	NON	28,0		4616
42	25000574	05577X0007	DU SAULT	Oye-et-Pallet	Karst	SCE	ABA		9	
43		06281X0040	Enragé	Chassal	Karst	SCE	NON	180,0	432	16556
44		04751X0043	Fontaine de la Cité du Temple	Beaucourt	Karst	SCE	NON	2,0	0	24
45		04742X0017	Fontaine de Poue	Médière	Karst	SCE	NON	6,0	7	408
46			Fontaine Piley	Soucia	Karst	SCE	NON	8,0	50	1878
47			Fontenu	Fontenu	Karst	SCE	NON		43	
48	25000416	05034X0002	FONTENY	Cusance	Karst	SCE	ABA	11,0		1250
49		05034X0014	Fonteny ou Thaverotte	Guillon-les-Bains	Karst	SCE	NON	47,0		5338
50			Forage de Viry	Viry	Karst	FOR	NON			
51		05033X0007	Glaie Noire	Pont-les-Moulis	Karst	SCE	NON	123,0	22	13322
52		04741X0088	Gourdeval	Soye	Karst	SCE	NON	10,0	70	1142
53			Grand Bief	Lods	Karst	SCE	NON	45,0		7075
54			Grande Baume	Lods	Karst	SCE	NON	26,0	180	4463
55			Grotte des Forges	Moirans-en-Montagne	Karst	SCE	NON	20,0		1789
56			Grotte Sarrazine	Nans-sous-Sainte-Anne	Karst	SCE	NON	138,0	54	34094
57			Gyps	Sainte-Anne	Karst	SCE	NON	8,8		2029
58			Intermittente de Syam	Syam	Karst	SCE	NON	5,0		928
59		05315X0058	La Colombière	Les Combes	Karst	SCE	NON	47,0		4886
60		04755X0032	La Doue (grotte des Fées)	Abbévillers	Karst	SCE	NON	13,0	110	395
61	39001015	05827X0004	LA FONTAINE NOIRE	Syam	Karst	SCE	ABA	20,0	40	3519
62		05312X0016	Lançot	Consolation-Maisonnettes	Karst	SCE	NON	30,0	90	2891
63		04755X0048	Laronesse	Blamont	Karst	SCE	NON	3,0	0	96
64			L'Ecoutot	Scey-Maisières	Karst	SCE	NON	210,0	108	24852
65			Les gorges	Septmoncel	Karst	SCE	NON	16,5		
66			Les moulins (A et B)	Septmoncel	Karst	SCE	NON	5,0		495

	Code SISE Eaux	Code BSS	Nom Point_Eau	Commune d'implantation	Aquifere	Code Nature PE	Code Mode Utilisation	Superficie BV [km ²]	Debit Etiage [m ³ /h]	Module/hab. [l/j/hab]
67		05563X0023	Lison	Nans-sous-Sainte-Anne	Karst	SCE	NON	138,0	972	35065
68		05294X0035	Maine	Scey-Maisières	Karst	SCE	NON	260,0	1150	36265
69			Martin	La Cluse-et-Mijoux	Karst	SCE	ABA	23,0		
70		04744X0034	Monnot	Voujaucourt	Karst	SCE	NON	4,5		59
71			Moulin de la Fraise	Thoiria	Karst	SCE	NON	7,0		1690
72		05045X0142	Moulin de Vermondans	Plaimbois-Vennes	Karst	SCE	NON	4,0	25	584
73		05313X0014	Moulin du Diable	Villers-le-Lac	Karst	SCE	NON	5,0		569
74		05315X0067	Moulinot	Grand'Combe-Châteleu	Karst	SCE	NON	10,0		1009
75		05312X0022	Noire	Consolation-Maisonnettes	Karst	SCE	NON	25,0	100	7729
76		05034X0027	Noire	Cusance	Karst	SCE	NON	65,0	587	2334
77			Plaisir Fontaine	Bonnevaux-le-Prieuré	Karst	SCE	NON	10,0	108	970
78		05315X0060	Pont du Diable	Les Combes	Karst	SCE	NON	47,0	0	4886
79			Pontet	Mouthier-Haute-Pierre	Karst	SCE	NON	42,0	29	6559
80		05315X0064	Près des Araignées	Les Combes	Karst	SCE	NON	27,0	0	2725
81	90000085	04752X0008	Puits du Rond Breuil et source de la Fabr	Badevel	Karst	SCE	ABA	9,0	0	115
82		05045X0010	Rêverotte	Loray	Karst	SCE	NON	30,0		4295
83	25001026	05296X0005	RONCHAUX	Ronchaux	Karst	SCE	ABA	5,0	32	576
84		04755X0088	Ronde Fontaine	Montjoie-le-Château	Karst	SCE	NON	13,0	100	1156
85		05316X0071	Ruisseau Cornabey	Montlebon	Karst	SCE	NON	5,0	0	546
86			Saine	Foncine-le-Haut	Karst	SCE	NON	20,0		5983
87			Soucia	Soucia	Karst	SCE	NON	6,0		1344
88			Source C Tunnel du Mont d'Or	Longevilles-Mont-d'Or	Karst	SCE	NON	12,0	100	
89		04743X0014	Source de Lougres	Lougres	Karst	SCE	NON	30,0		505
90		05316X0068	Sous Morestans	Grand'Combe-Châteleu	Karst	SCE	NON	3,0		330
91		05312X0020	Taboureau	Consolation-Maisonnettes	Karst	SCE	NON	25,0		2374
92		04752X0010	Trou de la Doux	Delle	Karst	SCE	NON	11,0	125	236
93			Trou de l'Abîme	Saint-Claude	Karst	SCE	NON	30,0		4596
94			Truite d'Or	Lods	Karst	SCE	NON	45,0		7160
95		05045X0119	Val	Pierrefontaine-les-Varans	Karst	SCE	NON	3,0	25	502
96			Verneau	Nans-sous-Sainte-Anne	Karst	SCE	NON	8,0	29	1999

Annexe 10 : Base de données ACCESS, fenêtres de saisie de la base de données des points d'eau

Points d'eau

Identifiant: 25001085 Nom: ARCIER Bureau d'étude: BE Caille
 Commune d'implantation: Vaire-Arcier UGE: BESANCON

Point d'eau Géologie / Hydrogéologie Mesures Analyses sur l'eau brute Traçages Gestion de l'Eau Localisation et coupe Documentation

Identification

Département: 25 Bureau d'études: BE Caille
 Identifiant Point d'Eau: 25001085 Code BSS: 05031X0054
 Code SISE-EAUX: 25001085 Code AERMC: 25575004
 Nom du point d'eau: ARCIER
 Commune d'implantation: Vaire-Arcier

Localisation

Lambert II X: Y: Altitude: 280
 Lambert 93 X: 935909 Y: 6689842

Sélection des points d'eau majeurs et ensemble karstique

Aquifère: Karst Type PE: Type 2 PE Majeur: Oui
 Commentaire: Source principale de Besançon (42 % en 2000), aucune autre ressource actuellement utilisée par Besançon ne peut remplacer en totalité les eaux prélevées à la source d'Arcier.
 Ensemble karstique AEP: Commentaire:

Caractéristiques

Nature point d'eau: Source Mode utilisation: Capté Nb Emergences: Cause Abandon: Commentaire abandon:

Périmètre de protection

Affermage: Date début procédure: Date hydrogéologue agréé: 20/11/2000
 Date Autorisation: 08/06/2004 Date rendu étude: 01/09/1994 Date DUP: 08/06/2004
 Avancement de la procédure: Notification de l'arrêté préfectoral aux collectivités concernées
 Etat DUP (données ADES): procédure terminée pour un captage public

Points d'eau

Identifiant: 25001085 Nom: ARCIER Bureau d'étude: BE Caille
 Commune d'implantation: Vaire-Arcier UGE: BESANCON

Point d'eau Géologie / Hydrogéologie Mesures Analyses sur l'eau brute Traçages Gestion de l'Eau Localisation et coupe Documentation

Géologie

Série: Malm Etage: Kimmeridgien inférieur (séquanien)
 Commentaire: La source d'Arcier appartient au même réseau karstique que la source Bergeret située au nord, elle possède un débit beaucoup plus important que cette dernière. Elle correspond à l'exutoire pérenne du système karstique. Leur bassin versant est commun.

Hydrogéologie

Position / aquifère: Débordement Masse d'eau: FR_DO_120
 Système karstique: Jurassien Entité hydrogéologique BDLisa: 93A

Bassin versant

Superficie BV Critères géologiques: 102 Km² Fiabilité: 1 - Excellent
 Calculé par bilan hydro: Km²

Points d'eau

Identifiant : 25001085 Nom : ARCIER Bureau d'étude : BE Caille
 Commune d'implantation : Vaire-Arcier UGE : BESANCON

Point d'eau Géologie / Hydrogéol. **Mesures** Analyses sur l'eau brute Traçages Gestion de l'Eau Localisation et coupe Documentation

Débits et prélèvements

Débit d'étage : 72,00 m³/Heure
 Débit Moyen : 4 320,00 m³/Heure
 Débit Maxi : 23 400,00 m³/Heure
 Module calculé (bilan hydro) : 7 650,00 m³/Heure
 Mode de Prélèvement : Gravitare
 Prélèvement Moyen : 12 500,00 m³/Jour
 Prélèvement Pointe : 14 000,00 m³/Jour
 Prél. Réglementaire : 24 000,00 m³/Jour
 Volume Prélévé : 4 048 000,00 m³/An
 Population desservie : 56 561

Traitements

Chloration :
 Ultra Violet :
 Filtration : Oui
 Autre traitement :

Forages

Profondeur : m
 Tubage Acier : m
 Tubage PVC : m
 Débit Critique : m³/Heure
 Cimentation : m
 Crépine : m

Métriologie

Appareil de mesure	Date début	Date fin	Commentaire
Débitmètre	01/01/1983		
*			

Pluviométrie

Pluie efficace : 657 mm

Redevance AERMC

SOURCE D'ARCIER DE LA MALATE

Anné	Volume prélevé	Mode détermination
2009	4 048 000	Compteur volumétrique ©
2008	3 996 500	Compteur volumétrique ©
2007	4 056 000	Compteur volumétrique ©
2006	3 985 200	Compteur volumétrique ©
2005	4 099 800	Comoteur volumétrique ©

Points d'eau

Identifiant : 25001085 Nom : ARCIER Bureau d'étude : BE Caille
 Commune d'implantation : Vaire-Arcier UGE : BESANCON

Point d'eau Géologie / Hydrogéol. Mesures **Analyses sur l'eau brute** Traçages Gestion de l'Eau Localisation et coupe Documentation

Date	Paramètre	Valeur	Unité
09/11/2010	Antiazone	0,01	µg/l
09/11/2010	Calcium	101,00	mg/L
09/11/2010	Carbone organique total	4,08	mg/L C
09/11/2010	Chlorures	7,30	mg/L
09/11/2010	Conductivité à 25°C	491,00	µS/cm
09/11/2010	Entérocoques /100ml-MS	100,00	n/100mL
09/11/2010	Equilibre calcocarbonique 0/1/2/3/4	4,00	qualit.
09/11/2010	Escherichia coli /100ml -MF	100,00	n/100mL
09/11/2010	Hydrogencarbonates	279,00	mg/L
09/11/2010	Magnésium	2,81	mg/L
09/11/2010	Nitrates (en NO3)	16,00	mg/L
09/11/2010	Nitrites (en NO2)	0,04	mg/L
09/11/2010	Oxygène dissous	9,46	mg/L
09/11/2010	pH	7,30	unitépH
09/11/2010	Phosphore total (en P2O5)	0,24	mg/L
09/11/2010	Potassium	2,23	mg/L
09/11/2010	Silicates (en mg/L de SiO2)	1,20	mg/L
09/11/2010	Sodium	4,45	mg/L
09/11/2010	Sulfates	6,30	mg/L
09/11/2010	Température de l'eau	10,90	°C

Physico-Chimie

	Moyenne	Mini	Maxi	Variabilité
Conductivité	537,13	463	642	179 µS/cm
Ph	7,44			
Turbidité		1,1	24	22,9 NFU
Nitrates	18,87	9,5	46,91	37,41 mg/L
O2 dissous % saturation		24,4	92	67,6 mg/L
Calcium	101,03	88	120	32 mg/L
Magnésium	3,41	2,61	7,4	4,79 mg/L
Potassium	1,75	1,21	2,91	1,7 mg/L
Sodium	5,11	2,67	10,8	8,13 mg/L
Fer dissous		36	86	50 mg/L
Ammonium		0,05	0,05	0 mg/L

Nombre d'analyses : 63

Bactériologie

	Nb Analyses >9	Mini	Maxi	Conformité
Bactéries coliformes	15	66	300	76% /100ml
Coliformes thermotolérant	9	30	300	86% /100ml
Escherichia coli	18	8	160	71% /100ml
Entérocoques	27	5	170	57% /100ml

Points d'eau

Identifiant: 25001085 Nom: ARCIER Bureau d'étude: BE Caille
 Commune d'implantation: Vaire-Arcier UGE: BESANCON

Point d'eau Géologie / Hydrogéol Mesures Analyses sur l'eau brute Traçages Gestion de l'Eau Localisation et coupe Documentation

Point d'injection	Com	X Inje	Y Inje	Z Inje	Dis	Temps	Vite	Lieu de Re	X Sorti	Y Sorti	Z S	Comr
Forêt de Grosbois	L'Hôpit	942677	6680820	547				Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar L
Entonnoir Moulin Vieux	Nancra	938675	6688761	399	2950	0	0	Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar N
Forêt de Grosbois	L'Hôpit	942677	6680820	547				Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar L
Perte de la Ferme de Vasoncie	Mamiro	938716	6682742	443	7650	0	0	Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar M
Perte égouts	Mamiro	938896	6682721	439	8000	120	66	Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar M
Source Le Creux sous Roche	Saône	935174	6684045	385	5850	19	308	Source Piscic	935890	6689942	252	Vaire-Ar S
Perte des Blaireaux	Tarcenz	935271	6679768	450				Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar T
Ancienne doline perte	Villers-	933511	6676432	455				Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar V
Source Le Creux sous Roche	Saône	935174	6684045	385	5800	162	36	Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar S
Source Le Creux sous Roche	Saône	935174	6684045	385	5800	19	305	Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar S
Source Le Creux sous Roche	Saône	935174	6684045	385	5850	218	27	Source Piscic	935890	6689942	252	Vaire-Ar S
Perte des Blaireaux	Tarcenz	935271	6679768	450				Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar T
Ancienne doline perte	Villers-	933511	6676432	455				Source d'Arci	935898	6689854	280	Vaire-Ar V

Points d'eau

Identifiant: 25001085 Nom: ARCIER Bureau d'étude: BE Caille
 Commune d'implantation: Vaire-Arcier UGE: BESANCON

Point d'eau Géologie / Hydrogéol Mesures Analyses sur l'eau brute Traçages Gestion de l'Eau Localisation et coupe Documentation

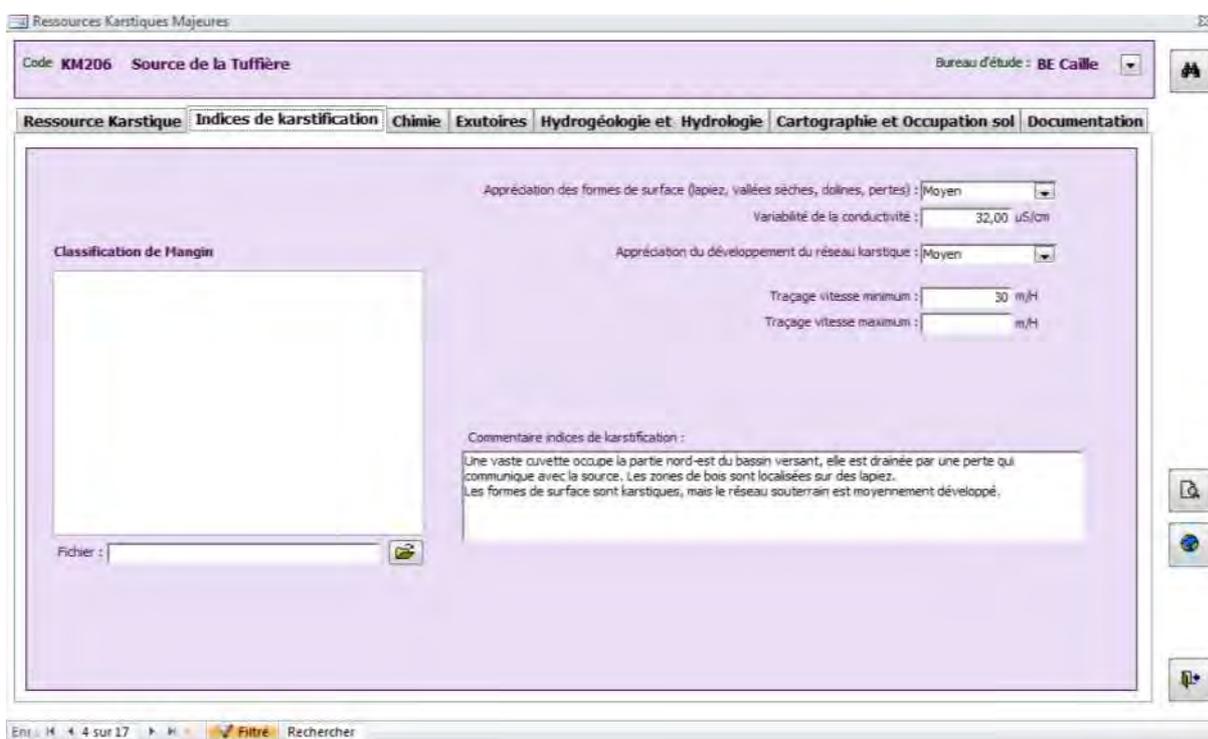
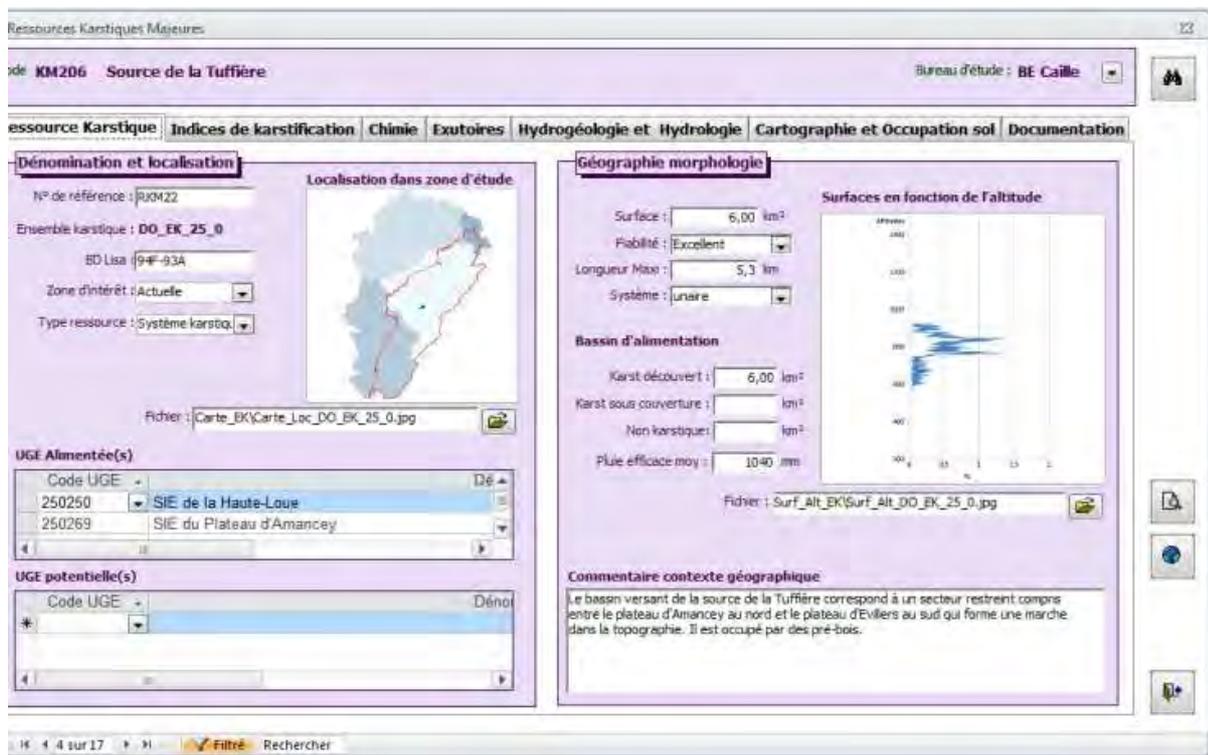
Identifiant: 250020 Nom: BESANCON Bureau d'étude: Idées Eaux

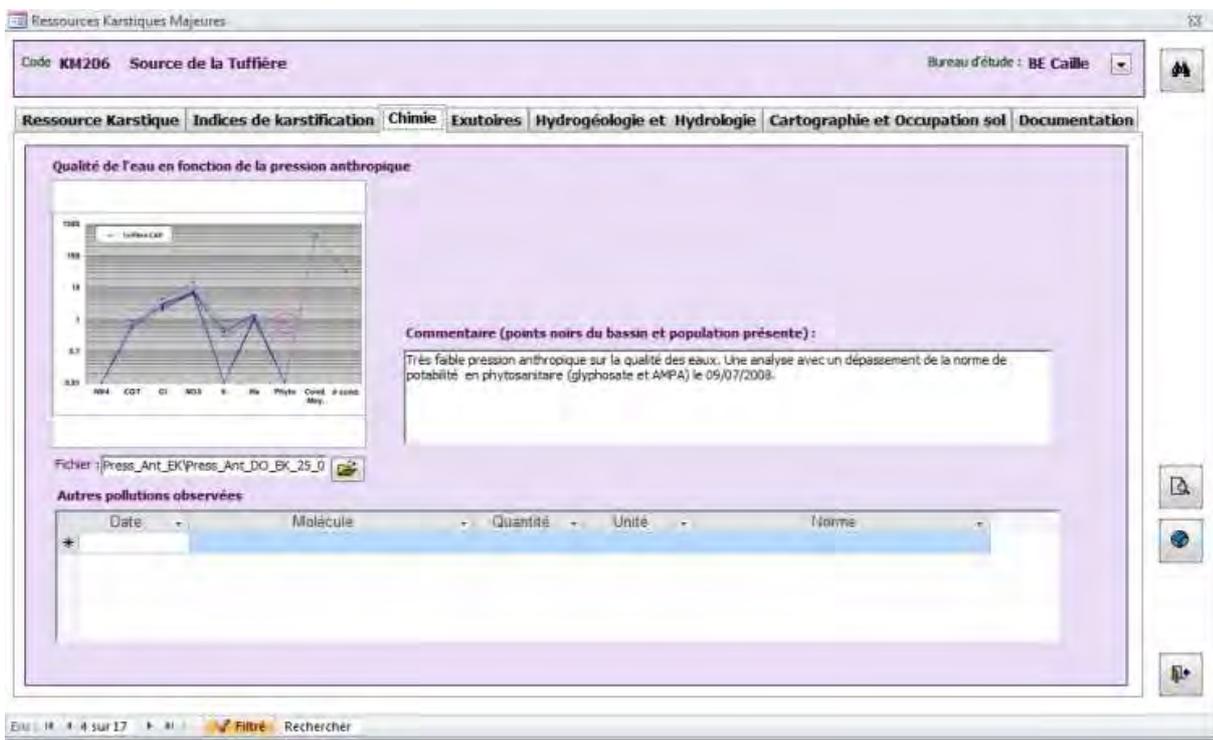
UGE: Interconnexion Communes Documentation

Département: 25 Bureau d'études: Idées Eaux Nom: BESANCON
 Code UGE: 250020 Type UGE: Mairie
 Code Syndicat: Nombre de captages: 5
 Nombre de communes desservies: 1
 Population totale 2007: 117 836

Maître d'Ouvrage: MAIRIE DE BESANCON
 Exploitant: MAIRIE DE BESANCON
 Mode d'exploitation: RÉGIE COMMUNALE OU SYNDICALE
 Nature Juridique: Date création: Traitements: Chloration Filtration
 Ultra Violet Autre traitement
 Commune du siège: Commentaire:
 Nombre de membres:

Annexe 11 : Base de données ACCESS , fenêtres de saisie de la base de données des ressources karstiques majeures





Code PE	Nom Point d'Eau	Commune in	UGE	Débit étiage	Débit moyen	Module calci
25000984	LA TUFFIERE	Lods	SIE de la Haute	20		384

Code **KM206** Source de la Tuffière Bureau d'étude : **BE Caille**

Ressource Karstique Indices de karstification Chimie Exutoires **Hydrogéologie et Hydrologie** Cartographie et Occupation sol Documentation

Aquiclude supérieur

Etage :

Lithologie :

Epaisseur : m

Aquifère

Etage :

Lithologie :

Epaisseur : m

Aquiclude inférieur

Etage :

Lithologie :

Epaisseur : m

Volume estimé de la réserve dans la zone noyée : 10⁶ m³

Débit moyen calculé par bilan hydrologique : m³/s m³/j

Débit moyen mesuré aux exutoires : m³/s m³/j

Estimation d'un débit d'étage : m³/s m³/j

Débit prélevé pour l'AEP : m³/s m³/j

Débit prélevé hors AEP : m³/s m³/j

Débit disponible : m³/s m³/j

Nappe :

Description de la formation aquifère :
L'aquifère est constitué par les calcaires du Dogger qui forme une gouttière syndinale drainée vers la source de la Tuffière. Ils correspondent à un compartiment peu déformé qui fait partie du faisceau salinois.

Hydrologie

Bassin Hydrologique :

Station de jaugeage aval

Nom station :

Code station :

Module : m³/s

QM1A5 : m³/s

VCN3 : m³/s

Surface EK / Surface BV rivière : %

Enr : 14 / 4 sur 17 Rechercher

Code **KM206** Source de la Tuffière Bureau d'étude : **BE Caille**

Ressource Karstique Indices de karstification Chimie Exutoires **Hydrogéologie et Hydrologie** **Cartographie et Occupation sol** Documentation

Cartographie

Carte topographique : Format A4 paysage

Carte géologique : Format A3 paysage

Coupe géologique : Format A3 paysage

Occupation du sol

	Surface (km ²)	%
Forêt	<input type="text" value="4,400"/>	<input type="text" value="73,33%"/>
Prairie	<input type="text" value="0,600"/>	<input type="text" value="10,00%"/>
Culture	<input type="text" value="1,000"/>	<input type="text" value="16,67%"/>
Zone urbaine	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,00%"/>
		100,00%

Pression anthropique	Nombre
Installation Classée pour l'Environnement	<input type="text" value="0"/>
Station d'Épuration	<input type="text" value="0"/>
Décharge	<input type="text" value="0"/>
Carrière	<input type="text" value="0"/>

Carte : Format A4 paysage

Enr : 14 / 4 sur 17 Rechercher

Ressources Karstiques Majeures

Code: **KM206** Source de la Tuffière Bureau d'étude: **BE Caille**

Ressource Karstique | Indices de karstification | Chimie | Exutoires | Hydrogéologie et Hydrologie | Cartographie et Occupation sol | Documentation

Nom du fichier	Légende	
Vulnérabilité_RKM22.jpg		
Risques_RKM22.jpg		

4 sur 17 Filtrer Rechercher