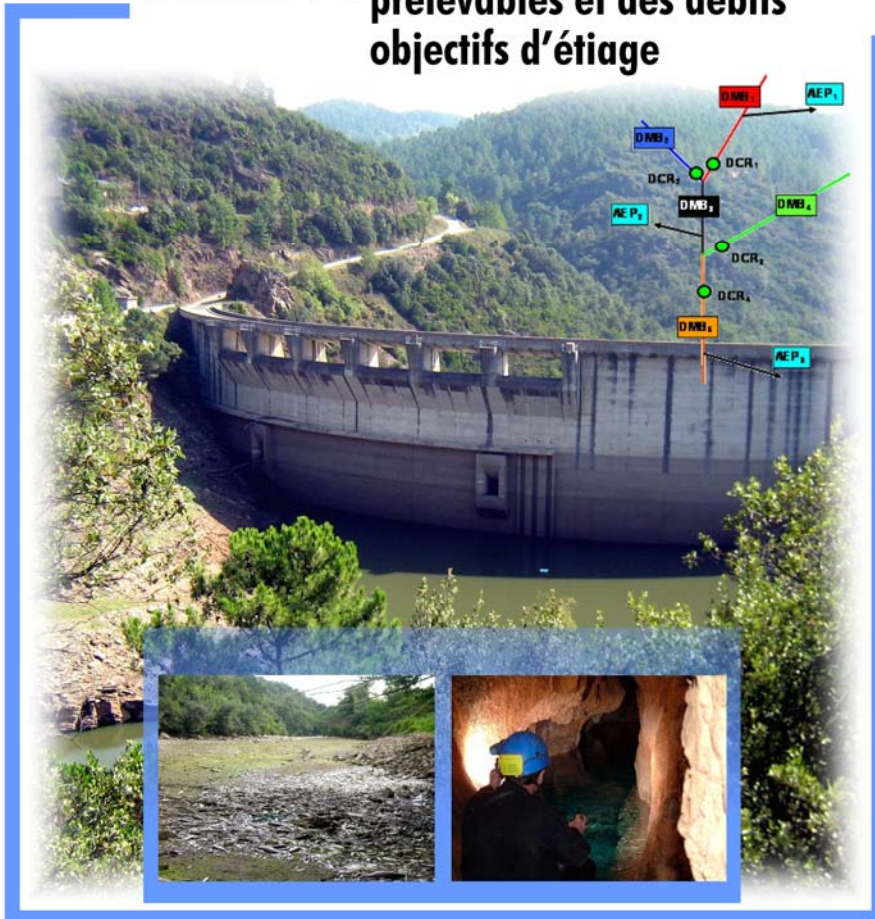


DÉTERMINATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES MAXIMUM SUR LE BASSIN VERSANT DE LA CÈZE

Phase 4 : Détermination des volumes prélevables et des débits objectifs d'étiage



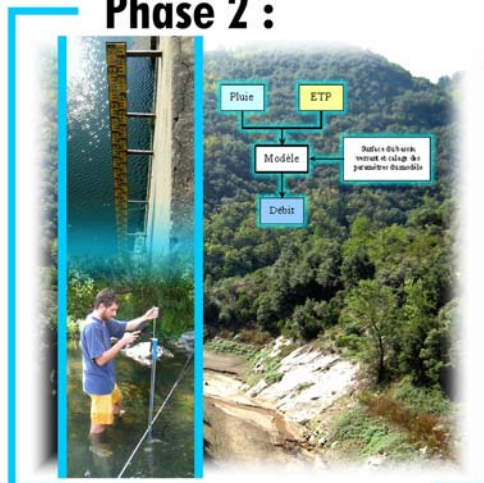
Phase 5 :



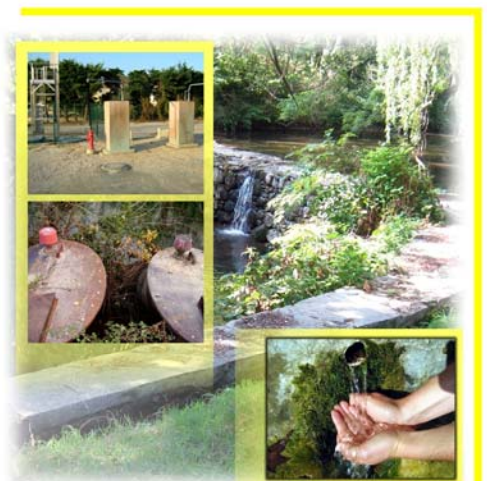
Phase 3 :



Phase 2 :



Phase 1 :



Septembre 2013

ETUDE DE DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES MAXIMUMS SUR LE BASSIN VERSANT DE LA CEZE

Rapport de phase 4 : Détermination des volumes prélevables et des débits objectif d'étiage

TABLE DES MATIERES

1. DEMARCHE DE CALCUL DES DEBITS OBJECTIFS D'ETIAGE ET DES VOLUMES PRELEVABLES	4
1.1 Objectifs et Méthode	4
1.1.1 Un processus itératif	4
1.1.2 Méthode générale	5
1.2 Liste des points de référence et localisation	5
1.3 Termes du bilan et indicateurs	9
1.3.1 Prélèvements	9
1.3.2 Ressource superficielle	9
1.3.3 Débits ESTIMHAB	9
1.3.4 Débit cible (DC)	9
1.3.5 Débit Objectif d'Etiage (DOE)	10
1.3.6 Volumes prélevables – Débits prélevables	11
2. BILAN DES PHASES PRECEDENTES.....	13
2.1 Types de bilans aux points de référence	13
2.2 Rappel des principaux résultats	14
3. POINTS NON INFLUENCES PAR LE BARRAGE : CALCUL DES DOE ET DES VOLUMES PRELEVABLES	17
3.1 Valeurs de débits cibles aux points de référence	17
3.2 Analyse fréquentielle de satisfaction des débits cibles	18
3.2.1 Principe	18
3.2.2 Détermination des valeurs basses de DC (méthode BRLi, ABCèze)	19
3.2.3 Résultats de l'analyse	21
3.2.4 Calcul du DOE et du débit prélevable	28
3.3 Synthèse des résultats	30
4. POINTS INFLUENCES PAR LE BARRAGE DE SENECHAS : CALCUL DES DOE ET DES VOLUMES PRELEVABLES	32
4.1 Les hypothèses de débit cible	32
4.2 Le modèle de barrage	33
4.3 Optimisation de la gestion de Sénéchas : simulation au point C2	35

4.3.1	Mode de présentation des résultats	35
4.3.2	Analyse des résultats au point C2	36
4.3.3	Limites du modèle de barrage	41
4.3.4	Conclusion	41
4.4	Calcul des Volumes prélevables et DOE	42
4.4.1	Calcul au point C2 de Pont de Rivières	42
4.4.2	Calcul au point C4 de Chusclan	44

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

Tableau 1 : Point de référence sur le bassin versant de la Cèze retenus par le Consultant.....	6
Tableau 2 : Rappel des résultats des phases précédentes, bilan sur les BV agrégés aux points de référence – source : tableau BRLi	15
Tableau 3 : Rappel des résultats des phases précédentes, bilan sur les BV intermédiaires aux points de référence – source : tableau BRLi	16
Tableau 4 : Hypothèses de DC retenues aux points de référence – source : tableau BRLi	17
Tableau 5 : Valeurs mensuelles du débit naturel au point A2 (Ganière) et indication des occurrences de sous-passement du débit cible – source : BRLi.....	18
Tableau 6 : Comparaison au point A1 sur le Luech des résultats de l'analyse fréquentielle, pour plusieurs hypothèses de débit cibles (DC) – source : BRLi.....	20
Tableau 7 : Analyse fréquentielle de satisfaction du débit cible aux points non influencés par le barrage – source : BRLi.....	23
Tableau 8 : Valeurs mensuelles de débit cible pour les points influencés par Sénéchas – source : tableau BRLi	33
Tableau 9 : Résultats de l'analyse fréquentielle, scénario en l'absence de barrage – source : BRLi ...	37
Tableau 10 : Résultats de l'analyse fréquentielle, scénario de fonctionnement actuel – source : BRLi	37
Tableau 11 : Résultats obtenus avec le modèle développé au pas de temps journalier dans l'étude d'optimisation du barrage de Sénéchas (BRLi 2013) – scénario fonctionnement actuel.....	38
Tableau 12 : Résultat de l'analyse fréquentielle, scénario de gestion optimisée (la réduction des prélèvements sur l'amont du bassin n'est pas prise en compte) – source BRLi.....	39
Tableau 13 : Résultats obtenus avec le modèle développé au pas de temps journalier dans l'étude d'optimisation du barrage de Sénéchas (BRLi 2013) – scénario de gestion optimisé.....	40
Tableau 14 : Calcul du DOE et du VP au point C2 – source : BRLi	43
Tableau 15 : Méthode 1 - Calcul du DOE et du VP au point C4.....	47
Tableau 16 : Méthode 12- Calcul du DOE et du VP au point C4.....	48
Tableau 17 : Volumes prélevables et DOE finalement proposés au point C4.....	49

FIGURES

Figure 1 : Balance des équilibres entre les ressources en eau et les quantités prélevées.....	1
Figure 2 : Phasage de l'étude de détermination des volumes prélevables maximum sur le bassin versant de la Cèze.....	3
Figure 3 : Positionnement du point C2 à Pont de Rivières, en amont de l'ancien point C2 de Tharoux (source : graphique BRLi).....	6
Figure 4 : Positionnement des points de référence sur le bassin versant de la Cèze (source : carte BRLi)	7
Figure 5 : Exemple illustrant le calcul du DOE sur un bassin versant composé de deux points de référence – source : BRLi	10
Figure 6 : Exemple de BV pour illustrer les types de bilans pouvant être établis – source : BRLi	13
Figure 7 : Méthode de détermination des valeurs de DC Cible par ABCèze et BRLi – source : BRLi	20
Figure 8 : Synthèse des résultats obtenus sur les points affluents et Cèze amont : DOE et VP – source : BRLi	31
Figure 9 : Contraintes de gestion du stock du barrage de Sénéchas (situation actuelle).....	34

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

ABCèze	Syndicat Mixte d'Aménagement du bassin versant de la Cèze
AEP	Alimentation en Eau Potable
ASA	Association Syndicale Autorisée
BDD	Base de Données
BV	Bassin Versant
CEMAGREF	Centre National Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts
CG30	Conseil Général du Gard
CNR	Compagnie Nationale du Rhône
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
DB	Débit Biologique
DBS	Débit biologique de survie
DC	Débit cible
DCR	Débit de Crise Renforcé (ou simplement « Débit de crise »)
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DOE	Débit Objectif d'Etiage
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DUP	Déclaration d'Utilité Publique
EDF	Electricité De France
ETP	Evapotranspiration
EVHA	logiciel d'Evaluation de l'HABitat du poisson
GAG	Etude des Grands Adducteurs du Gard
GIE	exploitant des prélèvements dans la Cèze pour l'usine Rhodia à Salindres
HT	Hors Taxe
IBGN	Indice Biologique Global Normalisé
MERIMEE	Mission Eau Risques Irrigation Milieux Ecologie et Environnement
Mm ³	Million de m ³
mNGF	hauteur (m) par rapport au Niveau Général de la France
ONEMA	Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques
PGCR	Protocole de Gestion Concertée de la Ressource
Q nat	Débit naturel
Q inf	Débit influencé
Q50	Débit journalier annuel médian
RCS	Réseau de Contrôle et de Surveillance
REU	Réutilisation des Eaux Usées

RGA	Recensement Général de l'Agriculture
RMC	Rhône Méditerranée Corse
RU	Réserve Utile du sol
SAU	Surface Agricole Utile
SCOP	Surface en Céréale et Oléo Protéagineux
SISPEA	Services Public d'Eau et d'Assainissement
SMAGE	Syndicat Mixte pour l'Aménagement et la Gestion des Eaux
SPC	Service de Prévision des Crues
SPU	Surface Potentiellement Utilisable
STEP	Station d'épuration
STH	Surface Toujours en Herbe
UDI	Unité de Distribution
UMR	Unité Mixte de Recherche du CNRS
VHA	Valeur d'Habitat
VP	Volumes prélevables
ZC	Zone Climatique
ZRE	Zone de Répartition des Eaux

PREAMBULE

CONTEXTE

Le bassin versant de la Cèze est soumis à des étiages sévères. Ces étiages, récurrents, mettent en évidence un **déséquilibre structurel entre offre et demande en eau** en période estivale.

Le rétablissement de l'équilibre entre offre et demande en eau est un objectif affiché par le plan national de gestion de la rareté de l'eau¹. Cet objectif s'inscrit aussi pleinement dans celui, plus large, de la **mise en œuvre de la DCE**². Cette dernière exige l'atteinte du bon état des ressources en eau à l'horizon 2015, et pour ce faire le rétablissement de l'équilibre offre/demande en eau.

Pour atteindre le bon état des eaux, il est en effet essentiel d'obtenir cet équilibre entre les ressources en eau (l'offre) et les quantités prélevées (la demande), illustré par la Figure 1 ci-contre.

L'adoption de nouveaux comportements est une priorité : ils sont fondés sur le partage de l'eau. C'est pour cela que des études sur les « volumes prélevables » ont été initiées par l'Agence de l'Eau RMC, aux côtés des services de l'Etat, dans chaque territoire déficitaire en eau.

La date à laquelle le volume total autorisé sur un bassin ne devra plus dépasser ce « volume prélevable » ne pourra en aucun cas excéder le 31 décembre 2014.³

La notion de **volume prélevable** est au cœur de la démarche du rétablissement de l'équilibre offre / demande en eau. Défini de manière simplifiée, le volume prélevable sur un bassin donné est la différence entre la ressource disponible (ressource naturelle et volumes de régulations éventuellement disponibles) et ce qu'il est souhaitable de laisser dans le milieu pour garantir son bon état.⁴

➔ La présente étude a ainsi pour premier objectif d'établir un **bilan entre la ressource en eau et les besoins de prélèvement en eau** (agriculture, eau potable, industrie et milieu naturel) afin de caractériser la pression exercée actuellement sur le milieu et de déterminer les volumes prélevables à l'avenir.

Figure 1 : Balance des équilibres entre les ressources en eau et les quantités prélevées.



Source : BRLi.

¹ Voir CGAAER & IGE (2007).

² Directive Cadre sur l'Eau : Directive du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Voir par exemple la synthèse suivante : http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/l28002b_fr.htm.

³ Voir MEEDDAT (2008).

⁴ Extrait de MEEDDAT (2008) : « Le volume prélevable est le volume que le milieu est capable de fournir dans des conditions écologiques satisfaisantes... ».

Conscients des déséquilibres existants sur la Cèze, le Syndicat Mixte ABCèze, et les acteurs de l'eau et les partenaires techniques concernés par le bassin versant de la Cèze, ont décidé de lancer un Protocole de Gestion Concertée de la Ressource (PGCR) en 2007. Malheureusement, la démarche s'est retrouvée bloquée par le manque de données disponibles sur le bassin pour permettre de fixer des objectifs précis de gestion de l'eau. La présente étude permettra donc notamment de préciser et clarifier certains points n'ayant pas été totalement éclaircis dans le cadre de l'étude du PGCR, avec l'aide de nouvelles données et de nouveaux outils d'aide à la décision.⁵

→ Dans la présente étude, le traitement des données collectées (y compris via l'utilisation de modèles pluie-ETP-débit) permettra de déterminer des volumes maximum prélevables par sous-bassin versant de la Cèze ; ainsi que des Débits Objectifs d'Étiage (DOE) associés. Ces volumes prélevables seront à la base de la concertation entre les usagers.

PHASAGE

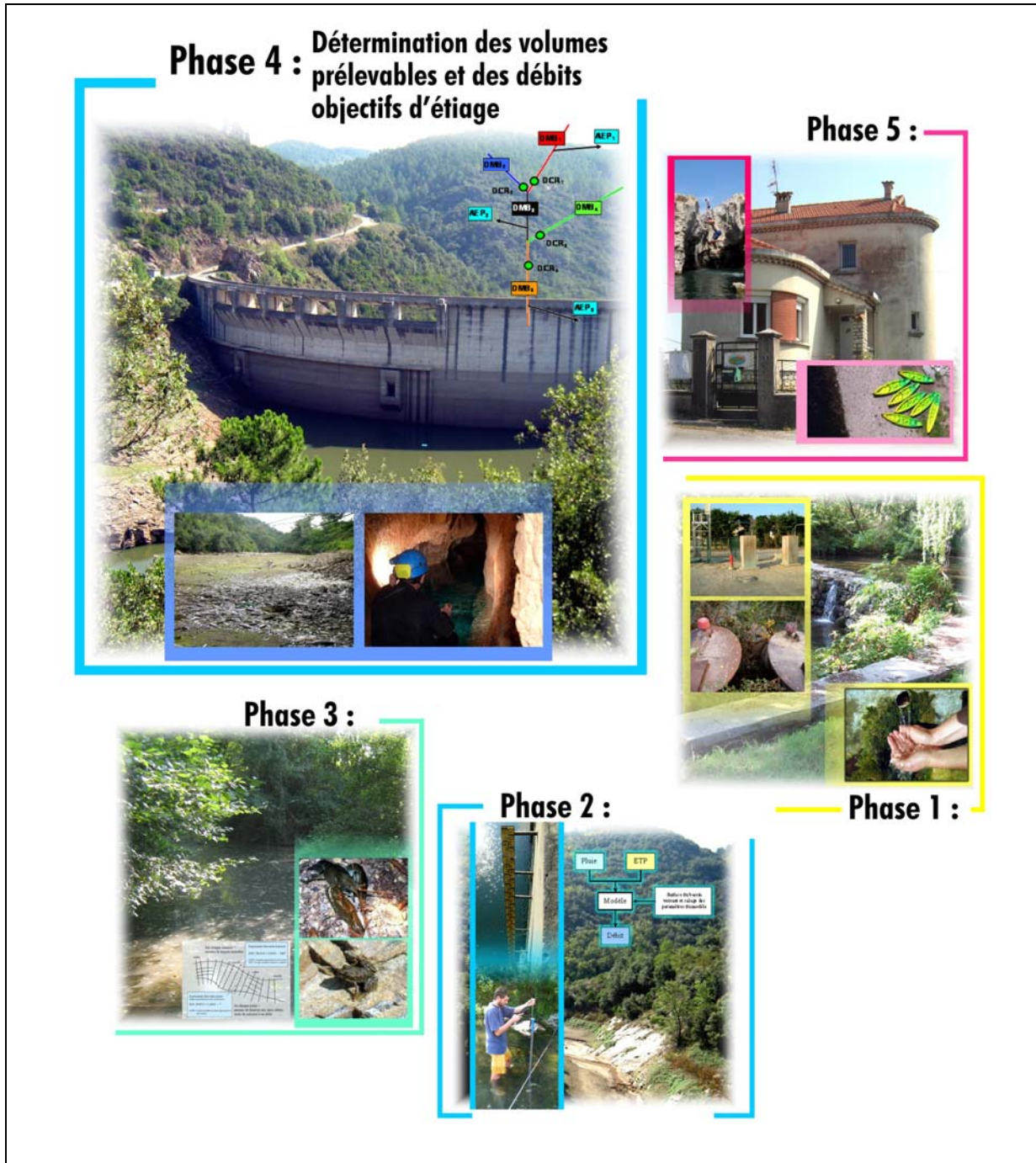
L'étude de détermination des volumes prélevables maximum sur le bassin versant de la Cèze se décompose en 5 phases (voir Figure 2).

- ▶ Phase 1 : Bilan des prélèvements existants, analyse de l'évolution ;
- ▶ Phase 2 : Analyse de la ressource en eau ;
- ▶ Phase 3 : Détermination du débit minimum biologique ;
- ▶ Phase 4 : Détermination des volumes prélevables et des débits objectif d'étiage ;
- ▶ Phase 5 : Proposition de répartition des volumes entre les usages.

Le présent rapport correspond à la phase 4 de l'étude.

⁵ Voir BRLi (2007), BRLi (2008a) et BRLi (2009).

Figure 2 : Phasage de l'étude de détermination des volumes prélevables maximum sur le bassin versant de la Cèze



Source : BRLi.

1. DEMARCHE DE CALCUL DES DEBITS OBJECTIFS D'ETIAGE ET DES VOLUMES PRELEVABLES

1.1 OBJECTIFS ET METHODE

L'approche « Volumes prélevables » vise à mettre en correspondance les prélèvements qui sont réalisés sur les milieux aquatiques avec la nécessité de garantir le bon état écologique de ces milieux.

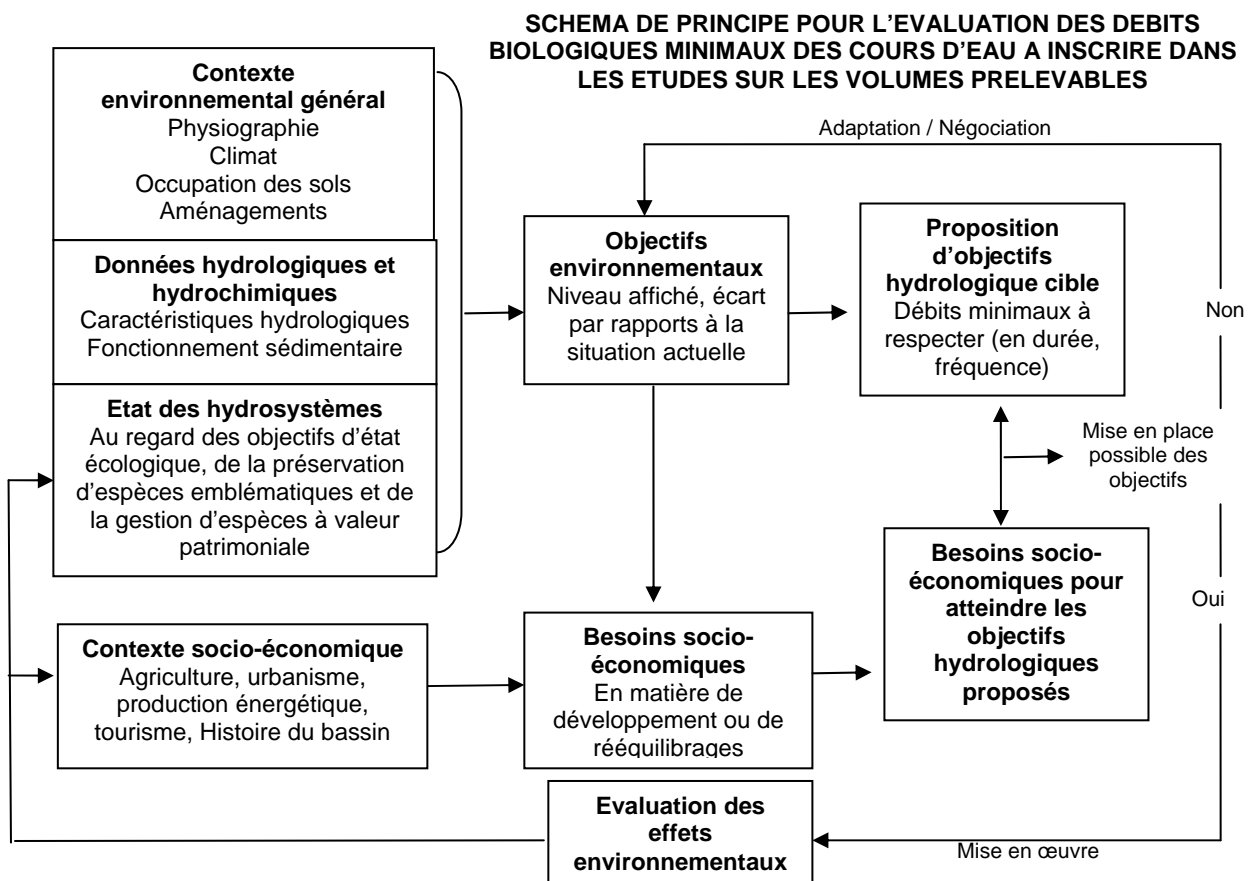
Il doit ainsi ressortir de cette approche des éléments quantifiés, à destination des gestionnaires de ces milieux, éléments qui permettent de définir :

- ▶ les limites à respecter pour garantir le bon état des milieux,
- ▶ les volumes pouvant être prélevés au regard de ces limites.

1.1.1 Un processus itératif

La difficulté - et la richesse - de l'approche vient du fait que les processus de décision n'y sont pas forcément linéaires et qu'il peut exister, en pratique, en amont de ces décisions, des « boucles » dans la réflexion et des allers-retours entre le souhaitable et le possible.

Ce point est décrit précisément dans le schéma suivant du CCTP de l'étude.



Les différentes grandeurs en jeu, débits minimums, volumes prélevables, sont donc très liées. Par ailleurs, l'analyse doit être en permanence confrontée à la ressource naturelle effectivement disponible.

1.1.2 Méthode générale

L'idée est, pour chacun des points de référence proposés dans les phases précédentes de :

- ▶ quantifier le volume prélevable 8 années sur 10 sans restriction, volume établi par différence entre la ressource naturelle disponible utilisable effectivement et le débit minimum à maintenir dans le cours d'eau. Nous utiliserons pour ce faire la méthode B décrite par l'Agence de l'eau dans sa note technique sur le calcul des volumes prélevables (dans le cas de la Cèze, la méthode A conduit aussi à des résultats très similaires).
- ▶ de comparer les prélèvements actuels avec ce volume prélevable, et de déduire les éventuelles restrictions à mettre en place pour parvenir à une situation d'équilibre, situation où le débit minimum est respecté en permanence (10 années sur 10) et où, conjointement, les prélèvements autorisés peuvent être satisfaits sans restriction 8 années sur 10.

La tâche est compliquée, dans le cas du bassin de la Cèze, par l'existence du barrage de Sénéchas situé tout à l'amont du bassin. Le volume utile de stockage disponible pour le soutien d'étiage atteint aujourd'hui près de 4 Mm³ et vient donc décaler dans le temps la disponibilité d'une partie de la ressource en eau.

Dans la suite, on traitera dans un premier temps les affluents et la Cèze amont qui ne sont pas influencés par le barrage, puis on détaillera ensuite l'axe principal de la Cèze, pour lequel une méthode plus complexe devant être employée.

1.2 LISTE DES POINTS DE REFERENCE ET LOCALISATION

Les points de référence incluent **3 points le long de la Cèze** (C1, C2 et C4), et **5 points sur des affluents** (numérotés A1, A2, A3, A5 et A6). Ces points sont donnés ci-dessous de l'amont vers l'aval :

- ▶ **C1** : point contrôlant le sous-bassin versant 7 (voir carte ci-dessous), ce bassin regroupe les sous-bassins de l'Homol et de la Cèze amont, ce point se situe au niveau du barrage de Sénéchas ;
- ▶ **A1** : point contrôlant le bassin versant du Luech ;
- ▶ **A2** : point contrôlant le bassin versant de la Gagnière ;
- ▶ **A3** : point contrôlant le bassin versant de l'Auzon ;
- ▶ **C2** : point situé sur la Cèze au pont de Rivières et qui a été déplacé par rapport à l'ancien point de référence situé à Tharoux. La figure ci-dessous illustre le positionnement du point C2 à Rivières, en amont de la Clysse, du prélèvement de l'ASA de St Jean et des pertes karstiques, et en aval de la confluence avec l'Auzon. Le point est également situé en amont de Tharoux qui constituait l'ancien point C2, désormais obsolète ;
- ▶ **A5** : point contrôlant le bassin versant de l'Aiguillon ;
- ▶ **C4** : point situé au niveau de la station hydrométrique de Chusclan ; ce point contrôle l'ensemble du bassin versant de la Cèze, hormis le bassin versant de la Tave ;
- ▶ **A6** : point contrôlant le bassin versant de la Tave.

Le tableau ci-dessous, après le graphique, rappelle les superficies de bassin versant captées par chaque point de référence, ainsi que les numéros de bassins correspondant (ces numéros sont ceux qui ont servi à établir un bilan des prélèvements en phase 1).

Figure 3 : Positionnement du point C2 à Pont de Rivières, en amont de l'ancien point C2 de Tharoux (source : graphique BRLi)

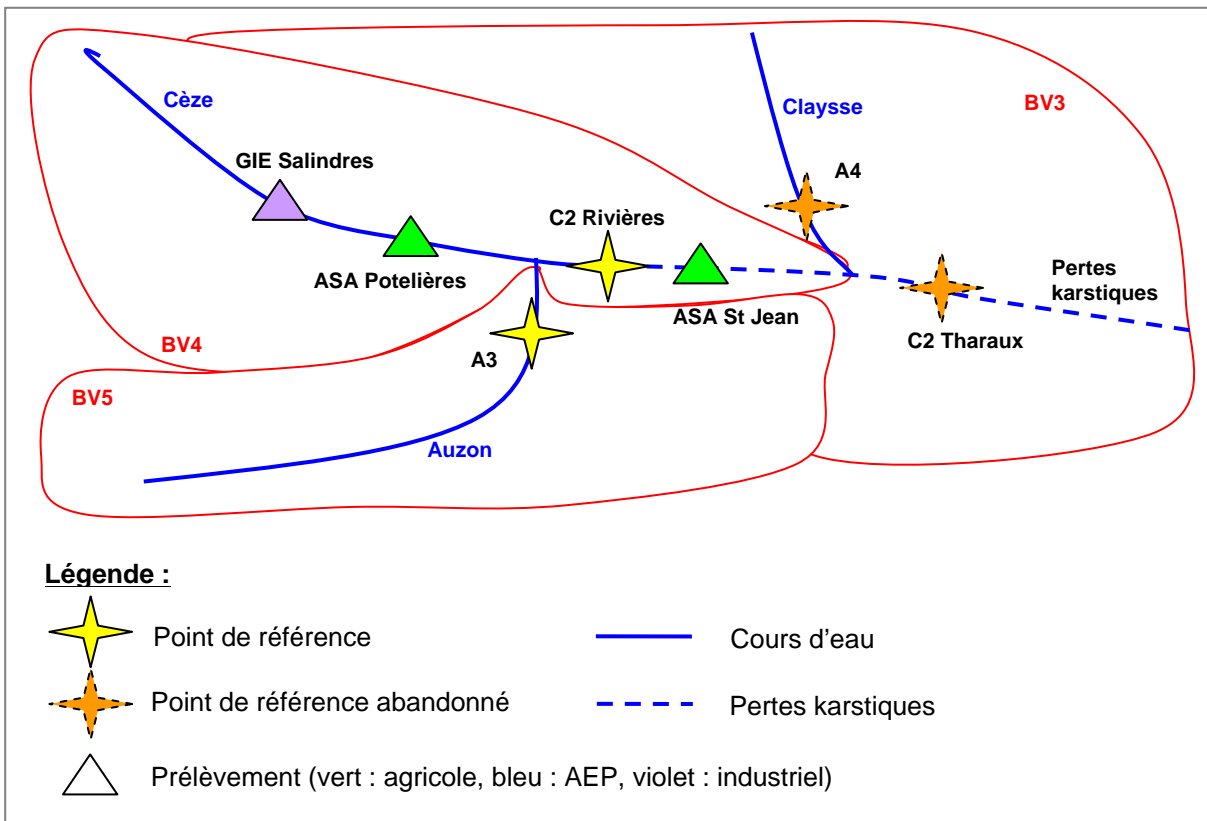


Tableau 1 : Point de référence sur le bassin versant de la Cèze retenus par le Consultant.

Nom point	Cours d'eau	BV	Surface (km ²)
A1	Luech	8	96
A2	Gagnière	6	88
A3	Auzon	5	162
A5	Aiguillon	2	124
A6	Tave	1	179
C1	Cèze Amont	7	117
C2	Cèze à Rivières	4 à 8	656
C4	Cèze à Chusclan	1 à 8	1180

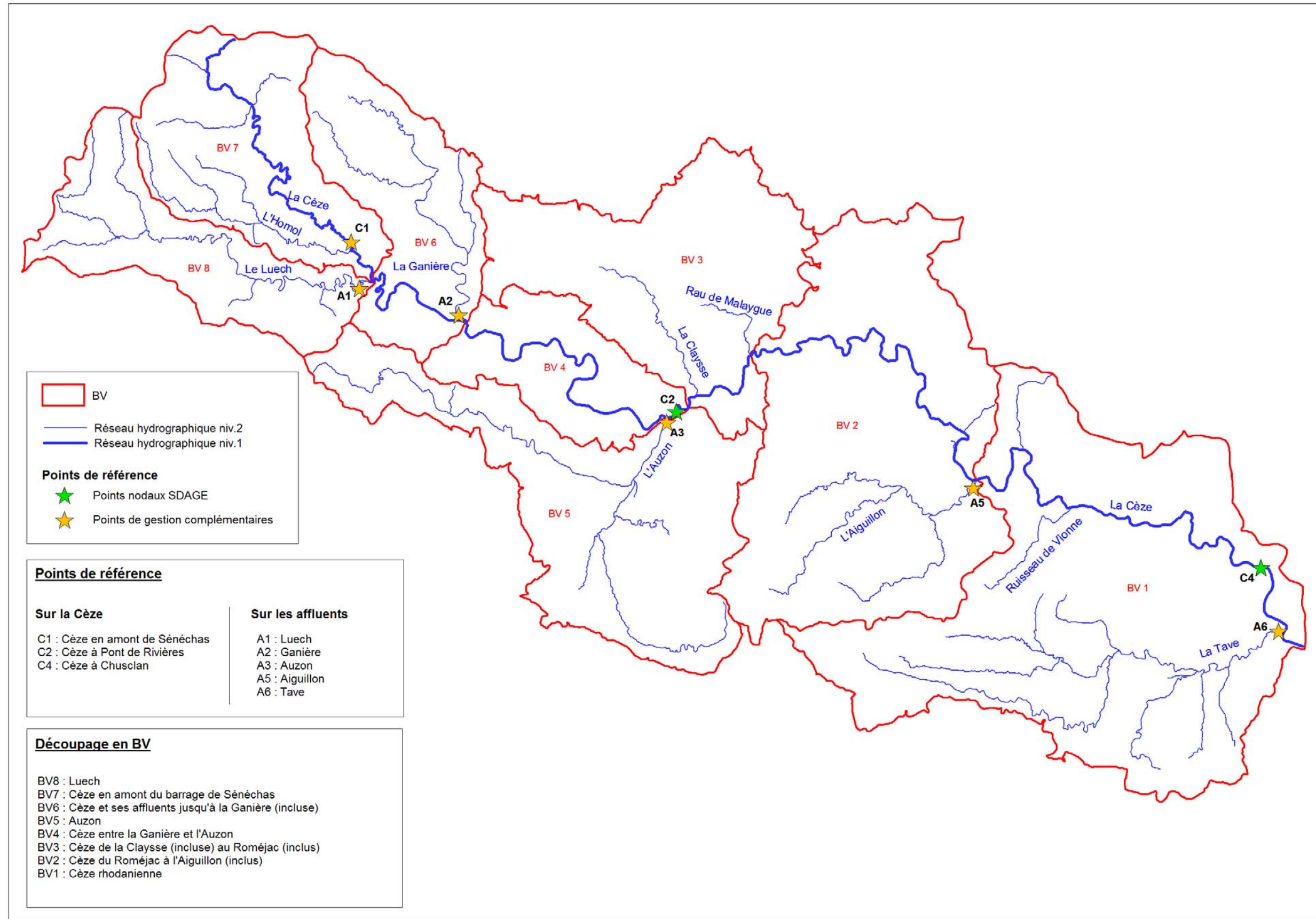
Source : BRLi.

La carte ci-dessous -déjà présentée lors des phases précédentes - est rappelée ici pour plus de clarté et présente le découpage en sous bassins versants et la localisation des points de référence au niveau desquels est réalisé un bilan.

La suite du présent rapport présente tout d'abord les bilans sur les différents **points non-influencés par des barrages** : les 5 points de référence sur les affluents de la Cèze (A1, A2, A3, A4, A6) et le point C1 situé sur la Cèze en amont du barrage.

Dans un second temps, nous réaliserons les bilans au droit des points C2 et C4 **situés sous le barrage** et pour lesquels des méthodes différentes de calcul doivent donc être utilisées. Nous verrons dans le paragraphe dédié au point C4 qu'il est difficile de déterminer quel est l'impact du barrage sur ce point, du fait des pertes karstiques situées sur la Cèze avant C4 et après C2.

Figure 4 : Positionnement des points de référence sur le bassin versant de la Cèze (source : carte BRLi)



1.3 TERMES DU BILAN ET INDICATEURS

1.3.1 Prélèvements

Les développements relatifs aux prélèvements ont été détaillés au cours de la phase 1.

Le Tableau 2 et le Tableau 3 rappellent les prélèvements réalisés sur chacun des tronçons étudiés.

1.3.2 Ressource superficielle

Les développements relatifs à la ressource ont été détaillés en phase 2 de l'étude.

Lors de cette phase, les débits naturels (c'est-à-dire tels qu'ils seraient en l'absence d'influence humaine) ont été reconstitués à partir de données climatiques (pluie, ETP), de données de débits mesurés en rivière (débits influencés par les prélèvements) et des informations récoltées sur les prélèvements au cours de la phase 1.

Le Tableau 2 et le Tableau 3 rappellent les valeurs moyennes ($Q_{nat\ moy}$) et quinquennales sèches ($Q_{nat\ 5\ sec}$) obtenues pour chacun des tronçons étudiés.

1.3.3 Débits ESTIMHAB

Une analyse détaillée du contexte environnemental a été conduite, des espèces cibles ont été choisies et une modélisation (méthode Estimhab à partir de campagnes de terrain) a permis d'établir des correspondances entre débits et habitats piscicoles. Il en est ressorti des propositions de débits ESTIMHAB. Ces débits nous ont servis de valeurs guides pour établir une série mensuelle de débits cibles en chaque point de référence.

1.3.4 Débit cible (DC)

Il s'agit d'un débit seuil que l'on se fixe, qui n'a pas encore été retenu comme débit objectif d'étiage. Il est supposé inclure les besoins des milieux aquatiques. **Le débit cible constitue une valeur temporaire que l'on se fixe, que l'on critique, que l'on teste et que l'on ajuste pour finalement parvenir à un débit objectif d'étiage satisfaisant les contraintes de l'exercice.**

Dans la suite du document, nous nous appuyons en chaque point sur **deux séries** de débit cible :

- ▶ Une **série de valeurs hautes fournies par les services de l'état** en considérant le 1/20 du module au point. Aux deux points nodaux référencés dans le SDAGE (points C2 et C4), ces valeurs de débit font office d'objectifs réglementaires.
- ▶ Une **série de valeurs plus basses fournies par ABCèze et BRLi**, issues d'une analyse poussée de satisfaction, détaillée plus bas.

1.3.5 Débit Objectif d'Etiage (DOE)

Dans la présente étude, le terme « **Débit Objectif d'Etiage** » (DOE) est réservé au débit finalement adopté. On appelle « **Débit Cible** » (DC) les différentes propositions faites, parmi lesquelles un DOE sera finalement choisi.

En pratique, et le séminaire « Débits biologiques » tenu le 23 juin 2011 au siège de l'Agence de l'Eau RMC à Lyon l'a clairement rappelé, les débits biologiques ne constituent pas des débits en-dessous desquels apparaissent d'emblée des mortalités piscicoles, mais des **objectifs de gestion** pour garantir les équilibres structurels entre la ressource en eau et les usages préleveurs qui en sont faits.

Dans le cadre des études volumes prélevables, ces débits minimums sont **donc utilisés pour définir des Débits Objectifs d'Etiage (DOE)** au droit des points de référence.

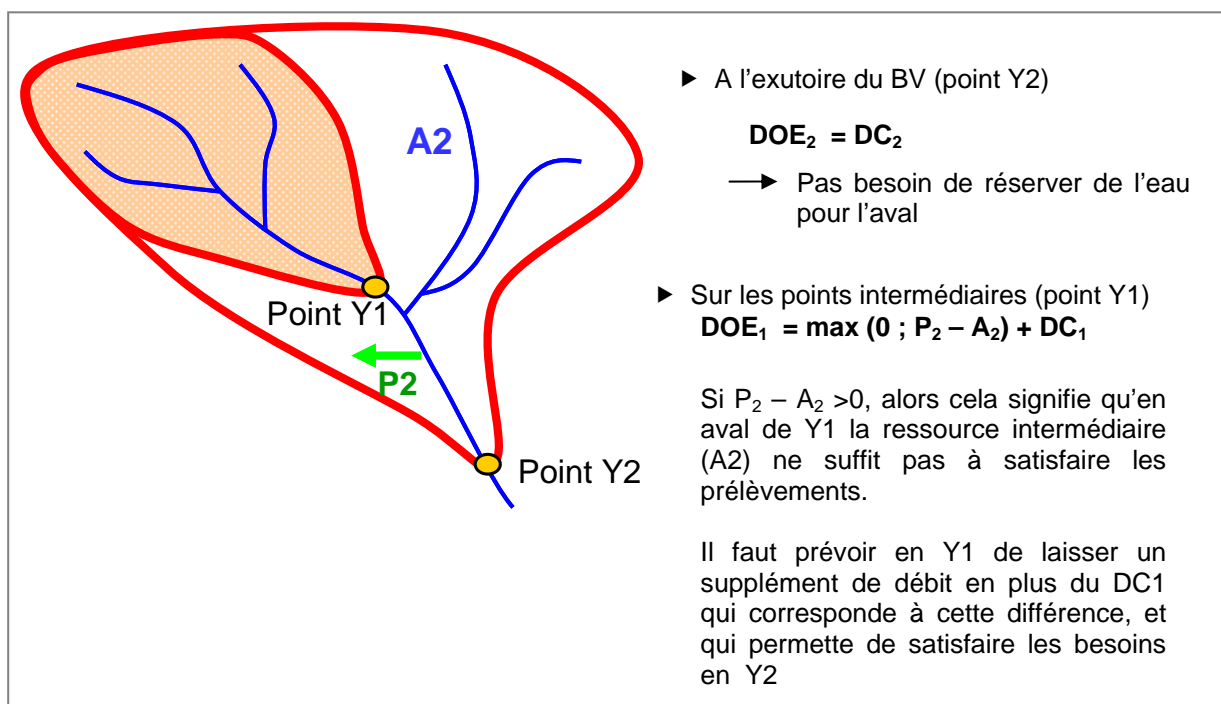
Un point de référence auquel est défini un DOE sert :

- ▶ à contrôler l'équilibre entre des prélèvements situés à son amont et le bon état du tronçon sur lequel il se situe,
- ▶ à contrôler la bonne application de la solidarité amont – aval : nécessité de laisser suffisamment d'eau vers l'aval pour prendre en compte aussi l'éventuelle demande aval.

Le Débit Objectif d'Etiage est ainsi égal au Débit Cible plus la différence positive éventuelle entre des apports intermédiaires et des prélèvements aval autorisés à satisfaire.

$$\text{Débit Objectif d'Etiage} = \text{Débit Cible} + \max(0 ; P_2 - A)$$

Figure 5 : Exemple illustrant le calcul du DOE sur un bassin versant composé de deux points de référence - source : BRLi

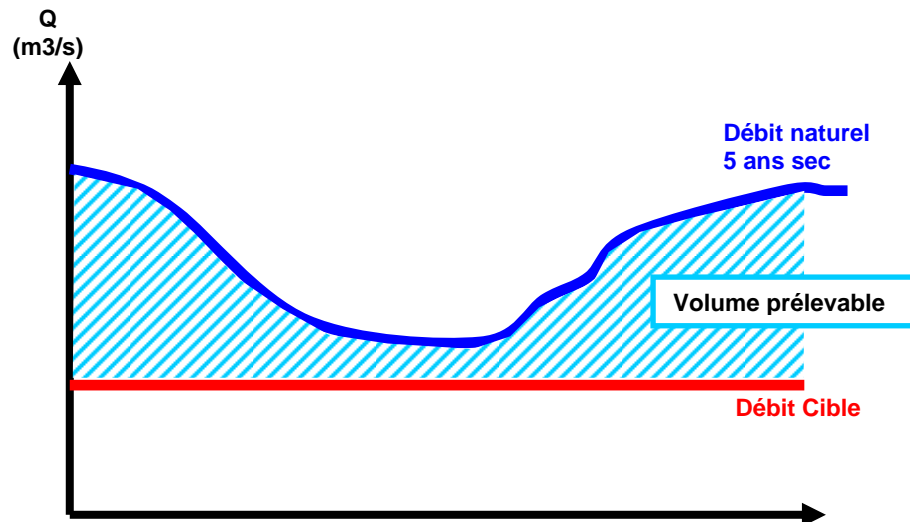


La suite du présent rapport est donc axée sur le calcul des débits objectifs d'étiage au droit des points de référence, avec, en regard, les Volumes prélevables associés. Pour illustrer comment se situent ces volumes prélevables au regard des prélèvements existants, ou ayant existé, on indiquera également les diminutions de prélèvements nécessaires pour mettre en correspondance autorisation et volumes prélevables.

1.3.6 Volumes prélevables – Débits prélevables

A- TERMINOLOGIE

On emploiera dans la suite aussi bien l'expression « volume prélevable » que « débit prélevable », un volume pouvant en effet s'exprimer (ce sera le plus souvent le cas ici) sous la forme d'un débit moyen sur une période de temps. Le schéma ci-dessous explicite la notion de volume prélevable.



B- REMARQUES ET NUANCES SUR LA NOTION DE VOLUME PRELEVABLE

Cette notion de volume prélevable est utilisée principalement en période estivale. Le débit cible déterminé s'applique en effet aux périodes d'étiage. En période de hautes eaux il peut être nécessaire de conserver à certains moments un débit supérieur au débit cible (crues morphogènes) afin de maintenir le bon état du milieu. Ainsi, hors période d'étiage, tout le volume contenu entre les courbes rouge et bleue présentées ci-dessus n'est pas forcément destiné à être mobilisé.

Nous avons calculé les **débits disponibles pour les prélèvements**, au pas de temps mensuel, selon l'approche fréquentielle suivante :

- ▶ On commence par faire le calcul, pour chaque mois de chaque année de la série de référence utilisée (1974-2008), du débit disponible pour les prélèvements par la formule :

$$\text{Débit disponible} = \max(0 ; Q_{nat} - DC) \quad (1)$$

- ▶ On calcule ensuite, à partir de cette série, le volume disponible 4 années sur 5 pour chacun des mois sur les séries de volumes obtenues (une année sur 5 le volume effectivement prélevable est inférieur, 4 années sur 5 il est supérieur).

Attention ! On parle ici de **volume ou débit disponible** pour les prélèvements, mais pas encore de volume prélevable. En effet, dans ce volume, on ne garde ici que la ressource disponible au-delà du débit cible, sans tenir compte des besoins des bassins amont ou aval. Il n'y pas dans ce calcul de notion de solidarité entre bassins, de gestion intégrée de la ressource.

En effet, si on applique tels quels les volumes prélevables, il est possible que les usagers de l'amont consomment plus d'eau que nécessaire, et n'en laissent pas suffisamment pour les usagers de l'aval. Il nous faut alors calculer des DOE qui intègrent les besoins des milieux aquatiques, mais prennent aussi en compte les besoins des usagers aval (cf. paragraphe plus haut).

Théoriquement, comme on l'a vu précédemment, le calcul du DOE se ferait par la formule suivante :

$$\text{DOE} = \text{DC} + \max(0 ; \text{Prélèvements aval} - \text{Apports aval})$$

De façon pratique, on met en œuvre une approche itérative en essayant plusieurs valeurs de DOE possibles et en regardant les réductions induites sur les prélèvements pour pouvoir les satisfaire 8 années sur 10.

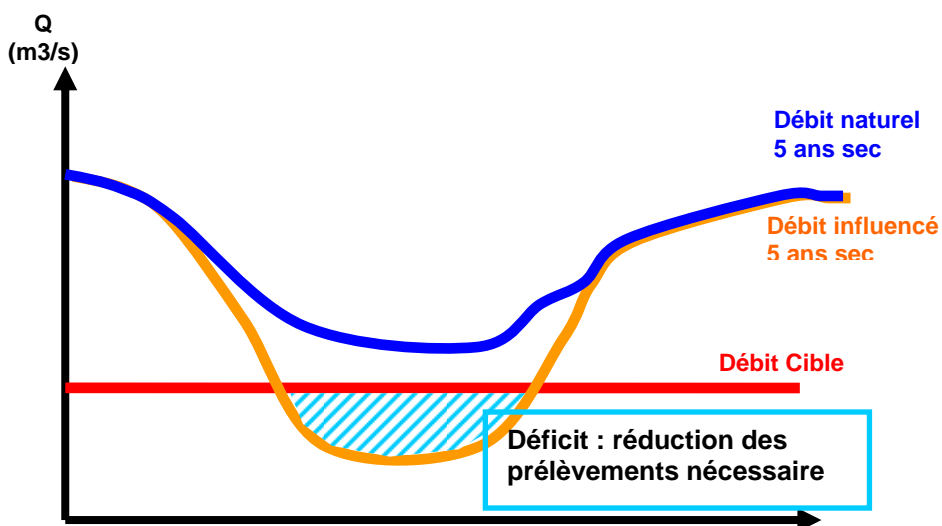
Au final, le calcul du volume prélevable s'exprimera de la façon suivante :

$$\text{Débit prélevable} = \max(0 ; Q_{\text{nat 5 ans sec}} - \text{DOE}) \quad (2)$$

C- COMPARAISON DES VOLUMES PRELEVABLES ET DES PRELEVEMENTS ACTUELS

Comme indiqué plus haut, les prélèvements actuels sont ensuite mis en regard de la ressource disponible pour chacune des années de la série de débit naturel reconstitué.

Le schéma ci-dessous explicite la notion de déficit, ou de réduction des prélèvements :



Cette réduction a été calculée pour chaque mois de chaque année de la chronique étudiée.

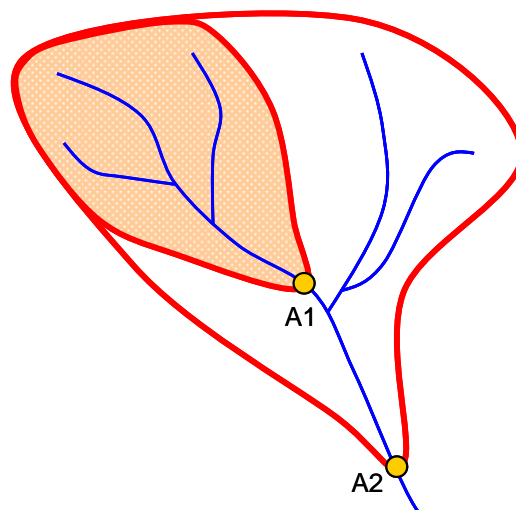
2. BILAN DES PHASES PRECEDENTES

2.1 TYPES DE BILANS AUX POINTS DE REFERENCE

Dans la suite du présent document, nous allons être amenés à présenter des résultats au droit des points de référence (prélèvements, ressource, etc.). Ces bilans peuvent se faire de deux façons selon que l'on considère en un point de référence donné, soit tout le bassin versant qu'il capte en amont, soit le bassin versant intermédiaire coincé entre ce même point et celui situé plus en amont.

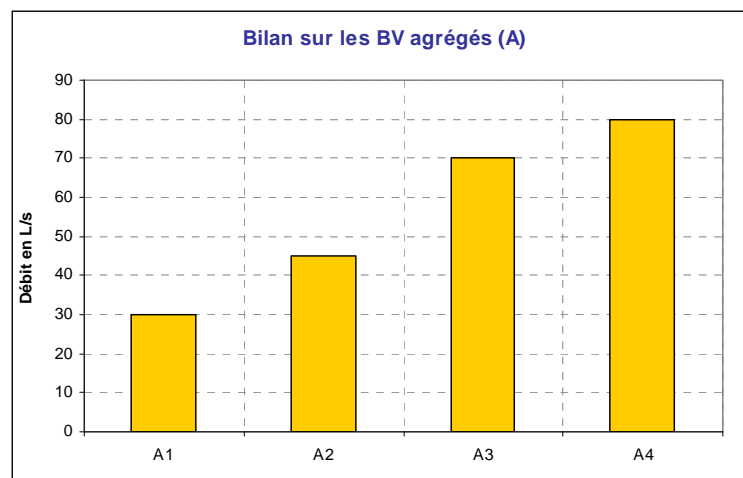
Pour plus de clarté, commentons le graphique ci-dessous.

Figure 6 : Exemple de BV pour illustrer les types de bilans pouvant être établis - source : BRLi



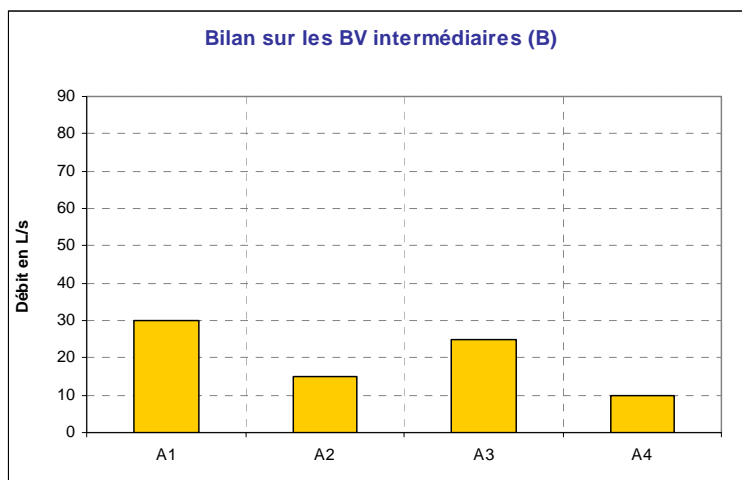
Aux points A1 et A2, deux types de bilans peuvent être présentés :

- **Un bilan sur les BV agrégés** : Les prélèvements influençant le point A2, contenus dans le BV2, comprennent ceux qui sont inclus dans le BV1 et qui influencent également A1. Ainsi, dans l'histogramme ci-dessous, quand nous présentons le bilan en A2, nous tenons compte de ceux déjà contenus dans le bilan en A1. Il y a double compte.



Cette représentation est pratique pour mettre en évidence au point de référence considéré l'ensemble des prélèvements représentant une influence, mais également quelle est la ressource disponible.

- **Un bilan sur les BV intermédiaires** : Au point A2, le bilan des prélèvements ne tient compte que des prélèvements compris sur le bassin intermédiaire en aval de A1. De même pour la ressource, on peut parler de ressource intermédiaire si on considère le débit généré par le bassin versant seul, en ôtant la part de débit provenant de A1 en amont.



Cette représentation permet de mieux isoler les influences et ressources associées à chaque BV. En revanche, si on veut déterminer en un point quels sont les prélèvements représentant une influence, il faudra tenir compte des BV amont.

Cette représentation sera également très utile lors du calcul des DOE pour mettre en place des règles de solidarité amont aval, tenant compte des ressources propres de chaque bassin et des prélèvements associés, et se traduisant éventuellement par des besoins supplémentaires de débit à réserver (cf. § de description du DOE).

2.2 RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS

Les tableaux ci-dessous rappellent quels sont les résultats des phases précédentes. Nous détaillons ces résultats suivant les deux représentations décrites ci-dessus :

- **Bilan sur les BV agrégés** : Tableau 2
- **Bilan sur les BV intermédiaires** : Tableau 3

Sont donnés pour les **mois d'étiage (6 mois de mai à octobre)** : les niveaux de prélèvements (bilan de phase 1), la ressource moyenne et 5 ans sèche (phase 2). Est également calculé le taux de mobilisation de la ressource naturelle par les prélèvements (en %).

Dans le bilan sur les BV intermédiaires (Tableau 3), pour les points C2 et C4 situés sur le cours de la Cèze en aval d'autres points, nous séparons la ressource naturelle intermédiaire (produite par les BV intermédiaires) de la ressource naturelle provenant de l'amont.

Tableau 2 : Rappel des résultats des phases précédentes, bilan sur les BV agrégés aux points de référence - source : tableau BRLi

Bilan sur les BV agrégés

Cèze Haute Vallée															
Station de référence	Id	Surface contrôlée (km²)	Paramètre	Type	Débits (en m3/s)						Module (m3/s)	1/10 module (m3/s)	1/20 module (m3/s)	Module spécifique (l/s/km²)	QMNA5 (m3/s)
					mai	juin	juil	août	sept	oct					
Cèze à Sénéchas	C1	117	Débit naturel : QN	Moyenne	3,49	1,74	0,82	0,77	1,88	5,17	3,82	0,38	0,19	33	0,27
				5 ans sec	1,50	0,81	0,45	0,36	0,46	0,96					
			Prelevements moyens : P	AEP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
				Agriculture	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00					
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
				TOTAL	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,01					
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	9%	18%	32%	40%	31%	1%								
Luech	A1	96	Débit naturel : QN	Moyenne	2,27	1,04	0,44	0,41	1,08	2,96	2,37	0,24	0,12	25	0,07
				5 ans sec	0,98	0,41	0,22	0,12	0,12	0,44					
			Prelevements moyens : P	AEP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
				Agriculture	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00					
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
				TOTAL	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00					
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	7%	18%	33%	58%	59%	1%								
Ganniere	A2	78	Débit naturel : QN	Moyenne	1,44	0,65	0,27	0,33	1,06	3,13	1,78	0,18	0,09	23	0,05
				5 ans sec	0,48	0,25	0,12	0,07	0,13	0,35					
			Prelevements moyens : P	AEP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
				Agriculture	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00					
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
				TOTAL	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01					
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	2%	5%	14%	23%	8%	3%								
Cèze Moyenne Vallée															
Auzon	A3	186	Débit naturel : QN	Moyenne	1,75	0,87	0,44	0,26	1,32	3,57	2,25	0,23	0,11	12	0,06
				5 ans sec	0,59	0,39	0,21	0,14	0,15	0,26					
			Prelevements moyens : P	AEP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
				Agriculture	0,01	0,06	0,10	0,05	0,01	0,00					
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
				TOTAL	0,02	0,07	0,11	0,06	0,02	0,01					
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	3%	18%	52%	44%	14%	3%								
Cèze à Rivières	C2	575	Débit naturel : QN	Moyenne	9,76	4,70	2,16	1,91	5,96	16,51	11,27	1,13	0,56	20	0,61
				5 ans sec	4,13	2,12	1,16	0,86	1,18	2,74					
			Prelevements moyens : P	AEP	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06					
				Agriculture	0,23	0,40	0,47	0,32	0,23	0,00					
				Industrie	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03					
				TOTAL	0,32	0,50	0,57	0,41	0,32	0,09					
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	8%	24%	49%	48%	27%	3%								
Aiguillon	A5	124	Débit naturel : QN	Moyenne	1,09	0,54	0,27	0,16	0,83	2,23	1,41	0,14	0,07	11	0,04
				5 ans sec	0,37	0,24	0,13	0,09	0,09	0,16					
			Prelevements moyens : P	AEP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
				Agriculture	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00					
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
				TOTAL	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00					
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	0%	2%	9%	7%	2%	0%								
Cèze Rhodanienne															
Cèze à Chusclan	C4	1180	Débit naturel : QN	Moyenne	13,91	6,50	3,03	2,41	11,08	29,06	17,51	1,75	0,88	15	0,82
				5 ans sec	6,06	2,81	1,50	1,18	1,73	3,61					
			Prelevements moyens : P	AEP	0,11	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11					
				Agriculture	0,24	0,49	0,63	0,40	0,25	0,00					
				Industrie	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03					
				TOTAL	0,38	0,66	0,79	0,55	0,39	0,14					
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	6%	23%	53%	46%	22%	4%								
Tave	A6	180	Débit naturel : QN	Moyenne	1,32	0,66	0,33	0,20	0,98	2,68	1,71	0,17	0,09	10	0,05
				5 ans sec	0,49	0,28	0,18	0,11	0,12	0,22					
			Prelevements moyens : P	AEP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
				Agriculture	0,00	0,02	0,05	0,04	0,01	0,00					
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
				TOTAL	0,00	0,02	0,06	0,04	0,01	0,00					
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	1%	9%	33%	37%	8%	2%								

Tableau 3 : Rappel des résultats des phases précédentes, bilan sur les BV intermédiaires aux points de référence - source : tableau BRLi

Bilan sur les BV intermédiaires

Cèze Haute Vallée										
Station de référence	Id	Surface contrôlée (km ²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)					
					mai	juin	juil	août	sept	oct
Cèze à Sénéchas	C1	117	Débit naturel : QN	Moyenne	3,49	1,74	0,82	0,77	1,88	5,17
				5 ans sec	1,50	0,81	0,45	0,36	0,46	0,96
			Prelevements moyens : P	AEP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
				Agriculture	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				TOTAL	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,01
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	9%	18%	32%	40%	31%	1%			
Cèze Moyenne Vallée										
Station de référence	Id	Surface contrôlée (km ²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)					
					mai	juin	juil	août	sept	oct
Luech	A1	96	Débit naturel : QN	Moyenne	2,27	1,04	0,44	0,41	1,08	2,96
				5 ans sec	0,98	0,41	0,22	0,12	0,12	0,44
			Prelevements moyens : P	AEP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				Agriculture	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				TOTAL	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	7%	18%	33%	58%	59%	1%			
Station de référence	Id	Surface contrôlée (km ²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)					
					mai	juin	juil	août	sept	oct
Ganniere	A2	78	Débit naturel : QN	Moyenne	1,44	0,65	0,27	0,33	1,06	3,13
				5 ans sec	0,48	0,25	0,12	0,07	0,13	0,35
			Prelevements moyens : P	AEP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
				Agriculture	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				TOTAL	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	2%	5%	14%	23%	8%	3%			
Cèze Moyenne Vallée										
Station de référence	Id	Surface contrôlée (km ²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)					
					mai	juin	juil	août	sept	oct
Auzon	A3	186	Débit naturel : QN	Moyenne	1,75	0,87	0,44	0,26	1,32	3,57
				5 ans sec	0,59	0,39	0,21	0,14	0,15	0,26
			Prelevements moyens : P	AEP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
				Agriculture	0,01	0,06	0,10	0,05	0,01	0,00
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				TOTAL	0,02	0,07	0,11	0,06	0,02	0,01
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	3%	18%	52%	44%	14%	3%			
Station de référence	Id	Surface contrôlée (km ²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)					
					mai	juin	juil	août	sept	oct
Cèze à Rivières	C2	98	Débit naturel intermédiaire : QN inter	Moyenne	0,81	0,40	0,20	0,14	0,61	1,68
				5 ans sec	0,57	0,26	0,17	0,17	0,32	0,75
			Débit naturel provenant de l'amont : QN amont	Moyenne	8,95	4,30	1,96	1,78	5,34	14,83
				5 ans sec	3,55	1,86	0,99	0,69	0,86	2,00
			Prelevements moyens : P	AEP	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
				Agriculture	0,02	0,13	0,16	0,06	0,02	0,00
				Industrie	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
				TOTAL	0,08	0,20	0,23	0,12	0,08	0,06
			Ressource intermédiaire mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN inter 5 ans sec	14%	76%	135%	70%	24%	8%
			Station de référence	Id	Surface contrôlée (km ²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)		
mai	juin	juil						août	sept	oct
Aiguillon	A5	124	Débit naturel : QN	Moyenne	1,09	0,54	0,27	0,16	0,83	2,23
				5 ans sec	0,37	0,24	0,13	0,09	0,09	0,16
			Prelevements moyens : P	AEP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				Agriculture	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				TOTAL	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	0%	2%	9%	7%	2%	0%			
Cèze Rhodanienne										
Station de référence	Id	Surface contrôlée (km ²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)					
					mai	juin	juil	août	sept	oct
Cèze à Chusclan	C4	481	Débit naturel intermédiaire : QN inter	Moyenne	3,05	1,25	0,60	0,33	4,30	10,32
				5 ans sec	1,57	0,45	0,20	0,23	0,47	0,70
			Débit naturel provenant de l'amont : QN amont	Moyenne	10,85	5,25	2,44	2,07	6,78	18,74
				5 ans sec	4,49	2,36	1,30	0,95	1,27	2,91
			Prelevements moyens : P	AEP	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
				Agriculture	0,01	0,09	0,15	0,07	0,02	0,00
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				TOTAL	0,06	0,15	0,21	0,13	0,07	0,05
			Ressource intermédiaire mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN inter 5 ans sec	4%	34%	106%	58%	15%	7%
			Station de référence	Id	Surface contrôlée (km ²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)		
mai	juin	juil						août	sept	oct
Tave	A6	180	Débit naturel : QN	Moyenne	1,32	0,66	0,33	0,20	0,98	2,68
				5 ans sec	0,49	0,28	0,18	0,11	0,12	0,22
			Prelevements moyens : P	AEP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				Agriculture	0,00	0,02	0,05	0,04	0,01	0,00
				Industrie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				TOTAL	0,00	0,02	0,06	0,04	0,01	0,00
Ressource mobilisée par les prélèvements (%)	P/ QN 5 ans sec	1%	9%	33%	37%	8%	2%			

3. POINTS NON INFLUENCÉS PAR LE BARRAGE : CALCUL DES DOE ET DES VOLUMES PRÉLEVABLES

Dans ce paragraphe, nous traitons spécifiquement des points de référence, non influencés par le barrage de Sénéchas. Il s'agit des **5 points sur les affluents** (A1, A2, A3, A5, A6) et de **1 point sur la Cèze amont** (C1).

3.1 VALEURS DE DÉBITS CIBLES AUX POINTS DE RÉFÉRENCE

En chaque point de référence, nous disposons de deux séries de débits cibles à l'échelle mensuelle (cf. tableau ci-dessous). Il s'agit de :

- ▶ valeurs hautes fournies par les services de l'état (1/20 du module). Pour les deux points nodaux SDAGE (points C2 et C4), ces valeurs font office d'objectifs réglementaires.
- ▶ valeurs basses fournies par le syndicat ABCèze et BRLi (valeurs obtenues par itérations grâce à l'analyse fréquentielle, cf. ci-dessous)

Les valeurs de débits choisies à partir de la méthode Estimhab sont également indiquées pour mémoire (pour davantage de détail, voir le rapport de phase 3 de l'étude).

Tableau 4 : Hypothèses de DC retenues aux points de référence - source : tableau BRLi

Id	Nom	Type	Débit cibles (en m3/s)						
			mars	avril	mai	juin	juil	août	sept
Cèze Haute Vallée									
C1	Cèze en amont de Sénéchas	Debit Estimhab	0,350	0,350	0,350	0,165	0,165	0,165	0,165
		DC Valeur haute			0,730	0,450	0,270	0,250	0,250
		DC Valeur basse			0,730	0,380	0,250	0,200	0,200
A1	Luech	Debit Estimhab			0,250	0,130	0,130	0,130	0,130
		DC Valeur haute			0,480	0,200	0,120	0,120	0,120
		DC Valeur basse			0,480	0,200	0,100	0,060	0,060
A2	Ganière à Banne	Debit Estimhab	0,200	0,200	0,200	0,550	0,550	0,200	0,200
		DC Valeur haute			0,190	0,170	0,110	0,090	0,090
		DC Valeur basse			0,190	0,170	0,090	0,065	0,065
Cèze Moyenne Vallée									
A3	Auzon	Debit Estimhab	0,200	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100
		DC Valeur haute			0,200	0,200	0,160	0,120	0,120
		DC Valeur basse			0,200	0,200	0,090	0,065	0,065
C2	Cèze à Pont de Rivières	Debit Estimhab	1,000	1,000	1,000	0,700	0,700	0,700	0,700
		DC Valeur haute	3,000	2,000	2,000	1,000	0,640	0,550	0,550
		DC Valeur basse	2,000	1,500	1,100	0,900	0,600	0,450	0,450
A5	Aiguillon	Debit Estimhab	0,165	0,165	0,165	0,075	0,075	0,075	0,075
		DC Valeur haute			0,150	0,150	0,090	0,080	0,080
		DC Valeur basse			0,150	0,150	0,090	0,050	0,040
Cèze Rhodanienne									
C4	Cèze à Chusclan	Debit Estimhab	1,300	1,300	1,300	1,000	1,000	1,000	1,000
		DC Valeur haute	3,900	2,900	2,250	1,900	1,200	0,900	0,900
		DC Valeur basse	3,000	2,500	2,000	1,500	0,800	0,500	0,500
A6	Tave	Debit Estimhab	0,215	0,215	0,215	0,120	0,120	0,120	0,120
		DC Valeur haute			0,270	0,190	0,120	0,120	0,090
		DC Valeur basse			0,130	0,130	0,120	0,070	0,050

Nous détaillons plus bas la méthode fréquentielle suivie par BRLi et ABCèze pour proposer des valeurs de débits cibles conformes à l'hydrologie des cours d'eau (valeurs basses dans le tableau présenté).

3.2 ANALYSE FREQUENTIELLE DE SATISFACTION DES DEBITS CIBLES

3.2.1 Principe

Nous proposons dans cette phase de revenir sur la problématique de la cohérence entre débits naturels des cours d'eau et débits cibles à respecter aux points de référence. **Ceci nous permettra d'éclairer la décision quant au choix d'une série de débit cible plutôt qu'une autre.** Pour cela nous allons introduire une analyse fréquentielle sur la satisfaction ou non de débits cibles que l'on se fixe.

En chaque point de référence, ont été déclinés des débits cibles à l'échelle mensuelle, **sensés inclure les besoins des milieux aquatiques.** Face à ces débits cibles, nous disposons de séries de 35 ans (1974-2008) de débit naturel et de prélèvements. Nous souhaitons vérifier deux choses :

- Dans un premier temps, il nous faut vérifier que l'hydrologie naturelle du cours d'eau, **sans aucun prélèvement, permet bien de satisfaire ces valeurs de débit cibles choisies.** Comme nous allons le détailler ci-dessous, **ceci nous permet de contrôler la pertinence des valeurs de débit cibles choisies et d'écartier les valeurs trop fortes qu'il serait impossible de satisfaire.**

Dans le tableau ci-dessous, présenté en exemple, dont données les valeurs mensuelles de débit naturel, année par année, mois par mois. Sont indiquées **en rouge** les cellules pour lesquelles, le débit naturel passe en dessous du débit cible que l'on a choisi.

La dernière ligne du tableau met en œuvre **l'analyse fréquentielle**, mois par mois. Les taux de satisfaction sont indiqués en % (ici le taux de satisfaction en août est de 74 %, soit 26 années sur 35).

Pour les 12 mois de l'année, on analyse sur l'échantillon historique quelle est la fréquence de satisfaction du débit cible que l'on souhaite tester : **Q nat – DC > 0**

Tableau 5 : Valeurs mensuelles du débit naturel au point A2 (Ganière) et indication des occurrences de sous-passement du débit cible - source : BRLi

Débit naturel (en m3/s)												
QM	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
1974	2,59	3,81	2,63	1,15	0,72	0,35	0,14	0,07	0,78	0,30	0,98	0,49
1975	1,32	2,91	2,14	0,56	0,54	0,26	0,12	0,06	0,24	0,12	0,10	0,80
1976	1,16	2,82	0,83	0,68	0,47	0,18	0,08	2,69	7,90	7,75	6,32	5,49
1977	5,32	3,56	2,04	0,53	1,81	1,20	0,60	0,86	0,31	5,84	2,11	4,86
1978	5,41	4,20	1,98	4,48	1,68	0,51	0,20	0,09	0,04	0,01	-	2,08
1979	5,48	2,75	3,85	1,23	0,90	0,33	0,14	0,06	0,03	10,63	1,08	1,33
1980	1,44	0,91	1,07	0,85	1,13	0,37	0,16	0,12	0,24	0,36	1,02	0,50
1981	0,31	0,50	1,76	0,60	1,30	1,32	0,45	0,17	0,29	0,68	0,28	4,23
1982	1,48	1,68	1,19	0,79	0,28	0,19	0,26	0,15	0,26	0,53	8,74	1,82
1983	0,51	1,65	0,89	3,68	2,43	0,90	0,26	0,26	0,15	2,08	0,75	2,30
1984	2,46	1,21	1,75	0,43	3,42	0,92	0,28	0,48	0,40	2,29	9,52	3,41
1985	1,98	0,95	0,80	0,69	0,82	0,48	0,21	0,10	0,04	0,02	0,01	1,35
1986	2,67	3,89	1,03	5,24	1,52	0,39	0,15	0,07	0,33	1,18	3,69	1,95
1987	1,84	5,31	1,19	1,80	0,48	0,26	0,29	0,21	0,13	7,05	2,54	3,68
1988	8,23	1,60	0,76	1,56	4,35	1,12	0,37	0,33	0,19	4,16	1,67	0,60
1989	0,54	1,03	0,48	3,27	0,68	0,29	0,12	0,05	0,05	0,13	8,00	1,58
1990	2,52	1,77	0,50	1,05	1,12	0,61	0,23	0,11	0,05	4,72	2,60	1,55
1991	0,75	1,24	5,32	1,12	0,50	0,24	0,11	0,05	0,57	0,89	0,77	0,48
1992	1,17	0,96	0,53	0,30	2,32	2,95	0,80	0,55	4,12	2,55	1,22	2,96
1993	0,79	0,53	0,36	2,61	1,92	1,31	0,69	0,27	4,15	4,89	5,75	1,29
1994	2,77	6,40	0,69	1,88	1,17	0,62	0,22	0,10	3,64	8,50	6,32	1,54
1995	2,65	1,20	0,34	0,88	0,48	0,20	0,11	0,16	2,93	7,98	5,11	6,26
1996	16,43	4,39	2,35	1,49	0,81	0,74	0,34	0,41	0,41	0,69	6,59	8,73
1997	7,30	1,17	0,31	0,15	0,27	0,67	0,60	1,51	0,45	1,94	7,50	10,08
1998	3,09	0,88	0,35	3,95	6,05	0,72	0,24	0,11	0,54	0,28	0,16	1,43
1999	2,00	0,61	1,47	0,63	2,42	0,61	0,21	0,18	1,89	4,32	2,50	1,22
2000	0,53	0,34	0,44	2,05	0,84	0,67	0,25	0,12	0,73	1,37	7,29	10,09
2001	7,15	1,79	2,29	0,86	0,82	0,54	0,30	0,13	0,20	4,80	0,92	0,41
2002	0,88	1,56	2,05	0,97	1,09	0,54	0,25	0,21	1,91	3,10	7,13	6,83
2003	2,14	1,13	0,43	0,89	0,37	0,17	0,08	0,04	0,24	1,33	8,25	7,00
2004	2,13	2,28	2,18	2,48	0,80	0,32	0,13	1,43	0,45	5,80	2,73	1,12
2005	0,45	0,25	0,13	0,31	0,22	0,11	0,05	0,02	2,37	4,46	2,60	0,90
2006	2,00	1,01	0,90	0,46	0,24	0,11	0,06	0,05	0,85	3,13	4,36	2,14
2007	1,09	1,04	0,44	0,58	1,57	1,30	0,43	0,18	0,09	0,04	1,75	0,60
2008	4,74	2,29	0,85	3,26	4,97	1,10	0,40	0,19	0,13	5,75	8,15	6,97
	100%	100%	100%	100%	100%	91%	83%	74%	86%	100%	100%	100%

Si les taux de satisfaction sont inférieurs à 80%, cela signifie que les valeurs de débit cible proposées sont trop hautes et ne peuvent servir de DOE. En effet, alors même qu'on n'aurait aucun prélèvement, on ne pourrait atteindre le DOE 8 années sur 10 comme cela est demandé dans les termes de référence.

- ▶ Dans un second temps, nous allons tester la satisfaction du débit cible compte tenu de l'influence des prélèvements actuels. Ceci revient à calculer mensuellement à quelle fréquence est garanti **le respect du débit cible conjointement à la satisfaction sans restriction des besoins consommateurs actuels.** Pour rappel, le DOE qui sera finalement choisi doit permettre de respecter les besoins des milieux aquatiques, mais aussi les usages préleveurs au moins 8 années sur 10.

On procède exactement comme ci-dessus, sauf que cette fois, on considère la ressource influencée par les prélèvements actuels, et les débits cibles

On calcule donc, mois pas mois avec quelle fréquence l'on observe :

$$(Q_{\text{nat}} - \text{Prélèvements}) - DC > 0$$

Lorsque ce taux est inférieur à 80%, alors les usages actuels ne peuvent être satisfait 8 années sur 10 conjointement au respect des milieux aquatiques.

Les prélèvements devront probablement être réduits pour permettre de satisfaire cette contrainte. Nous calculerons plus bas, point par point, les niveaux de réduction nécessaires sur les prélèvements pour atteindre la fréquence souhaitée de 8 années sur 10.

Cette analyse fréquentielle a été menée **pour chacun des 8 points de référence** en considérant comme débits cibles :

- ▶ les valeurs hautes fournies par les services de l'état (1/20 du module). On rappelle que pour les deux points nodaux SDAGE (points C2 et C4), ces valeurs font office d'objectifs réglementaires.
- ▶ les valeurs basses fournies par le syndicat ABCèze et BRLi (valeurs obtenues par itérations grâce à l'analyse fréquentielle, cf. ci-dessous)

Ceci a permis de montrer que pour certains points, même sans aucun prélèvement, la ressource naturelle disponible ne permet pas de satisfaire 8 années sur 10 les valeur hautes de DC proposées (cas de la Ganière notamment).

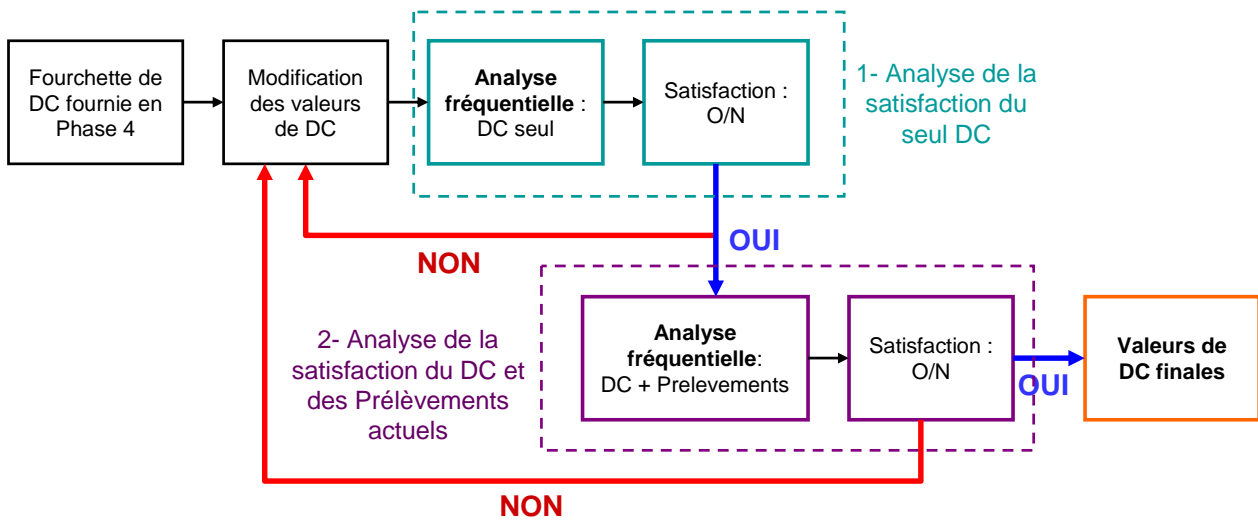
3.2.2 Détermination des valeurs basses de DC (méthode BRLi, ABCèze)

Les valeurs basses formulées par ABCèze et BRLi ont été obtenues en réalisant les deux analyse fréquentielles mentionnée. Le calcul se fait par itération grâce à deux boucles de calcul (cf. graphique ci-dessous) :

- ▶ **Objectif de la boucle 1 :** Ecarter les valeurs de DC non réalistes du point de vue de l'hydrologie naturelle
Critère : $Q_{\text{naturel}} - DC > 0$ au moins 9 années sur 10 pour chacun des 12 mois
- ▶ **Objectif de la boucle 2 :** Proposer des valeurs de DC réalistes en termes de restriction des usages
Critère : $(Q_{\text{naturel}} - \text{Prélèvements réduits}) - DC > 0$ au moins 8 années sur 10 pour chacun des 12 mois

La méthode de calcul privilégiée par ABCèze et BRLi a permis d'aboutir à des résultats en termes de **débits cibles** acceptable au regard de la ressource disponible et **des taux de réduction** à appliquer aux prélèvements.

Figure 7 : Méthode de détermination des valeurs de DC Cible par ABCèze et BRLi - source : BRLi



Pour expliciter ce choix nous nous appuyons sur les résultats des analyse fréquentielles menées, comme précisé ci-dessous dans le Tableau 6 (exemple sur le point de référence A1 du Luech). Les deux types d’analyses que nous venons d’expliquer correspondent aux deux sous-tableaux. Deux valeurs de DC sont testées (valeur haute, valeur basse). Les taux de satisfaction sont données en pourcentage, mois par mois, ou globalement au niveau annuel. Ils sont indiqués :

- ▶ **En bleu** lorsque le taux de satisfaction est **supérieur à 80%**,
- ▶ **En rouge** lorsque le taux de satisfaction est **inférieur à 80%**

Tableau 6 : Comparaison au point A1 sur le Luech des résultats de l’analyse fréquentielle, pour plusieurs hypothèses de débit cibles (DC) - source : BRLi

		Fréquences de satisfaction du DC (%)					
		mai	juin	juil	août	sept	oct
Ressource naturelle	DC valeurs basses	100%	100%	100%	100%	91%	100%
	DC valeurs hautes	100%	100%	91%	80%	80%	100%
Ressource influencée par les prélèvements actuels	DC valeurs basses	94%	94%	83%	77%	77%	100%
	DC valeurs hautes	94%	94%	83%	60%	74%	100%

Dans l’exemple, donné ci-dessus, on note que la ressource naturelle permet de respecter les deux séries de DC plus de huit années sur dix sur chaque mois de l’année. On note également que la ressource influencée par les prélèvements actuels ne permet pas de satisfaire l’une ou l’autre des deux hypothèses de DC (taux inférieurs à 80% pour les mois d’août et de septembre).

Remarque :

Pour un mois donné, la fréquence de satisfaction (présenté ci-dessus), se calcule de la façon suivante.

$$\text{Fréquence de satisfaction le mois}_m = \frac{\text{nombre de mois}_m \text{ où la condition est satisfaite}}{\text{nombre total de mois}_m \text{ de la chronique étudiée}}$$

3.2.3 Résultats de l'analyse

3.2.3.1 Paramètres affichés

Dans le tableau suivant, nous présentons les effets induits par le choix des valeurs hautes ou basses de la fourchette de DC. Les paramètres affichés sont les suivants :

- ▶ **Prélèvements actuels** (en m³/s) : sont détaillés les usages actuels mensuels totaux
- ▶ **Débit naturel** (en m³/s) : il s'agit là des valeurs mensuelles de débit naturel 5 ans sec, telles que calculées en phase 3 de l'étude
- ▶ **Débits cibles (DC)** (en m³/s) : il s'agit des débits cibles présentes précédemment. On retrouve deux séries de valeurs, les valeurs hautes et basses.
- ▶ Les fréquences mensuelles (en %) de satisfaction des seuls DC avec la ressource naturelle (hypothèse = aucun prélèvement).
Fréquence de satisfaction de la condition : $Q_{nat} - DC > 0$
- ▶ Les fréquences mensuelles de satisfaction conjointe des DC et des prélèvements actuels (en%) :
Fréquence de satisfaction de la condition : $Q_{nat} - \text{Prelevements} - DC > 0$
- ▶ Les **débits disponibles** (en m³/s) au-delà des DC, qui peuvent être prélevées 8 années sur 10 :
Débit disponible = $\max(0 ; Q_{nat} - DC)$ 5 ans sec
- ▶ Les débits disponibles précédemment calculés sont comparés aux prélèvements actuels pour estimer les **niveaux de réduction nécessaires** (en %). Ces taux de réduction doivent permettre de satisfaire de façon conjointe DB et prélèvements au moins 8 années sur 10.
- ▶ Enfin, nous estimons, sur la base des réductions de prélèvements envisagées quels seraient les **taux de satisfaction mensuels des DC et des prélèvements réduits** (en %) :
Fréquence de satisfaction de la condition : $Q_{nat} - \text{Prelevements} \times \text{Reductions} - DC > 0$

Tableau 7 : Analyse fréquentielle de satisfaction du débit cible aux points non influencés par le barrage - source : BRLi

Cèze Haute Vallée									
Station de référence	Id	Surface contrôlée (km²)	Paramètre	Type	Debits (m3/s)				
					mai	juin	juil	août	sept
Cèze à Sénéchas	C1	117	Débit naturel : QN	5 ans sec	1,50	0,81	0,45	0,36	0,46
			Prelevements : P	Total	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
			Débits Cibles : DC	DC bas	0,73	0,38	0,25	0,20	0,20
				DC haut	0,73	0,45	0,27	0,25	0,25
			Débit disponible : DC - QN 5ans sec	DC bas	0,77	0,43	0,20	0,16	0,26
				DC haut	0,77	0,36	0,18	0,11	0,21
			Réduction nécessaire de perélèvements (%)	DC bas					
				DC haut				22%	
			Satisfaction du DC avec la ressource naturelle (%)	DC bas	100%	100%	100%	97%	100%
				DC haut	100%	100%	97%	94%	94%
			Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels (%)	DC bas	97%	94%	83%	83%	83%
				DC haut	97%	91%	83%	77%	83%
Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements réduits (%)	DC bas	97%	94%	83%	83%	83%			
	DC haut	97%	91%	83%	80%	83%			
Luech	A1	96	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,98	0,41	0,22	0,12	0,12
			Prelevements : P	Total	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
			Débits Cibles : DC	DC bas	0,48	0,20	0,10	0,06	0,06
				DC haut	0,48	0,20	0,12	0,12	0,12
			Débit disponible : DC - QN 5ans sec	DC bas	0,50	0,21	0,12	0,06	0,06
				DC haut	0,50	0,21	0,10	0,00	0,00
			Réduction nécessaire de perélèvements (%)	DC bas				12%	14%
				DC haut				96%	99%
			Satisfaction du DC avec la ressource naturelle (%)	DC bas	100%	100%	100%	100%	91%
				DC haut	100%	100%	91%	80%	80%
			Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels (%)	DC bas	94%	94%	83%	77%	77%
				DC haut	94%	94%	83%	60%	74%
Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements réduits (%)	DC bas	94%	94%	83%	80%	80%			
	DC haut	94%	94%	83%	80%	80%			
Ganniere	A2	78	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,48	0,25	0,12	0,07	0,13
			Prelevements : P	Total	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
			Débits Cibles : DC	DC bas	0,19	0,17	0,09	0,07	0,07
				DC haut	0,19	0,17	0,11	0,09	0,09
			Débit disponible : DC - QN 5ans sec	DC bas	0,29	0,08	0,03	0,00	0,06
				DC haut	0,29	0,08	0,01	0,00	0,04
			Réduction nécessaire de perélèvements (%)	DC bas				94%	
				DC haut			45%	100%	
			Satisfaction du DC avec la ressource naturelle (%)	DC bas	100%	91%	89%	80%	86%
				DC haut	100%	91%	83%	74%	86%
			Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels (%)	DC bas	100%	89%	83%	74%	86%
				DC haut	100%	89%	77%	66%	83%
Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements réduits (%)	DC bas	100%	89%	83%	80%	86%			
	DC haut	100%	89%	80%	74%	83%			

Cèze Moyenne Vallée

Station de référence	Id	Surface contrôlée (km²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)				
					mai	juin	juil	août	sept
Auzon	A3	186	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,59	0,39	0,21	0,14	0,15
			Prelevements : P	Total	0,02	0,07	0,11	0,06	0,02
			Débits Cibles : DC	DC bas	0,20	0,20	0,09	0,07	0,07
				DC haut	0,20	0,20	0,16	0,12	0,12
			Débit disponible : DC - QN 5ans sec	DC bas	0,39	0,19	0,12	0,08	0,08
				DC haut	0,39	0,19	0,05	0,02	0,03
			Réduction nécessaire de prélèvements (%)	DC bas					
				DC haut			54%	65%	
			Satisfaction du DC avec la ressource naturelle (%)	DC bas	97%	100%	100%	94%	97%
				DC haut	97%	100%	100%	89%	86%
			Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels (%)	DC bas	97%	89%	80%	83%	86%
				DC haut	97%	89%	63%	66%	80%
Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements réduits (%)	DC bas	97%	89%	80%	83%	86%			
	DC haut	97%	89%	80%	80%	80%			

Station de référence	Id	Surface contrôlée (km²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)				
					mai	juin	juil	août	sept
Aiguillon	A5	124	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,37	0,24	0,13	0,09	0,09
			Prelevements : P	Total	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
			Débits Cibles : DC	DC bas	0,15	0,15	0,09	0,05	0,04
				DC haut	0,15	0,15	0,09	0,08	0,08
			Débit disponible : DC - QN 5ans sec	DC bas	0,22	0,09	0,04	0,04	0,05
				DC haut	0,22	0,09	0,04	0,01	0,01
			Réduction nécessaire de prélèvements (%)	DC bas					
				DC haut					
			Satisfaction du DC avec la ressource naturelle (%)	DC bas	97%	100%	100%	94%	97%
				DC haut	97%	100%	100%	83%	83%
			Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels (%)	DC bas	97%	100%	97%	94%	94%
				DC haut	97%	100%	97%	83%	83%
Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements réduits (%)	DC bas	97%	100%	97%	94%	94%			
	DC haut	97%	100%	97%	83%	83%			

Cèze Rhodanienne

Station de référence	Id	Surface contrôlée (km²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)				
					mai	juin	juil	août	sept
Tave	A6	180	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,49	0,28	0,18	0,11	0,12
			Prelevements : P	Total	0,00	0,02	0,06	0,04	0,01
			Débits Cibles : DC	DC bas	0,13	0,13	0,12	0,07	0,05
				DC haut	0,27	0,19	0,12	0,12	0,09
			Débit disponible : DC - QN 5ans sec	DC bas	0,36	0,15	0,06	0,04	0,07
				DC haut	0,22	0,09	0,06	0,00	0,03
			Réduction nécessaire de prélèvements (%)	DC bas			3%	9%	
				DC haut			3%	100%	
			Satisfaction du DC avec la ressource naturelle (%)	DC bas	100%	97%	97%	91%	94%
				DC haut	91%	97%	97%	77%	86%
			Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels (%)	DC bas	97%	97%	80%	80%	89%
				DC haut	91%	94%	80%	60%	80%
Satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements réduits (%)	DC bas	97%	97%	80%	80%	89%			
	DC haut	91%	94%	80%	77%	80%			

3.2.3.2 Commentaires sur les résultats

C1 - LA CEZE A SENECHAS

Les **prélèvements sur la partie haute du bassin versant de la Cèze, contrôlée par le point C1, s'élèvent à 140 L/s environ en étiage**. Ils consistent principalement en des prélèvements agricoles (de l'ordre de 130 L/s), dont une part importante en gravitaire. De faibles prélèvements AEP ont également été estimés à 10 L/s.

- ▶ **Etape 1 (satisfaction du DC avec la ressource naturelle)** : l'analyse fréquentielle menée sur la ressource naturelle et les débits cibles, sans considération des prélèvements, révèle que les deux séries de DC sont atteintes plus de 8 années sur 10 les mois d'étiage.
- ▶ **Etape 2 (satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels)** : si on applique en plus les prélèvements actuels, on s'aperçoit que les taux de satisfaction mensuels restent supérieurs à 8 années sur 10 pour l'hypothèse basse de DC (il n'y aura pas de restrictions nécessaires). En revanche, avec l'hypothèse haute de DC, on descend en dessous de 8 années sur 10 pour le mois d'août.
- ▶ **Etape 3 (niveaux de réduction nécessaires)** : on calcule les **niveaux de réduction** à appliquer aux prélèvements pour satisfaire le DC au moins 8 années sur 10 chaque mois :
 - Les valeurs basses de DC n'imposent pas de réduction sur les prélèvements actuels.
 - Les valeurs hautes de DC suggèrent des restrictions de l'ordre de 22% le mois d'août

A1 - LE LUECH

Les **prélèvements sur le bassin du Luech, contrôlé par le point A1, s'élèvent à 70 L/s environ en étiage**. Il ne s'agit presque exclusivement que de prélèvements agricoles, en grande partie gravitaires.

- ▶ **Etape 1 (satisfaction du DC avec la ressource naturelle)** : l'analyse fréquentielle menée sur la ressource naturelle et les débits cibles, sans considération des prélèvements, révèle que les deux séries de DC sont atteintes plus de 8 années sur 10 les mois d'étiage. Remarquons cependant que les fréquences d'atteinte sont tout juste de 80% en étiage pour les valeurs hautes de DC. Ceci suggère qu'en ajoutant les prélèvements ça ne passera plus et qu'il faudrait pour cette hypothèse de DC les interdire presque complètement (cf. ci-dessous).
- ▶ **Etape 2 (satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels)** : si on applique en plus les prélèvements actuels, on s'aperçoit que les taux de satisfaction mensuels descendent en dessous de 8 années sur 10 pour les deux hypothèses de DC.
- ▶ **Etape 3 (niveaux de réduction nécessaires)** : on calcule les **niveaux de réduction** à appliquer aux prélèvements pour satisfaire le DC au moins 8 années sur 10 chaque mois :
 - Les valeurs basses de DC imposent des réduction sur les prélèvements actuels de l'ordre de 10 à 15% en août et septembre.
 - Les valeurs hautes de DC suggèrent une interdiction complète des prélèvements en août et septembre.

A2 - LA GANIERE A BANNE

Les **prélèvements sur le bassin de la Ganière, contrôlé par le point A2, sont très faibles et s'élèvent à 20 L/s environ en étiage**. Ces prélèvements sont principalement les prélèvements agricoles des béals.

- ▶ **Etape 1 (satisfaction du DC avec la ressource naturelle)** : l'analyse fréquentielle menée sur la ressource naturelle et les débits cibles, sans considération des prélèvements, **révèle que** :
 - Seule la série basse de DC peut être atteinte 8 années sur 10 les mois d'étiage.
 - A l'inverse, les DC hauts nous paraissent ici trop élevés puisque l'hydrologie naturelle du cours d'eau ne permet même pas leur atteinte 8 années sur 10 (même sans aucun prélèvement).
- ▶ **Etape 2 (satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels)** : si on applique en plus les prélèvements actuels, que l'on sait très faibles, on s'aperçoit que :
 - **Pour les valeurs basses de DC** : on passe en dessous de 8 années sur 10 pour le seul mois d'août.
 - **Pour les valeurs hautes de DC** : on passe en dessous de 8 années sur 10 pour les mois de juillet à août.
- ▶ **Etape 3 (niveaux de réduction nécessaires)** : on calcule les niveaux de réduction à appliquer aux prélèvements pour satisfaire le DC au moins 8 années sur 10 chaque mois :
 - Les valeurs basses de DC imposent des réductions sur les prélèvements actuels proches de 90% en août.
 - Les valeurs hautes de DC, comme on l'a vu ne sont même pas satisfaites par l'hydrologie naturelle. Ces valeurs qui nous semblent trop hautes, imposeraient d'interdire tout prélèvement en juillet et en août.

Le cas de la Ganière nous semble assez atypique : la ressource y est très limitée en étiage, les valeurs hautes de DC ne peuvent être atteintes 8 années sur 10, même sans aucun prélèvement. Parallèlement, les prélèvements sont très faibles (moins de 20 L/s), et il n'y a pas de gros impact à limiter ou interdire ces prélèvements. Quand bien même ces prélèvements seraient substantiellement réduits, ceci n'entraînerait pas de gain véritablement notable pour les usages aval ou pour les milieux aquatiques

A3 - L'AUZON

Les **prélèvements sur le bassin de l'Auzon, contrôlé par le point A3, sont de l'ordre de 110 L/s le mois de pointe (mois de juillet)**. Il s'agit principalement de prélèvements agricoles (100 L/S), dont ceux de l'ASA de l'Aven de Cal, et de quelques prélèvements AEP (10 L/s environ).

- ▶ **Etape 1 (satisfaction du DC avec la ressource naturelle)** : l'analyse fréquentielle menée sur la ressource naturelle et les débits cibles, sans considération des prélèvements, révèle que les deux séries de DC sont atteintes plus de 8 années sur 10 les mois d'étiage.
- ▶ **Etape 2 (satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels)** : si on applique en plus les prélèvements actuels, on s'aperçoit que :
 - **Pour les valeurs basses de DC** : on satisfait tous les mois d'étiage le DC 8 années sur 10 (il n'y aurait pas alors de réductions de prélèvements nécessaires).
 - **Pour les valeurs hautes de DC** : on passe en dessous de 8 années sur 10 pour les mois de juillet à août.
- ▶ **Etape 3 (niveaux de réduction nécessaires)** : on calcule les niveaux de réduction à appliquer aux prélèvements pour satisfaire le DC au moins 8 années sur 10 chaque mois :
 - Les valeurs basses de DC n'imposent aucune réduction sur les prélèvements actuels.
 - Les valeurs hautes de DC imposeraient des restrictions comprises entre 50 et 65 % les mois de juillet et d'août.

A5 - L'AIGUILLON

Les **prélèvements sur le bassin de l'Aiguillon, contrôlé par le point A5, sont particulièrement faibles, de l'ordre de 10 L/s**. Il s'agit principalement de prélèvements agricoles.

- ▶ **Etape 1 (satisfaction du DC avec la ressource naturelle)** : l'analyse fréquentielle menée sur la ressource naturelle et les débits cibles, sans considération des prélèvements, révèle que
 - Seule la série basse de DC peut être atteinte 8 années sur 10 les mois d'été.
 - A l'inverse, les DC hauts nous paraissent ici trop élevés puisque l'hydrologie naturelle du cours d'eau ne permet même pas leur atteinte 8 années sur 10 (même sans aucun prélèvement).
- ▶ **Etape 2 (satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels)** : si on applique en plus les prélèvements actuels, que l'on sait très faibles, on s'aperçoit :
 - **Pour les valeurs basses de DC** : on satisfait le DC 8 années sur 10 tous les mois d'été.
 - **Pour les valeurs hautes de DC** : on reste en dessous de 8 années sur 10 pour le mois d'août.
- ▶ **Etape 3 (niveaux de réduction nécessaires)** : l'atteinte des DC en A5 n'impose aucune réduction de prélèvements.

A6 - LA TAVE

Les **prélèvements sur le bassin de la Tave, contrôlé par le point A6, sont de l'ordre de 60 L/s**. Il s'agit principalement de prélèvements agricoles.

- ▶ **Etape 1 (satisfaction du DC avec la ressource naturelle)** : l'analyse fréquentielle menée sur la ressource naturelle et les débits cibles, sans considération des prélèvements, révèle que les deux séries de DC sont atteintes plus de 8 années sur 10 les mois d'été.
- ▶ **Etape 2 (satisfaction du DC avec la ressource influencée par les prélèvements actuels)** : si on applique en plus les prélèvements actuels, que l'on sait très faibles, on s'aperçoit que les taux de satisfaction mensuels restent supérieurs à 8 années sur 10 pour les deux hypothèses de DC.
- ▶ **Etape 3 (niveaux de réduction nécessaires)** : on calcule les niveaux de réduction à appliquer aux prélèvements pour satisfaire le DC au moins 8 années sur 10 chaque mois :
 - Les valeurs basses de DC n'imposent aucune réduction sur les prélèvements actuels,
 - Les valeurs hautes de DC, comme on l'a vu ne sont même pas satisfaites par l'hydrologie naturelle. Ces valeurs qui nous semblent trop hautes, imposeraient d'interdire tout prélèvement en août.

3.2.4 Calcul du DOE et du débit prélevable

3.2.4.1 Précisions

La complexité de la définition des volumes prélevables naît de la nécessité de reproduire le raisonnement à une échelle plus fine (selon un mode « fractal ») pour chaque tronçon homogène. Une simple application mathématique de la définition pourrait conduire rapidement à des déséquilibres importants entre l'amont et l'aval.

En effet :

- ▶ La ressource en eau n'est pas répartie de façon homogène sur le bassin versant. Dans les zones de relief, les précipitations sont en effet généralement plus importantes en amont.
- ▶ C'est généralement l'inverse pour la demande en eau qui est plus importante en aval (densité de population plus forte sur les zones de plaine, espaces agricoles plus développés).

Comme cela est précisé dans les termes de référence, la répartition géographique du volume prélevable doit ainsi veiller à ce que le volume prélevable sur les tronçons amont soit compatible avec le maintien des DC sur tout le bassin et ne compromette pas les prélèvements à l'aval.

La question des volumes prélevables fait appel en dernier ressort à la notion de solidarité pour la répartition de la ressource à l'échelle d'un bassin versant.

Une première approche consisterait à définir, pour chaque tronçon homogène, le volume prélevable selon sa définition stricte : différence entre la somme des apports quinquennaux secs sur le sous bassin-versant du tronçon considéré et le DC sur le tronçon. C'est ce que nous avons réalisé dans le tableau précédent.

$$\text{Débit disponible} = \text{Q nat 5 ans sec} - \text{DC}$$

Nous appellerons ce débit, **débit disponible pour les prélèvements**, sans considération des liens de solidarité amont/aval. Il ne constitue pas en revanche le volume prélevable.

Dans la théorie du calcul des volumes prélevables, sur certains bassins le débit disponible peut être bien supérieur aux prélèvements actuels. Ceci signifie qu'il y aurait encore de la marge sur ces bassins pour de futurs nouveaux prélèvements. Ainsi si on choisit de fixer un DOE égal au DC, cela signifie que l'on autorise sur ce bassin une possible augmentation des prélèvements, mais en contrepartie on ne laisse en aval du bassin que le seul DC qui peut ne pas être suffisant pour satisfaire milieux et usages sur les bassins en aval. Il n'y a pas ici de réflexion sur la solidarité amont aval, chaque BV prend ce qui existe entre la ressource disponible et les débits cibles fixés.

Inversement, en seconde approche, pour tenir compte de besoin supplémentaires à l'aval, on peut proposer un DOE plus haut que le DC. Pour le bassin concerné, ceci se traduit par des bornes plus contraignantes sur les prélèvements possibles, mais cela garantit en revanche une enveloppe de débit supplémentaire pour les besoins de l'aval.

3.2.4.2 Méthode pour le calcul des débits/volumes prélevables (VP) et des débits objectifs d'étiage (DOE)

Sur le BV de la Cèze, la situation est tendue sur un certain nombre de BV d'affluents : Ganière, Luech, Auzon (cf. Tableau 7 ci-dessus). Elle paraît l'être moins en revanche aval du barrage de Sénéchas, au point C2 par exemple, notamment en situation optimisée de gestion du stockage (cf. paragraphes plus bas).

Sur la partie aval du bassin, comme on le détaille plus bas, la situation est tendue en C4 mais ne l'est en revanche pas du tout sur l'Aiguillon en A5.

A- POUR L'ENSEMBLE DES POINTS A L'EXCLUSION DE A5

Compte tenu des éléments décrits ci-avant, il paraît peu approprié de demander aux BV amonts des efforts supplémentaires de soutien pour l'aval, au-delà des débits cibles qui ont déjà été fixés. Les débits prélevables seront donc pris égaux aux débits disponibles précédemment calculés (cf. méthode B de la note technique de l'Agence de l'eau).

On a donc :

$$\text{DOE} = \text{DC} \quad (2 \text{ hypothèses : haute ou basse})$$

et

$$\text{Débit prélevable} = \text{Q nat 5ans sec} - \text{DOE}$$

Le DOE constitue le débit au dessus duquel on autorise les prélèvements. Le calcul des débits prélevables reprend celui des débits disponibles présenté plus haut. Ce calcul est fait en chaque point de référence.

Deux cas de figure se présentent :

- ▶ Si pour le point en question, nous avons calculé des réductions de prélèvement, alors le débit prélevable est plus faible que les prélèvements actuels. Il correspond à la nouvelle enveloppe de prélèvements que l'on s'autorise, c'est-à-dire à des prélèvements diminués compte tenus de coefficients de réduction que l'on calcule :
Débit prélevable = Prélèvements réduits < Prélèvements actuels
- ▶ Si pour le point en question, nous avons estimé que le DC pouvait être atteint 8 années sur 10 sans aucune restriction, alors le débit prélevable est supérieur aux prélèvements actuels sera borné au prélèvement actuel
Débit prélevable > Prélèvements actuels

B- CAS PARTICULIER DU POINT A5 (BV DE L'AIGUILLON)

Comme on l'a montré ci-dessus, les prélèvements en A5 sont relativement faibles : de l'ordre de 10L/s. Le calcul des débits disponibles au-delà du DC a permis d'estimer des débits de l'ordre de 90L/s en juin (80 L/s de plus que les prélèvements actuels) ou 40L/s en juillet (30 L/s de plus que les prélèvements actuels).

Si la réflexion que l'on mène en A5 s'avère axée uniquement sur ce seul BV (DOE = DC), alors il y aura pour les mois de début d'étiage (juin et juillet) des marges importantes pour l'installation de nouveaux préleveurs. Mais en conséquence immédiate, le fait de ne laisser en A5 que les DC induit qu'il y aura moins d'eau disponible pour le point nodal C4 situé en aval. Or comme on le détaille plus bas, la situation sur ce point est très tendue et il y a de vrais retombées positives à fixer un DOE plus élevé en A5. Les débits cibles haut et bas sont indiqués dans le tableau ci-dessous pour rappel (en m³/s)

	mai	juin	juil	août	sept
Q influencé actuel	0,37	0,24	0,12	0,08	0,09
DC bas	0,15	0,15	0,09	0,05	0,04
DC haut	0,15	0,15	0,09	0,08	0,08

Pour ces raisons, on choisit pour A5 d'augmenter le DOE au-delà du DC fixé.

On a donc :

DOE > DC (2 hypothèses : haute ou basse)

et

Débit prélevable = Q nat 5ans sec – DOE

3.3 SYNTHÈSE DES RESULTATS

Pour les 6 points non influencés par le barrage de Sénéchas, le détail des DOE et VP calculés est donné dans le tableau qui suit.

Les **valeurs de DOE indiquées en rouge** pour le point A5 sont celles qui ont été modifiées par rapports aux DC initiaux.

Figure 8 : Synthèse des résultats obtenus sur les points affluents et Cèze amont : DOE et VP - source : BRLi

Station de référence	Id	Surface contrôlée (km²)	Paramètre	Type	Débits (m3/s)								
					mai	juin	juil	août	sept				
Cèze Haute Vallée													
Cèze à Sénéchas	C1	117	Débit naturel : QN	5 ans sec	1,50	0,81	0,45	0,36	0,46				
			Prelevements : P	Total	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14				
			Débit prélevable (m3/s)	DOE bas	0,77	0,43	0,20	0,16	0,26				
				DOE haut	0,77	0,36	0,18	0,11	0,21				
			Volume prélevable (Mm3)	DOE bas	2,07	1,12	0,53	0,43	0,68				
				DOE haut	2,07	0,94	0,47	0,30	0,55				
			DOE	DOE bas	0,73	0,38	0,25	0,20	0,20				
				DOE haut	0,73	0,45	0,27	0,25	0,25				
			Niveau de réduction (%)	DOE bas									
				DOE haut				22%					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">VP totaux en Mm3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mai-Sept</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4,8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4,3</td> </tr> </table>										VP totaux en Mm3	Mai-Sept	4,8	4,3
VP totaux en Mm3													
Mai-Sept													
4,8													
4,3													
Luech	A1	96	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,98	0,41	0,22	0,12	0,12				
			Prelevements : P	Total	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07				
			Débit prélevable (VP)	DOE bas	0,50	0,21	0,12	0,06	0,06				
				DOE haut	0,50	0,21	0,10	0,00	0,00				
			Volume prélevable (Mm3)	DOE bas	1,34	0,53	0,31	0,17	0,16				
				DOE haut	1,34	0,53	0,26	0,01	0,00				
			DOE	DOE bas	0,48	0,20	0,10	0,06	0,06				
				DOE haut	0,48	0,20	0,12	0,12	0,12				
			Niveau de réduction (%)	DOE bas				12%	14%				
				DOE haut				96%	99%				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">VP totaux en Mm3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mai-Sept</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2,5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2,1</td> </tr> </table>										VP totaux en Mm3	Mai-Sept	2,5	2,1
VP totaux en Mm3													
Mai-Sept													
2,5													
2,1													
Ganniere	A2	78	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,48	0,25	0,12	0,07	0,13				
			Prelevements : P	Total	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01				
			Débit prélevable (VP)	DOE bas	0,29	0,08	0,03	0,00	0,06				
				DOE haut	0,29	0,08	0,01	0,00	0,04				
			Volume prélevable (Mm3)	DOE bas	0,78	0,22	0,08	0,00	0,17				
				DOE haut	0,78	0,22	0,03	0,00	0,10				
			DOE	DOE bas	0,19	0,17	0,09	0,07	0,07				
				DOE haut	0,19	0,17	0,11	0,09	0,09				
			Niveau de réduction (%)	DOE bas				94%					
				DOE haut			43%	100%					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">VP totaux en Mm3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mai-Sept</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,1</td> </tr> </table>										VP totaux en Mm3	Mai-Sept	1,3	1,1
VP totaux en Mm3													
Mai-Sept													
1,3													
1,1													
Cèze Moyenne Vallée													
Auzon	A3	186	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,59	0,39	0,21	0,14	0,15				
			Prelevements : P	Total	0,02	0,07	0,11	0,06	0,02				
			Débit prélevable (VP)	DOE bas	0,39	0,19	0,12	0,08	0,08				
				DOE haut	0,39	0,19	0,05	0,02	0,03				
			Volume prélevable (Mm3)	DOE bas	1,04	0,48	0,32	0,21	0,21				
				DOE haut	1,04	0,48	0,14	0,06	0,07				
			DOE	DOE bas	0,20	0,20	0,09	0,07	0,07				
				DOE haut	0,20	0,20	0,16	0,12	0,12				
			Niveau de réduction (%)	DOE bas									
				DOE haut			54%	65%					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">VP totaux en Mm3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mai-Sept</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2,3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,8</td> </tr> </table>										VP totaux en Mm3	Mai-Sept	2,3	1,8
VP totaux en Mm3													
Mai-Sept													
2,3													
1,8													
Aiguillon	A5	124	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,37	0,24	0,13	0,09	0,09				
			Prelevements : P	Total	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				
			Débit prélevable (VP)	DOE bas	0,15	0,03	0,02	0,02	0,02				
				DOE haut	0,15	0,03	0,02	0,01	0,01				
			Volume prélevable (Mm3)	DOE bas	0,39	0,08	0,06	0,05	0,05				
				DOE haut	0,39	0,08	0,06	0,02	0,03				
			DOE	DOE bas	0,22	0,21	0,11	0,07	0,07				
				DOE haut	0,22	0,21	0,11	0,08	0,08				
			Niveau de réduction (%)	DOE bas									
				DOE haut									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">VP totaux en Mm3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mai-Sept</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,64</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,59</td> </tr> </table>										VP totaux en Mm3	Mai-Sept	0,64	0,59
VP totaux en Mm3													
Mai-Sept													
0,64													
0,59													
Cèze Rhodanienne													
Tave	A6	180	Débit naturel : QN	5 ans sec	0,49	0,28	0,18	0,11	0,12				
			Prelevements : P	Total	0,00	0,02	0,06	0,04	0,01				
			Débit prélevable (VP)	DOE bas	0,36	0,15	0,06	0,04	0,07				
				DOE haut	0,22	0,09	0,06	0,00	0,03				
			Volume prélevable (Mm3)	DOE bas	0,96	0,40	0,15	0,10	0,19				
				DOE haut	0,59	0,24	0,15	0,00	0,09				
			DOE	DOE bas	0,13	0,13	0,12	0,07	0,05				
				DOE haut	0,27	0,19	0,12	0,12	0,09				
			Niveau de réduction (%)	DOE bas			3%	9%					
				DOE haut			3%	100%					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">VP totaux en Mm3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mai-Sept</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,1</td> </tr> </table>										VP totaux en Mm3	Mai-Sept	1,8	1,1
VP totaux en Mm3													
Mai-Sept													
1,8													
1,1													

4. POINTS INFLUENCES PAR LE BARRAGE DE SENECHAS : CALCUL DES DOE ET DES VOLUMES PRELEVABLES

Nous faisons ici un focus sur deux points de référence situés sous le barrage :

- ▶ Pour le point C2 situé en aval du barrage, au niveau de Pont de Rivières, le volume prélevable va dépendre de ce qui est naturellement disponible, mais également des volumes de régulation délivrables par le barrage de Sénéchas.
- ▶ Pour le point C4 situé à Chusclan, situé en aval des pertes karstiques des gorges de la Cèze, nous prendrons en considération le karst qui joue un rôle complexe dans les écoulements estivaux, et qui s'oppose à la régulation par le barrage.

Pour les besoins des études, BRLi a réalisé un modèle de barrage permettant de simuler l'évolution du stock et des débits de soutien en fonction de plusieurs paramètres de gestion ajustables.

Parallèlement à l'étude volume prélevable, BRLi mène avec le Conseil Général du Gard une étude visant à l'optimisation des règles de gestion de Sénéchas. Un important travail a été réalisé dans le cadre de cette étude sur les possibilités de modification de gestion du barrage de Sénéchas.

Dans le cadre de l'étude pour l'optimisation de Sénéchas, BRLi a testé plusieurs scénarios qui s'illustrent par des modifications apportées :

- ▶ **Soit aux règles de gestion du barrage** (débit réservé, date d'ouverture et de fermeture des pertuis, volume de stockage disponible)
- ▶ **Soit à la demande en eau en aval du barrage** : demande actuelle ou demande plus contraignante se traduisant par une augmentation de 50% du débit cible (changement climatique, évolution démographique, pertes sur la Cèze, etc.)

La question posée dans le cadre de l'étude d'optimisation de Sénéchas et à laquelle on s'intéresse également dans l'étude volume prélevable était de savoir **comment gérer le barrage afin d'atteindre l'objectif réglementaire de satisfaction de l'ensemble des besoins (besoins du milieu et prélèvements) 8 années sur 10.**

4.1 LES HYPOTHESES DE DEBIT CIBLE

De même que pour les points non influencés par le barrage, nous disposons pour les points influencés par Sénéchas de valeurs mensuelles de Débits Cibles :

- ▶ Des débits cibles (DC) valeurs hautes qui font office d'objectifs réglementaires pour les deux points nodaux du SDAGE (points C2 et C4). Pour les autres points dits de gestion, ces valeurs hautes ont vocation à servir de guide à plus ou moins long terme. Toutes doivent permettre de dimensionner les programmes de réduction structurelle.
- ▶ Des débits cibles (DC) valeurs basses considérées comme des débits à atteindre d'urgence. Ils constituent pour certains secteurs une première étape tout en poursuivant l'ambition d'atteindre, à terme et en fonction des possibles, les valeurs hautes.

Ces valeurs sont rappelées dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Valeurs mensuelles de débit cible pour les points influencés par Sénéchas - source : tableau BRLi

Id	Nom	Type	Débit cibles (en m3/s)						
			mars	avril	mai	juin	juil	août	sept
Cèze Moyenne Vallée									
C2	Cèze à Pont de Rivières	DC Valeur haute	3,000	2,000	2,000	1,000	0,640	0,550	0,550
		DC Valeur basse	2,000	1,500	1,100	0,900	0,600	0,450	0,450
Cèze Rhodanienne									
C4	Cèze à Chusclan	DC Valeur haute	3,900	2,900	2,250	1,900	1,200	0,900	0,900
		DC Valeur basse	3,000	2,500	2,000	1,500	0,800	0,500	0,500

4.2 LE MODELE DE BARRAGE

Le modèle a été construit pour refléter le fonctionnement actuel du barrage, mais également un fonctionnement futur possible s'appuyant sur différentes hypothèses de gestion du barrage et d'évolution de la demande en eau sur le bassin de la Cèze.

FONCTIONNEMENT ACTUEL

L'évolution annuelle du stock doit respecter un certain nombre de contraintes rappelées ci-dessous (et spécifiées dans l'hypothèse de gestion actuelle du barrage) :

- ▶ Maintien d'un **volume mort minimum** ($V_{\min} = 940\ 000\ \text{m}^3$, soit $Z_{\min} = 235\ \text{m.NGF}$)
- ▶ Non dépassement d'un **volume maximum** correspondant à
 - la hauteur des pertuis de demi-fond en situation d'étiage ($V_{\max} = 4\ 920\ 000\ \text{m}^3$, $Z_{\max} = 252\ \text{m.NGF}$)
 - la hauteur du déversoir en situation hors-étiage ($V_{\max} = 11\ 900\ 000\ \text{m}^3$, $Z_{\max} = 243,8\ \text{m.NGF}$)
- ▶ Maintien d'un **débit réservé** par la vanne à jet creux : satisfaction à minima d'un débit de consigne de 500 L/s, avec possibilité de pousser au maximum jusqu'à 20 m3/s en l'état actuel (ceci suppose que soit réalisé l'enlèvement de la crépine du dispositif de prise d'eau à niveau variable)
- ▶ Suivi de la **courbe de consigne** pour arriver au maximum à la cote 243,8 m.NGF le 15 août

Ces contraintes sont spécifiées dans le graphique qui suit. Pour d'avantage de clarté sur les différentes contraintes à respecter par période de l'année, nous avons mis en évidence ces différents intervalles de temps sous la forme d'aires colorées numérotées (cf. ci-dessous).

Les sous-périodes sont :

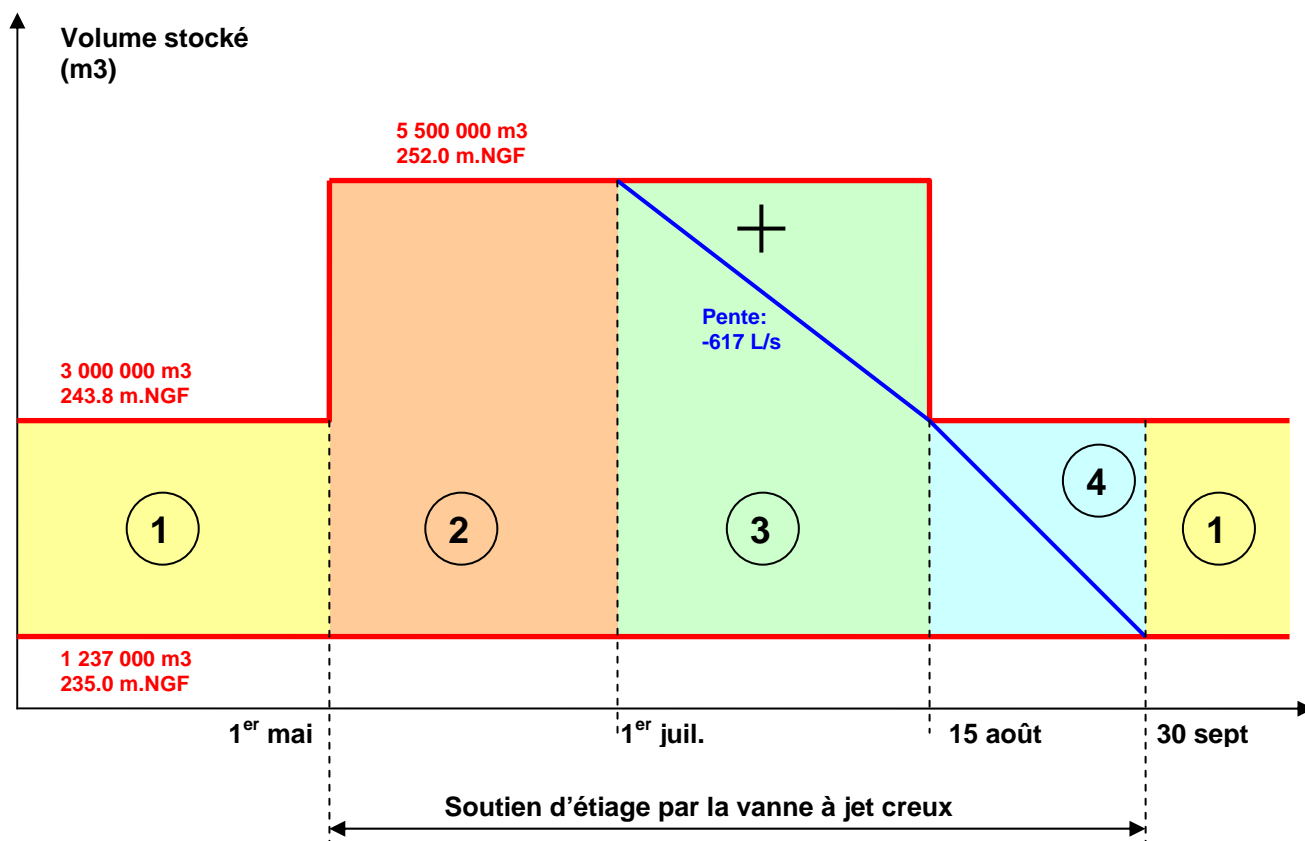
1. Avant le 1^{er} mai et après le 30 septembre : Situation hors-étiage : rôle de tamponnement des crues du barrage
2. Entre le 1^{er} mai et le 1^{er} juillet : Période de remplissage du barrage et soutien d'étiage
3. Entre le 1^{er} juillet et le 15 août : Vidange progressive du barrage
4. Entre le 15 août et le 30 septembre : Maintien d'un soutien d'étiage et tamponnement possible des crues

On simule l'évolution du stock du barrage et le soutien d'étiage qu'il fournit en aval sur les **35 années historiques** (1974-2008), ceci en fonction des apports, des règles de gestion mais aussi des besoins situés en aval (usages et milieux aquatiques).

Le modèle construit permet de faire varier différentes hypothèses :

- ▶ Apports à l'amont du barrage (Cèze et Luech) et sous le barrage avant C2 (Ganière, Auzon) influencés ou non par des restrictions de prélèvements sur les bassins versants affluents (cf. paragraphe précédent)
- ▶ Maintien des débits cibles bas ou des débits cibles hauts en C2

Figure 9 : Contraintes de gestion du stock du barrage de Sénéchas (situation actuelle)



SCENARIOS POSSIBLES EN FONCTIONNEMENT FUTUR

Comme nous l'avons présenté plus haut, nous avons testé le modèle de barrage dans différentes configurations, croisant deux jeux de paramètres :

- ▶ L'évolution des demandes en eau et des apports (4 configurations)
- ▶ Les modes de gestion du barrage (5 configurations)

DEMANDE EN EAU ET APPORTS

Nous nous plaçons dans 4 configurations de demande aval et d'apports :

1. Débit cible + Pas de restrictions sur les prélèvements des affluents
2. Débit cible + Restrictions sur les prélèvements des affluents
3. +50 % débit cible + Pas de restrictions sur les prélèvements des affluents
4. +50 % débit cible + Restrictions sur les prélèvements des affluents

Pour chacune de ces configurations, nous avons testé différents ajustements des paramètres de gestion du barrage (cf. ci-dessous).

MODES DE GESTION DU BARRAGE

Nous présentons 5 ajustements possibles :

- A - La situation actuelle ($Z_{\max} = 252$ m.NGF, fermeture pertuis = 1er mai, ouverture = 15 août), et en considérant que le barrage relâche un débit de consigne de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en étiage
- A' - La situation actuelle ($Z_{\max} = 252$ m.NGF, fermeture pertuis = 1er mai, ouverture = 15 août), et en considérant que le barrage relâche un débit de consigne de $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ du 1^{er} juillet au 30 septembre
- B - La situation actuelle ($Z_{\max} = 252$ m.NGF, fermeture pertuis = 1er mai, ouverture = 15 août), et en considérant que le barrage relâche le débit nécessaire pour les usages aval jusqu'à $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- C - La situation avec anticipation de la fermeture des pertuis ($Z_{\max} = 252$ m.NGF, fermeture pertuis = 1er avril, ouverture = 15 août) en considérant que le barrage relâche un débit de consigne de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en étiage
- D - La situation avec anticipation de la fermeture des pertuis et volume stockable maximisé ($Z_{\max} = 261$ m.NGF, fermeture pertuis = 1er avril, ouverture = 15 août) en considérant que le barrage relâche le débit nécessaire pour les usages aval jusqu'à $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- E - La situation optimale avec anticipation de la fermeture des pertuis et retard de leur ouverture, volume stockable maximisé ($Z_{\max} = 261$ m.NGF, fermeture pertuis = 1er avril, ouverture = 1er sept) en considérant que le barrage relâche le débit nécessaire pour les usages aval jusqu'à $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Le croisement de ces deux séries d'hypothèses fournit un panel simulations dont les résultats sont présentés dans le détail en annexe. On détaille ci-dessous les résultats des simulations en absence de barrage et en situation actuelle, les possibilités d'optimisation du soutien d'étiage sont ensuite commentées au vu des résultats de l'étude d'optimisation du barrage menée en parallèle par le Conseil Général.

4.3 OPTIMISATION DE LA GESTION DE SENECHAS : SIMULATION AU POINT C2

4.3.1 Mode de présentation des résultats

Pour chaque scénario testé, on se propose de présenter un jeu de résultats permettant d'apprécier statistiquement la satisfaction des débits cibles au points de référence aval compte tenu des hypothèses supposées. Les indicateurs qui seront donnés sont :

- ▶ **Nombre d'années de pénurie** sur la période historique (non satisfaction du débit cible par la ressource disponible en C2 influencée par les prélèvements), avec indication de la fréquence. Une année apparaît en pénurie lorsque apparaît un déficit sur au moins un pas de temps.

- ▶ **Fréquence mensuelle moyenne** de pénurie de mars à septembre.
- ▶ Déficit interannuel moyen sur l'année pour la période historique
- ▶ Déficit mensuels moyens entre mars et septembre pour la période historique

Les niveaux de pénurie sont identifiés par le même code couleur que précédemment :

- ▶ **En vert** : absence de pénurie
- ▶ **En orange** : pénuries possibles avec une fréquence d'apparition inférieure à 2 années sur 10
- ▶ **En rouge** : pénuries fréquentes, avec une fréquence d'apparition supérieure à 2 années sur 10

4.3.2 Analyse des résultats au point C2

4.3.2.1 En l'absence de barrage

Nous nous plaçons dans une situation fictive où le barrage de Sénéchas n'existerait pas. Les résultats de l'analyse fréquentielle suggèrent :

- ▶ Que **le débit cible valeur basse** n'aurait pas été satisfait 16 années sur 35 (**soit 46% du temps**). Les fréquences de pénurie sont importantes et dépassent les 20% en juillet et août.
- ▶ Que **le débit cible valeur haute** n'aurait pas été satisfait 19 années sur 35 (**soit 54% du temps**). Les fréquences de pénurie sont importantes et dépassent les 20% en juillet et les 30% août. Quelques pénuries apparaissent aussi en avril et en mai.

Les résultats et les débits prélevables pour les deux séries de débit cible sont donnés ci-après.

Tableau 9 : Résultats de l'analyse fréquentielle, scénario en l'absence de barrage - source : BRLi

DC bas		Point C2						
Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF								
Nb années de l'échantillon	35							
Nb d'années de pénuries	16							
Fréquence de pénurie interannuelle (%)	46%							
	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	
Nb de mois de pénuries	1	0	0	2	9	9	6	
Fréquence moyenne de pénuries	3%	0%	0%	6%	26%	26%	17%	
Déficit moyen [m3/s]	0.02	0.00	0.00	0.02	0.09	0.06	0.04	
Déficit maximum [m3/s]	0.61	0.00	0.00	0.35	0.67	0.50	0.33	
Débit prélevable (m3/s)	1.71	3.31	2.70	0.86	0.17	0.10	0.46	

DC haut		Point C2						
Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF								
Nb années de l'échantillon	35							
Nb d'années de pénuries	19							
Fréquence de pénurie interannuelle (%)	54%							
	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	
Nb de mois de pénuries	2	1	2	4	9	11	6	
Fréquence moyenne de pénuries	6%	3%	6%	11%	26%	31%	17%	
Déficit moyen [m3/s]	0.05	0.01	0.00	0.02	0.10	0.09	0.06	
Déficit maximum [m3/s]	1.61	0.34	0.09	0.45	0.71	0.60	0.43	
Débit prélevable (m3/s)	0.71	2.81	1.80	0.76	0.13	0.01	0.36	

4.3.2.2 En fonctionnement actuel

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus pour un fonctionnement actuel du barrage. Les dates d'ouverture et de fermeture des pertuis ainsi que la cote maximum sont celles présentées au paragraphe 4.2. En étiage, le seul débit lâché par les vannes à jet creux du barrage est le débit de base (0.5 m³/s). Il n'y a donc pas d'optimisation du débit de soutien d'étiage compte tenu de la demande aval.

Tableau 10 : Résultats de l'analyse fréquentielle, scénario de fonctionnement actuel - source : BRLi

DC bas		Point C2						
Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF								
Nb années de l'échantillon	35							
Nb d'années de pénuries	6	Nb d'années de non atteinte de la cote objectif de remplissage au 1er juillet : 8						
Fréquence de pénurie interannuelle (%)	17%							
	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	
Nb de mois de pénuries	1	0	0	2	6	1	0	
Fréquence moyenne de pénuries	3%	0%	0%	6%	17%	3%	0%	
Déficit moyen [m3/s]	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	
Déficit maximum [m3/s]	0.61	0.00	0.00	0.17	0.28	0.31	0.00	
Débit prélevable (m3/s)	1.71	3.31	1.86	0.76	0.33	1.11	0.65	

DC haut		Point C2						
Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF								
Nb années de l'échantillon	35							
Nb d'années de pénuries	10	Nb d'années de non atteinte de la cote objectif de remplissage au 1er juillet : 8						
Fréquence de pénurie interannuelle (%)	29%							
	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	
Nb de mois de pénuries	2	1	4	2	7	1	2	
Fréquence moyenne de pénuries	6%	3%	11%	6%	20%	3%	6%	
Déficit moyen [m3/s]	0.05	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	
Déficit maximum [m3/s]	1.61	0.34	0.43	0.27	0.32	0.41	0.07	
Débit prélevable (m3/s)	0.71	2.81	0.96	0.66	0.29	1.01	0.55	

Ces tableaux révèlent que :

- Pour les **DC valeurs basses**, le nombre d'années de pénurie aurait été de 6 ans, soit **17% des années**. Ces pénuries ont lieu majoritairement en juillet (17% des mois de juillet), mais aussi plus ponctuellement en mars, juin et aout.
- Pour les **DC valeurs hautes**, le nombre d'années de pénurie aurait été de 10 ans, soit **29% des années**. Ces pénuries ont lieu majoritairement en juillet (20% des mois de juillet), mais également sur le reste des mois entre mars et septembre.

Remarque :

Bien qu'il y ait des pénuries assez fréquentes au niveau annuel (cellules en rouge dans les tableaux précédents), au niveau mensuel les fréquences de ces pénuries restent inférieures à 20% (colorées vertes ou oranges). De fait, avec les prélèvements actuels, on arrive à satisfaire les objectifs visés de DC. Ainsi pour le temps de calcul choisi dans le cadre de cette étude, on ne fait pas apparaître de déficit notable qui conduirait à réduire les prélèvements sur le BV intermédiaire contrôlé par C2.

Cependant, l'étude d'optimisation du barrage de Sénéchas pour laquelle le pas de temps utilisé est journalier met en évidence qu'à **une échelle plus fine on constate des fréquences de pénuries beaucoup plus importantes**. Le tableau ci-dessous reprend les résultats obtenus avec le modèle au pas de temps journalier (voir étude d'optimisation de Sénéchas pour davantage d'information sur ce modèle).

Tableau 11 : Résultats obtenus avec le modèle développé au pas de temps journalier dans l'étude d'optimisation du barrage de Sénéchas (BRLi 2013) - scénario fonctionnement actuel

DC Haut		Point C2						
Nb années de l'échantillon	35							
Nb d'années de pénuries	26							
Fréquence de pénurie interannuelle (%)	74%							
		Nb d'années de non atteinte de la cote objectif de remplissage au 1er juillet		7				
		Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.
Nb de mois de pénuries		6	2	4	7	8	14	9
Fréquence moyenne de pénuries *		17%	6%	11%	20%	23%	40%	26%
Déficit moyen [m3/s]		0,053	0,022	0,056	0,054	0,067	0,056	0,022
Déficit maximum [m3/s]		1,665	0,93	0,645	0,483	1,019	0,789	0,209
* à l'échelle journalière: nombre de mois m au cours desquels le débit journalier passe au moins une fois en dessous du DC/ nb total de mois m dans la chronique étudiée								

A l'échelle journalière on retrouve des pénuries fréquentes notamment au mois d'aout où 4 années sur 10 les débits passent sous le débit cible pendant au moins 1 jours.

4.3.2.3 Optimisation du soutien d'étiage par Sénéchas

Dans le paragraphe précédent, nous avons précisé quels sont les niveaux de pénurie constatés dans le mode de gestion actuel du barrage. Si on s'en tient au cadre strict de l'étude volume prélevable, ces résultats sont suffisants : le fonctionnement actuel permet d'atteindre l'objectif de satisfaction 8 années sur dix à l'échelle mensuelle de l'ensemble des besoins. Il semble cependant intéressant de mentionner les résultats de l'étude pilotée en parallèle par le Conseil Général 30, compte tenu des précisions que ce travail apporte à l'échelle journalière.

Le modèle journalier mis en place dans le cadre de l'étude d'optimisation a permis de travailler plus finement et de tester divers scénarios. Parmi ceux-ci, plusieurs facteurs permettent d'augmenter la capacité du barrage à répondre aux besoins : l'anticipation des dates de fermeture des pertuis, la modification de la cote maximum de la retenue, une re-ouverture des pertuis plus tardive, ainsi qu'une modification du débit de base de la vanne à jet creux sur la période du 1^{er} septembre au 31 juillet. Suite à un travail approfondi mené sur ces différents scénarios, il apparaît que parmi l'ensemble de ces possibilités la dernière (modification du débit de base) soit la meilleure alternative. Plusieurs débits ont été testés et l'étude d'optimisation conclut qu'une augmentation du débit de la vanne à jet creux pour atteindre la valeur de 600 l/s du 1^{er} juillet au 30 septembre est le meilleur compromis.

En effet :

- ▶ Elle permet d'améliorer les fréquences de satisfaction des besoins par rapport à une gestion en situation actuelle et notamment :
 - de satisfaire l'ensemble des besoins au moins 8 années sur 10 sur l'ensemble de l'année à l'échelle mensuelle;
 - de diminuer l'intensité des pénuries rencontrées à l'échelle mensuelle ;
 - de diminuer la fréquence des pénuries à l'échelle journalière de façon à ce que chacun des mois de l'année, on puisse satisfaire les besoins sans restriction, sans que les débits journaliers passent en dessous des débits cibles, et ce au moins 8 années sur 10.

Remarque : rappelons que l'objectif de l'étude était bien de déterminer comment satisfaire au mieux les débits cibles et les prélèvements actuels. Cette solution apporte donc entière satisfaction. Si à l'avenir des objectifs plus ambitieux sont fixés (augmentation des débits cibles, augmentation des prélèvements), les autres leviers identifiés (modification des dates de fermeture/ouverture des pertuis, rehaussement de la cote maximum) offriront une marge de manœuvre supplémentaire.

- ▶ Sa mise en œuvre est relativement simple.
- ▶ Elle offre davantage de souplesse vis à vis des démarches administratives comparée à ce qu'impliquerait une modification plus en profondeur des principes de gestion.

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats obtenus par les deux modèles (mensuel (mis en place dans le cadre de l'étude des volumes prélevables) et journalier (mis en place dans le cadre de l'étude d'optimisation du barrage)).

Tableau 12 : Résultat de l'analyse fréquentielle à l'échelle mensuelle, scénario de gestion optimisée (la réduction des prélèvements sur l'amont du bassin n'est pas prise en compte) - source BRLi

DC bas		Point C2							
Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF									
Nb années de l'échantillon	35							Nb d'années de non atteinte de la cote objectif de remplissage au 1er juillet	9
Nb d'années de pénuries sur 35 ans	3								
Fréquence de pénurie interannuelle	9%								
		Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	
Nb de mois de pénuries		1	0	0	1	4	2	1	
Fréquence moyenne de pénuries		3%	0%	0%	3%	11%	6%	3%	
Déficit moyen [m3/s]		0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	
Déficit maximum [m3/s]		0.61	0.00	0.00	0.07	0.29	0.50	0.02	
Débit prélevable (m3/s)		1.71	3.31	1.96	0.80	0.43	1.04	0.75	

DC haut		Point C2							
Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF									
Nb années de l'échantillon	35							Nb d'années de non atteinte de la cote objectif de remplissage au 1er juillet	9
Nb d'années de pénuries sur 35 ans	6								
Fréquence de pénurie interannuelle	17%								
		Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	
Nb de mois de pénuries		2	1	4	2	4	2	1	
Fréquence moyenne de pénuries		6%	3%	11%	6%	11%	6%	3%	
Déficit moyen [m3/s]		0.05	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.00	
Déficit maximum [m3/s]		1.61	0.34	0.33	0.17	0.33	0.60	0.12	
Débit prélevable (m3/s)		0.71	2.81	1.06	0.70	0.39	0.94	0.65	

Tableau 13 : Résultats obtenus avec le modèle développé au pas de temps journalier dans l'étude d'optimisation du barrage de Sénéchas (BRLi 2013) - scénario de gestion optimisé

DC Haut		Point C2						
Nb années de l'échantillon	35							
Nb d'années de pénuries	15	Nb d'années de non atteinte de la cote objectif de remplissage au 1er juillet						
Fréquence de pénurie interannuelle (%)	43%	7						
		Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.
Nb de mois de pénuries		6	2	4	5	7	4	4
Fréquence moyenne de pénuries*		17%	6%	11%	14%	20%	11%	11%
Déficit moyen [m3/s]		0,05	0,02	0,05	0,02	0,02	0,03	0,01
Déficit maximum [m3/s]		1,63	0,90	0,62	0,25	0,77	0,67	0,44

* à l'échelle journalière: nombre de mois m au cours desquels le débit journalier passe au moins une fois en dessous du DC/ nb total de mois m dans la chronique étudiée

Le tableau ci-dessus, produit à partir des résultats du modèle journalier utilisé dans l'étude d'optimisation du barrage montre qu'à l'échelle journalière la modification testée sur le débit de base de la vanne à jet creux permet une réduction notable des fréquences de pénuries.

4.3.2.4 Analyse des résultats

Les simulations réalisées soulignent le rôle important du barrage de Sénéchas. En effet, en l'absence de barrage des pénuries sont constatées environ une année sur deux (46% ou 54% des années suivant le débit cible considéré, (voir Tableau 9). C'est notamment aux mois de juillet et août que ces pénuries sont les plus marquées.

En fonctionnement actuel (voir Tableau 10), les fréquences de pénuries à l'échelle du mois sont relativement faibles : si l'on considère chaque mois individuellement, aucun ne connaît des pénuries plus de 2 années sur 10, quelle que soit la valeur de débit cible considérée. A l'échelle de l'année, pour une valeur basse de débit cible en C2, les pénuries reviennent 17% des années, soit moins de 2 années sur 10. En revanche, pour maintenir un débit cible haut en C2 au moins 8 années sur 10 tout au long de l'année une modification de la gestion du barrage est nécessaire (un déficit est constaté 10 années sur les 35 étudiées, soit près de 3 années sur 10). L'étude d'optimisation de Sénéchas qui modélise le fonctionnement du barrage à l'échelle journalière met également en évidence qu'à cette l'échelle plus fine, en gestion actuelle, on retrouve des pénuries avec une fréquence relativement élevée.

Le Tableau 12 présente les résultats obtenus en modifiant le débit de base de la vanne à jet creux pour atteindre **entre le 1^{er} juillet et le 30 septembre jusqu'à 0,6 m³/s au lieu des 0,5 m³/s actuels**, toutes choses égales par ailleurs. **Même si elle n'est pas indispensable pour atteindre l'objectif de respect du débit cible 8 années sur 10 en débit mensuel, cette mesure permet de diminuer les fréquences et l'intensité des pénuries à l'échelle mensuelle et surtout de diminuer de façon importante les fréquences de pénuries à l'échelle journalière.**

Les résultats des autres scénarios testés n'ont pas été détaillés dans le présent rapport car ils sortent des objectifs stricts de l'étude volumes prélevables. Ces résultats, ainsi que ceux de l'étude d'optimisation du barrage de Sénéchas montrent qu'en cas de nécessité (impacts du changement climatique, augmentation des exigences réglementaires en terme de débit objectif, augmentation de la demande en eau entre le barrage et le point C2...) il existe des leviers d'actions permettant d'optimiser encore davantage le fonctionnement du barrage.

4.3.3 Limites du modèle de barrage

- ▶ Notons que dans le modèle construit, le pas de calcul est de l'ordre de la quinzaine, avec des apports et des prélèvements détaillés à l'échelle mensuelle (échelle adaptée pour les études volumes prélevables). **Ceci lisse les périodes de tension vécues sur le mois : les variations journalières et les étiages peuvent alors être bien plus significatifs.** A l'inverse, lorsque l'Etat réalise des mesures de terrain et constate des débits très faibles susceptibles de déclencher un arrêté sécheresse, ces mesures sont faites à la journée voire ponctuellement.

L'étude d'optimisation du barrage de Sénéchas (dans laquelle une modélisation à l'échelle journalière a été réalisée) a montré que le passage d'un débit de 0.5 à 0.6 m³/s entre le 1^{er} juillet et le 30 septembre permet de réduire fortement les pénuries à l'échelle journalière.

- ▶ Certaines fois, on se trouve dans une situation déclassante alors que le déficit calculé est très faible. L'analyse statistique se fait de façon automatique alors que le niveau de déficit peut être de l'ordre de la précision de la mesure hydrologique, ou de la connaissance des prélèvements

4.3.4 Conclusion

A première vue, sur la base des résultats du modèle les prélèvements actuels semblent pouvoir être maintenus tout en assurant la satisfaction du débit cible (valeur haute ou basse) chacun des mois de l'année au mois 8 années sur 10 en fonctionnement actuel.

Cependant, cette approche mensuelle entraine un **lissage des débits et masque des étiages plus sévères** pouvant subvenir à l'échelle de quelques jours. Par ailleurs, ce sont les prélèvements nets qui ont été utilisés afin de calculer les volumes prélevables. Les prélèvements bruts (notamment celui de l'ASA de St-Jean-de-Maruejols) sont nettement supérieurs au prélèvement net et leur **impact local sur le cours d'eau** peut-être important.

C'est pour ces raisons qu'il semble intéressant d'évoquer les résultats de l'étude d'optimisation du barrage. Cette étude montre que l'augmentation du débit de base de la vanne à jet creux entre le 1^{er} juillet et le 30 septembre jusqu'à 0.6 m³/s permet de diminuer les fréquences de pénuries rencontrées **à l'échelle journalière**, permettant de passer d'une fréquence de pénuries allant jusqu'à 4 années sur 10 au mois d'août, à une fréquence de pénuries inférieure à 2 années sur 10.

De plus, le passage d'un débit réservé de 0.5 à 0.6 m³/s en étiage **permet de diminuer les fréquences et l'intensité des pénuries à l'échelle mensuelle** et d'atteindre une fréquence de satisfaction de l'ensemble des besoins tout au long de l'année avec une fréquence d'au moins 8 années sur 10.

Pour autant, au vu des limites du modèle, de celles des calculs statistiques par rapport à une situation hydrologique instantanée et de prise en compte des prélèvements nets plutôt que des bruts (manque de connaissance), il paraît prudent de considérer la situation de ce sous bassin comme fragile au regard des objectifs du SDAGE et d'accompagner les préleveurs vers des économies et des recherches de ressources alternatives aux eaux superficielles.

4.4 CALCUL DES VOLUMES PRELEVABLES ET DOE

4.4.1 Calcul au point C2 de Pont de Rivières

On propose pour le point C2 d'adopter un **DOE égal au débit cible**. En effet, l'un des principaux prélèvements du tronçon aval au point C2 est celui de l'ASA de St Jean de Maruejols. Etant à proximité immédiate du point de référence C2 à Rivières (il n'existe aucun apport conséquent entre les deux points), ce prélèvement a été « remonté » artificiellement en amont et comptabilisé comme faisant partie des prélèvements à satisfaire par les volumes prélevables du tronçon C2. **Le débit cible proposé tiens donc déjà compte du fait qu'il faudra laisser passer un débit supplémentaire pour les besoins aval** (ici pour l'ASA de St Jean de Maruejols). Augmenter encore ce débit ne semble pas justifié compte tenu des résultats retrouvés au niveau de C4 et des fortes incertitudes qui subsistent autour de l'estimation des débits au niveau de ce point.

Si à l'avenir le point nodal devait être remonté encore plus en amont (à cause de difficultés pour l'implantation d'une station d'étiage), deux situations sont possible :

- Si le point reste en restant à l'aval de la confluence avec l'Auzon, il conviendrait de conserver le même DOE que le DOE actuel de façon à ce que $DOE = DC + \text{prélèvements entre Tharoux et le nouveau point nodal}$;
- Si le point est en amont de l'Auzon, il sera probablement nécessaire de définir un nouveau débit cible (ressource en eau significativement modifiée). Le DOE au niveau du nouveau point devra être estimé de façon à ce que $\text{nouveau DOE} = \text{nouveau DC} + \text{prélèvement entre Tharoux et le point nodal} - \text{apports intermédiaires (Auzon notamment)}$.

Le tableau suivant présente les volumes prélevables et les DOE au niveau du point C2. Le débit naturel au niveau du point est également rappelé.

Trois configurations ont été retenues :

- ▶ Fonctionnement actuel du barrage et prélèvements actuels
- ▶ Fonctionnement actuel du barrage et réduction des prélèvements à l'amont de façon à ce que les DOE amont soient respectés.
- ▶ Fonctionnement optimisé et prélèvements actuels.

Pour chacun des trois scénarios nous calculons :

- ▶ un débit/volume prélevable à l'échelle mensuelle (VP exprimé ici en débit)
- ▶ un débit objectif d'étiage correspondant aux débits cibles hauts ou bas
- ▶ un niveau de réduction correspondant à la part de prélèvement actuelle à restreindre pour parvenir au volume prélevable (Vp) calculé

Tableau 14 : Calcul du DOE et du VP au point C2 - source : BRL⁶

Paramètre		Débits (m3/s)								
		mars	avr	mai	juin	juil	août	sept		
Prélèvements actuels sur le BV intermédiaire (m3/s)		0,06	0,06	0,08	0,20	0,23	0,12	0,08		
Qnat 5 sec (Q nat estimé à Rivière)		3,79	4,91	4,13	2,12	1,16	0,86	1,18		
Fonctionnement Actuel	DOE bas	DOE (m3/s)	2,00	1,50	1,10	0,90	0,60	0,45	0,45	VP total mars à septembre 25,6
		Débit prélevable (m3/s)	1,71	3,31	1,86	0,76	0,33	1,11	0,65	
		Volume prélevable	4,6	8,6	5,0	2,0	0,9	3,0	1,7	
		Réduction (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	DOE haut	DOE (m3/s)	3,00	2,00	2,00	1,00	0,64	0,55	0,55	VP total mars à septembre 18,4
		Débit prélevable (m3/s)	0,71	2,81	0,96	0,66	0,29	1,01	0,55	
		Volume prélevable	1,9	7,3	2,6	1,7	0,8	2,7	1,4	
		Réduction (%)	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	
Fonctionnement actuel - prélèvements réduits	DOE bas	DOE (m3/s)	2,00	1,50	1,10	0,90	0,60	0,45	0,45	VP total mars à septembre 25,7
		Débit prélevable (m3/s)	1,71	3,31	1,86	0,76	0,33	1,13	0,66	
		Volume prélevable	4,6	8,6	5,0	2,0	0,9	3,0	1,7	
		Réduction (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	DOE haut	DOE (m3/s)	3,00	2,00	2,00	1,00	0,64	0,55	0,55	VP total mars à septembre 19,2
		Débit prélevable (m3/s)	0,71	2,81	0,96	0,66	0,36	1,16	0,62	
		Volume prélevable	1,9	7,3	2,6	1,7	1,0	3,1	1,6	
		Réduction (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Fonctionnement optimisé - (prélèvement amont actuels)	DOE bas	DOE (m3/s)	2,00	1,50	1,10	0,90	0,60	0,45	0,45	VP total mars à septembre 26,4
		Débit prélevable (m3/s)	1,71	3,31	1,96	0,80	0,43	1,04	0,75	
		Volume prélevable	4,6	8,6	5,2	2,1	1,1	2,8	2,0	
		Réduction (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	DOE haut	DOE (m3/s)	3,00	2,00	2,00	1,00	0,64	0,55	0,55	VP total mars à septembre 19,1
		Débit prélevable (m3/s)	0,71	2,81	1,06	0,70	0,39	0,94	0,65	
		Volume prélevable	1,9	7,3	2,8	1,8	1,0	2,5	1,7	
		Réduction (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Fonctionnement optimisé - (prélèvement amont réduits)	DOE bas	DOE (m3/s)	2,00	1,50	1,10	0,90	0,60	0,45	0,45	VP total mars à septembre 26,5
		Débit prélevable (m3/s)	1,71	3,31	1,96	0,80	0,43	1,07	0,76	
		Volume prélevable	4,6	8,6	5,2	2,1	1,1	2,9	2,0	
		Réduction (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	DOE haut	DOE (m3/s)	3,00	2,00	2,00	1,00	0,64	0,55	0,55	VP total mars à septembre 19,9
		Débit prélevable (m3/s)	0,71	2,81	1,06	0,70	0,46	1,10	0,72	
		Volume prélevable	1,9	7,3	2,8	1,8	1,2	2,9	1,9	
		Réduction (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

- En situation actuelle, la gestion actuelle de Sénéchas n'implique pas de **réduire les prélèvements actuels**. Ceci est visible dans les tableaux donnant les fréquences de pénurie présentées au paragraphe 4.3.2.2 : les fréquences ne sont jamais supérieures à 20% ce qui n'induit pas de restrictions.
- La diminution des prélèvements amont (réductions calculées aux points C1, A1, A2 et A3 pour atteindre les DOE) permet de dégager un volume prélevable légèrement supérieur (quelques dizaines de litres par seconde)
- Les DOE en situation de fonctionnement optimisé sont encore supérieurs. Ils sont donnés à titre indicatif. Si la gestion du barrage est modifiée conformément aux préconisations de l'étude d'optimisation, ces volumes prélevables peuvent être assurés conjointement au respect des DOE au moins 8 années sur 10 en **moyenne mensuelle**.

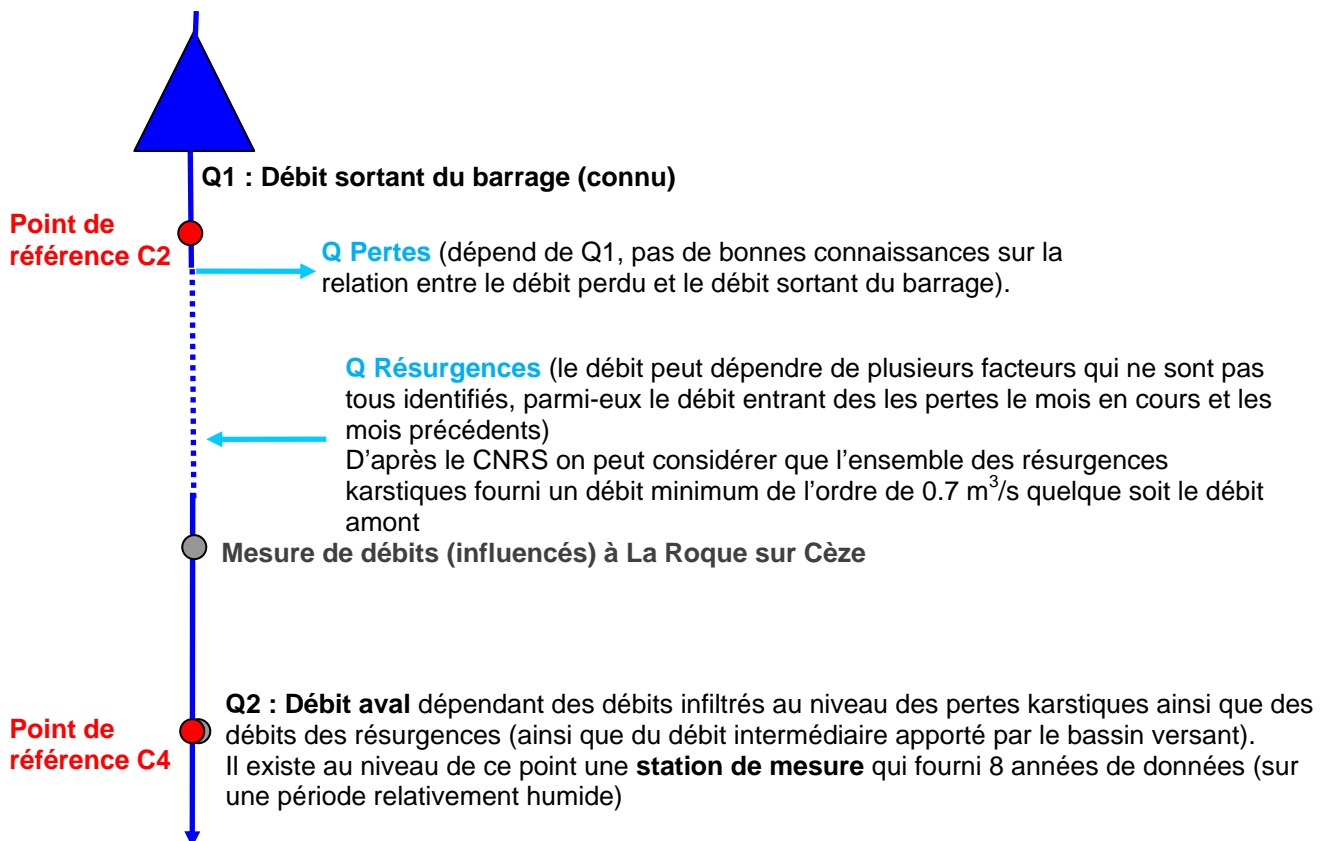
⁶ Le débit naturel au niveau de Rivières a été rappelé pour mémoire. Il ne peut cependant pas être utilisé pour calculer le volume prélevable comme cela a été fait pour les affluents en considérant que $VP = Qnat5sec - DOE$. En effet, le tronçon C2 et donc les volumes prélevables sur le tronçon sont influencés par les prélèvements en amonts et par la présence du barrage.

Compte tenu des résultats présentés dans les paragraphes précédents deux choix semblent possibles :

- ▶ Adopter des valeurs de volumes prélevables du fonctionnement optimisé (augmentation du débit de base de la vanne à jet creux), sachant que **ces valeurs seront satisfaites au moins 8 années sur 10 tout en permettant le respect du DOE**, mais qu'à l'échelle journalière des pénuries peuvent apparaître plus fréquemment.
- ▶ Adopter des valeurs de volumes prélevables en fonctionnement actuel (avec ou sans prise en compte des réductions des prélèvement amont suivant les réductions réellement réalisées sur le terrain). **Ces valeurs seront satisfaites au moins 8 années sur 10 tout en respectant le DOE**. Si de plus la gestion du barrage de Sénéchas est optimisée (augmentation du débit de la vanne à jet crue de juillet à septembre), cela permettra d'après les résultats du modèle développé dans le cadre de l'étude d'optimisation du barrage, **d'assurer une fréquence de pénurie inférieure à 2 années sur 10, y compris à l'échelle journalière**. Cette seconde solution est celle qui semble la plus adaptée selon BRLI. Dans les deux cas, les prélèvements actuels (inférieurs aux volumes prélevables) peuvent être maintenus.

4.4.2 Calcul au point C4 de Chusclan

Le point sur la Cèze à Chusclan est séparé du barrage par un système de pertes et de résurgences karstiques. L'impact du barrage sur ce point est donc mal connu (voir schéma ci-dessous).



Les volumes disponibles au niveau du point C4 pour satisfaire les prélèvements sont égaux à la somme des débits arrivants de l'amont et résultant de l'influence du barrage, des pertes et des résurgences ainsi que des apports intermédiaires (ruissellement sur le bassin versant, apports des affluents, notamment l'Aiguillon). Il ne s'agit pas d'un débit à proprement parler « naturel » étant donné la présence du barrage, on parle donc de « ressource disponible ».

La présence de pertes et résurgences karstiques dont le fonctionnement est mal connu entre le barrage de Sénéchas et le point C4 rend impossible l'utilisation du modèle du barrage pour estimer les volumes prélevables en C4.

Suite à des propositions des membres du comité technique et à de nombreux échanges, deux méthodes distinctes ont été étudiées pour l'estimation des volumes prélevables au point C4. La première se base sur l'exploitation des données de mesure de débits influencés, elle est considérée comme un méthode « optimiste ». La seconde utilise l'information issue des discussions avec Joel Jolivet (chercheur en hydrogéologie au CNRS ayant travaillé sur le karst de la Cèze) selon laquelle, le débit sortant du karst est au minimum de l'ordre de 0.7 m³/s (voir plus loin pour plus de détails). Cette méthode (applicable uniquement sur les mois d'étiage sévères) est présentée pour donner une idée de ce que pourrait être la situation d'étiage pour un scénario pessimiste.

METHODE 1

Une des façons d'approcher le comportement de l'ensemble du système sur les débits en C4 est d'utiliser les chroniques de débit influencé mesurées par les stations hydrométriques, considérant ainsi que **les débits influencés sont les mieux à même de rendre compte de l'impact global du système barrage/pertes/résurgences sur les débits à l'aval du bassin.**

Deux stations fournissent des mesures de débits à proximité de C4, l'utilisation de l'une ou l'autre de ces présente ses avantages et ses inconvénients :

- La station de Chusclan : cette station présente l'avantage d'être au niveau du point C4. Cependant, elle ne présente que 8 années de données qui, comme déjà évoqué à plusieurs reprises, correspondent à des années plutôt humides et peuvent entraîner une sur-estimation des débits influencés moyens. En utilisant les mesures de cette station, on peut calculer les débits prélevables en C4 de la façon suivante :

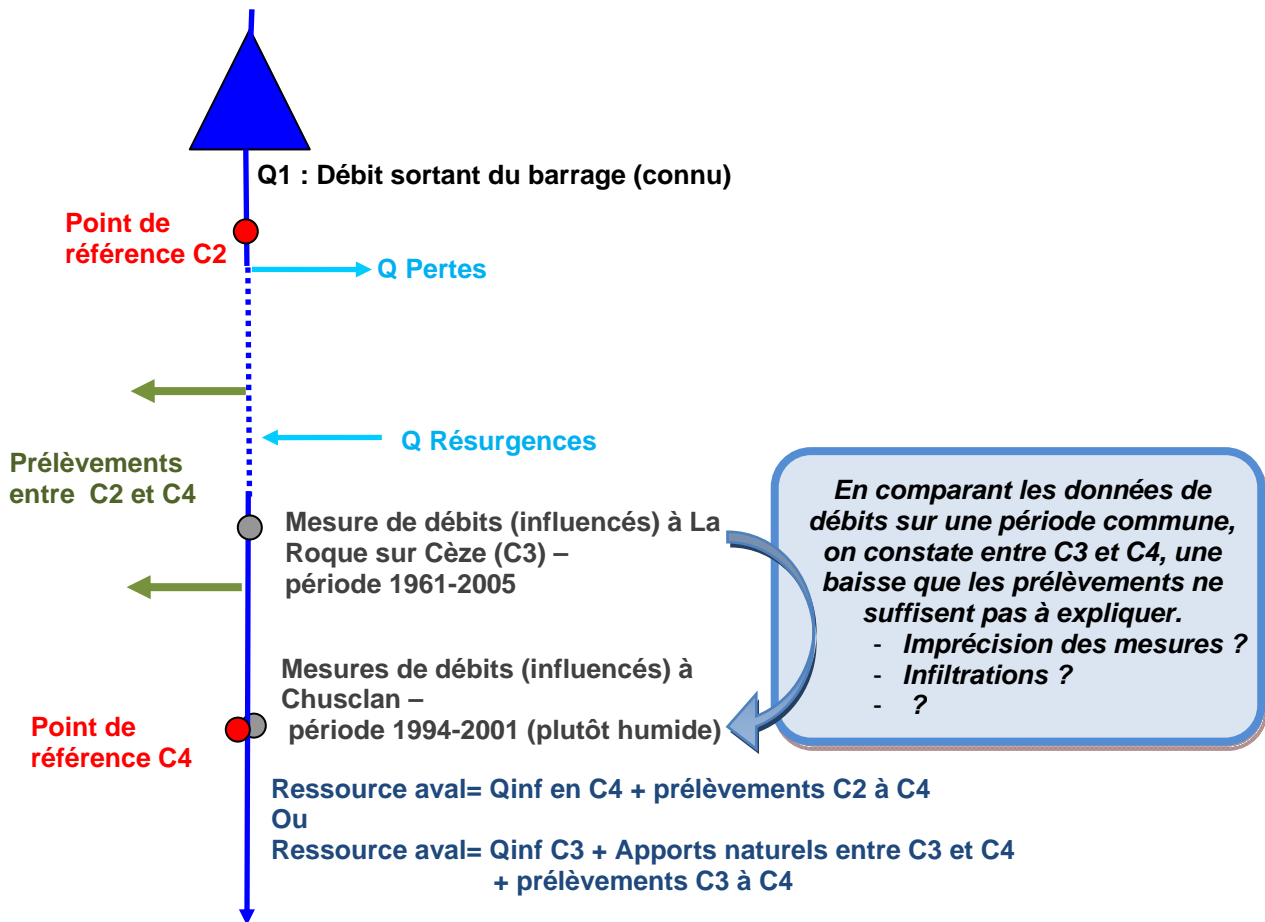
Débit prélevable = débit disponible en C4 – DOE, avec :

Débit disponible pour satisfaire des prélèvements en C4 = Qinf5 ans sec en C4 (à la station de Chusclan)
+ prélèvements actuels sur le tronçon associé au point C4 (c'est-à-dire le tronçon allant de C2 à C4)

- La station de la Roque-sur-Cèze : 40 années de données sont disponibles au niveau de cette station, elle offre donc une bonne représentativité des débits. Cependant, elle est située à plusieurs dizaines de kilomètres en amont du point C4. Pour l'utiliser dans le but d'approcher les débits influencés en C4, il est donc nécessaire de déterminer quelle est la valeur des apports intermédiaires entre C3 et C4. Sachant que Qinf en C4 = Qinf en C3 (La roque sur Cèze) – Prélèvements entre C3 et C4 + Ressource crée entre C3 et C4, la formule encadrée ci-dessus devient :

Ressource disponible en C4 =
Qinf 5 ans sec en C3 + Ressource crée entre C3 et C4 + Prélèvements entre C2 et C3

Le schéma ci-dessous illustre cette méthode.



Comme déjà évoqué plusieurs fois, (notamment dans la phase 2 de l'étude), la comparaison des mesures des stations de La-Roque-sur-Cèze et Chusclan sur une même période, montre que les débits mesurés en aval sont proches voire inférieurs aux débits amont, y compris en hiver moment où les prélèvements ne suffisent pas à expliquer cette différence. Il est difficile de déterminer avec certitude si cette différence est due à l'imprécision d'une, de l'autre ou des deux stations de mesure, ou bien traduit un phénomène physique réel (écoulement de sub-surface par exemple). La question de l'estimation de la ressource créée entre C3 et C4 est donc délicate. C'est pour cette raison que l'on choisit d'utiliser les données de la station de Chusclan.⁷

Le tableau suivant montre les résultats obtenus.

⁷ En utilisant la station de La Roque-sur-Cèze et en considérant comme nuls les apports intermédiaires entre La Roque sur Cèze et Chusclan, on obtient des résultats du même ordre de grandeur avec un volume prélevable légèrement supérieur en juillet et légèrement inférieur en août et septembre.

Tableau 15 : Méthode 1 - Calcul du DOE et du VP au point C4

		mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	
DOE point C4 (m3/s)	DOE bas	3,000	2,500	2,000	1,500	0,800	0,500	0,500	
	DOE haut	3,900	2,900	2,250	1,900	1,200	0,900	0,900	
Prélèvements actuels (m3/s)	BV intermédiaire en C4	0,05	0,05	0,06	0,15	0,21	0,13	0,07	
Qinf quinquennal sec en C4 (1), en m3/s		4,63	6,72	5,95	3,32	1,62	1,87	3,04	
Prélèvements entre C2 et C4 (2), en m3/s		0,05	0,05	0,06	0,12	0,14	0,19	0,23	
Ressource disponible en C4 pour des prélèvements (1)+(2), en m3/s		4,68	6,77	6,01	3,44	1,76	2,05	3,27	
Débit prélevable (m3/s)	DOE bas	1,7	4,3	4,0	1,9	1,0	1,6	2,8	VP total mars à septembre
	DOE haut	0,8	3,9	3,8	1,5	0,6	1,2	2,4	
Volume prélevable (Mm3)	DOE bas	4,5	11,1	10,7	5,0	2,6	4,2	7,2	45,2
	DOE haut	2,1	10,0	10,1	4,0	1,5	3,1	6,1	36,9
Réductions des prélèvements	DOE bas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	DOE haut	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

Avec cette méthode, les volumes prélevables calculés sont largement supérieurs aux prélèvements actuels, qui peuvent être satisfaits sans restriction au moins 8 années sur 10.

Comme signalé plus haut, cette méthode est considérée comme plutôt optimiste, ses résultats sont soumis des incertitudes :

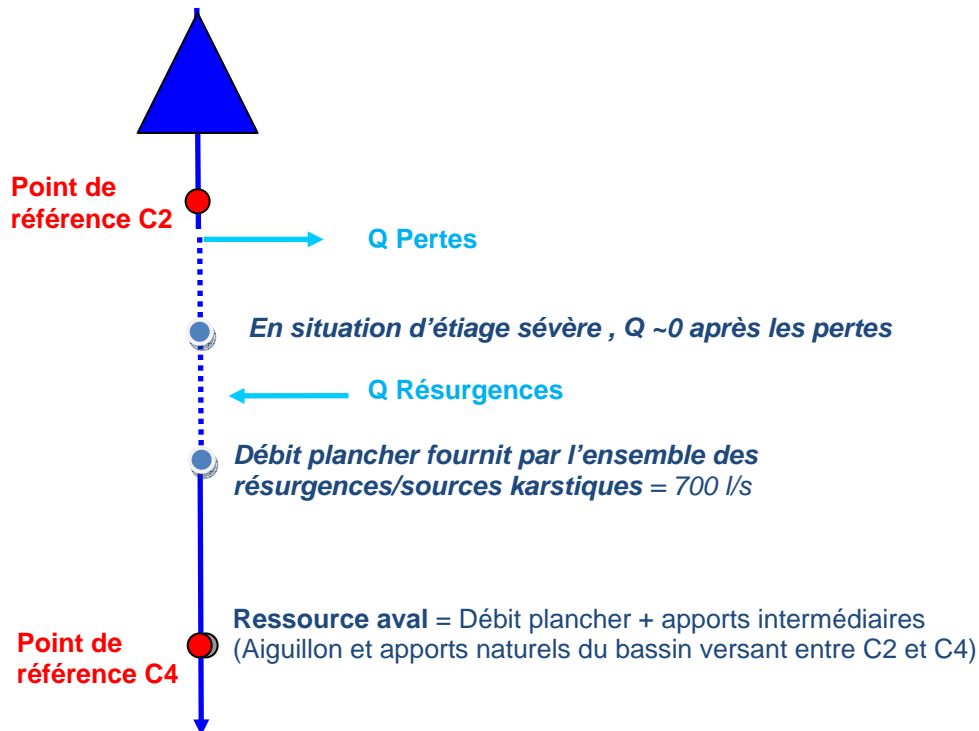
- Comme déjà évoqué, il existe une incertitude sur les débits mesurés à la station de Chusclan (si on utilise la méthode exploitant les données de La Roque-sur-Cèze, on retrouve alors une incertitude sur l'estimation des apports intermédiaires).
- De plus ce calcul implique l'hypothèse implicite que le système karstique ne tamponne pas les influences des prélèvements entre C2 et C4

METHODE 2

La seconde méthode utilise comme hypothèse de base que le « débit plancher » (c'est-à-dire le débit minimum) fourni par le système karstique est de l'ordre de 700 l/s. Cette hypothèse a été établie et discutée avec Mr Joel Jolivet, du CNRS.

L'idée est de considérer que si on est en situation d'assec au niveau des pertes, le karst fournira au moins un débit plancher de l'ordre de 700 l/s à l'aval des résurgences. On a estimé quels seraient les volumes prélevables dans une telle situation. Même si elle ne fournit pas de résultats exploitables pour les périodes où un débit significatif s'écoule malgré les pertes (absence d'assec), cette méthode permet de donner une idée de ce que pourraient être les débits minimums en période d'étiage sévère. L'idée est de mettre en perspective les résultats de la méthode 1 qui présente de nombreuses incertitudes, avec une estimation obtenue en considérant des hypothèses plus pessimistes.

Le schéma ci-dessous illustre la méthode et les termes utilisés.



Le tableaux ci-dessous présente les résultats obtenus.

Tableau 16 : Méthode 12- Calcul du DOE et du VP au point C4

		Période d'étiage marqué (ex: juillet)	Période d'étiage marqué (ex: août)	Période d'étiage marqué (ex: sept)
DOE point C4 (m3/s)	DOE bas	0,8	0,5	0,5
	DOE haut	1,2	0,9	0,9
Prélèvements actuels (m3/s)	BV intermédiaire en C4	0,21	0,13	0,07
DOE Aiguillon		0,09	0,08	0,08
Apports intermédiaires naturels (ruissellement) en m3/s		0,20	0,23	0,47
Débit plancher sortant du karst (m3/s)		0,70	0,70	0,70
Ressource disponible en C4 pour des prélèvements		0,99	1,01	1,17
Débit prélevable (m3/s)	DOE bas	0,2	0,5	0,7
	DOE haut	0,0	0,1	0,3
Volume prélevable (Mm3)	DOE bas	0,5	1,4	1,7
	DOE haut	0,0	0,3	0,7
Réductions des prélèvements	DOE bas	11%	0%	0%
	DOE haut	100%	18%	0%

Suivant qu'on adopte le DOE haut ou bas, les volumes prélevables en période d'étiage sévère sont nuls, ou de l'ordre de quelques m³/s.

CONCLUSION

Les deux méthodes présentées ci-dessous fournissent des résultats très différents.

L'idée de cette double présentation est de **souligner l'incertitude importante qu'il existe pour l'estimation de la ressource disponible en C4** pour satisfaire les besoins, et donc de souligner la nécessité d'aborder pour ce tronçon **une définition des volumes prélevables qui puisse être évolutive au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles connaissances**. Soulignons notamment le lancement prochain d'une thèse sur le karst du bassin versant de la Cèze.

Nous proposons donc un travail par étape :

- 1 – Définir dans un premier temps des volumes prélevables égaux aux prélèvements actuels, afin
 - de ne pas pénaliser les agriculteurs inutilement en se basant sur des hypothèses trop pessimistes
 - de ne pas hypothéquer l'avenir du milieu en autorisant de nouveaux prélèvements alors qu'il existe de fortes incertitudes sur les résultats obtenus avec la méthode la plus optimiste.
- 2 – Confronter les deux hypothèses à la réalité
 - en suivant de près les mesures de débits au point C4. La station de Chusclan a été abandonnée en 2002, mais depuis une station de meilleure qualité est implantée à Bagnol-sur-Cèze et permettra un contrôle des débits.
 - en utilisant les avancées des recherches sur le fonctionnement du karst pour faire des estimations plus précises de la ressource disponible en C4.
- 3 – Réagir en conséquence : en intégrant les nouveaux éléments de connaissance sur les phénomènes karstiques pour actualiser les volumes prélevables et en réagissant au vu des débits effectivement mesurés à la station de Bagnol-sur-Cèze : si en pratique les DOE ne sont pas satisfaits, il faudra envisager de réduire les volumes prélevables ; s'ils sont satisfaits chaque année, il sera possible de délivrer des autorisations de prélèvement supplémentaires.

Tableau 17 : Volumes prélevables et DOE finalement proposés au point C4

		mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	
DOE point C4 (m3/s)	DOE bas	3,000	2,500	2,000	1,500	0,800	0,500	0,500	
	DOE haut	3,900	2,900	2,250	1,900	1,200	0,900	0,900	
Prélèvements actuels (m3/s)	BV intermédiaire en C4	0,05	0,05	0,06	0,15	0,21	0,13	0,07	
Débit prélevable (m3/s)	DOE bas	0,05	0,05	0,06	0,15	0,21	0,13	0,07	VP total mars à septembre
	DOE haut	0,05	0,05	0,06	0,15	0,21	0,13	0,07	
Volume prélevable (Mm3)	DOE bas	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,4	0,2	1,9
	DOE haut	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,4	0,2	1,9

4.4.3 Bilan pour les points C2 et C4

Le tableau ci-dessous présente les résultats agrégés pour les points C2 et C4 (le prélèvement de l'ASA de Maruejols est inclus dans le tronçon C2).

Tableau 18 : Bilan des VP et DOE agrégés sur les tronçons C2 et C4

Paramètre		mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	
Prélèvements sur les tronçon des points C2 et C4		0,12	0,12	0,14	0,35	0,44	0,25	0,14	
Débit prélevable (m3/s) - scénario de fonctionnement actuel et prélèvements actuels en C2	DOE bas	1,76	3,36	1,92	0,91	0,54	1,24	0,72	
	DOE haut	0,76	2,86	1,02	0,81	0,50	1,14	0,62	
Débit prélevable (m3/s) - scénario de fonctionnement actuel et prélèvements réduits en C2	DOE bas	1,76	3,36	1,92	0,91	0,54	1,26	0,73	
	DOE haut	0,76	2,86	1,02	0,81	0,57	1,29	0,69	Total de mars à septembre
VP (Mm3) - scénario de fonctionnement actuel et prélèvements actuels en C2	DOE haut	4,72	8,72	5,14	2,37	1,44	3,31	1,87	27,6
	DOE bas	2,04	7,42	2,73	2,11	1,33	3,04	1,61	20,3
VP (Mm3) - scénario de fonctionnement actuel et prélèvements réduits en C2	DOE haut	4,72	8,72	5,14	2,37	1,44	3,38	1,90	27,7
	DOE bas	2,04	7,42	2,73	2,11	1,53	3,46	1,79	21,1

ANNEXES

Annexe 1 : Résultats détaillés du modèle de barrage

Fonctionnement futur envisageable - DC bas

1

Scénario de demande actuelle + Pas de restrictions sur les prélèvements des affluents + avenir certain

DC bas Point C2. Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF. Summary table showing 35 years, 2 penury years, 6% frequency, and monthly deficit data.

DC bas Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF. Summary table showing 35 years, 1 penury year, 3% frequency, and monthly deficit data.

DC bas Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 15 août, Z max = 261 m.NGF. Summary table showing 35 years, 2 penury years, 6% frequency, and monthly deficit data.

DC bas Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 1er septembre, Z max = 261 m.NGF. Summary table showing 35 years, 2 penury years, 6% frequency, and monthly deficit data.

2

Scénario de demande actuelle + Prise en compte des restrictions sur les prélèvements des affluents

DC bas Point C2. Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF. Summary table showing 35 years, 1 penury year, 3% frequency, and monthly deficit data.

DC bas Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF. Summary table showing 35 years, 1 penury year, 3% frequency, and monthly deficit data.

DC bas Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 15 août, Z max = 261 m.NGF. Summary table showing 35 years, 1 penury year, 3% frequency, and monthly deficit data.

DC bas Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 1er septembre, Z max = 261 m.NGF. Summary table showing 35 years, 1 penury year, 3% frequency, and monthly deficit data.

3

Scénario de demande future (+50% DC) + Pas de restrictions sur les prélèvements des affluents

DC bas + 50% Point C2. Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF. Summary table showing 35 years, 8 penury years, 23% frequency, and monthly deficit data.

DC bas + 50% Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF. Summary table showing 35 years, 6 penury years, 17% frequency, and monthly deficit data.

DC bas + 50% Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 15 août, Z max = 261 m.NGF. Summary table showing 35 years, 6 penury years, 17% frequency, and monthly deficit data.

DC bas + 50% Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 1er septembre, Z max = 261 m.NGF. Summary table showing 35 years, 3 penury years, 9% frequency, and monthly deficit data.

4

Scénario de demande future (+50% DC) + Prise en compte des restrictions sur les prélèvements des affluents

DC bas + 50% Point C2. Fermeture : 1er mai, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF. Summary table showing 35 years, 6 penury years, 17% frequency, and monthly deficit data.

DC bas + 50% Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 15 août, Z max = 252 m.NGF. Summary table showing 35 years, 5 penury years, 14% frequency, and monthly deficit data.

DC bas + 50% Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 15 août, Z max = 261 m.NGF. Summary table showing 35 years, 5 penury years, 14% frequency, and monthly deficit data.

DC bas + 50% Point C2. Fermeture : 1er avril, Ouverture : 1er septembre, Z max = 261 m.NGF. Summary table showing 35 years, 3 penury years, 9% frequency, and monthly deficit data.



