

ETUDE DE LA GESTION QUANTITATIVE ET DES DEBITS DU RHONE EN PERIODE DE « BASSES EAUX »



**PHASE 3 - DETERMINATION DES CONDITIONS LIMITES A
MAINTENIR DANS LE FLEUVE POUR L'AEP ET LE
FONCTIONNEMENT DES CENTRALES NUCLEAIRES**

Document B – Résumé



Edition finale - Octobre 2014

L'étude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux comporte les documents listés ci-dessous. Le présent document constitue le rapport surligné en gris.

Synthèse de l'étude	
Synthèse	Etude de la gestion quantitative du fleuve Rhône à l'étiage : Principaux résultats - Synthèse de l'étude en 100 pages précédée d'un résumé de 6 pages
Phase 1 - Caractérisation du territoire du fleuve Rhône et Bilan des influences anthropiques passées, actuelles et futures possibles	
A	Rapport principal de phase 1
B	Rapport thématique sur l'irrigation dans le bassin du Rhône
C	Rapport thématique sur les nappes en interaction avec le Rhône
D	Fiche de synthèse sur les ouvrages hydroélectriques situés sur la partie française du bassin du Rhône
E	Fiche de synthèse sur l'hydrologie du Rhône alpestre et l'influence des ouvrages hydrauliques suisses
F	Résumé de la phase 1
Phase 2 - Etude des étiages historiques ; Reconstitution des débits désinfluencés et Evaluation de l'empreinte des influences anthropiques sur les débits du Rhône	
A	Rapport principal de mission 1 : Etude des étiages historiques
B	Rapport principal de mission 2 : Reconstitution des débits désinfluencés et évaluation des empreintes des influences anthropiques sur les débits
C	Rapport thématique Hydrogéologie : Estimation des impacts des prélèvements en nappes sur le débit du Rhône
D	Rapport thématique Hydrométrie : Etude critique des débits mesurés aux stations d'étude
E	Résumé de la phase 2
Phase 3 - Détermination des conditions limites (débits et températures) à maintenir dans le fleuve pour l'alimentation en eau potable et le fonctionnement des centres nucléaires de production d'électricité	
A	Rapport principal de phase 3
B	Résumé de la phase 3
C	Impact d'une baisse des débits d'étiage sur la salinisation des hydrosystèmes souterrains en Camargue
D	Impact d'une baisse de débit du fleuve sur les usages préleveurs en nappe alluviale
Phase 4 - Détermination des conditions limites de débits pour les espèces	
A	Rapport principal de phase 4
B	Résumé de la phase 4
Phase 5 - Synthèse des débits limites pouvant être définis dans le Rhône et Approche des volumes prélevables	
A	Rapport principal de phase 5
B	Résumé de la phase 5
Phase 6 - Etude de la sensibilité des étiages du Rhône à des scénarios prospectifs	
A	Rapport principal de phase 6
B	Résumé de la phase 6

	BRL ingénierie 1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5
Sous-traitant	HYDROFIS (aspects hydrogéologiques)

Date de création du document	Septembre 2014
Contact	Sébastien Chazot (sebastien.chazot@brl.fr)

Titre du document	Phase 3 – Document B : Résumé
Référence du document :	800420_Ph3_B_Résumé
Indice :	VFb

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
Octobre 2014	V1		Marion Mahé	Sébastien Chazot
Octobre 2014	VFb		Marion Mahé	Sébastien Chazot

ETUDE DE LA GESTION QUANTITATIVE ET DES DEBIT DU RHONE EN PERIODE DE « BASSES EAUX »

Phase 3 – Document B : Résumé

PREAMBULE.....	1
1. CONDITIONS LIMITES POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE	3
2. CONDITIONS LIMITES POUR CONTROLER L'IMPACT DU BISEAU ET DU COIN SALE EN CAMARGUE	6
3. CONDITIONS LIMITES POUR LES INSTALLATIONS NUCLEAIRES	7
4. CONCLUSION	8

PREAMBULE

L'Agence de l'Eau RMC a confié à BRLingénierie, associé à Hydrofis et Hepia (sous-traitants), la réalisation de l'étude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux.

Le Rhône est souvent considéré comme une ressource pléthorique et susceptible de satisfaire de nombreux usages (prélèvements pour l'eau potable, l'industrie ou l'irrigation, production hydroélectrique, refroidissement de centrales nucléaires, navigation, etc.). **On peut cependant s'interroger sur l'évolution de sa capacité à satisfaire, à terme, en périodes d'étiage, tous ces usages, conjointement avec une garantie du bon état des milieux aquatiques associés**, compte tenu de plusieurs paramètres, en particulier :

- ▶ des perspectives d'évolution des usages prélevant dans le fleuve ou sa nappe ;
- ▶ des perspectives de modification de son régime hydrologique et de la température de ses eaux sous l'influence du changement climatique ;
- ▶ une émergence de divers projets de substitution ou de développement de ressource pour amener de l'eau du fleuve (eau superficielle ou nappe) vers des bassins voisins ne disposant pas des ressources suffisantes pour satisfaire leurs besoins (alimentation en eau potable, usage agricole, usage industriel) ;
- ▶ l'apparition de périodes de tensions, en particulier lors d'épisodes caniculaires et/ou d'étiage prononcé. Certaines années récentes se sont illustrées par des températures d'eau élevées (en particulier 2003 et 2006), qui ont conduit EDF à diminuer la production des CNPE.

Ces différents points soulignent l'importance de la question clé posée par le cahier des charges de l'étude : **« Quelle est la capacité du fleuve Rhône à répondre à l'ensemble des usages actuels et à venir tout en assurant le fonctionnement des milieux aquatiques ? »**. Plus précisément, l'étude doit apporter des réponses aux questions suivantes :

- ▶ Est-il pertinent de considérer le Rhône comme une ressource pléthorique ?
- ▶ Quelles sont les composantes du débit du Rhône (contributions des glaciers, du manteau neigeux, du Lac Léman, des affluents, de la pluviométrie...) et les différents leviers influençant les débits d'étiage ?
- ▶ Quels sont les impacts des variations de débits et de température sur les différents usages ?
- ▶ Quels seuils de débit ne faut-il pas dépasser sur le fleuve pour ne compromettre ni la vie biologique, ni les usages prioritaires (eau potable/sécurité civile) ?

L'étude est découpée en six phases chronologiques.

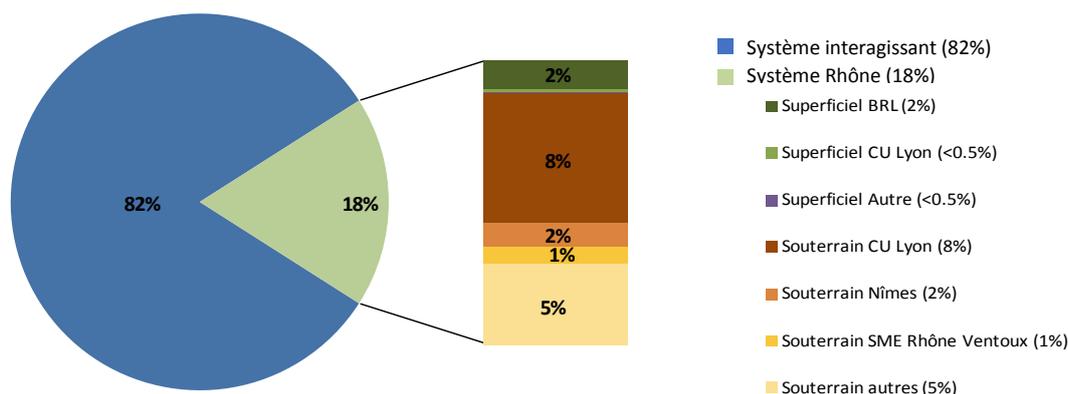
- ▶ La phase 1 caractérise le territoire de l'étude et dresse un bilan des influences anthropiques passées, actuelles et futures possibles, à l'échelle du bassin versant, sur les eaux superficielles et les eaux souterraines : gestion du lac Léman, barrages, transferts hydroélectriques, prélèvements pour l'irrigation, l'eau potable, l'industrie et le refroidissement des centrales nucléaires.
- ▶ La phase 2 reconstitue, au droit des six stations hydrométriques de référence, les débits non influencés par les prélèvements et évalue l'empreinte des influences anthropiques sur ces débits.
- ▶ La phase 3 examine les conditions limites (débits et températures) à maintenir dans le fleuve pour l'alimentation en eau potable et le fonctionnement des centres nucléaires de production d'électricité.
- ▶ La phase 4 s'interroge sur les conditions limites de débit à maintenir pour les poissons.
- ▶ Les phases 5 et 6 font la synthèse des débits limites pouvant être définis à ce stade dans le Rhône et évaluent les effets possibles d'une augmentation des prélèvements sur les étiages du Rhône.

Le présent document est un résumé des résultats de phase 3.

1. CONDITIONS LIMITES POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

Sur la totalité des prélèvements bruts pour l'alimentation en eau potable dans le bassin versant du Rhône, seule une faible proportion (18 %, soit environ 200 Mm³) est réalisée directement sur le système Rhône : fleuve Rhône (2 %) ou sa nappe d'accompagnement (16%).

Figure 1 : Répartition des prélèvements bruts pour l'AEP sur le bassin versant du Rhône



CONDITIONS LIMITES POUR LES PRELEVEMENTS SUR LE FLEUVE

Les prélèvements sur le fleuve se limitent :

- ▶ aux prélèvements de la Communauté Urbaine de Lyon. Bien que la majorité de l'eau potable de la Communauté Urbaine provienne de son champ captant dans la nappe du Rhône (Crépieux-Charmy), des prélèvements superficiels ont également lieu :
 - pour compléter l'eau potable produite par les forages (pompages dans le lac des eaux bleues) ;
 - pour alimenter des bassins d'infiltration, qui constituent une barrière hydraulique permettant de sécuriser le champ captant face au risque de pollution et jouent également un rôle dans la recharge de la nappe ;
- ▶ au prélèvement du réseau BRL, qui n'a pas signalé de problème en lien avec les débits du Rhône pour l'alimentation de sa prise ;
- ▶ aux prélèvements de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer. Bien que le gestionnaire du captage ait toujours réussi à éviter l'interruption du service d'approvisionnement en eau potable, ce dernier prélèvement est plus problématique. La commune est confrontée de façon occasionnelle à des problèmes de quantité d'eau disponible (débit trop faible pour un fonctionnement satisfaisant des pompes au niveau du point de prélèvement). Les été 2008 et surtout 2007 ont été indiqués par le responsable du prélèvement comme ayant connu des périodes de tension particulièrement fortes mais il n'a pas été possible de faire le lien entre ces périodes et des périodes de bas débits sur le Rhône.

Les températures limites de l'eau à potabiliser et de l'eau distribuée sont fixées par le Code de la santé publique à 25°C, et ce pour éviter la prolifération de bactéries. Cette température est cependant dépassée chaque été, sans que cela empêche les gestionnaires AEP d'assurer l'approvisionnement. Il ne semble donc pas pertinent de retenir cette valeur comme un facteur limitant pour l'AEP.

CONDITIONS LIMITES POUR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE ALLUVIALE DU RHONE

Trois facteurs ont été pris en compte dans l'approche menée pour déterminer l'impact de variations des débits du Rhône sur les prélèvements en nappe.

- ▶ Le positionnement dans un secteur pour lequel la piézométrie va varier avec les fluctuations de débit du fleuve.

Sur les secteurs sous l'influence des ouvrages CNR, les niveaux d'eau sont relativement stables, quel que soit le débit du Rhône ; celui-ci a donc peu d'influence sur la piézométrie. Au final, les portions de nappe sensibles aux variations globales, naturelles, du fleuve Rhône cumulent environ 320 km² (soit environ 25 % de la superficie totale de la nappe alluviale). Sur ces secteurs, les mesures piézométriques disponibles et les débits du Rhône ont été mises en parallèle. Il est cependant difficile de trouver une relation simple et univoque entre piézométrie et débit du fleuve en raison de la complexité des phénomènes en jeu et des multiples facteurs pouvant influencer le signal piézométrique. **Sur la base des données analysées, on constate que même dans les secteurs sensibles aux variations de débit du Rhône, il n'est pas possible d'associer des baisses de piézométrie remarquables à des étiages exceptionnels sur le fleuve.**

- ▶ Une épaisseur mouillée faible en regard des variations possibles de la nappe.

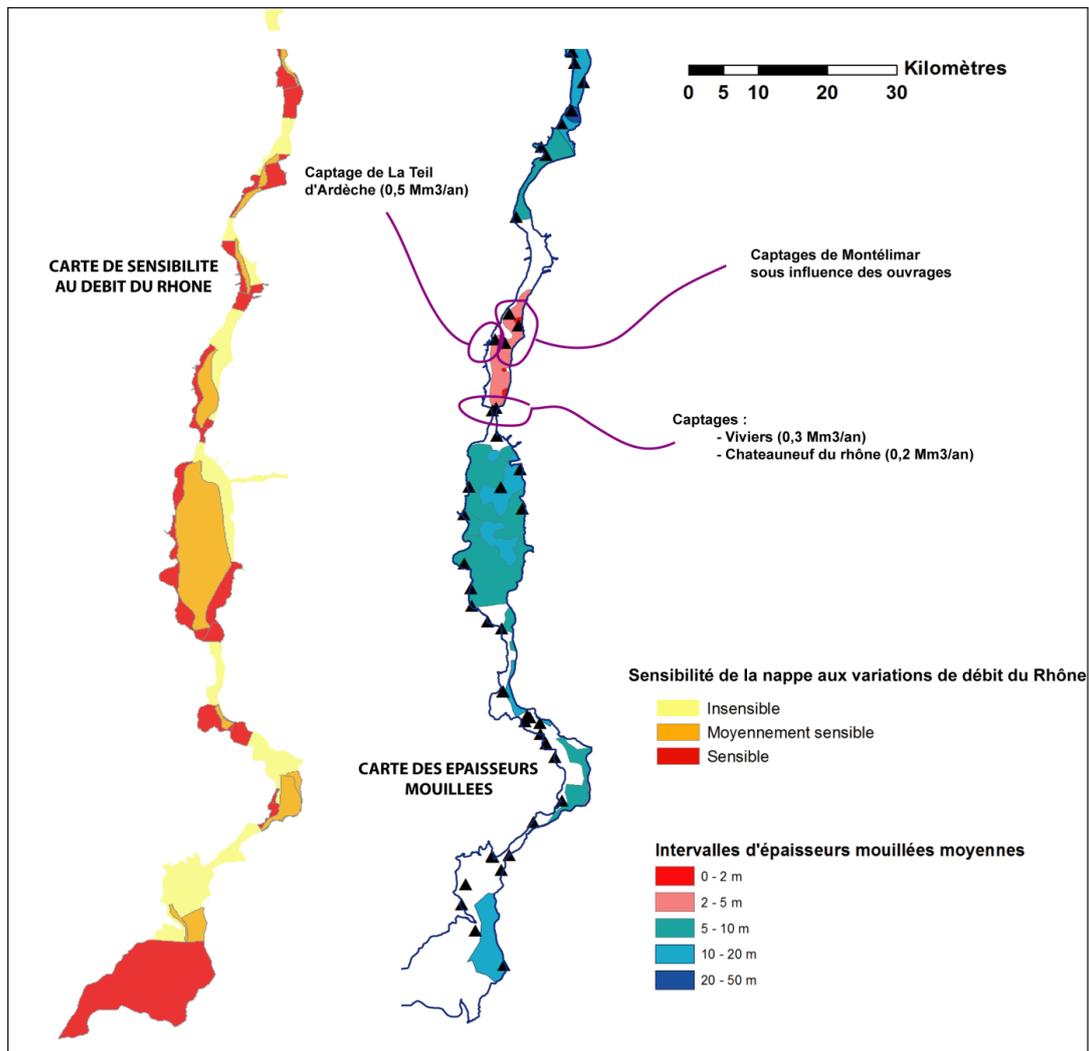
La productivité de la nappe est directement proportionnelle à sa transmissivité, qui correspond au produit de la perméabilité par l'épaisseur mouillée. Ainsi, une baisse de piézométrie d'environ 1 mètre, consécutive à un étiage du Rhône, dans un secteur caractérisé par une épaisseur mouillée d'environ 5 m, conduit à une baisse de 20 % de la productivité de la nappe. Seuls quelques captages sont situés dans une zone à la fois de faible épaisseur mouillée et où la piézométrie est sensible aux variations de débit du fleuve (prélèvements des communes de La Teil d'Ardèche, Vivier et Châteauneuf-du-Rhône). **Cependant, en raison des débits de prélèvement relativement faibles, aucune tension n'a été signalée par les gestionnaires sur ces champs captants.**

- ▶ Les volumes prélevés importants, qui vont induire des rabattements locaux.

Seuls deux champs captants prélèvent plus de 10 Mm³/an : le champ captant de Crépieu-Charmy à l'amont immédiat de Lyon et alimentant sa Communauté Urbaine et le champ captant de Comps à l'aval immédiat de la confluence avec le Gardon, alimentant la métropole nîmoise. La vulnérabilité du champ captant de Comps est réduite par le contrôle de la ligne d'eau exercé par les ouvrages CNR situés en aval (aménagement de Vallabrègues). Pour le champ captant de Crépieu Charmy, la vulnérabilité aux étiages est forte et ce à cause de deux phénomènes :

- Les étiages induisent une baisse du niveau d'eau dans le Vieux Rhône, qui impacte directement la productivité des champs captants.
- Les étiages se traduisent par des vitesses d'écoulement très faibles dans ces chenaux et favorisent ainsi le dépôt de fines qui dégradent les relations entre le cours d'eau et la nappe.

Figure 2 : Cartographie croisée sensibilité aux variations de débit du Rhône (gauche) et épaisseur mouillée (droite) sur le Bas-Rhône



Il apparaît que les étiages du fleuve Rhône n'ont qu'un impact mineur et localisé sur la productivité des nappes alluviales associées. Le captage du Grand Lyon est le seul prélèvement souterrain pour l'AEP à être dans une position de forte dépendance aux débits du Rhône. En effet, la productivité du champs captant est sensible aux variations de débit du fleuve et, de plus, des débits faibles favorisent le colmatage des captages. Le Grand Lyon estime qu'en dessous de 60 m³/s dans le vieux Rhône, le fonctionnement de son système d'approvisionnement est menacé.

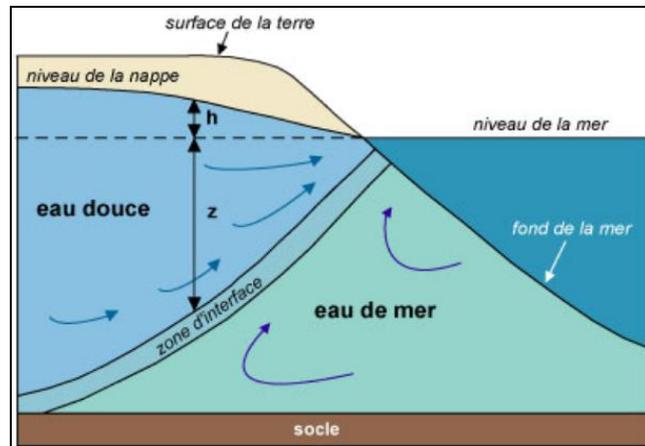
2. CONDITIONS LIMITES POUR CONTROLER L'IMPACT DU BISEAU ET DU COIN SALE EN CAMARGUE

BISEAU SALE

Un biseau salé est une partie d'aquifère côtier envahie par de l'eau salée (marine). La présence d'un biseau salé est un phénomène naturel dont l'ampleur peut être aggravée par :

- ▶ Une sollicitation excessive de l'aquifère par pompage ;
- ▶ Une diminution de la recharge due au climat ;
- ▶ Une salinisation accidentelle liées à des événements exceptionnels (tsunami, etc.).

Figure 3 : Schématisation d'un biseau salé dans un aquifère homogène



Les travaux menés dans le cadre de l'étude concluent qu'une baisse des débits du Rhône n'a pas d'impact direct sur la salinisation des nappes superficielles. Une telle baisse peut avoir un impact sur la salinisation de la nappe profonde, en favorisant la pénétration du biseau salé, mais ce facteur peut être considéré comme secondaire. En effet, au vu de la configuration hydrodynamique, ce sont les prélèvements en nappe de la Crau qui influencent le plus la dynamique actuelle de propagation du biseau salé.

COIN SALE

On appelle « coin salé » le phénomène d'intrusion d'eau marine dans le lit d'un fleuve. On parle de l'intrusion d'eau salée mais, physiquement, c'est l'eau du fleuve qui repousse l'eau marine. Si le débit du fleuve était nul, l'eau de mer occuperait toute la partie du lit du Rhône jusqu'à la hauteur du niveau de la mer et remonterait alors jusqu'à Beaucaire.

Les prélèvements concernés par une remontée du coin salé en Camargue sont :

- ▶ Le prélèvement AEP des Saintes-Maries-de-la-Mer. Le fermier en charge de l'exploitation du prélèvement de la commune constate occasionnellement des épisodes de remontée du coin salé. Un processus de surveillance est en place mais depuis 2006 (date d'entrée en fonction du gestionnaire actuel), aucune alerte n'a nécessité la prise de mesures particulières.
- ▶ Les prélèvements destinés à la riziculture. Les riziculteurs sont régulièrement gênés par des remontées du coin salé (environ une année sur deux). Ces phénomènes ont généralement lieu en fin de saison (fin du mois d'août) et les obligent à interrompre pendant quelques jours les pompages mais ne compromettent pas de façon trop importante les récoltes.

Des phénomènes exceptionnels peuvent par contre être plus dommageables aux riziculteurs. Cela a été le cas en 2011, où des débits extrêmement bas ont eu lieu au printemps et ont favorisé une remontée du coin salé, à une période où le riz est particulièrement sensible.

La mise en parallèle des débits mesurés sur le Rhône et de la fréquence des périodes où le coin salé pose des problèmes pour les riziculteurs semble montrer **qu'un débit de plus de 600 à 800 m³/s doit être maintenu dans le Rhône aux stades critiques du développement du riz (principalement mai et juillet).**

3. CONDITIONS LIMITES POUR LES INSTALLATIONS NUCLEAIRES

DEFINITION DES CONDITIONS LIMITES RECHERCHEES

L'objectif initial affiché par l'étude était « *d'identifier les conditions limites de débit et température pour lesquelles les Centrales Nucléaires de Production d'Electricité sont contraints pour la sûreté* ». Plusieurs étapes de travail ont été menées et ont conduit à une évolution, en cours d'étude, des questions soulevées.

Au final, il a été convenu que la question de la sûreté technologique des centrales en condition ultime (conditions pour le refroidissement du cœur de la centrale à l'arrêt) n'était plus abordée dans le cadre de l'étude et que celle-ci se focalisait sur la question de la sûreté vis-à-vis de la production électrique nationale. La question principalement traitée a été : « En deçà de quel débit du Rhône y-a-t-il une diminution de la production d'énergie des CNPE qui devient critique vis-à-vis des besoins d'électricité du réseau national ? ».

BESOINS POUR LE REFROIDISSEMENT DES CENTRALES

Les besoins en eau des centrales sont liés à la nécessité de refroidissement. On distingue deux type de technologies :

- ▶ le circuit ouvert (centrales de Tricastin, Saint-Alban et 2 des 4 tranches de la centrale de Bugey) qui sollicite de forts débits pour un échange direct avec le fleuve. L'eau du fleuve est prélevée pour assurer le refroidissement des équipements. Une fois l'opération effectuée, l'eau qui n'est jamais entrée en contact avec la radioactivité, est intégralement restituée au fleuve, à une température plus élevée. C'est pour les centrales équipées de ce type de système de refroidissement que les contraintes de débit et température de l'eau du fleuve sont les plus importantes.
- ▶ le circuit fermé (centrale de Cruas et 2 des 4 tranches de la centrale de Bugey) qui utilise un plus faible volume. Le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange avec de l'air froid dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant ». Une partie de l'eau est vaporisée (de l'eau est prélevée sur le fleuve pour la remplacer) ; le reste retourne dans le condenseur.

Pour mener à bien ces opérations de refroidissement, EDF est tenu de prendre en compte plusieurs contraintes environnementales, notamment :

- ▶ une température maximale à ne pas dépasser en aval de la centrale ;
- ▶ une différence de température amont-aval maximale à respecter.

Lorsque les températures initiales du fleuve sont trop élevées et/ou les débits trop bas, la seule alternative pour respecter ces limites est une diminution de la charge thermique à évacuer et donc une diminution du niveau de production des centrales. Pour éviter une baisse trop importante de la production, il est donc nécessaire de maintenir le couple débit/température de l'eau du Rhône au-dessus de certaines limites.

DEFINITION DES VALEURS LIMITES

Le débit limite recherché pour chacun des CNPE :

- ▶ doit permettre une production d'électricité nucléaire suffisante pour assurer un équilibre entre la demande et l'offre en énergie au niveau national ;
- ▶ doit rester **pertinent d'un point de vue hydrologique**. Etant donné que ces débits limites seront par la suite intégrés dans les réflexions sur la fixation des DCR (Débits de Crise Renforcée) sur le Rhône (voir phase 5 de l'étude), ces débits doivent correspondre à une notion de crise. Le choix a donc été fait par l'Etat de fixer pour ces valeurs limites une **fréquence de retour de 30 ans** sur les débits journaliers.

La centrale de Bugey est la seule des centrales refroidies par le Rhône dont le rapport de sûreté définit un « débit de production en toute sûreté ». Pour les autres centrales, des abaques associant les débits sur le Rhône, le niveau de fonctionnement possible du CNPE (fonction de la température) et la période de retour ont été fournis par EDF et ont permis de définir les valeurs limites satisfaisant ces conditions. Les valeurs proposées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

CNPE	Débit limite proposé (station hydrométrique de référence)	Niveau de production associé
Bugey	130 m ³ /s (Lagnieu)	100%
Saint-Alban	205 m ³ /s (Ternay)	Pour T° amont < 22°C : 70 % Pour T° amont = 23°C : 56 % Pour T° amont = 24°C : 45 %
Cruas	Contraintes moins fortes car refroidissement en circuit fermé (les débits maintenus à Viviers pour la centrale de Tricastin assurent le bon fonctionnement du CNPE de Cruas).	
Tricastin	320 m ³ /s (Viviers)	Pour T° amont < 22°C : 80 % Pour T° amont = 23°C : 62 % Pour T° amont = 24°C : 50 %

La recherche du non sous-passement de ces débits limites pour le fonctionnement des CNPE pourra conduire à soutenir les débits du Rhône par une limitation des prélèvements non prioritaires (industrie, agriculture) situés dans le bassin à l'amont de la centrale la plus aval concernée et/ou par des lâchers depuis les stocks disponibles dans les vallées des affluents du Rhône, dans le barrage de Génissiat ou dans le lac Léman.

Le sous-passement de ces valeurs limites ne devrait pas modifier les processus de décision en vigueur sur le niveau de production des CNPE. En effet, les situations de sous-passement des débits limites définis pour les CNPE correspondent à des situations pour lesquelles la production des centrales est déjà limitée au titre du respect des arrêtés de rejets et de prise d'eau. Le risque de mise en danger du réseau électrique à l'échelle nationale est donc examiné dans le cadre de l'application des contraintes réglementaires existantes.

4. CONCLUSION

Les éléments disponibles ne permettent pas de trancher sur des valeurs seuils pour l'usage AEP, à l'exception du besoin minimum de 60 m³/s dans le Rhône court-circuité à l'amont de Lyon pour l'alimentation du Grand Lyon.

Les débits limites du Rhône pour le fonctionnement des CNPE vis-à-vis d'une problématique de sécurité de la production électrique nationale sont estimés à l'échelle journalière et sont de :

- ▶ 130 m³/s à Lagnieu, pour la centrale de Bugey,
- ▶ 205 m³/s à Ternay, pour la centrale de Saint-Alban,
- ▶ 320 m³/s à Viviers, pour la centrale de Tricastin. Cette condition est également suffisante pour assurer le bon fonctionnement du CNPE de Cruas.

Bien que l'irrigation ne soit pas considérée comme un usage prioritaire, soulignons que les riziculteurs de Camargue souffrent certaines années de la remontée du coin salé. Au cours des périodes de forte sensibilité du riz (mai et de juillet à mi-août), des débits supérieurs à 600 m³/s, voire 800 m³/s, limitent cette remontée.