

ROBIN Tristan  
Aix-Marseille Université  
Master Sciences de l'eau - GEMA

## L'eau sur le site nucléaire de Cadarache

Tuteur Entreprise : Jean-Louis GARCIA  
Professeur responsable : Jean-Luc BOUDENNE

## Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Cyril Fourcaud pour m'avoir accueilli au sein de la Commission locale d'information et Monsieur Jean-Louis Garcia, mon tuteur de stage, de m'avoir aidé pour toute la durée de mon stage.

Je remercie également Bruno DePierre, de nous avoir reçu et répondu à nos interrogations sur l'alimentation en eau d'ITER et les problématiques liées à la gestion de la ressource en eau. Et Christophe Dudon pour nous avoir fait visiter le circuit d'eau du CEA et éclairci sur certains détails du niveau d'eau.

## Table des matières

Introduction.....	6
Généralités .....	7
Présentation du site du CEA de Cadarache .....	7
Etat des lieux .....	8
L'eau sur le site nucléaire de Cadarache.....	8
Capacité en eau du centre.....	8
Evolution de la ressource en eau .....	9
Limite de prélèvements d'eau dans le milieu naturel.....	10
Installations Nucléaires de Base (INB) civiles .....	10
Présentation générale des INB civiles .....	10
La consommation en eau des INB civiles .....	11
Les INB les consommatrices .....	12
INB 172 Réacteur Jules Horowitz .....	13
Installation nucléaire de Base Secrète – Propulsion Nucléaire (INB-PN).....	13
Présentation générale de l'INB-PN.....	13
Consommation en eau de l'INB-PN : .....	14
Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).....	14
Présentation générale des ICPE.....	14
Consommation en eau des ICPE.....	14
Station de rejet.....	16
Les exutoires.....	17
Les populations exposées.....	17
Les ressources et les moyens mis en œuvre .....	17
Caractéristiques hydrogéologiques.....	17
Caractéristiques hydrologiques.....	18

Utilisation des eaux .....	19
Prélèvements en eau potable du Centre.....	20
Incidence des prélèvements d'eau sur la ressource .....	21
Production et distribution d'eau potable.....	24
Ressources en eau potable du Centre.....	24
Conditions de rejet des effluents liquides du Centre dans le milieu récepteur : la Durance .....	25
Rejet d'effluents liquides – composante chimique .....	25
Rejet d'effluents liquides – composante radioactive.....	26
Contraintes de T° de l'eau rejetée dans le Canal EDF : Rejets thermiques.....	27
Surveillance du milieu aquatique .....	27
Description des moyens généraux du centre en matière de collecte, de traitement et de rejet des effluents liquides.....	33
Les rejets, conditions de rejets et contrôles .....	35
Principe des NQE .....	35
Principe du SEQ-EAU .....	36
Résultats.....	37
Bilan hydro biologique.....	41
Organisation ITER .....	41
ITER en phase de non-exploitation.....	41
ITER en phase nucléaire .....	42
Consommation d'eau d'ITER .....	42
Opération de prélèvements d'eau pour ITER.....	44
Etude d'impact d'ITER .....	45
Gestion de la ressource .....	49
Etude R2D2 2050.....	49
Contexte .....	49
Objectifs généraux du projet.....	50
Matériels et méthodes .....	50
Résultats.....	51
Conclusion .....	54
Bibliographie.....	55

## **Table des illustrations**

Figure 1 : Carte de l'emplacement du Centre CEA de Cadarache .....	7
Figure 2 : Plan des secteurs du Centre CEA de Cadarache .....	8
Figure 3 : Tableau des consommations maximales annuels en fonction de l'origine de la ressource .	10
Figure 4 : Tableau de répartition mensuelle des consommations d'eau en m3 par INB pour l'année 2018.....	11
Figure 5 : Eléments d'explication entre le prévisionnel et les valeurs réelles de consommations en eau potable pour l'année 2018.....	12
Figure 6 : Répartition mensuelle des consommations d'eau en m3 par INB pour l'année 2018 .....	12
Figure 7 : Tableau de la consommation d'eau (m3) des ICPE en 2018 .....	15
Figure 8 : Tableau de la consommation d'eau (m3) de l'ensemble des ICPE de 2014 à 2017.....	15
Figure 9 : Tableau de la quantité d'eau (m3) prélevée dans le milieu naturel de 2014 à 2018.....	15
Figure 10 : Carte géologique générale de la région de Cadarache .....	18
Figure 11 : Tableau des principales prises d'eau situées sur le canal industriel EDF.....	19
Figure 12 : Tableau des Lieux, types et fréquences des prélèvements en Durance .....	20
Figure 13 : Schéma hydraulique local avec débits .....	23
Figure 14 : Tableau des limites des effluents liquides chimiques rejetés en Durance après traitement .....	26
Figure 15 : Tableau des limites des effluents liquides générés par l'aéroréfrigérant du réacteur RES	26
Figure 16 : Tableau des limites annuelles de rejet radionucléides .....	27
Figure 17 : Tableau des contraintes de T° de l'eau rejetée.....	27
Figure 18 : Carte des ponts de prélèvements d'analyses pour la surveillance radiologique .....	28
Figure 19 : Tableau des activités moyennes en alpha et bêta globales et en tritium (en Bq/l) mesurées dans l'eau au niveau de la station de pompage (PS1) en 2018.....	30
Figure 20 : Tableau des activités moyennes alpha globales, bêta globales et tritium (en Bq/l) mesurées en 2018 dans les eaux prélevées en Durance sur la station de Mirabeau (aval du site).....	31
Figure 21 : Tableau des activités alpha globales, bêta globales et tritium (en Bq/l) mesurées en 2018 dans les eaux prélevées sur la station de Jouques.....	31
Figure 22 : Tableau des flux rejetés de 2014 à 2018.....	32
Figure 23 : Tableau des Normes de Qualité Environnementale (NQE) .....	36
Figure 24 : Grille des classes et indices de la qualité de l'eau par altération sur l'eau brute .....	37
Figure 25 : Tableau des résultats des analyses physico-chimiques sur l'eau.....	37
Figure 26 : Tableau des résultats 2018 de l'Indice Biologique Global compatible Directive Cadre sur l'Eau (IBG-DCE) .....	38
Figure 27 : Tableau des résultats 2018 de l'Indice Biologique Diatomées (IBD).....	38
Figure 28 : Tableau des résultats 2018 des analyses sur les sédiments.....	39
Figure 29 : Tableau des résultats 2018 des analyses physico-chimiques en amont et aval .....	39
Figure 30 : Tableau des résultats 2018 des analyses sur les bryophytes.....	40
Figure 31 : Tableau montrant la répartition mensuelle des consommations en eau potable issue du réseau CEA en 2018.....	43
Figure 32 : Tableau montrant la répartition mensuelle des consommations en eau brute issue du réseau SCP en 2018 .....	43
Figure 33 : Tableau montrant la répartition mensuelle des effluents sanitaires (rejets via les bassins de contrôle avant rejet du CEA de Cadarache) en 2018 .....	43
Figure 34 : Tableau montrant la répartition mensuelle des eaux usées des fosses septiques de chantier évacuées vers les STEP de Manosque ou de Salon de Provence pour retraitement.....	43

Figure 35 : Tableau montrant la répartition mensuelle des transferts d'eau industrielle vers le réseau du CEA en 2018 .....	43
Figure 36 : Tableau de la comparaison entre les valeurs 2018 et les valeurs de l'étude d'impact pour les prélèvements et rejets .....	44
Figure 37 : Tableau de la comparaison entre les valeurs 2018 et les valeurs de l'étude d'impact pour les prélèvements et rejets .....	44
Figure 38 : Schéma alimentation du CEA par la boucle du Canal de Provence.....	45
Figure 39 : Tableau des rejets annuels d'effluents sanitaires (valeurs 2018 et étude d'impact) .....	46
Figure 40 : Tableau des rejets annuels d'effluents industriels (valeurs 2018 et étude d'impact) .....	47
Figure 41: Tableau comparatif des rejets annuels en 2018 et des rejets considérés dans l'étude d'impact (kg).....	48
Figure 42 : Tableau des concentrations ajoutées en Durance (mg/l) .....	48

### Contacts :

Tuteur de stage : Jean-Louis Garcia  
 Secrétaire général de la CLI de Cadarache : Cyril Fourcaud  
 Directeur départemental du VAR pour la SCP : Bruno DePierre  
 Responsable du circuit d'eau du CEA : Christophe Dudon  
 Etudiant : Franck Ascencio

### Résumé :

Ce rapport a pour objectif de réaliser une étude bibliographique sur l'état des lieux du réseau d'eau du Centre CEA de Cadarache et ITER et de montrer l'évolution de la ressource en fonction du réchauffement climatique, et la gestion de l'approvisionnement en situation d'urgence et post-accidentelle en cas de perte de la ressource.

Les recherches se sont, dans un premier temps, concentrées sur la bibliographie présente à la Commission locale d'information de Cadarache. La majeure partie de l'état des lieux du Centre CEA de Cadarache et ITER a été regroupée à partir de rapport environnemental, d'étude d'impact, et dossier d'autorisation d'INB les plus récents. L'état des lieux a été complété et mis à jour grâce à un rendez-vous avec le responsable du circuit d'eau du Centre du CEA lors de la visite du site ainsi qu'un autre rendez-vous au préalable avec le Directeur départemental du Var pour la Société du Canal de Provence. Durant cette dernière réunion, il nous a aussi été communiqué les futurs projets en matière de canalisation sur le site ITER (Boucle Nord) et transmis le rapport R2D2 2050 portant sur la gestion de la ressource en eau. La question de la gestion de l'approvisionnement en situation d'urgence et post-accidentelle en cas de perte de la ressource a finalement été très peu abordée et ne figure pas dans ce rapport.

Cette étude conclue sur le fait qu'il n'y a pas d'urgence notable en matière d'approvisionnement du site même après mise en fonctionnement du réacteur du RJH et ITER, bien que la gestion de la ressource en eau doive être repensée pour les années à venir à cause notamment du réchauffement climatique et des usages de l'eau en conséquence.

**Mots clefs :** Nucléaire, eau, Réacteur Jules Horowitz (RJH), ITER, exutoire, ressource, gestion réglementation, prélèvements, Centre CEA de Cadarache ...

## Introduction

Ce travail a été proposé par la Commission Locale d'information de Cadarache dans le cadre de la formation Cours Master Ingénierie Environnemental du master SET – GEMA (Science de l'Environnement Terrestre – Gestion de l'Eau et des Milieux Aquatiques), enseigné au sein de l'OSU Pythéas (Observatoire des Sciences de l'Univers) d'Aix-Marseille Université.

Il a pour objectif de répondre aux questionnements des différents membres de la Commission Locale d'information de Cadarache qui doutent de la gestion et de l'évolution de la ressource en eau dans le temps par rapport aux besoins grandissants du Centre du CEA et ITER.

Pour cela, ce rapport a pour but de réaliser un état des lieux sur le site nucléaire de Cadarache et ITER, c'est-à-dire les différents besoins en eau et les prévisionnels de chaque exploitation et chantier présents sur site ; les autorisations de prélèvements dans l'environnement ; les ressources utilisées (canal EDF, canal SCP, Durance, nappe...) ; le système de prélèvements dans l'environnement ; les ressources utilisées ; Le système de prélèvement et les réseaux (la « boucle » canal de Provence, les travaux d'entretien, les pertes en ligne...) ; les exutoires (Durance, canal EDF ...) ; les traitements et les contrôles réalisés depuis le prélèvement jusqu'au rejet ; les conditions de rejets dans l'environnement (réglementation et procédés) ; un état comparatif de la qualité des eaux (entrées et sorties de sites) ; les principaux captages d'eau de surface en aval de ces exutoires en vue d'une potabilisation (Métropole de Marseille par le canal de Marseille, communes adhérentes de Durance Luberon...). Ainsi que de montrer l'évolution de la ressource en fonction du réchauffement climatique, et la gestion de l'approvisionnement en situation d'urgence et post-accidentelle en cas de perte de la ressource.

Ce travail permettra aussi de créer une base de données qui sera disponible à l'avenir. Ce travail me permettra également de mettre en application et de développer les connaissances et les compétences acquises lors de mon cursus, ainsi que donner une première approche du milieu professionnel et prendre contact avec les acteurs locaux.

## Généralités

### Présentation du site du CEA de Cadarache

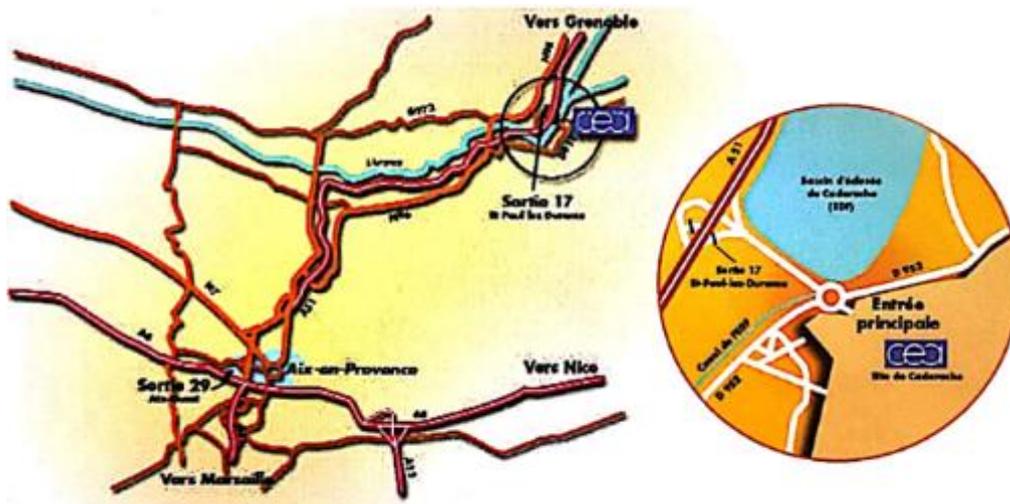


Figure 1 : Carte de l'emplacement du Centre CEA de Cadarache

Le CEA de Cadarache se situe à l'extrémité Nord-Est du département des Bouches-du-Rhône, sur la commune de Saint Paul-lez-Durance. Le Centre comprend 480 bâtiments, dont 21 Installations Nucléaires de Base, une Installations Nucléaire de Base secrète ainsi que 39 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Le site de Cadarache accueille notamment le projet du Réacteur Jules Horowitz et la nouvelle installation ITER.

Le CEA a ainsi en exploitation sur son Centre de Cadarache :

- 21 installations nucléaires de base (INB) dont il est l'opérateur ;
- 1 installation nucléaire de base secrète (INBS) dédiée à la propulsion nucléaire pour la Marine Nationale dont l'exploitant technique opérationnel est TechnicAtome (ex-AREVA-TA) ;

Par ailleurs :

- 1 INB est en construction le RJH INB 172 ;
- 23 ICPE : le CEA exploite 23 installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) hors INB dont 15 « à caractère nucléaire ». Ces installations sont classées ICPE du fait des équipements implantés (groupes froids, tours aéroréfrigérantes, batteries, etc.) ainsi que des produits et substances stockés et manipulés (substances radioactives, fioul, produits chimiques dangereux, etc.). Elles peuvent être à caractère nucléaire ou non nucléaire. Depuis 2015, 9 installations dans lesquelles sont présentes des substances radioactives ne sont plus soumises à la réglementation ICPE.

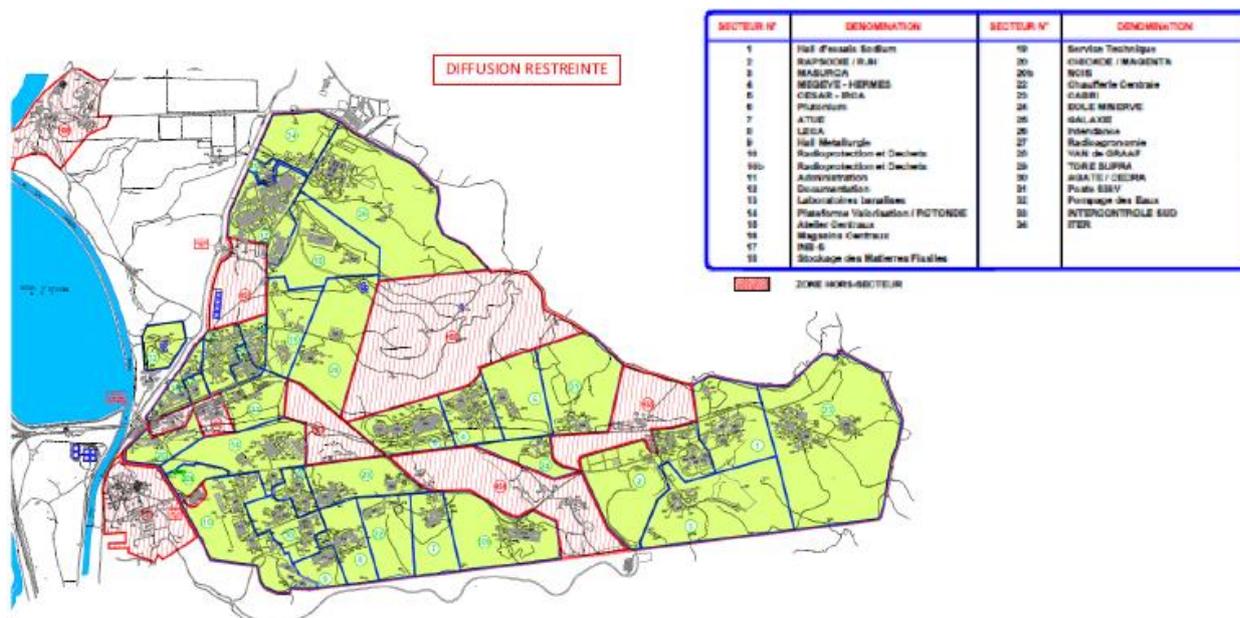


Figure 2 : Plan des secteurs du Centre CEA de Cadarache

Sources : <http://cadarache.cea.fr/cad/Le-centre/presentation-installations> ; PPI du CEA de Cadarache ; Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau - RJH

## Etat des lieux

### L'eau sur le site nucléaire de Cadarache

- Approvisionnement en eau du Centre du CEA et ITER

Le Centre de Cadarache dispose de trois moyens courants de prélèvement d'eau :

- Une prise d'eau dans le canal EDF,
- Une prise d'eau située en amont du barrage de Cadarache,
- Une prise d'eau sur le canal de Provence,

Ainsi qu'un captage d'eau souterraine grâce à un forage de secours, qui permet de récupérer une eau de nappe en cas de défaillance des deux modes de pompages principaux. Ce captage n'étant pas utilisé depuis plusieurs dizaines d'années.

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau - RJH

### Capacité en eau du centre

- Canal EDF

La quantité d'eau prélevée dans le canal EDF (en fonctionnement normal) ou dans le barrage EDF (en secours) s'élève à 376 963 m<sup>3</sup> en 2013. Cette consommation provient en quasi-totalité du canal EDF et représente environ un dixième de millièmes du volume annuel transitant dans la Durance et le canal EDF au droit de Cadarache.

En 2018, la quantité d'eau prélevée dans le milieu naturel au niveau des prises d'eau autorisées a été de 349 933 m<sup>3</sup>.

➤ Canal de Provence

Il débite actuellement environ 1 à 13 m<sup>3</sup>/s en fonction de la saison. Le volume annuel qui transite dans le canal de Provence est de 150 millions de m<sup>3</sup>, pour une dotation annuelle maximale de 660 millions.

➤ Prélèvement de secours eau souterraine

Le prélèvement d'eau souterraine n'est pas permanent mais néanmoins régulier, le pompage n'est enclenché que lorsque la côte piézométrique 268,50 mNGF est atteinte. Aucun pompage n'a lieu lorsque le niveau de la nappe est sous cette côte piézométrique.

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau - RJH

## Evolution de la ressource en eau

➤ Prélèvement d'eau sur le canal de Jouques ou barrage EDF

La quantité d'eau prélevée dans le milieu naturel au niveau des prises d'eau autorisées (canal de Jouques ou barrage EDF), pour l'alimentation de la station de pompage en eau brute, s'élève à 349 933 m<sup>3</sup> en 2018, soit 8,7% de la valeur limite de prélèvement.

Période 2014-2018	2018	2017	2016	2015	2014
Total volume prélevé dans le milieu naturel en m <sup>3</sup>	349 933	434 639	407 872	349 626	371 897

L'eau brute pompée est utilisée pour la production d'eau potable, produite au bâtiment 955 (station de pompage) et est ensuite distribuée pour tous les besoins du Centre (sanitaire, procédés, incendie, etc.).

La diminution du volume d'eau brute prélevé en 2018 par rapport à 2017 est liée principalement à :

- La diminution des besoins de production en eau potable entre 2017 et 2018, en lien direct avec les consommations en eau potable des installations du Centre et des unités extérieures. En effet, les besoins en eau potable des unités alimentées via cette station de pompage ont été moins importants en 2018 qu'en 2017.
- L'absence de travaux exceptionnels au niveau de la station de pompage nécessitant la vidange de réseaux, contrairement à 2017.

Le besoin en eau brut du Centre varie donc depuis une dizaine d'années entre 350 000 et 440 000 m<sup>3</sup>.

➤ Prélèvement d'eau sur le canal de Provence

Actuellement, les prélèvements d'eau sur le canal de Provence se limitent à 40 000 m<sup>3</sup>.

Source : Rapport environnemental 2018 CEA

### Limite de prélèvements d'eau dans le milieu naturel

L'arrêté préfectoral 113-2006-A du 25/09/2006 autorise le CEA à prélever jusqu'à 4 millions de mètres cubes d'eau pour l'ensemble des installations du site avec des débits maximaux présentés dans le tableau (figure 3) ci-après.

ORIGINE DE LA RESSOURCE	CONSOMMATION MAXIMALE ANNUELLE	DEBIT MAXIMAL		
		Instantané	Horaire	Journalier
Nappe phréatique	En secours	35 l/s	120 m <sup>3</sup>	2 500 m <sup>3</sup>
Milieu de surface (barrage de Cadarache)	4 000 000 m <sup>3</sup>	250 l/s	900 m <sup>3</sup>	16 000 m <sup>3</sup> calculée en moyenne mensuelle
Milieu de surface (canal EDF de Jouques)		500 l/s	900 m <sup>3</sup>	

Figure 3 : Tableau des consommations maximales annuels en fonction de l'origine de la ressource

Actuellement le centre est très loin de prélever la consommation maximale mise à sa disposition.

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau - RJH

### Installations Nucléaires de Base (INB) civiles

#### Présentation générale des INB civiles

Le CEA Cadarache exploite sur son site 21 INB civiles (dont une en construction, l'INB 172 RJH Réacteur Jules Horowitz).

#### Rappel des principales prescriptions applicables (prélèvements et consommations, transferts, rejets et nuisances) – Textes de référence

Au titre de l'année 2018, les textes de référence sont :

- Le prélèvement d'eau brute dans le milieu naturel est réglementé par l'arrêté préfectoral n°113-2006A du 25 septembre 2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'Energie Atomique pour poursuivre l'exploitation des installations classées précisées. Cette eau est distribuée à l'ensemble des installations du centre.

- Décision n°2017-DC-0596 de l’Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 fixant les limites de rejet dans l’environnement des effluents des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (Bouches-du-Rhône),
- Décision n°2017-DC-0597 de l’Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d’eau, de transfert et de rejet dans l’environnement des effluents des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (Bouches-du-Rhône),
- Arrêté INB du 7 février 2012 modifié fixant des règles générales relatives aux INB,
- Décision n°2013-DC-0360 modifiée de l’Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l’impact sur la santé et l’environnement des INB (décision homologuée par l’arrêté du 9 août 2013).
- Conformément à la décision n°2010-DC-0173 du 5/01/2010 et l’article [CEACAD-13 III] de l’annexe à la décision n°2017-DC-0597, le volume d’eau prélevé et dédié au fonctionnement des INB à l’exception des eaux destinées au refroidissement du réacteur Jules Horowitz (RJH), nécessaire au fonctionnement des installations nucléaires de base civiles ne doit pas dépasser 170 000 m<sup>3</sup>/an.

#### La consommation en eau des INB civiles

La quantité d’eau consommée par les INB pour l’année 2018 s’élève à 13 748 m<sup>3</sup> (15 632 m<sup>3</sup> en 2017, 15 244 m<sup>3</sup> en 2016, 19 678 m<sup>3</sup> en 2015, 22 657 m<sup>3</sup> en 2014). Cette quantité d’eau correspond à 8% de la valeur limite annuelle.

La répartition mensuelle par INB des consommations d’eau ainsi que le pourcentage par rapport à la prévision annoncée par courrier CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 48 du 30/01/2018 sont présentés sur la figure 4 ci-dessous.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	TOTAL 2018 (m3)	Prévision annuelle 2018 (m3)	Ecart en % avec la prévision annuelle
INB 22	17	10	19	15	12	14	59	18	15	20	17	9	225	300	-25%
INB 24	8	621	182	116	14	17	15	11	18	21	89	34	1146	1400	-18%
INB 25	64	42	68	70	60	62	169	54	76	58	47	25	795	1140	-30%
INB 32	149	166	94	184	138	141	97	51	99	147	64	50	1380	2000	-31%
INB 37 A	25	20	29	23	11	24	24	10	16	17	21	8	228	320	-29%
INB 37 B	11	12	16	14	18	14	13	7	13	13	13	8	152	150	1%
INB 39	26	11	14	14	13	17	16	10	13	17	13	10	174	250	-30%
INB 42 & 95	29	13	26	20	16	19	20	13	24	25	21	14	240	400	-40%
INB 52	5	4	5	4	29	20	3	23	28	32	6	3	162	130	25%
INB 53	7	4	6	4	4	6	5	6	4	11	22	3	82	100	-18%
INB 54	98	48	30	222	72	71	34	17	54	104	43	13	806	1000	-19%
INB 55	160	102	81	70	73	96	126	95	68	80	64	39	1054	1500	-30%
INB 56	32	34	38	27	27	32	30	23	27	34	33	23	360	550	-35%
INB 92	9	10	23	12	18	15	50	7	8	13	9	6	180	150	20%
INB 123	40	45	21	46	28	46	21	19	33	28	27	18	372	500	-26%
INB 156	26	25	36	31	27	29	33	20	30	21	22	13	313	500	-37%
INB 164	14	13	17	12	11	17	13	9	12	15	11	6	150	260	-42%
INB 169	9	9	11	11	8	10	8	10	10	12	9	8	115	170	-32%
INB 171	6	14	11	7	7	13	11	6	10	36	145	7	273	300	-9%
INB 172	214	1554	232	301	386	276	349	478	329	447	489	486	5541	8000	-31%

Figure 4 : Tableau de répartition mensuelle des consommations d’eau en m3 par INB pour l’année 2018

Cependant, en 2018, aucun prélèvement d'eau dans le milieu naturel ni dans le canal de Provence n'a été effectué par une INB.

Les prévisions des consommations annuelles en eau potable par INB ont été évaluées, en application de l'arrêté INB de février 2012, pour la première fois en 2014. Les écarts entre les consommations réelles et les prévisions supérieures ou inférieures à 40% en 2018 sont expliquées sur la figure 5 ci-dessous.

INB	Ecart en % avec la prévision	Eléments d'explication pour les différences >ou< à 40%
INB 42&95	-40%	Baisse globale de la consommation en eau par rapport en 2017 et inférieure à la prévision 2018, du fait d'une meilleure maîtrise des consommations et l'absence de travaux ponctuels nécessitant de l'eau, en 2018.
INB 164	-42%	La consommation totale en eau potable est inférieure à la prévision 2018, justifiée par la non réalisation, sur l'INB 164 en 2018, d'opérations consommatrices d'eau telles que le bouchonnage de coques béton, prévue initialement au moment des prévisions.

Figure 5 : Eléments d'explication entre le prévisionnel et les valeurs réelles de consommations en eau potable pour l'année 2018

De manière globale, la consommation en eau des INB est largement inférieure aux prévisions annuelles comme c'est le cas pour l'année 2018. Cinq INB sont les plus consommatrices et représentent 72% de la consommation totale en 2018.

Les INB les consommatrices

IBN	Consommation d'eau en 2018 (m3/an)	Prévisions annuelles en 2018	Fonctions principales
INB 24 Cabri	1146	1400	Boucle à eau pressurisée
INB 32 <u>ATPu</u>	1380	2000	Réacteur à eau légère et démantèlement
INB 54 LPC	806	1000	(en lien avec l' <u>ATPu</u> ) démantèlement
INB 55 LECA/STAR	1054	1500	Effluents industriels (eaux usées, de lavage ...)
INB 172 RJH	5541	8000	Usages sanitaires, chauffage, alimentation des réseaux incendie ...

Figure 6 : Répartition mensuelle des consommations d'eau en m3 par INB pour l'année 2018

L'INB 172 RJH est une installation particulière, actuellement toujours en construction donc ses consommations en eau ne représentent que les besoins en eau pour cette phase de non-exploitation.

Source : Rapport environnemental 2018 CEA

## INB 172 Réacteur Jules Horowitz

Pour le refroidissement du RJH, cette même décision (la décision ASN n°2017-DC-0597) autorise le CEA à prélever de l'eau brute dans le canal de Provence par le biais d'une canalisation dédiée. La décision ASN n°2017-DC-0597 prévoit une alimentation en eau spécifique complémentaire pour l'INB 172 dont l'origine est le canal de Provence, au travers d'une convention avec la Société du Canal de Provence.

### ➤ Eau consommée par le RJH en non-exploitation

L'eau potable utilisée est issue du réseau d'eau potable du Centre CEA de Cadarache.

Fonction de l'eau pour le RJH :

- Pour les usages sanitaires et le chauffage,
- Pour l'alimentation des réseaux incendie,
- Comme fluide de refroidissement pour certains circuits,
- Par le poste de production d'eau déminéralisée, en vue d'une utilisation dans les circuits expérimentaux, les circuits de refroidissement et pour l'appoint des piscines.

### ➤ Eau consommée par le RJH en fonctionnement

L'évacuation de la puissance thermique du réacteur en fonctionnement normal sera assurée par le circuit tertiaire. L'eau de refroidissement, prélevée dans le canal de Provence, sera entièrement restituée dans le canal EDF. La quantité prélevée et rejetée sera au maximum de 43 000 000 m<sup>3</sup>/an et le débit instantané doit être inférieur à 3 m<sup>3</sup>/s.

Sources : Rapport environnemental 2018 CEA ; Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau - RJH

## Installation nucléaire de Base Secrète – Propulsion Nucléaire (INB-PN)

Présentation générale de l'INB-PN

L'Installation Nucléaire de Base Secrète-Propulsion Nucléaire comporte des installations individuelles.

### RAPPEL DES PRINCIPALES PRESCRIPTIONS APPLICABLES (PRELEVEMENTS ET CONSOMMATIONS, TRANSFERTS, REJETS ET NUISANCES) – TEXTES DE REFERENCE

Au titre de l'année 2018, le texte de référence est :

- L'arrêté du 15 octobre 2012 modifié autorisant le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives à poursuivre les rejets d'effluents liquides et gazeux et les prélèvements d'eau pour l'exploitation de l'Installation Nucléaire de Base Secrète dénommée « Propulsion nucléaire » (INBS-PN) de son site de Cadarache.
- Le prélèvement d'eau dans le milieu naturel est réglementé par l'arrêté préfectoral n°113-2006 A du 25 septembre 2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'énergie atomique pour poursuivre l'exploitation des installations classées précisées.

- Le prélèvement d'eau dans le milieu naturel est réglementé par l'arrêté préfectoral n°113-2006 A du 25 septembre 2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'énergie atomique pour poursuivre l'exploitation des installations classées précisées.
- Conformément à l'article 4 de l'arrêté du 15 octobre 2012 modifié, le volume d'eau consommé nécessaire au fonctionnement de l'INBS-PN ne doit pas dépasser 2 400 000 m<sup>3</sup>/an et la quantité d'eau journalière maximale transférée 15 000 m<sup>3</sup>/jour.

Consommation en eau de l'INB-PN :

La quantité d'eau consommée par l'INBS-PN pour l'année 2018 s'élève à 46 995 m<sup>3</sup>. Cette consommation prend en compte la consommation de l'installation individuelle RES correspondant à 25 192 m<sup>3</sup>, due essentiellement au fonctionnement des circuits de réfrigération du réacteur. Cette quantité d'eau correspond à 1,96% de la valeur limite annuelle.

Les installations techniques de l'INBS-PN en service n'ont pas prélevé d'eau dans le milieu naturel en 2018.

Sources : Rapport environnemental 2018 CEA, Etude d'impact 2015

## Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Présentation générale des ICPE

Le CEA exploite 23 installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) dont 15 « à caractère nucléaire », ainsi que 2 ICPE soumises à déclaration non construites en 2018. Le nombre d'ICPE a diminué de manière notable depuis 2015, notamment suite à l'entrée en vigueur des nouvelles modalités de classement des ICPE radioactives. De ce fait, 9 installations dans lesquelles sont présentes des substances radioactives ne sont plus soumises à la réglementation ICPE. Les activités exercées relèvent d'une autorisation au titre du code de la santé publique.

### RAPPEL DES PRINCIPALES PRESCRIPTIONS APPLICABLES (PRELEVEMENTS ET CONSOMMATIONS, TRANSFERTS, REJETS ET NUISANCES)

Au titre de l'année 2018, le texte de référence est :

☒ l'arrêté préfectoral n°113-2006-A du 25/09/2006 fixant notamment les limites annuelles pour la consommation d'eau et les rejets d'effluents liquides dans l'environnement.

Consommation en eau des ICPE

Le bilan de la consommation en eau des ICPE est présenté dans le tableau suivant :

Nom ICPE	Bâtiments	Consommation en m <sup>3</sup>
ALSOLEN	834	0
ALSOLEN SUP	838	0
Chaufferie Centrale	257 - 276	2 208
COMIR	225	105
Station de transit de Déchets conventionnels	785, ZDT et 1225 (DD)	56
Décontamination-Démantèlement (ICPE 312)	312	558
Eau lourde	237	0
HRT	201 - 202 – 203 – 264 – 297 – 718	363
Intercontrôle Sud	443 - 464	151
La Rotonde	801	63
Laboratoire d'analyses IBEB (BIAM)	156-158-161-177-181-184-185	2 821
Laboratoire UO2	315	365
LARC (Ex Laboratoire Banalisé)	152	286
MMB	411	3
PLINIUS	281	2 601
Radionucléide à vie longue	307	0
RHODIA	420 - 465	0
SPR Laboratoire d'analyses	310	308
Station de pompage*	955	54 877
Station d'épuration Industrielle	110	90
TORE SUPRA	506 - 510 - 511	26 742
TOTEM	224	531
Total ICPE en m <sup>3</sup>		92 128

Figure 7 : Tableau de la consommation d'eau (m3) des ICPE en 2018

\*La station de pompage correspond à la station de production d'eau potable pour les besoins du Centre et des unités extérieures. La consommation d'eau de cette installation correspond à la consommation d'eau brute et également d'eau potable produite pour les besoins sanitaires et les besoins de process de la station (lavage automatique des filtres à sable, chasses automatiques au fond des ouvrages de décantation, maintenance et nettoyage de certains ouvrages).

La quantité d'eau consommée par les ICPE pour l'année 2018 s'élève à 92 128 m<sup>3</sup>.

Rappel des bilans antérieurs	2017	2016	2015	2014
Total ICPE en m <sup>3</sup>	105 909	103 458	86 464	71 617

Figure 8 : Tableau de la consommation d'eau (m3) de l'ensemble des ICPE de 2014 à 2017

Comme dit précédemment, la quantité d'eau prélevée dans le milieu naturel au niveau des prises d'eau autorisées (canal de Jouques ou barrage EDF) s'élève à 349 933 m<sup>3</sup> en 2018, soit 8,7% de la valeur limite de prélèvement.

Période 2014-2018	2018	2017	2016	2015	2014
Total volume prélevé dans le milieu naturel en m <sup>3</sup>	349 933	434 639	407 872	349 626	371 897

Figure 9 : Tableau de la quantité d'eau (m3) prélevée dans le milieu naturel de 2014 à 2018

L'eau brute pompée est utilisée pour la production d'eau potable, produite au bâtiment 955 (station de pompage) et est ensuite distribuée pour tous les besoins du Centre (sanitaire, procédés, incendie, etc.).

La diminution du volume d'eau brute prélevé en 2018 par rapport à 2017 est liée principalement à :

- La diminution des besoins de production en eau potable entre 2017 et 2018, en lien direct avec les consommations en eau potable des installations du Centre et des unités extérieures. En effet, les besoins en eau potable des unités alimentées via cette station de pompage ont été moins importants en 2018 qu'en 2017.
- L'absence de travaux exceptionnels au niveau de la station de pompage nécessitant la vidange de réseaux, contrairement à 2017.

➤ TORE SUPRA

Tore-Supra est très consommatrice d'eau car il s'agit d'un tokamak supraconducteur permettant d'étudier les plasmas. Son utilisation principale en eau est son système de refroidissement.

Source : Rapport environnemental 2018 CEA

### Station de rejet

Après traitement, tous les effluents sont dirigés vers six bassins de 3 000 m<sup>3</sup> affectés successivement :

- au remplissage ;
- au contrôle (durée 6 heures) ;
- à la vidange ;
- à une réserve.

Après les bassins de 3 000 m<sup>3</sup>, les eaux sont acheminées vers une tête de rejet située en Durance.

Le rejet des eaux traitées par la STEP s'effectue dans la Durance si la qualité de l'eau (chimique et radiologique) des bassins est satisfaisante. Les valeurs limites de rejet et le mode opératoire sont fixés par l'arrêté n°113-2006A du 25/09/2006.

Le ravin de la Bête, dans lequel se déversent les eaux pluviales du Centre, est un affluent de la Durance. Des contrôles réguliers de la qualité des eaux y sont effectués. En cas de pollution, il est possible de barrer le ruisseau et d'envoyer son contenu dans un bassin.

Source : Etude d'impact 2015



Les bassins de rejet

## Les exutoires

- La Durance reçoit les effluents liquides du site, rejetés après traitement, conformément à la réglementation en vigueur et selon les limites de rejet imposées (Arrêté préfectoral du 25/09/2006).
- Le RJH (et ITER quand il sera en service) rejettent la totalité de l'eau prélevée au Canal EDF.

Source : Etude d'impact 2015



Le point rejet (exutoire) des effluents liquides en Durance

## Les populations exposées

- Les populations exposées aux rejets liquides sont les populations voisines utilisant l'eau de la Durance ;
- Les populations considérées pour l'analyse des effets des rejets liquides sur l'environnement sont celles utilisant l'eau de la Durance : Saint-Paul-lez-Durance, Pertuis et certains habitants de Jouques ;
- Saint-Paul-lez-Durance utilise l'eau de la Durance à des fins d'irrigation. L'eau potable à Saint-Paul-lez-Durance provient de la source d'Abéou, qui n'est pas affectée par les rejets liquides dans la Durance ;
- La ville de Pertuis est généralement alimentée en eau par des forages, mais elle dispose d'une connexion de secours à la Durance. Les calculs comprennent donc un abreuvement et une irrigation à partir de la Durance ;
- De plus, la communauté religieuse de Jouques utilise des puits d'eau potable. Ces derniers sont reliés à l'eau provenant de la Durance via une perméation lente du sol.

Source : Rapport environnemental annuel 2018 ITER

## Les ressources et les moyens mis en œuvre

### Caractéristiques hydrogéologiques

Le site de Cadarache peut être divisé en deux impluviums : le bassin versant du Ravin de la Bête, situé au sud et couvrant les 4/5 environ de la surface enclose, et la zone nord du Centre à proximité du confluent de la Durance et du Verdon. Les différentes nappes alimentées par ces impluviums sont drainées par celles de la Durance, soit directement, soit par le biais de sources.

D'un point de vue hydrogéologique, on distinguera trois aquifères :

- L'aquifère Pliocène qui surplombe le Centre Est,
- L'aquifère Miocène/Quaternaire (les propriétés hydrodynamiques de ces deux formations rendent en effet inutiles une distinction entre ces deux « aquifères »). L'aquifère Miocène/Quaternaire est caractérisé par des perméabilités relativement faibles (plus faibles que l'aquifère Crétacé). Il est alimenté par les pluies et, en période de crue, par l'aquifère

Crétacé sous-jacent. Ses exutoires sont les sources de la Grande Bastide et l'ensemble du ruisseau du Ravin de la Bête,

- L'aquifère du Crétacé, qui est alimenté par les pluies, par l'aquifère du Miocène/Quaternaire (périodes de basses-eaux), par les pertes des rivières (ruisseau de la Bête, de l'Abéou, lors des périodes de basses eaux également). Les exutoires sont la Durance, des sources temporaires, les sources de la Grande Bastide (par l'intermédiaire de l'aquifère Miocène/Quaternaire) et les sous-écoulements alimentant le ruisseau de la Bête et l'Abéou.

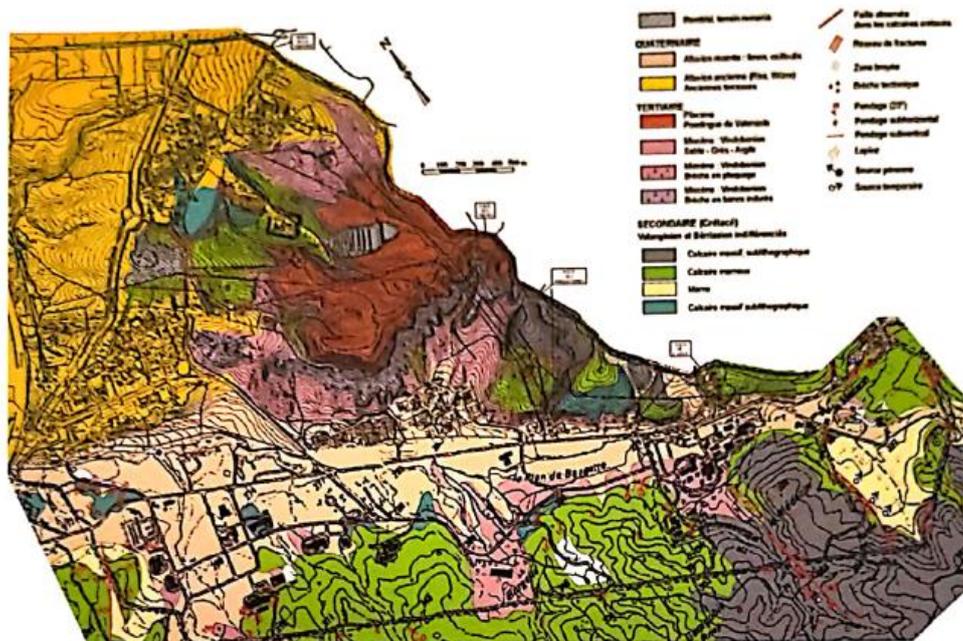


Figure 10 : Carte géologique générale de la région de Cadarache

### Caractéristiques hydrologiques

Le Centre de Cadarache est construit sur la rive gauche de la Durance, immédiatement à l'aval de son confluent avec le Verdon.

La Durance se jette dans le Rhône sur sa rive gauche, à l'aval d'Avignon. Il s'agit d'un cours d'eau alimenté par des apports variables suivant les saisons : fortes eaux au printemps, étiage accentué en été, reprise d'un débit moyen en automne, nouvel étiage sévère en hiver. En automne et en hiver, les pluies, sporadiquement brutales, peuvent entraîner des crues violentes mais courtes.

Le Verdon est soumis à un régime pluvio-nival méditerranéen avec des hautes eaux au printemps, des basses eaux en été et un maximum secondaire en automne dû aux orages. Les eaux réunies de la Durance et du Verdon alimentent, par l'intermédiaire d'un canal de dérivation, plusieurs usines hydroélectriques. Le barrage de Cadarache, qui constitue le premier ouvrage de cette chaîne d'aménagements industriels de la basse Durance, restitue à l'ancien cours un débit minimum. La quasi-totalité du débit nominal de la Durance et du Verdon transite désormais par le canal EDF. Le site de Cadarache est traversé par le « ravin de la bête » qui assure la collecte des eaux pluviales.

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau – RJH

#### Utilisation des eaux

Le Centre de Cadarache puise l'eau nécessaire au fonctionnement normal de ses installations dans le canal industriel et rejette ses eaux usées, après contrôle, dans le cours de la Durance. Pour ce qui est de l'eau de boisson, les villes et villages du Val de Durance s'alimentent en général dans la nappe phréatique ou grâce à des sources captées.

Dans un rayon de 20 km, les populations en aval de Cadarache concernées par l'eau de la Durance sont :

- Les habitants de Saint-Paul-lès-Durance via l'irrigation de leurs jardins,
- La communauté de Notre-Dame de la Consolation, située à Jouques, qui utilise l'eau d'un captage dans la nappe alluviale de la Durance, comme eau de boisson et l'irrigation,
- Les habitants de Pertuis où sont réalisés, à titre exceptionnel, des prélèvements directs dans la rivière pour l'alimentation en eau potable.

Les principales prises d'eau situées sur le canal industriel EDF, à partir du barrage de Cadarache, sont données ci-après.

RIVE GAUCHE	POINT KILOMÉTRIQUE (en km)	RIVE DROITE	POINT KILOMÉTRIQUE (en km)
Peyrolles 1	12,2	Cadenet	14,7
Peyrolles 2	27,3	Peyrolles 3	33,8
Saint-Estève Janson	36,6	La Roque 1 (Sud)	42,1
La Roque 2 (Nord)	43,8	Charleval	47,9
Alleins	53	Mixte	57,1
Fontenelle (Senas)	57,5	Lamanon (Boisgelin)	63,5
Beauplan (Craponne-Salon)	66,1	Croix Blanche (Craponne)	70,9
St-Chamas	85,2	St-Chamas	84,9

Tableau 1 - Principales prises d'eau

Figure 11 : Tableau des principales prises d'eau situées sur le canal industriel EDF

Lieu de prélèvement ou de mesure	Type de mesures	Fréquence
Prélèvement d'eau en amont du point de rejet	<u>Sur l'eau filtrée :</u> Activité alpha globale, activité bêta globale, tritium, potassium <u>Sur matières en suspension :</u> Activité bêta globale	Prélèvement en continu avec mesure hebdomadaire
Prélèvement ponctuel d'eau en amont et en aval du point de rejet lors de chaque rejet de distillats (STE ou AGATE)	<u>Sur l'eau filtrée :</u> Activité alpha globale, activité bêta globale, tritium <u>Matières en suspension :</u> Activité bêta globale, spectrométrie gamma <u>Autres mesures :</u> Strontium 90, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha	Prélèvement ponctuel
Prélèvements d'eau au Pont de Mirabeau	<u>Sur l'eau filtrée :</u> Activité bêta globale, activité alpha globale, tritium, potassium <u>Sur matières en suspension :</u> Activité bêta globale	Prélèvement en continu avec mesure hebdomadaire
Prélèvements d'eau au Pont de Mirabeau	Strontium 90, spectrométrie alpha, spectrométrie gamma	Prélèvement mensuel
Prélèvements de sédiments à Saint Euchèr ou autre (proche du point de rejet)	Activité bêta globale, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, strontium	Prélèvement annuel
Prélèvements de végétaux aquatiques à Saint Euchèr ou autre (proche du point de rejet)	Activité bêta globale, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, strontium, tritium, carbone 14	Prélèvement annuel
Prélèvements de poissons au plus proche du point de rejet	Activité bêta globale, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, strontium, tritium, carbone 14	Prélèvement annuel

Figure 12 : Tableau des Lieux, types et fréquences des prélèvements en Durance

Les réseaux de la Société du Canal de Provence alimentent 6 000 exploitations agricoles qui permettent d'irriguer près de 80 000 hectares, soit la quasi-totalité de la surface cultivable de la zone concernée. Sont également directement desservis plus de 500 entreprises et établissements industriels ou de services dont de grandes usines du complexe de l'étang de Berre.

Une centaine de communes, représentant en été près de 3 000 000 d'habitants, est raccordée au Canal de Provence. Enfin, l'eau distribuée par la Société du Canal de Provence est utilisée pour la protection de l'environnement (plus de 1 000 poteaux d'incendie) et l'embellissement du cadre de vie.

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau – RJH

#### Prélèvements en eau potable du Centre

##### ➤ Définition du prélèvement annuel

L'estimation du prélèvement annuel a été établie de la manière suivante :

- Somme de l'ensemble des besoins en eau,

- Application des rendements réseau et station de production d'eau potable et prise en compte de l'alimentation continue du test truite,
- Application d'une marge.

Cette estimation a été confortée à partir du retour d'expérience sur les quantités d'eau prélevées annuellement dans le milieu naturel en tenant compte des conditions de fonctionnement de chaque groupe d'installations.

➤ Evaluation des prélèvements d'eau potable du Centre

L'arrêté préfectoral 98-2005A du 12/09/05 fixe à 4 000 000 m<sup>3</sup>/an le prélèvement dans le barrage de Cadarache.

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau – RJH ; projet MAGENTA ; Etude d'impact de Cadarache 2015

Incidence des prélèvements d'eau sur la ressource

Prélèvements dans la Durance

La quantité d'eau prélevée dans le canal EDF (en fonctionnement normal) ou dans le barrage EDF (en secours) s'élève à 376 963 m<sup>3</sup> en 2013. Cette consommation provient en quasi-totalité du canal EDF et représente environ un dix millièmes du volume annuel transitant dans la Durance et le canal EDF au droit de Cadarache. D'autre part le débit maximal prélevé est limité à 0,5 m<sup>3</sup> /s, que l'on peut comparer au débit prélevé pour l'irrigation et la potabilisation qui atteint, au plus fort de l'été, environ 130 m<sup>3</sup> /s. Les aménagements de la Durance et du Verdon réalisés dans les années 60-70 ont permis de régulariser les débits instantanés qui, auparavant, s'étaient entre 35 et 6 000 m<sup>3</sup> /s. Outre la production d'électricité, ces aménagements évitent maintenant les crues dévastatrices et permettent d'irriguer environ 80 000 hectares. Les faibles proportions des débits instantanés et de la quantité totale prélevée par le site de Cadarache permettent d'affirmer que l'incidence des prélèvements d'eau sur la ressource est négligeable.

Prélèvements dans la nappe phréatique

Le système de drainage du LEFCA, mis en place en 2015 et conçu pour maintenir le niveau de la nappe à une cote maximale de 269 mNGF, est amené à prélever de l'eau la nappe au droit de l'installation. Le prélèvement d'eau souterraine n'est pas permanent mais néanmoins régulier, le pompage n'est enclenché que lorsque la cote piézométrique 268,50 mNGF est atteinte. Aucun pompage n'a lieu lorsque le niveau de la nappe est sous cette cote piézométrique. Les eaux d'exhaure des drains sont collectées par les réseaux d'eaux pluviales de la zone LEFCA qui sont dirigées vers le Ravin de la Bête, se jetant lui-même dans la Durance.

## Prélèvements dans le canal de Provence

Le RJH (et ITER quand il sera en service) prélèveront l'eau nécessaire à leur refroidissement dans le Canal de Provence. Pour ce qui concerne le RJH, elle sera restituée en totalité au Canal EDF. Les prélèvements du RJH seront au maximum de 43 millions de m<sup>3</sup> par an avec un débit instantané inférieur à 3 m<sup>3</sup> /s. Le canal de Provence a une capacité instantanée de 40 m<sup>3</sup> /s et débite actuellement environ entre 1 m<sup>3</sup> /s en hiver et 13 m<sup>3</sup> /s en été. Ceci correspond à la fourniture d'eau aux clients de la Société du Canal de Provence alimentés directement par la prise de Boutre sur le canal de Provence. Le volume annuel qui transite dans le canal de Provence est d'environ 150 millions de m<sup>3</sup>, pour une dotation annuelle maximale de 660 millions. La différence entre la dotation maximale et le volume transité dans le canal de Provence est turbinée dans l'usine de Vinon-sur-Verdon et restituée au canal EDF. Le RJH prélèvera au maximum 6,5% de la capacité totale du canal de Provence et 8,4% de la capacité encore disponible. Si l'on considère les débits instantanés, le RJH prélèvera 7,5% de la capacité maximale instantanée ou encore 11% de la réserve de débit instantané disponible.

Ces chiffres montrent clairement que les prélèvements du RJH n'entament la réserve disponible que dans une faible proportion et n'obèrent pas les autres usages du canal, ni même l'augmentation des besoins futurs. Sur le plan énergétique, l'eau qui sera prélevée dans le futur pour le RJH est aujourd'hui turbinée dans l'usine de Vinon-sur-Verdon et se retrouve ensuite dans le canal EDF, quelques kilomètres en amont du point de rejet du RJH. En conclusion, le prélèvement sur la ressource n'a pas de conséquence sur sa disponibilité actuelle et future.

## Prélèvement spécifique en eau de refroidissement du RJH

La solution retenue pour le circuit tertiaire est un circuit ouvert. Le circuit tertiaire, appelé aussi source froide, sera constitué de :

- Une canalisation d'amenée l'eau du canal de Provence,
- Quatre canalisations parallèles afin d'alimenter et récupérer l'eau des différents circuits secondaires (évacuation de la puissance du cœur, des piscines du Bâtiment Réacteur, des dispositifs et des piscines du Bâtiment des Annexes Nucléaires),
- Une canalisation permettant l'évacuation de l'eau au canal EDF en contrebas.

Ce circuit ouvert d'eau de refroidissement est dépourvu de popes : la circulation de l'eau dans les tuyauteries par écoulement gravitaire (la différence de niveau entre le canal de Provence et le canal EDF garantit une vitesse d'écoulement de 4 m/s, en prenant en compte les pertes de charge liées aux échangeurs).

L'eau prélevée dans le Canal de Provence présente les caractéristiques suivantes (mesures réalisées par la Société du Canal de Provence entre janvier 2002 et septembre 2003) :

- Le ph moyen est de 7,7,
- La conductivité moyenne est de 425 μS/cm (à comparer à la conductivité de l'eau déminéralisée de grade C : 400 μS/cm),

- La turbidité moyenne est de 1,2 NTU (à comparer à la valeur limite de potabilité pour la turbidité : entre 0,5 et 2 NTU).

Le RJH ne modifiera pas ces caractéristiques de l'eau prélevée et ensuite rejetée dans le Canal EDF.

Le débit annuel de refroidissement du RJH est faible par rapport :

- Au débit du canal de Provence : volume de transit annuellement constaté de  $1,5 \cdot 10^8 \text{ m}^3$  (3,5 fois le volume requis par le RJH) et dotation totale de transit de  $6,6 \cdot 10^8 \text{ m}^3$  (15 fois le volume requis par le RJH).
- Au débit du canal EDF : un volume annuel de  $4,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  transite par le canal EDF au niveau du centre (105 fois le volume requis pour RJH).

Le débit d'eau prélevée nécessaire pour assurer le refroidissement de l'installation dépend à la fois de la puissance à évacuer, de la température de l'eau du canal de Provence à l'entrée de l'installation et de la température de l'eau à la sortie de l'installation, avant rejet dans le canal EDF.

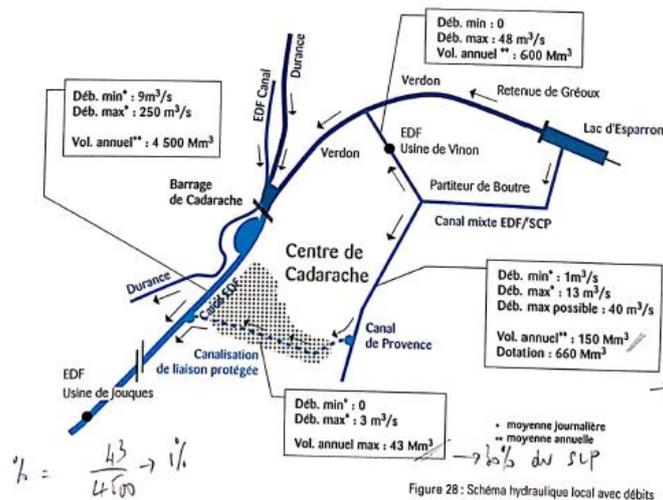


Figure 13 : Schéma hydraulique local avec débits

### Le prélèvement d'eau pour ITER

L'eau qui transitera par le circuit du refroidissement de l'installation ITER proviendra du canal de Provence. La quantité utilisée sera de 3 millions de  $\text{m}^3$  par an lors de la phase nucléaire. Le débit du canal est de l'ordre de 150 millions de  $\text{m}^3$  par an. Ce prélèvement est réalisé en cohérence avec le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) s'appliquant à Cadarache. L'eau potable consommée sur le site ITER ( $60\,000 \text{ m}^3$  environ par an) est distribuée à partir du réseau d'eau potable du CEA/Cadarache. Cette eau qui provient du canal de Provence est traitée par la station de traitement des eaux de Cadarache avant d'être acheminée vers le site ITER.

Source : Etude d'impact de Cadarache 2015

## Production et distribution d'eau potable

Les installations implantées sur le centre de Cadarache sont alimentées en eau par l'intermédiaire d'un réseau d'eau potable. Ce dernier distribue une eau qui est destinée à la fois à un usage sanitaire, industriel et de lutte contre l'incendie.

L'eau brute est prélevée et est acheminée à la station d'eau potable pour subir un traitement en quatre étapes :

- Une décantation primaire, pour retenir les matières en suspension tels que les limons, les sables, ...,
- Une coagulation-décantation secondaire, qui vise à piéger les floccs de boues après ajout d'un flocculant (chlorure ferrique),
- Une filtration, par passage de l'eau sur filtre à sable,
- Et une désinfection, par addition de chlore.

Après traitement, un échantillonnage de l'eau filtrée et désinfectée permet de contrôler l'efficacité des traitements. Des analyses de chlore résiduel et des mesures de turbidité et de pH sont réalisées en continu et enregistrées.

Une fois traitée et rendue potable, l'eau est stockée dans des réservoirs situés sur les hauteurs du Centre à partir desquels sont alimentés gravitairement tous les bâtiments et installations du Centre.

Le volume journalier d'eau produit est de l'ordre de 2 250 m<sup>3</sup> (année 2005). Des analyses physico-chimiques et bactériologiques sont réalisées périodiquement à la station de traitement. Des contrôles sont également effectués en différents points à l'intérieur du Centre. Les analyses réglementaires de l'eau potable produite sur le Centre sont effectuées par un laboratoire agréé (Laboratoire Départemental d'Analyses Bouches-Du-Rhône).

Des analyses régulières sont programmées conformément à la réglementation relative à la qualité des eaux destinées à la consommation (décret n°2001/1120).

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau – RJH

## Ressources en eau potable du Centre

### Généralités

Diverses données ont été utilisées pour établir les besoins en eau distribuée et les quantités d'eau prélevées dans l'environnement :

- Retour d'expérience des quantités annuelles d'eau prélevée dans l'environnement de 1997 à 2003,
- Retour d'expérience des quantités journalières prélevées pour les années 2003,
- Rendement du réseau de distribution d'eau potable,
- Rendement de la station de production d'eau potable,
- Retour d'expérience de l'ensemble des compteurs (spécifique à un bâtiment ou à un groupe de bâtiment) de 1997 à 2003,

- Besoin en eau des INB civiles, de l'INBS, de l'ensemble des ICPE soumises à autorisation et de l'IRSN.

Pour les installations déjà existantes de type INB ou ICPE soumises à autorisation, l'ensemble des besoins en eau établi à partir d'expérience auquel ont été appliqués une marge et des évolutions de procédés ou programmes de recherche. Ces demandes de prélèvement d'eau sont établies à compter de l'année 2005 et ce pour une durée de 5 ans.

De plus, il a été possible, à partir du retour d'expérience de l'ensemble des compteurs auquel une marge a été appliquée, d'établir les besoins en eau des deux groupes d'installations suivantes :

- Autres installations du Centre (ICPE soumises à déclaration et installations banalisées),
- Extérieurs

A partir de l'ensemble de ces données, les quantités d'eau prélevées dans l'environnement et les besoins des installations du Centre de Cadarache ont été déterminés. Les quantités prélevées sont présentées en volume annuel en m<sup>3</sup>/an et en volume journalier exprimé en m<sup>3</sup>/jour.

#### Distribution de l'eau potable

La distribution potable aux installations du Centre remplit un triple objectif :

- Fournir de l'eau pour un usage sanitaire à l'ensemble des installations,
- Fournir de l'eau pour le fonctionnement des procédés utilisés dans les installations,
- Fournir à partir de la chaufferie et après traitement, de l'eau déminéralisée à certaines installations.

Une partie de l'eau distribuée sert à l'arrosage d'espaces verts.

Source : Etude d'impact de Cadarache 2015

#### Conditions de rejet des effluents liquides du Centre dans le milieu récepteur : la Durance

Rejet d'effluents liquides – composante chimique

L'arrêté préfectoral du 25 septembre 2006 régleme également les caractéristiques chimiques des effluents liquides rejetés en Durance après traitement. Les limites sont les suivantes :

Caractéristiques contrôlées Rejets liquides	Limites de concentrations retenues dans l'arrêté préfectoral	Limites de flux journaliers retenues dans l'arrêté préfectoral
Débit maximum de rejet	4000 m <sup>3</sup> /j (200m <sup>3</sup> /h pour les effluents industriels, 50 m <sup>3</sup> /h pour les effluents sanitaires)	
pH	Entre 5,5 et 9	
Température	30°C	
Test "poisson"	Survie des poissons après 6 h dans les eaux traitées	
Matières en suspension (MES)	35 mg/l	80 kg/j
Demande chimique en oxygène (DCO)	100 mg/l	225 kg/j
Demande biologique en oxygène - 5 jours (DBO <sub>5</sub> )	30 mg/l	70 kg/j
Azote global	30 mg/l	70 kg/j
Phosphore total	10 mg/l	22,5 kg/j
Hydrocarbures totaux	5 mg/l	10 kg/j
Chlorures	200 mg/l	450 kg/j
Fluorures	1 mg/l	2,25 kg/j
Fer	2.5 mg/l	5 kg/j
Aluminium	2.5 mg/l	5 kg/j
Zinc	2 mg/l	4,5 kg/j
Bore	0,5 mg/l	1 kg/j
Sulfates	700 mg/l jusqu'au démarrage du RES puis 500 mg/l	1575 kg/j jusqu'au démarrage du RES puis 1125 kg/j

Figure 14 : Tableau des limites des effluents liquides chimiques rejetés en Durance après traitement

Les effluents liquides générés par l'aéroréfrigérant du réacteur RES (INBS) sont transférés vers des bassins spécifiques avant rejet en Durance par l'émissaire de rejet du site de Cadarache. Leurs caractéristiques et les limites associées sont présentées dans le tableau ci-après :

Caractéristiques contrôlées	Limites de concentrations retenues dans l'arrêté ministériel en mg/l	Limites de flux annuels retenues dans l'arrêté ministériel en kg/an
Phosphore	3	1 600
Chlorures	150	71 000
Sulfates	700	560 000
Zinc	2	1 600
AOx	1	300

Figure 15 : Tableau des limites des effluents liquides générés par l'aéroréfrigérant du réacteur RES

Source : Etude d'impact de Cadarache 2015

Rejet d'effluents liquides – composante radioactive

Les effluents liquides de toutes les installations du site sont collectés dans le même réseau, transférés vers la station de traitement des effluents liquides, et le rejet se fait après traitement, en Durance, en point unique. L'autorisation de rejet, ainsi que les conditions de rejet sont données par l'arrêté préfectoral du 25 septembre 2006.

Les limites annuelles en activité sont indiquées dans le tableau ci-après :

Groupe de radionucléides	Limites annuelles de rejet en GBq/an
Tritium	1 000
Carbone 14	0,5
Emetteurs $\alpha$	0,13
Autres émetteurs $\beta\gamma$	1,5

Figure 16 : Tableau des limites annuelles de rejet radionucléides

Source : Etude d'impact de Cadarache 2015

Contraintes de T° de l'eau rejetée dans le Canal EDF : Rejets thermiques

L'échauffement de l'eau prélevée dans le canal de Provence et rejetée dans le canal EDF est limité selon les conditions définies dans le tableau ci-après, issu de la décision ASN N°2010-DC-172.

Conditions initiales	Limites liées aux rejets thermiques	
	Température à l'aval du rejet	Echauffement du canal EDF de Jouques
T canal amont < 25 °C	T aval < 25 °C	≤ 2,5 °C entre le 1 <sup>er</sup> octobre et le 31 mai
	T aval < 25 °C	≤ 1°C entre le 1 <sup>er</sup> juin et le 30 septembre
T canal amont ≥ 25 °C	T aval ≤ T amont	≤ 0 °C

Figure 17 : Tableau des contraintes de T° de l'eau rejetée

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau – RJH

Surveillance du milieu aquatique

#### ➤ Cadre réglementaire

- Arrêté préfectoral n°113-2006A du 25/09/2006 autorisant le CEA à poursuivre l'exploitation de ses ICPE sur le site du CEA de Cadarache
  - Article 9.1.2 : surveillance des eaux de surface
    - Programme de surveillance chimique en amont et en aval du point de rejet.
    - Surveillance radioactive du milieu récepteur.
- Décision ASN 2010-DC-0173 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de transfert et de rejets des effluents liquides et gazeux des INB civiles du centre de Cadarache exploitées par le CEA.
  - Article 23 : Surveillance de la radioactivité des eaux de surface
    - Définition du programme à mettre en œuvre

Source : Rapport environnemental 2018 CEA

## Surveillance radiologique du milieu aquatique autour du Centre



Figure 18 : Carte des points de prélèvements d'analyses pour la surveillance radiologique

### Prélèvement d'eau en amont et en aval du point de rejet

- Prélèvements d'eaux en amont et aval du point de rejet
- Type d'analyses :
  - Analyses hebdomadaires (prélèvements AMONT et AVAL)
    - Sur eau filtrée :
      - Activité alpha global, bêta global, tritium
      - Teneur en potassium
    - Sur matière en suspension :
      - Activité bêta global
  - Analyses mensuelles (prélèvement AVAL, uniquement)
  - Sur eau brute :
    - Activité strontium 90
    - Spectrométrie gamma
    - Spectrométrie alpha



### Surveillance de la qualité physico-chimique et écologique du milieu aquatique autour du Centre :

#### Surveillance en amont et aval du point de rejet



- Prélèvements et analyses réalisés par un organisme indépendant.
- Surveillance :
  - Paramètres physico-chimiques de l'eau ;
  - Indicateurs écologiques du milieu aquatique.

### Surveillance de la qualité physico-chimique de l'eau

- Suivi mensuel de 16 paramètres par station
  - Ex : MES, DBO5, DCO, azote total Kjeldahl, nitrates, nitrites...
- Choix des paramètres :
  - Système d'évaluation de la qualité de l'eau (SEQ-EAU) en cohérence avec nos rejets.
  - Campagnes de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans les eaux (RSDE).

### Surveillance de la qualité écologique du milieu aquatique

- Sédiments :
  - Suivi annuel physico-chimique pour chaque station : 13 paramètres
  - Ex : azote total Kjeldahl, arsenic, cuivre, cadmium, ...
- Bryophytes :
  - Suivi annuel de micropolluants : 3 paramètres (arsenic, mercure, cadmium)
  - Nécessité d'implantation de bryophytes sur chaque station
  - Micro-faunes et diatomées :
    - Suivi annuel sur les 2 stations :
    - Indice biologique globalisé (IBGN) et Indice Biologique Diatomées (IBD).

### Eaux de surface en amont du site

Un aliquote hebdomadaire est réalisé par un hydro-collecteur qui prélève en continu (à intervalles réguliers) une partie de l'eau brute de la Durance pompée pour alimenter le Centre au niveau de la station de pompage (PS1).

Des mesures des activités alpha globales, bêta globales et tritium sont effectuées au laboratoire en vue de déterminer les niveaux de radioactivité des eaux d'alimentation en amont du site.

Depuis le 3 janvier 2018 suite à la mise en application de la décision ASN n°2017-DC-0597, les analyses alpha globales, bêta globales et tritium sont réalisées à fréquence mensuelle et sont complétées par une spectrométrie alpha et une spectrométrie gamma en cas de mesures significatives sur ces analyses en aval.

Les activités moyennes alpha globales, bêta globales et tritium mesurées en 2018 ont été reportées dans Tableau de la figure 19.

	Valeur moyenne (Bq/l)	Valeur maximale (Bq/l)	Valeur minimale (Bq/l)	Pourcentage de valeurs significatives	Nombre total de valeurs de mesure	Ecart type (Bq/l)
<b>STATION DE POMPAGE</b>						
$\alpha$ GLOBAL	5,8E-02	7,0E-02	5,1E-02	25%	12	1,0E-02
$\beta$ GLOBAL	7,7E-02	1,2E-01	4,0E-02	50%	12	2,6E-02
TRITIUM	< 4,36			0%	12	

Figure 19 : Tableau des activités moyennes en alpha et bêta globales et en tritium (en Bq/l) mesurées dans l'eau au niveau de la station de pompage (PS1) en 2018

Les analyses réalisées à la station de pompage ne présentent aucune valeur anormale en 2018.

Source : Etude d'impact de Cadarache 2015 ; Rapport environnemental 2018 CEA

### Eaux de surface en aval du site

Un hydro-collecteur automatique installé sur la station de Mirabeau prélève en continu de l'eau de la Durance en aval du site. Des mesures sont réalisées en différé sur l'échantillon aliquote hebdomadaire issu du prélèvement continu.

Des mesures d'activités alpha globales, bêta globales, tritium, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, ainsi que de l'activité en Sr-90 sont réalisées sur un échantillon aliquote mensuel.

Un contrôle en continu est effectué à l'aide d'une sonde gamma étanche, avec report d'alarme au bâtiment 300 du SPR.

Les résultats des mesures des activités alpha globales, bêta globales et tritium effectuées sur les prélèvements hebdomadaires d'eau de la station de Mirabeau ont été reportés dans le Tableau (figure 20).

	Valeur moyenne (Bq/l)	Valeur maximale (Bq/l)	Valeur minimale (Bq/l)	Pourcentage de valeurs significatives	Nombre total de valeurs de mesure	Ecart type (Bq/l)
<b>STATION DE MIRABEAU</b>						
$\alpha$ GLOBAL	4,6E-02			8%	12	
$\beta$ GLOBAL	6,8E-02	8,4E-02	5,2E-02	50%	12	3,4E-02
TRITIUM	< 4,39			0%	12	

Figure 20 : Tableau des activités moyennes alpha globales, bêta globales et tritium (en Bq/l) mesurées en 2018 dans les eaux prélevées en Durance sur la station de Mirabeau (aval du site)

Les activités alpha globales, bêta globales, et tritium sont du même ordre de grandeur pour les échantillons d'eau de la Durance prélevés en amont (Station de pompage) et en aval (Station de Mirabeau) du site.

### Prélèvement dans le canal EDF (eau de consommation et d'irrigation)

Un aliquote mensuel est également réalisé à partir des échantillons d'eau du canal EDF en continu à la station de Jouques. De plus, un contrôle en continu est effectué à l'aide d'une sonde gamma étanche, avec report d'alarme au bâtiment 300 (Ferme SPR).

Les résultats des mesures des activités alpha globales, bêta globales et tritium effectuées sur les prélèvements d'eau de la station de Jouques pour l'année 2018 ont été reportés sur la figure 21 ci-dessous.

	Valeur moyenne (Bq/l)	Valeur maximale (Bq/l)	Valeur minimale (Bq/l)	Pourcentage de valeurs significatives	Nombre total de valeurs de mesure	Ecart type (Bq/l)
<b>STATION DE JOUQUES</b>						
$\alpha$ GLOBAL	5,8E-02	1,4E-01	3,5E-02	50%	12	4,0E-02
$\beta$ GLOBAL	9,1E-02	2,5E-01	5,5E-02	83%	12	5,8E-02
TRITIUM	< 4,39			0%	12	

Figure 21 : Tableau des activités alpha globales, bêta globales et tritium (en Bq/l) mesurées en 2018 dans les eaux prélevées sur la station de Jouques

Les mesures réalisées dans le canal EDF à la station de Jouques ne présentent aucune valeur anormale. Les activités sont bien inférieures aux valeurs guides de 0,1 Bq/l en alpha global, 1 Bq/l en bêta global et 100 Bq/l en tritium recommandées par le Code de la santé publique.

### Bilan chimique des rejets liquides

Au cours de l'année 2018, les paramètres DCO, MES, azote n'ont pas fait l'objet de dépassements en concentration et en flux, la mise en service de la nouvelle station de traitement des effluents sanitaires a contribué à l'obtention de ces résultats. Les flux rejetés au cours des quatre années précédentes sont rappelés dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	Flux total annuel 2014 en kg	Flux total annuel 2015 en kg	Flux total annuel 2016 en kg	Flux total annuel 2017 en kg	Flux total annuel 2018 en kg
DCO	9102	7836	11174	8741	4001
MES	2540	2369	2602	2528	1067
DBO5	1530	1139	1863	1802	709
Aluminium	31,6	42,6	31	12,6	10,7
Fer	38,8	45,5	53	33,5	39,3
Zinc	5,21	4,43	6,4	5,6	5,7
Phosphore	508	445	561	427	190
Azote global	3456	3401	4313	2666	1325
Chlorures	16460	15465	18166	18372	18112
Fluorures	17,4	14	18	12,7	12,2
Hydrocarbures	27,4	26,2	22	31,4	28,8
Sulfates	13325	11365	13974	15411	13149
Bore	8,76	4,10	3,9	5	4,4
<b>Volume effluents rejetés (en m<sup>3</sup>)</b>	<b>173392</b>	<b>139528</b>	<b>154942</b>	<b>159584</b>	<b>159312</b>

Figure 22 : Tableau des flux rejetés de 2014 à 2018

### Le canal EDF dans les Bouches-Du-Rhône

Le canal reprend son parcours dans le bassin d'écluse de Cadarache, vaste plan d'eau de 120 hectares.

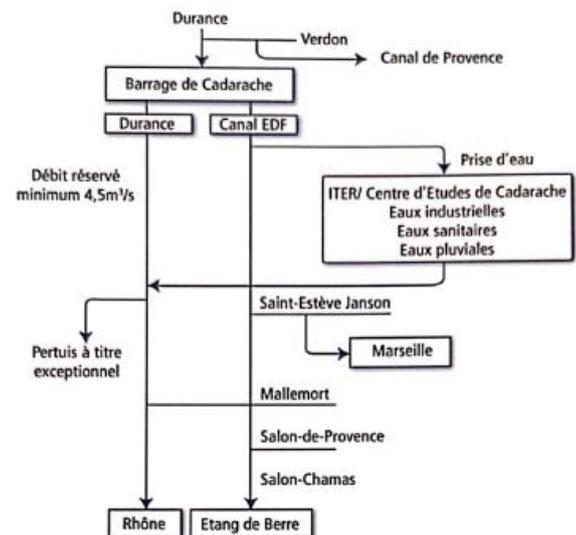
La Durance et le canal coulent en parallèle dans ces premiers kilomètres. Le village de Saint-Paul-lès-Durance est encerclé par les deux cours d'eau.

Peu après le pont de Mirabeau, le canal alimente la première des cinq centrales qui jalonnent son parcours final. Peu après son passage dans cette centrale EDF, ses eaux alimentent le canal de Peyrolles (*canal agricole*).

Son parcours chemine ensuite près de Meyrargues, à l'écart de la Durance, puis près du château de Fonscolombe, de Puy-Sainte-Réparate, et du château d'Arnajon. À Saint-Estève-Janson, le canal alimente une usine EDF et le canal de Marseille, l'autre, la branche principale, passe au pied de l'abbaye de Silvacane. Près de Mallemort, une troisième centrale est alimentée par une chute d'eau sur le canal.

Une dérivation reverse ensuite une partie des eaux vers la Durance, la conduite principale partant vers Lamanon, où son tracé devient proche de celui de l'autoroute A7 dans la traversée de l'agglomération de Salon-de-Provence.

Peu avant de quitter Salon-de-Provence, le canal franchit quasiment perpendiculairement le lit du fleuve côtier Touloubre, puis passe près du Moulin Neuf, et part vers Lançon-de-Provence et Cornillon-Confoux, avant d'alimenter la dernière centrale du parcours, l'usine de



Saint-Chamas, juste avant que les eaux du canal se jettent dans l'étang de Berre, à Beau Rivage.

Source : Rapport environnemental annuel 2018 ITER ; Etude d'impact de Cadarache 2015 ; Rapport environnemental 2018 CEA ; Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau – RJH ; Rapport environnemental 2018 CEA

Description des moyens généraux du centre en matière de collecte, de traitement et de rejet des effluents liquides

### Moyens de collecte des effluents liquides

Une fois collectés au sein de l'installation selon les principes décrits dans les chapitres précédents, les effluents liquides du RJH, MAGENTA et AGATE seront transférés vers les unités de traitement selon les différents moyens suivants :

- Via le réseau Centre des effluents sanitaires,
- Via le réseau Centre des effluents industriels,

Par camion-citerne ou autre véhicule de transport.

Le réseau Centre des effluents sanitaires, qui est un réseau séparatif enterré, permet de collecter gravitairement les effluents sanitaires depuis les installations jusqu'aux stations de traitement. La longueur totale de ce réseau est d'environ 38 km.

Le réseau Centre des effluents industriels, qui est également un réseau séparatif enterré, permet de collecter gravitairement les effluents industriels depuis les installations jusqu'aux stations de traitement. La longueur totale de ce réseau est d'environ 30 km. D'une manière générale, les transferts d'installations dans le réseau se font soit directement, soit par transfert du contenu de cuves d'effluents industriels après analyse radiologique et chimique suivant les prescriptions de l'arrêté ministériel INB civiles du 05/04/2006.

Le traitement des eaux sanitaires et industrielles est effectué grâce à deux stations de traitement distinctes et à des procédés différents. Elles sont toutes deux situées aux abords du bâtiment 110 du Centre désigné par le terme général de « station de traitement ». En complément de la station d'épuration du bâtiment 100, quatre bacs à graisse et 15 cuves de relevage d'effluents sanitaires sont présentes sur le Centre.

L'évacuation des eaux en Durance est effectuée après traitement via un exutoire commun.

Les effluents liquides non transférables dans les réseaux sont acheminés vers les unités de traitement (internes ou externes au Centre) par camion-citerne (dans le cas de gros volumes) ou par camion caisson (lorsqu'ils sont déjà conditionnés en bonhommes ou en conteneurs/emballages de transport, dans le cas de volumes moins importants).

Par ailleurs, les eaux pluviales sont collectées par des fossés et des collecteurs, puis dirigées vers un exutoire indépendant (dénommé « le Ravin de la Bête »).

#### Station d'épuration des effluents liquides sanitaires

Les effluents sanitaires collectés sur le Centre se déversent dans la fosse de relevage au travers d'un panier métallique de dégrillage grossier. Par la suite, les effluents sanitaires traversent un tamis dégrilleur, puis un bloc de pré-traitement équipé d'un aéro-flottateur assurant la flottation des graisses et d'un clarificateur à sables.

A la sortie du bloc des pré-traitements, une canalisation alimente les deux bassins d'aération. Les effluents transitent ensuite par deux clarificateurs favorisant la décantation des boues activées issues des bassins d'aération. Une lame déversant piège les flottants en surface. Les effluents épurés s'évacuent par une goulotte en direction d'une cuve de 1 000 m<sup>3</sup> permettant d'assurer le contrôle de ces derniers avant transfert vers les bassins de 3 000 m<sup>3</sup>.

#### Station d'épuration des effluents liquides industriels

Les effluents liquides industriels entrants transitent dans l'un des deux décanteurs. Par la suite, les effluents sont dirigés vers l'une des quatre cuves de stockage. L'une d'entre elles est utilisée pour le stockage des effluents sanitaires après traitement en vue de leur contrôle.

En cas de dépassement des limites de pH, quatre cuves de 1 000 m<sup>3</sup> permettent de stocker l'effluent en vue d'une neutralisation et d'un contrôle du transfert vers les bassins de 3 000 m<sup>3</sup>. L'une de ces cuves est toujours tenue vide pour recevoir les effluents en cas d'incident radiologique.

En mesure transitoire, un décanteur sert de stockage des boues industrielles. La station d'épuration des effluents industriels est équipée de débitmètres en entrée et en sortie.

#### Station de traitement des effluents actifs de Cadarache

Les effluents actifs sont triés et transférés dans des cuves avant traitement.

Les effluents contaminés par des émetteurs By ou faiblement contaminés en émetteurs alpha sont traités par évaporation.

Ce traitement génère :

- Des concentrats conditionnés et envoyés à la station de traitement des effluents de Marcoule,
- Des distillats stockés dans une cuve constituant un lot de rejets (ils sont dirigés, après analyse et filtration, vers le bassin de neutralisation des eaux usées qui reçoit par ailleurs les effluents industriels du Centre éventuellement traités à la station d'épuration).

Pour que les distillats puissent rejoindre le réseau des effluents industriels du Centre, ceux-ci doivent respecter les limites prescriptives en vigueur pour la station de traitement des effluents actifs, à savoir :

- Activité volumique alpha global : < 10 Bq/l
- Activité volumique By global : < 74 Bq/l
- Activité volumique  $^3\text{H}$  : 2.105 Bq/l

#### Station de rejet :

Après traitement, tous les effluents sont dirigés vers quatre bassins de 3 000 m<sup>3</sup> affectés successivement :

- Au remplissage,
- Au contrôle,
- A la vidange,
- A la réserve.

Après les bassins de 3 000 m<sup>3</sup>, les effluents sont acheminés vers une tête de rejets située en Durance.

Le rejet se fait en Durance par un émissaire en béton équipé d'un débitmètre, d'une sonde pour le contrôle radiologique, et d'un préleveur asservi au débit pour contrôle des effluents conformément à l'arrêté préfectoral n°98-2005A du 12/09/05.

Source : Rapport environnemental 2018 CEA ; Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau - RJH

### [Les rejets, conditions de rejets et contrôles](#)

#### PRINCIPES DES NQE ET DU SEQ-EAU

Les Normes de Qualité Environnementale (NQE) ont remplacé l'interprétation par le SEQ-EAU. Cependant, du fait du nombre limité de NQE disponible par rapport aux paramètres mesurés, l'utilisation du SEQ-EAU permet de continuer à pouvoir apprécier la qualité de l'eau, des sédiments et des bryophytes.

#### [Principe des NQE](#)

Les Normes de Qualité Environnementale (NQE) sont définies dans le contexte réglementaire de la Directive Cadre sur l'Eau, ou DCE (2000/60/EC) qui établit une politique communautaire pour notamment la gestion des eaux intérieures de surface.

Paramètres	NQE-MA* en µg/l	NQE-CMA** en µg/l
Arsenic	0,83	Pas de valeur
Cadmium	0,15	0,9
Mercure	0,05	0,07
Zinc	7,8	Pas de valeur
Tétrachlorure de carbone	12	Non applicable
pH	9	U/pH

\* Moyenne Annuelle

\*\* Concentration Maximale Admissible

Figure 23 : Tableau des Normes de Qualité Environnementale (NQE)

Les résultats ci-après sont comparés à l'ancienne grille d'évaluation SEQ-Eau, ce qui permet de conclure sur la qualité du milieu naturel pour chaque paramètre mesuré, contrairement aux NQE (Normes de Qualité Environnementales) qui sont définies que pour certains paramètres.

Source : Rapport environnemental 2018 CEA

Principe du SEQ-EAU

Le tableau ci-dessous reprend les classes d'aptitudes en fonction des paramètres analysés sur les divers échantillons d'eau.

Pour les paramètres métaux, les valeurs retenues sont celles qui correspondent à une dureté de l'eau moyenne (sachant que la dureté de la Durance varie de 19 à 28°f (degré français)).

<b>LEGENDE (grille d'évaluation SEQ-Eau)</b>					
<b>Classes et indices de la qualité de l'eau par altération</b>					
<b>sur l'eau brute</b>					
Classe de qualité → Indice de qualité →	CLASSE D'APTITUDE				
	Eau de très bonne qualité	Eau de bonne qualité	Eau de qualité moyenne	Eau de qualité médiocre	Eau de mauvaise qualité
	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
PARAMETRES	80	60	40	20	
MES (mg/l)	2	25	38	50	-
DCO (mg O <sub>2</sub> /l)	20	30	40	80	-
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	3	6	10	25	-
NTK (mg N/l)	1	2	4	6	-
NO <sub>3</sub> (mg NO <sub>3</sub> /l)	2	10	25	50	-
NO <sub>2</sub> (mg NO <sub>2</sub> /l)	0,03	0,3	0,5	1	-
NH <sub>4</sub> (mg NH <sub>4</sub> /l)	0,5	1,5	2,8	4	-
PO <sub>4</sub> (mg PO <sub>4</sub> /l)	0,1	0,5	1	2	-
TAC (d°f)	8	5	3	0	-
TA (°f)	-	-	-	-	-
As (µg/l)	1	35	70	100	-
Cd (µg/l)	0,004	0,04	0,37	1,3	-
Hg (µg/l)	0,007	0,07	0,7	1	-
Zn (µg/l)	0,43	4,3	43	98	-
B (µg/l)	-	-	-	-	-
Pt (mg P/l)	0,05	0,2	0,5	1	-
CCL <sub>4</sub> (µg/l)	2	2,3	2,5	20	-
Coliformes thermotolérants (u/100 ml)	50	500	5000	10000	-

Figure 24 : Grille des classes et indices de la qualité de l'eau par altération sur l'eau brute

Source : Rapport environnemental 2018 CEA

## Résultats

### Analyses physico-chimiques sur l'eau

Les résultats d'analyses, sous le format SEQ-Eau, sur les deux stations suivies sont synthétisés dans les tableaux suivants.

Paramètres	Unité	24 au 25 JANVIER 2018		05 au 06 FEVRIER 2018		29 au 30 MARS 2018		19 au 20 AVRIL 2018		14 au 15 MAI 2018		06 au 07 JUNE 2018		09 au 10 JUILLET 2018		29 au 30 AOÛT 2018		05 au 11 SEPTEMBRE 2018		18 au 19 OCTOBRE 2018		21 au 22 NOVEMBRE 2018		05 au 06 DECEMBRE 2018	
		STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL	STATION AMONT	STATION AVAL
Matières En Suspension (MES)	mg/l	17	12	3	3	18	10	163	156	20	23	245	183	40	14	91	80	62	73	19	27	14	11	10	5
Demande Biologique en Oxygène à 5 jours (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /l	<0,5	0,7	1,0	0,9	1,1	1,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7	1,7	1,8	0,7	1,1	1,2	0,8	1,0	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	1,0
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	mg O <sub>2</sub> /l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Azote total Kjeldahl (NTK)	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nitrites (NO <sub>2</sub> )	mg/l	0,03	0,02	0,04	0,03	0,05	0,04	0,05	0,07	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	<0,01	0,01	<0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitrate (NO <sub>3</sub> )	mg/l	2,40	3,00	2,10	2,50	2,60	3,50	1,90	2,00	1,40	2,00	2,10	2,50	1,80	2,50	1,60	2,00	1,20	1,60	1,50	2,30	2,10	2,40	2,80	3,10
Amonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	0,08	0,14	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Orthophosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	<0,01	0,01	<0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03
Zinc	µg/l	2,10	1,40	<1	<1	1,10	1,00	1,90	1,70	1,47	1,71	2,40	3,50	2,60	2,70	1,60	2,20	3,70	3,40	5,20	2,20	3,20	1,40	<1	2,00
Arsenic	µg/l	0,49	0,32	0,64	0,54	0,82	0,57	0,70	0,72	0,40	0,34	0,73	0,53	0,88	0,76	0,58	0,63	0,51	0,46	0,62	0,55	0,60	0,46	0,27	0,28
Cadmium	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	0,062	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,025	0,017	0,018	0,017	<0,010	0,013	0,021	0,010	0,014	0,015	0,045	<0,010	<0,010	0,027
Mercur	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Phosphore total	mg/l	0,017	0,011	<0,010	<0,010	0,014	<0,010	0,016	0,016	0,010	0,014	0,031	0,069	0,015	0,017	0,016	0,028	0,024	0,021	0,014	0,017	0,021	<0,010	<0,010	<0,010
TAC	°f	16,2	16,8	14,6	15,5	15,5	16,3	15,4	15,7	15,5	16,1	14,4	21,0	12,2	13,7	12,2	13,7	14,3	15,7	12,3	13,6	15,7	16,7	18,4	19,2
Tétrachlorure de carbone	µg/l	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Coliformes thermotolérants	UFC/100 ml	920	600	210	220	120	180	260	92	610	820	2100	2400	740	680	460	480	85	110	800	640	4500	3000	1800	1400

Figure 25 : Tableau des résultats des analyses physico-chimiques sur l'eau

Les deux stations présentent, sur l'ensemble des campagnes mensuelles, une bonne qualité de l'eau. Les résultats sont assez similaires entre l'amont et l'aval.

En conclusion, nous pouvons conclure que le rejet des effluents en provenance du centre de Cadarache n'impacte pas sur la qualité du milieu naturel.

**Nota** : à titre indicatif, les concentrations mesurées sur les paramètres As, Cd, Hg, Zn et CCL4 ont été comparées aux Normes de Qualité Environnementales (en Moyenne Annuelle ou en Concentration Maximale Admissible).

Aucune concentration de ces 4 paramètres ne dépasse les NQE.

### Indice Biologique Global compatible Directive Cadre sur l'Eau (IBG-DCE)

L'Indice Biologique Global compatible Directive Cadre sur l'Eau (IBG-DCE) permet d'évaluer la qualité biologique générale d'une station d'échantillonnage située sur un cours d'eau à partir de la composition des peuplements de macro-invertébrés vivant sur le fond. La faune benthique présente traduit la qualité physico-chimique des eaux et la diversité des habitats. Les notes d'indices IBG-DCE de la campagne de septembre 2018 sont synthétisées dans le tableau suivant.

	Station amont	Station aval
Qualité biologique (HER 6-7/2) *	Bon	Très Bon

Figure 26 : Tableau des résultats 2018 de l'Indice Biologique Global compatible Directive Cadre sur l'Eau (IBG-DCE)

\* suivant l'arrêté du 25 janvier 2010, modifié du 27 juillet 2015

Dans cette étude, la Durance est considérée comme un grand cours d'eau (largeur < à 40 mètres sur notre zone d'étude)

Les analyses hydro-biologiques des macro-invertébrés des 2 stations révèlent des peuplements très proches : la faune est indicatrice d'un milieu moyennement à faiblement productif en nutriments et en matière organique et caractéristique d'un cours d'eau à granulométrie grossière de faible altitude avec présence d'algues.

Cette année est marquée par le déplacement de la station aval permettant de réduire les différences liées à l'hydromorphologie des stations ainsi qu'à la présence d'un fort colmatage aux limons sur les 2 stations (colmatage plus important sur la station amont).

Cependant quelques différences mineures ont pu être observées entre l'amont et l'aval.

Cette année, comme depuis 2013, le rejet du CEA de Cadarache semble donc avoir peu d'impact sur les invertébrés aquatiques de la Durance.

### Indice biologique diatomées (IBD)

Les notes obtenues avec l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS) et l'Indice Biologique Diatomées (IBD), lors de la campagne de 2018, sont sur la figure 27 :

	Station amont	Station aval
Qualité biologique (HER 6-7/2) *	Très Bon **	Bon **

Figure 27 : Tableau des résultats 2018 de l'Indice Biologique Diatomées (IBD)

\* suivant l'arrêté du 27 juillet 2015 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologiques, de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface

\*\* Dans cette étude, la Durance est considérée comme un grand cours d'eau (largeur < à 40 mètres sur la zone d'étude)

Pour l'année 2018, l'IBD indique une qualité biologique très bonne en amont et bonne en aval.

D'après le paramètre diatomées, le rejet du CEA Cadarache semble avoir peu d'impact sur la qualité de la Durance.

### Analyses sur sédiments

A titre indicatif, le tableau ci-dessous reprend les classes d'aptitudes en fonction des paramètres analysés sur l'échantillon de sédiments.

<b>LEGENDE (grille d'évaluation SEQ-Eau)</b>					
<b>Classes et indices de la qualité de l'eau par altération</b>					
<b>sur les sédiments</b>					
	CLASSE D'APTITUDE				
	Eau de très bonne qualité	Eau de bonne qualité	Eau de qualité moyenne	Eau de qualité médiocre	Eau de mauvaise qualité
	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Classe de qualité →					
Indice de qualité →	80	60	40	20	
PARAMETRES					
NTK (mg/kg)	-	-	-	-	-
As (mg/kg)	1	9,8	33	-	-
Cd (mg/kg)	0,1	1	5	-	-
Cu (mg/kg)	3,1	31	140	-	-
Cr (mg/kg)	4,3	43	110	-	-
Cr VI (mg/kg)	-	-	-	-	-
Ni (mg/kg)	2,2	22	48	-	-
Pb (mg/kg)	3,5	35	120	-	-
Zn (mg/kg)	12	120	460	-	-
Fe (mg/kg)	-	-	-	-	-
Hg (mg/kg)	0,02	0,2	1	-	-
Al (mg/kg)	-	-	-	-	-

Figure 28 : Tableau des résultats 2018 des analyses sur les sédiments

PARAMETRES	Unités	STATION AMONT	STATION AVAL
Matières sèches	% MB	55,9	54,5
Azote total Kjeldhal (NTK)	mg/kg MS	< 15	< 15
Arsenic (As)	mg/kg MS	3,47	4,79
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,15	0,10
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	7,64	16,09
Chrome (Cr)	mg/kg MS	19,99	35,57
Chrome hexavalent (Cr VI)	mg/kg MS	< 0,25	< 0,25
Nickel (Ni)	mg/kg MS	10,22	38,45
Plomb (Pb)	mg/kg MS	12,20	11,16
Zinc (Zn)	mg/kg MS	38,54	61,43
Fer (Fe)	mg/kg MS	12 846	18 577
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,023	0,024
Aluminium (Al)	mg/kg MS	7 589	18 194
Bore (B)	mg/kg MS	17,21	34,95

Figure 29 : Tableau des résultats 2018 des analyses physico-chimiques en amont et aval

Les sédiments sont caractéristiques d'une bonne qualité du milieu naturel, excepté pour le paramètre nickel qui se situe dans la classe de qualité moyenne pour la station aval ; les années précédentes, le paramètre nickel était dans la classe de qualité moyenne pour les deux stations.

Les concentrations mesurées sur la station amont sont nettement plus faibles que celles mesurées en 2017, ce qui s'explique par les nombreux lessivages occasionnés lors des lâchers de barrage. Sur la station aval, les concentrations sont plus élevées du fait qu'il y a moins de turbulence à ce niveau mais restent du même ordre de grandeur que celles mesurées en 2017.

### Analyses sur Bryophytes

A titre indicatif, le tableau ci-dessous reprend les classes d'aptitude en fonction des paramètres analysés sur l'échantillon de bryophytes.

<b>LEGENDE (grille d'évaluation SEQ-Eau)</b>						
<b>Classes et indices de la qualité de l'eau par altération</b>						
<b>sur les bryophytes</b>						
		<b>CLASSE D'APTITUDE</b>				
		Eau de très bonne qualité	Eau de bonne qualité	Eau de qualité moyenne	Eau de qualité médiocre	Eau de mauvaise qualité
Classe de qualité →		Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité →		80	60	40	20	
<b>PARAMETRES</b>						
As (mg/kg de poids sec)		4,5	9	27	54	-
Hg (mg/kg de poids sec)		0,15	0,30	0,85	1,7	-
Cd (mg/kg de poids sec)		1,2	2,5	7	14	-

PARAMETRES	Unités	STATION AMONT	STATION AVAL
Arsenic (As)	mg/kg MS	1,74 (- 1,51) = 0,23	1,59 (- 1,51) = 0,08
Mercure (Hg)	mg/kg MS	< 0,048 (- < 0,049) = 0	< 0,047 (- < 0,049) = 0
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	< 0,05 (- < 0,05) = 0	< 0,05 (- < 0,05) = 0

Figure 30 : Tableau des résultats 2018 des analyses sur les bryophytes

Les concentrations sont similaires d'une station à l'autre.

Les bryophytes sont caractéristiques d'une très bonne qualité du milieu naturel.

### Conclusion générale

Les conclusions du laboratoire agréé par le Ministère de l'écologie et du développement durable et de l'énergie, en charge du programme de surveillance, sont indiquées ci-après.

*Les résultats des deux stations, en amont et en aval du point de rejet en Durance, présentent des caractéristiques relativement similaires. Le rejet des effluents liquides du centre de Cadarache ne présente donc aucun impact négatif sur le milieu naturel.*

*Les résultats pour la campagne de l'eau de l'année 2018 démontrent dans l'ensemble une bonne qualité du milieu récepteur (la Durance).*

Source : Rapport environnemental 2018 CEA

#### Bilan hydro biologique

Les paramètres hydro biologiques indiquent un milieu d'une qualité écologique très bonne (IBD) à bonne (IBG-DCE) en amont et bonne (IBD) à très bonne (IBG-DCE) en aval du rejet du CEA de Cadarache. Les espèces de diatomées et les macro-invertébrés indiquent une légère perturbation vis-à-vis des nutriments.

Toutefois, le rejet du CEA de Cadarache n'impacte pas de manière conséquente les communautés aquatiques d'invertébrés et de diatomées.

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau – RJH

#### Organisation ITER

##### ITER en phase de non-exploitation

L'eau brute prélevée par le CEA est acheminée à la station d'eau potable du centre de Cadarache pour subir un traitement. Une fois traitée et rendue potable, l'eau est stockée dans des réservoirs situés sur les hauteurs du Centre de Cadarache à partir desquels sont alimentés gravitairement tous les bâtiments et toutes les installations du Centre ainsi que l'installation ITER. Un réservoir de stockage supplémentaire d'eau potable de 1500 m<sup>3</sup> est construit pour les besoins additionnels d'ITER, en supplément des 4 réservoirs de 2 500 m<sup>3</sup> existants.

Cette eau qui provient du canal de Provence est traitée par la station de traitement des eaux de Cadarache avant d'être acheminée vers le site ITER.

L'eau potable, fournie par le réseau d'eau potable du Centre de Cadarache, sera utilisée essentiellement pour :

- L'alimentation, des lavabos, douches et toilettes,
- Les bâtiments administratifs et la cantine,
- Le lavage des sols,
- La lutte contre les incendies.

Les besoins annuels en eau potable d'ITER sont estimés à environ 60 000 m<sup>3</sup>.

Sources : Rapport environnemental 2018 CEA ; Rapport environnemental annuel 2018 ITER

## ITER en phase nucléaire

Les besoins en eau de refroidissement d'ITER sont de l'ordre de 3 000 000 m<sup>3</sup> pour une année type de fonctionnement lors de l'exploitation en phase nucléaire.

La principale source de consommation d'eau de l'installation ITER se situe au niveau des circuits de refroidissement. Il met en œuvre plusieurs circuits :

- Les systèmes d'eau de refroidissement primaire et secondaire du Tokamak et des composants,
- Le système de refroidissement de l'installation et d'évacuation de la chaleur dans l'environnement, considéré comme la source froide de l'installation et comme système de refroidissement tertiaire, composé du système de circulation d'eau et du système de tours de refroidissement.

Le refroidissement de l'installation n'est pas une fonction de sûreté de l'installation car la perte du refroidissement n'impacte en rien la sûreté de l'installation, compte tenu de la faible puissance à évacuer au cours d'une série d'expériences. La perte du refroidissement pourra, tout au plus, avoir une incidence sur la disponibilité de l'installation, en limitant le nombre d'expériences à effectuer.

Ainsi, en cas de raréfaction des ressources en eau, aucun impact sur ITER n'est attendu.

Sources : Rapport environnemental 2018 CEA ; Rapport environnemental annuel 2018 ITER

### Consommation d'eau d'ITER

En 2018, la consommation d'eau potable fournie par le CEA Cadarache s'élevait à environ 25 000 m<sup>3</sup> pour l'ensemble du site ITER (site de construction et bâtiments du siège). La consommation d'eau brute du canal fournie par la Société du Canal de Provence (SCP) s'élevait à environ 35 700 m<sup>3</sup>.

Les rejets d'effluents sanitaires (environ 26 000m<sup>3</sup>) ont été effectués via les bassins de contrôle avant rejet du CEA de Cadarache. De plus, le pompage des eaux usées des fosses septiques utilisées pour les effluents sanitaires du chantier a conduit à évacuer environ 1000 m<sup>3</sup>, vers les STEP de Manosque ou de Salon de Provence pour retraitement.

Il y a eu plusieurs transferts d'effluents industriels (pour un volume total de 535 m<sup>3</sup>) vers la station d'épuration du CEA.

Environ 210 tonnes d'effluents liquides ont été transférées vers des entreprises spécialisées pour le traitement des déchets liquides. Ces effluents, en majorité, possédaient une concentration en chlore plus élevée que la valeur permettant le rejet dans le réseau du CEA ou résultaient d'un procédé de nettoyage au sein du hall de montage des bobines de champs poloïdal. Une faible partie est liée aux effluents liquides des centrales à béton. Ces déchets liquides ont été répertoriés dans la déclaration GEREPE 2018.

### Répartition mensuelle :

Les répartitions mensuelles des consommations pour 2018 sont les suivantes :

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total 2018
Consommation (m <sup>3</sup> )	2739	2284	2114	2301	1946	2465	2145	2335	1803	1822	1822	1432	25232

Figure 31 : Tableau montrant la répartition mensuelle des consommations en eau potable issue du réseau CEA en 2018

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total 2018
Consommation (m <sup>3</sup> )	1299	1311	1476	1960	1674	4007	7431	5300	3004	2098	4798	1321	35679

Figure 32 : Tableau montrant la répartition mensuelle des consommations en eau brute issue du réseau SCP en 2018

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total 2018
Consommation (m <sup>3</sup> )	2070	2024	2323	2144	2448	2235	2029	2169	1895	2655	2514	2091	26597

Figure 33 : Tableau montrant la répartition mensuelle des effluents sanitaires (rejets via les bassins de contrôle avant rejet du CEA de Cadarache) en 2018

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total 2018
Consommation (m <sup>3</sup> )	100	100	90	80	75	100	85	70	85	85	85	60	1015

Figure 34 : Tableau montrant la répartition mensuelle des eaux usées des fosses septiques de chantier évacuées vers les STEP de Manosque ou de Salon de Provence pour retraitement

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total 2018
Consommation (m <sup>3</sup> )	60	60	30	30	30	85	60	30	60	60	30	0	535

Figure 35 : Tableau montrant la répartition mensuelle des transferts d'eau industrielle vers le réseau du CEA en 2018

### Comparaison des prélèvements d'eau et de rejets effectués en 2018 et l'analyse de l'étude d'impact

La comparaison entre la consommation réelle d'eau ainsi que les rejets d'effluents en 2018 et l'estimation de l'étude d'impact est présentée dans le Tableau :

	Valeurs réelles en 2018	Valeurs considérées dans l'étude d'impact [19]
Prélèvement d'eau potable / m <sup>3</sup>	25 232	60 000
Prélèvement d'eau brute / m <sup>3</sup>	35 679	3 000 000 (1)
Rejet d'effluents sanitaires / m <sup>3</sup>	26 597	40 000
(1) pour les systèmes de refroidissement d'ITER pour une année d'exploitation standard pendant la phase nucléaire		

Figure 36 : Tableau de la comparaison entre les valeurs 2018 et les valeurs de l'étude d'impact pour les prélèvements et rejets

Les prélèvements d'eau et rejet d'effluents sont en-dessous des valeurs considérées dans l'étude d'impact pour la phase de construction d'ITER, ainsi l'analyse de l'étude d'impact reste enveloppe par rapport aux impacts réels.

#### Analyse vis-à-vis des exigences réglementaires et des prévisions réalisées au titre de l'article 4.4.3 de l'arrêté du 7 février 2012

La comparaison entre les prévisions établies [1] pour la consommation en eau potable et en eau brute et les consommations réelles sont indiquées dans le Tableau de la figure 37. Le Tableau compare aussi les prévisions établies pour les productions d'effluents sanitaires et d'effluents industriels et les productions réelles. Ces prévisions sont liées à l'article 4.4.3 de l'arrêté du 7 février 2012 qui indique que l'exploitant doit définir annuellement une prévision chiffrée des prélèvements et consommations d'eau et de rejets d'effluents auxquels il compte procéder, à partir de la programmation des activités ou des opérations susceptibles de provoquer des rejets d'effluents.

	Valeurs réelles en 2018	Valeurs considérées dans l'étude d'impact [19]
Prélèvement d'eau potable / m <sup>3</sup>	25 232	60 000
Prélèvement d'eau brute / m <sup>3</sup>	35 679	3 000 000 (1)
Rejet d'effluents sanitaires / m <sup>3</sup>	26 597	40 000
(1) pour les systèmes de refroidissement d'ITER pour une année d'exploitation standard pendant la phase nucléaire		

Figure 37 : Tableau de la comparaison entre les valeurs 2018 et les valeurs de l'étude d'impact pour les prélèvements et rejets

La consommation réelle globale en eau (potable et brute) ainsi que la production d'effluents sanitaires et industriels en 2018 sont cohérentes avec les prévisions. La consommation en eau brute est plus élevée que prévu car l'utilisation d'eau brute est préférée à celle de l'eau potable dès que cela est possible.

#### Opération de prélèvements d'eau pour ITER

Afin d'alimenter ITER et le RJH en toute sécurité même en cas de problème sur le réseau d'eau, des études sur une boucle Nord sont en cours. Comme on peut le voir sur le schéma ci-dessous, ITER en fonctionnement normal sera alimentée par la boucle Nord tandis que le RJH sera alimenté par la Brise charge du Médecin.

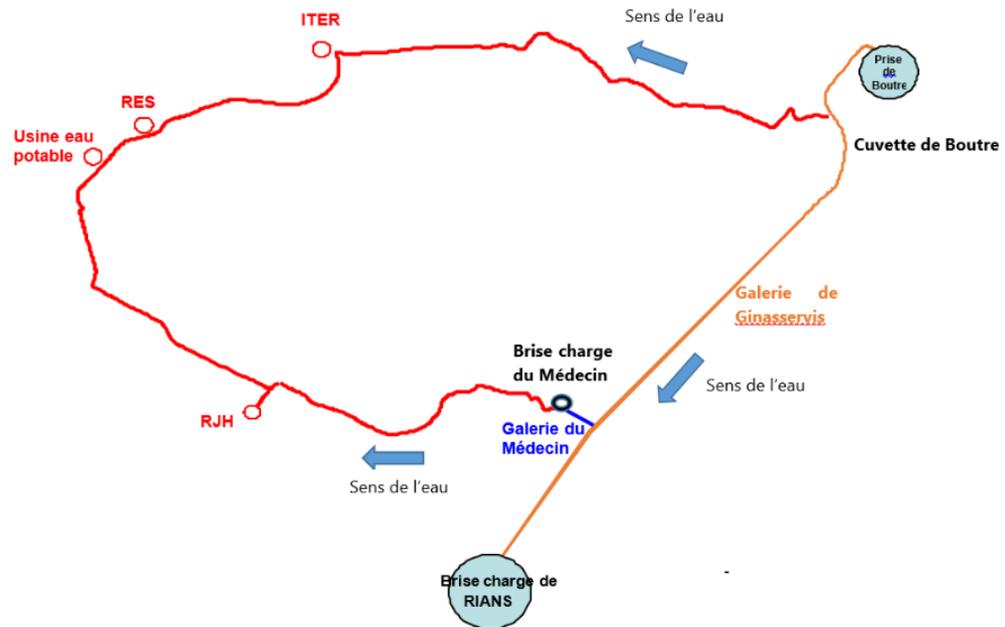


Figure 38 : Schéma alimentation du CEA par la boucle du Canal de Provence

La boucle Nord sera en service d'ici la mise en fonctionnement d'ITER et du RJH. Ces deux prises permettront de couper le réseau d'eau par une des deux prises d'eau afin de réaliser d'éventuelles réparations sur le réseau d'eau.

Source : Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau – RJH ; Rapport environnemental annuel 2018 ITER

#### Etude d'impact d'ITER

Les effluents chimiques produits lors de la phase d'exploitation non nucléaire de l'installation ITER seront générés par :

- la station de chauffage,
- Le béryllium : une très petite quantité sera émise à la cheminée :
  - Provenant des opérations d'assemblage des composants internes du tokamak, dans la composition desquels entre le béryllium. Pendant la phase de construction, les poussières de béryllium proviendront essentiellement de la découpe ou du polissage des couvertures lors de l'assemblage du tokamak.
  - Pendant la phase expérimentale non-nucléaire et nucléaire (à partir de 2026), ces poussières seront produites par l'érosion des composants internes sous l'effet du plasma. Ces poussières seront éventuellement remises en suspension pendant les phases de maintenance.

Substances	Phases	Effluents
Béryllium	Assemblage non nucléaire	6g
	Expériences plasmas non nucléaires et nucléaires	1,5 g

Effluents produits par les activités liées au béryllium

- Le matériau utilisé dans l'isolation de certaines lignes d'alimentation électrique générera de faibles rejets d'hexafluorure de soufre (SF6). Il en sera de même lors des tests de bon fonctionnement des groupes électrogènes.

Les rejets de CO2 prévus durant l'exploitation de l'installation ITER sont de l'ordre de 15 millions de kilogrammes par an. Des efforts d'optimisation sont en cours pour les diminuer.

### Règles de comptabilisation des effluents

Les effluents sanitaires ont fait l'objet de rejets d'effluents sanitaires de la STEP ITER, transférés aux bassins de contrôle du CEA de Cadarache avant rejet dans la Durance. De ce fait, ITER ne rejette pas d'effluent liquide directement dans l'environnement.

Comme indiqué dans les rapports annuels précédents, pour l'analyse des effluents sanitaires, lorsque la valeur de concentration d'une substance chimique est inférieure à la limite de quantification, une valeur égale à la limite de quantification est utilisée dans la déclaration à la DREAL ([3] à [4]). La même démarche est adoptée pour l'analyse des impacts au chapitre 9.2. Le traitement et le rejet des eaux sanitaires sont effectués par bêche, avec un volume maximal de 150 m<sup>3</sup> par bêche. Les différents rejets effectués au cours du mois cumulés pour obtenir la valeur de rejet mensuelle. Ensuite, la valeur annuelle correspond à la somme des quantités mensuelles rejetées.

### Impacts dus au rejets liquides chimiques

Les rejets chimiques considérés dans l'étude d'impact comprennent les effluents sanitaires, les effluents industriels et l'eau des tours du circuit de refroidissement. En 2018, il n'y a pas eu de rejet lié aux tours du circuit de refroidissement. Ainsi seuls les impacts des rejets des effluents sanitaires et industriels sont analysés.

Les rejets annuels de substances chimiques pour les effluents sanitaires en 2018 sont comparés dans le Tableau 10 aux valeurs des rejets sanitaires estimées dans l'étude d'impact. Ainsi les rejets de substances chimiques sont bien en-dessous des valeurs considérées dans l'étude d'impact.

Paramètre	Rejets annuels en 2018 (kg)	Rejets annuels considérés dans l'étude d'impact [19] (kg)
Matière en suspension	306	1200
Demande chimique en oxygène (DCO)	1026	3600
Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO <sub>5</sub> )	103	1000
Azote Kjeldahl (N)	112.4	400
Phosphore total (P)	13.1	40

Figure 39 : Tableau des rejets annuels d'effluents sanitaires (valeurs 2018 et étude d'impact)

ITER ne possède pas sa propre station de traitement des effluents industriels. Dans le cadre de la convention avec le CEA Cadarache, les effluents industriels sont transférés au CEA pour traitement. Des analyses sont effectuées avant chaque transfert et les transferts sont effectués après confirmation du respect de la fiche de caractérisation telle que définie dans la convention.

Les rejets annuels de produits chimiques pour les effluents industriels pour 2018 sont comparés aux rejets annuels considérés dans l'étude d'impact (Tableau).

Paramètre	Rejets annuels en 2018 (kg)	Rejets annuels considérés dans l'étude d'impact [19] (kg)
Matière en suspension	1.65E+01	1.32E+02
Demande chimique en oxygène (DCO)	2.31E+01	3.53E+02
Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO <sub>5</sub> )	3.69E+00	1.18E+02
Azote global (NGL)	1.45E+00	8.82E+01
Phosphore total	4.93E-01	2.94E+01
Cyanures	1.61E-02*	1.47E-01
Chrome hexavalent et composés (en Cr)	5.35E-03*	1.47E-01
Plomb et composés (en Pb)	5.53E-03	8.82E-01
Cuivre et composés (en Cu)	2.09E-02	5.88E-01
Chrome et composés (en Cr)	6.31E-03	5.88E-01
Nickel et composés (en Ni)	5.68E-03	1.18E+00
Zinc et composés (en Zn)	3.64E-01	5.88E+00
Manganèse et composés (en Mn)	6.52E-03	5.88E-01
Etain et composés (en Sn)	5.65E-03	5.88E-01
Fer et composés (en Fe)	4.76E-01	7.35E+00
Aluminium et composés (en Al)	1.09E-01	7.35E+00
Composés organiques halogénés (en AOX)	5.47E-02	2.06E+00
Hydrocarbures totaux	8.29E-02	1.47E+01
Fluorures	7.19E-02	2.94E+00

Paramètre	Rejets annuels en 2018 (kg)	Rejets annuels considérés dans l'étude d'impact [19] (kg)
Hydrazine	Sans objet**	2.90E-02
Sodium	Sans objet**	1.65E+03
Sulfates	6.54E+01	2.06E+03
Chlorures	3.70E+01	5.88E+02
Bore	2.74E-02	1.47E+00

Figure 40 : Tableau des rejets annuels d'effluents industriels (valeurs 2018 et étude d'impact)

\* : les mesures pour les cyanures et le chrome hexavalent et les composés (en Cr) sont systématiquement en-dessous du seuil de détection. Pour les calculs d'impact, la valeur de la limite de détection est considérée. De façon générale, la valeur de la limite de détection est systématiquement considérée afin d'utiliser des valeurs enveloppes.

\*\* : le sodium et l'hydrazine ne seront rejetés qu'à partir du début de la phase d'exploitation d'ITER.

Les concentrations ajoutées en Durance par les rejets liés aux effluents sanitaires et les effluents industriels en 2018 sont comparés avec les valeurs considérées dans l'étude d'impact. Les valeurs 2018 prennent en compte la même valeur de débit dans la Durance que l'étude d'impact. Les concentrations réelles ajoutées en Durance en 2018 par ITER sont beaucoup plus basses que les estimations de l'étude d'impact pour la phase non nucléaire.

Paramètre	Rejets annuels en 2018 (kg)	Rejets annuels considérés dans l'étude d'impact [19] (kg)
Matière en suspension	1.65E+01	1.32E+02
Demande chimique en oxygène (DCO)	2.31E+01	3.53E+02
Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO <sub>5</sub> )	3.69E+00	1.18E+02
Azote global (NGL)	1.45E+00	8.82E+01
Phosphore total	4.93E-01	2.94E+01
Cyanures	1.61E-02*	1.47E-01
Chrome hexavalent et composés (en Cr)	5.35E-03*	1.47E-01
Plomb et composés (en Pb)	5.53E-03	8.82E-01
Cuivre et composés (en Cu)	2.09E-02	5.88E-01
Chrome et composés (en Cr)	6.31E-03	5.88E-01
Nickel et composés (en Ni)	5.68E-03	1.18E+00
Zinc et composés (en Zn)	3.64E-01	5.88E+00
Manganèse et composés (en Mn)	6.52E-03	5.88E-01
Etain et composés (en Sn)	5.65E-03	5.88E-01
Fer et composés (en Fe)	4.76E-01	7.35E+00
Aluminium et composés (en Al)	1.09E-01	7.35E+00
Composés organiques halogénés (en AOX)	5.47E-02	2.06E+00
Hydrocarbures totaux	8.29E-02	1.47E+01
Fluorures	7.19E-02	2.94E+00

Figure 41: Tableau comparatif des rejets annuels en 2018 et des rejets considérés dans l'étude d'impact (kg)

Paramètre	Concentrations ajoutées en Durance par les rejets industriels en 2018 (mg/l)	Concentrations ajoutées en Durance par les rejets sanitaires en 2018 (mg/l)	Concentrations ajoutées en Durance total en 2018 (mg/l)	Concentrations ajoutées en Durance considérées dans l'étude d'impact (mg/l)		
				Effluents industriels	Effluents sanitaires	Total non nucléaire
Manganèse et composés (en Mn)	4.66E-08		4.66E-08	4.20E-06	-	4.20E-06
Etain et composés (en Sn)	4.04E-08		4.04E-08	4.20E-06	-	4.20E-06
Fer et composés (en Fe)	3.37E-06		3.37E-06	5.20E-05	-	5.20E-05
Aluminium et composés (en Al)	7.69E-07		7.69E-07	5.20E-05	-	5.20E-05
Composés organiques halogénés (en AOX ou EOX)	3.99E-07		3.99E-07	1.50E-05	-	1.50E-05
Hydrocarbures totaux	5.64E-07		5.64E-07	1.00E-04	-	1.00E-04
Fluorures	5.14E-07		5.14E-07	2.10E-05	-	2.10E-05
Sulfates	4.76E-04		4.76E-04	1.50E-02	-	1.50E-02
Chlorures	2.64E-04		2.64E-04	4.20E-03	-	4.20E-03
Bore	1.86E-07		1.86E-07	1.00E-05	-	1.00E-05

Figure 42 : Tableau des concentrations ajoutées en Durance (mg/l)

L'étude d'impact concluait que l'impact des substances chimiques liées aux rejets liquides qui présentent un risque toxique est négligeable pendant la construction et la phase d'exploitation non-nucléaire. Les valeurs considérées dans l'étude d'impact restent enveloppes des valeurs réelles en 2018. Les conclusions de l'étude d'impact restent donc adaptées par rapport à la situation réelle en 2018.

## Gestion de la ressource

La gestion de la ressource en eau devient un enjeu primordial de notre société qui est confrontée à de nombreuses problématiques de plus en plus complexes aux vues de l'avancé du réchauffement climatique et la croissance démographique mondiale.

Le Centre CEA de Cadarache est alimenté en eau par la Durance et par le Verdon, actuellement la ressource en eau qui alimente le centre est plus que suffisante pour couvrir les besoins du Centre et d'ITER même après la mise en fonctionnement du réacteur du RJH et d'ITER.

Cependant, comment la ressource en eau va être menée à évoluer d'ici une trentaine d'année ? Est-ce que les différents usages de l'eau pourront continuer à être alimentés correctement même s'il y a une diminution de la ressource en eau ? Et, bien-sûr, est-ce que les besoins en eau du Centre du CEA et ITER seront toujours suffisamment assouvis afin de garantir une exploitation complète des industries et maintenir une sécurité maximale face au risque nucléaire ?

Afin de répondre en partie à ces questions, l'étude *R<sup>2</sup>D<sup>2</sup> 2050 : Risque, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050* a été réalisée de 2010 à 2016. C'est un projet financé par le ministère du développement durable et par l'agence de l'eau Rhône- Méditerranée- Corse de l'ordre de 1,4 M d'€. Etude à laquelle ont participé de nombreux partenaires tels que Irstea, EDF, SCP Le Tholonet ....

### Etude R2D2 2050

#### Contexte

Pour resituer le contexte de l'étude, le bassin de la Durance, cours d'eau majeur du sud-est de la France, se caractérise par une grande diversité des usages « traditionnels » de l'eau tels que l'agriculture irriguée, l'hydroélectricité, l'alimentation en eau potable et l'industrie, mais aussi par des demandes sociétales récentes (loisirs liés à l'eau, préservation de la qualité des milieux). Ces usages sont des activités importantes pour le développement du territoire qui vont au-delà des limites naturelles des bassins versants de la Durance et du Verdon, son principal affluent.

L'évolution démographique, la montée en puissance des préoccupations environnementales et le développement économique devraient impacter les usages établis (alimentation en eau potable, énergie, irrigation) et ceux émergents (service écologique, tourisme). S'ajouterait, aux évolutions socio-économiques et démographiques du territoire, l'impact du changement climatique. Les effets combinés de demandes en eau modifiées et d'évolutions du climat devraient avoir, semble-t-il, une incidence sur la disponibilité en eau et la clef de répartition entre les usages de l'eau.

Le projet R2D2 2050 a eu pour objectif principal d'évaluer les impacts des évolutions anthropiques et climatiques sur la gestion de l'eau à l'échelle de la Durance en se focalisant sur l'équilibre offre-demande en eau des territoires sécurisés par les grandes réserves hydrauliques de la Durance et du Verdon, à l'horizon 2050.

## Objectifs généraux du projet

Ce projet met à jour pour partie les connaissances sur l'effet du changement global dans la suite du projet « GICC-Rhône » (Leblois, 2002), datant de 2003, en se concentrant sur un des affluents majeurs du Rhône, parmi les plus contrastés en termes de régime hydrologique et de climat. Les analyses à l'échelle des territoires desservis par le système Durance-Verdon complètent l'étude « Explore 2070 » réalisée à l'échelle nationale (Chauveau *et al.*, 2013).

Les principaux apports du projet sont :

- la construction d'une représentation fidèle du fonctionnement actuel d'un grand bassin versant (environ 13 000 km<sup>2</sup>) soumis à des influences climatiques variées et dont la ressource est fortement sollicitée par des territoires connexes via un réseau de canaux ;
- l'élaboration d'une vision prospective quantifiée du devenir de la gestion de l'eau sous hypothèse de changement global, impliquant les acteurs du territoire, appréhendée à différentes échelles emboîtées, depuis l'échelle européenne jusqu'aux entités de gestion de ce bassin ;
- la quantification des incertitudes permettant de hiérarchiser la part relative des différentes sources à l'origine de ces incertitudes (relatives notamment à la représentation des évolutions socio-économiques, climatiques, hydrologiques...), ceci afin de dégager les grandes tendances sur lesquelles les gestionnaires pourraient élaborer une stratégie d'adaptation.

## Matériels et méthodes

Une chaîne de modélisation numérique a été développée et mise en place sur le territoire, incluant des représentations actuelles et futures : du climat, de la ressource naturelle, des demandes et prélèvements en eau pour l'agriculture, l'industrie et l'alimentation en eau potable, du fonctionnement des grandes réserves hydrauliques.

Les principaux points de restitution sont des stations hydrométriques actuellement en fonctionnement : la Durance à Serre-Ponçon, à l'Escale, à Cadarache et à Mallemort, le Buech à Serres, le Verdon à Sainte-Croix et à Castillon.

Afin de comprendre les fondamentaux de l'étude, les analyses, modèles, projections et méthodes utilisés sont résumés ci-dessous :

- Le climat actuel est décrit par deux re-analyses préexistantes : SPAZM (résolution spatiale 1 km) et SAFRAN (disponibilité au pas de temps horaire) et une nouvelle archive "Durance météo" DuO, créée pour les besoins du projet, qui est le fruit de l'hybridation des deux re-analyses. L'évapotranspiration de référence est calculée selon la formule de Penman Monteith afin de s'approcher au mieux du référentiel des agronomes.
- Les projections climatiques ont été générées par trois méthodes de descente d'échelle statistiques appliquées à une sélection de sorties de modèles de grande échelle (GCMs).
- Sept modèles hydrologiques de structures différentes, et *a priori* à la sensibilité différente sous climat modifié ont été retenus pour simuler les évolutions passées de la ressource naturelle. Six d'entre eux ont été forcés par des climats futurs et un protocole commun de test de ces modèles a été mis en place afin d'évaluer leur capacité à reproduire le comportement hydrologique des bassins versants dans les conditions naturelles actuelles.
- Trois modèles de complexité variée estimant les besoins en irrigation (FIVE CoRE, SiSPAT et MODIC) ont été appliqués sur neuf cultures emblématiques du bassin de la Durance.

- Un modèle statistique sur la base d'une fonction économétrique a été développé pour représenter la demande en eau potable (AEP).
- Enfin, un outil de simulation des grands ouvrages hydrauliques (Serre-Ponçon, Castillon, Sainte-Croix), a été élaboré pour représenter le lien entre leurs gestions, les sollicitations du système Durance-Verdon et les objectifs de remplissage des réserves, de respect des débits réserves et de cotes touristiques.

Cet ensemble de modèles a permis de reproduire de manière satisfaisante le fonctionnement actuel des composantes naturelles et anthropiques de l'hydrosystème prenant en compte les principaux processus, leurs interactions et leur spatialisation.

De plus, grâce au soutien d'acteurs impliqués dans la gestion de l'eau, quatre scénarios de développement socioéconomique des secteurs connectés au système Durance-Verdon ont fait l'objet d'une quantification et d'un conditionnement des valeurs assignées aux paramètres des modèles de besoin en eau (par ex. évolution des assolements, évolution démographique...).

## Résultats

### Connaissance et représentation de la Durance dans le contexte actuel

Le travail conséquent d'analyse des prélèvements, des transferts d'eau et des usages a permis de connaître les pressions actuelles pesant sur le système Durance-Verdon, de comprendre les principaux facteurs explicatifs des évolutions récentes et, *in fine*, de reconstituer des chroniques de débits naturalisés sur la partie aval du territoire au pas de temps journalier. Les séries de prélèvements issues des redevances de l'agence de l'eau et des débits observés et naturalisés disponibles sur la période 1980-2009 ont constitué la référence pour qualifier la pertinence des modèles d'impact en temps présent.

L'analyse des séries de débits simulés par les modèles hydrologiques montre l'existence de différences notables entre modèles sur près de 25 bassins étudiés. Les origines de ces écarts sont partiellement expliquées en examinant les variables internes et les modalités choisies pour l'application des modèles. Aucun des modèles ne semble meilleur que les autres sur l'ensemble des critères ou des stations (Figure 3, gauche), ce qui rejoint les conclusions de précédents exercices de comparaison. Le projet a mis en lumière des similitudes inattendues entre modèles aux structures pourtant fondamentalement distinctes.

### Evolution de l'hydro-climatologie du bassin de la Durance à l'horizon 2050

Le changement climatique envisagé sur la période 2036-2065 et ses effets sur la ressource naturelle, mesuré sur la base des 330 projections, par rapport à la période 1980-2009 se traduit par les évolutions suivantes :

- une augmentation des températures moyennes de l'ordre de 1.5°C, et pouvant aller jusqu'à 3°C, plus importante l'été ;
- une forte incertitude sur l'évolution des précipitations ;
- une réduction de la ressource en eau estivale (par ex. -20 m3/s pour le débit d'étiage moyen d'aout à Cadarache) ;
- une diminution des stocks de neige et une fonte avancée dans l'année qui induisent une réduction des débits au printemps ;

- une évolution de la ressource annuelle (par ex. autour de -20 m<sup>3</sup>/s avec un intervalle entre -70 et +40 m<sup>3</sup>/s à Cadarache) ;
- des évolutions incertaines des débits hivernaux, du fait notamment de la forte variabilité dans les projections sur les pluies.

### Evolution des usages sur le bassin de la Durance à l'horizon 2050

Afin de mieux appréhender l'avenir socioéconomique de nombreux scénarios plausibles contrastés : de demande en eau future ou de territoire et en déduire une demande en eau, ont été considérés. C'est la seconde option qui a été choisie (à noter que les scénarios ont été construits indépendamment de l'évolution du climat).

L'interprétation chiffrée des scénarios socio-économiques conduit à deux futurs avec des surfaces irriguées en augmentation et deux en diminution.

Ces futurs se traduisent, à l'échelle du territoire, par des demandes en eau contrastées (total des prélèvements hors alimentation des canaux), avec une hausse sensible pour le scénario *investissement* et une baisse prononcée pour le scénario *crise*, et par des prélèvements réduits par rapport à la période 1980-2009. La demande en eau potable est très dépendante de la démographie et de l'exploitation ou non des ressources locales et conduit dans certains scénarios à des transferts accrus.

L'examen de la dispersion des résultats semble indiquer que les évolutions des prélèvements sont plus sensibles aux facteurs socio-économiques qu'au facteur climat.

Le résultat est quatre scénarios prospectifs pour le territoire (*investissement, spécialisation, écologie, crise*) avec les cohérences internes (ex. compétition entre usages) imposées à l'heure actuelle ou émergentes dans le futur. S'y ajoutent les scénarios *tendanciel* et *business-as-usual*. Au total, six scénarios ont été proposés. La combinaison des hypothèses conduit à des baisses sensibles allant de 19% pour le scénario *spécialisation* (amélioration des rendements des canaux) à 30% pour le scénario *crise* (agriculture irriguée et AEP en berne).

Les premiers scénarios ont montré que sur la Durance, un territoire avec des pratiques maintenues au niveau 2010, verrait fortement augmenter la consommation moyenne (+100 %). En revanche, sur les autres devenirs envisagés, grâce notamment au maintien ou à l'amélioration des rendements des canaux d'irrigation, le recours à la tranche d'eau serait soit stable, soit légèrement à la baisse, du fait d'une réduction de la sollicitation par rapport à la situation en temps présent. Le constat est différent sur le Verdon.

Il a été conclu que les devenirs du territoire conduiraient à une hausse de la consommation moyenne conséquence d'une demande accrue en AEP et trois d'entre eux pourraient occasionner des dépassements fréquents de la valeur 85 Mm<sup>3</sup>, équivalent de la tranche d'eau mobilisable de Castillon, sans pour autant dépasser le cumul des tranches d'eau des deux retenues Sainte-Croix et de Castillon (225 Mm<sup>3</sup>).

## Incertitudes sur le diagnostic à l'horizon 2050

La richesse des approches et disciplines abordées dans le projet a permis d'engager une réflexion sur les incertitudes sur le devenir de la gestion de l'eau du système Durance. De nombreuses sources d'incertitude ont été identifiées, mais pas toutes quantifiées. C'est le cas des incertitudes relatives aux données de base (climat, hydrologie et usages).

L'examen des simulations des besoins en eau des plantes en temps présent sur neuf cultures montre une grande variabilité des estimations entre les différents modèles testés. Ces différences s'estompent dès lors que les anomalies entre présent et futur sont exploitées pour caractériser l'impact du changement climatique. La prise en compte ou non de l'évolution de la phénologie des cultures induite par le changement climatique est également une source d'incertitude partiellement examinée dans le projet. Ici sa prise en compte a révélé que la phénologie influence peu les usages énergétiques et touristiques des réservoirs.

Les débits naturels futurs ont fait l'objet d'un examen détaillé des incertitudes associées grâce à l'approche multimodales. Il est apparu que la majeure partie des incertitudes sur les débits moyens annuels provient de la modélisation climatique globale, qui intervient via la quantité de précipitations projetées. Cette dernière est fortement incertaine du fait de la variabilité naturelle chaotique du climat.

Pour des variables plus intimement liées aux processus de surface, comme l'évapotranspiration ou les débits d'étiages estivaux, la part d'incertitude liée à la modélisation hydrologique s'avère loin d'être négligeable et augmente avec l'échéance des projections.

## **Conclusions – Perspectives du projet R2D2 2050**

Le projet R2D2 2050 a contribué à améliorer la connaissance du fonctionnement du bassin versant de la Durance et des territoires connectés via les transferts d'eau, par le recueil de données d'origines physique, biologique et socioéconomique. Cette base de connaissance a permis la mise en place et le développement d'outils dédiés à la modélisation de la gestion de l'eau et des interactions entre ressources en eau locales et volumes stockés en amont dans les grandes réserves. Une réelle difficulté est apparue lors de l'interprétation des données relatives aux usagers. Des scénarios pour le futur ont été construits, non sans difficulté, avec les acteurs, réinterprétés dans les modèles et finalement combinés avec les évolutions climatiques pour fournir une vision quantifiée des besoins en eau du territoire en 2050.

Les modifications du climat engendrent une baisse notable de la ressource naturelle à l'horizon 2050. Les évolutions du territoire induisent des demandes en eau très contrastées. A territoire inchangé, la sollicitation de la réserve de Serre-Ponçon devrait augmenter du fait de la baisse de la ressource locale. La tranche d'eau réservée serait plus fréquemment insuffisante. Les cinq devenirs envisagés du territoire incluant la poursuite de programmes d'économies d'eau proposent une vision opposée avec une baisse de la sollicitation qui permet de contenir plus aisément l'utilisation de la réserve agricole. La vision sur le système Verdon est différente : à usage maintenu au niveau 2010, les sollicitations aval des ouvrages sont légèrement sensibles au climat affichant une faible augmentation. Seuls trois scénarios du territoire (*spécialisation, investissement, tendancier*) conduisent à une augmentation de la

sollicitation des réservoirs du Verdon pouvant dépasser la tranche de Sainte-Croix mais sans jamais épuiser l'ensemble des réserves allouées.

La production d'Énergie est directement impactée par la baisse de la ressource naturelle. La baisse probable des apports de fonte conduit à contraindre davantage la remontée de cote avant l'été avec un objectif de remplissage lié aux cotes touristiques inchangés. La réserve énergétique saisonnière est dans ces conditions fortement réduite, quels que soient les devenirs des territoires, notamment sur le Verdon.

Si l'usage touristique de Serre-Ponçon semble pouvoir être sensiblement préservé sous réserve d'une évolution du territoire fondée sur une économie d'eau substantielle, celui de Sainte-Croix et Castillon semble plus délicat à garantir dans la configuration actuelle.

Sur la base des hypothèses retenues dans le projet R2D2 2050, l'effet du changement global sur la Durance semble pouvoir être contenu sur les secteurs sécurisés par le système Durance-Verdon sous réserve que l'avenir du territoire se développe à l'intérieur du faisceau des scénarios choisis ici. Des sensibilités différentes sur la sollicitation des réserves de la Durance et du Verdon ont pu s'exprimer.

Elles nécessiteront de repenser l'équilibre entre les usages et de faire évoluer les règles de gestion de la ressource en eau... Sur les territoires dépendants de la seule ressource locale (non sécurisés), la situation pourrait être critique avec des sécheresses plus fréquentes et des arrêtés de limitation des usages qui pourraient fort bien réduire la capacité à prélever. Dans tous les cas, il sera nécessaire de mettre en œuvre des mesures d'adaptation.

Le projet R2D2 2050 a été l'occasion d'améliorer la représentation des processus de constitution et de fonte de la neige dans les modèles hydrologiques, mais son implémentation requiert des mesures du manteau neigeux.

Seules trois projections hydro-climatiques ont présenté des qualités suffisantes pour être exploitées par le modèle de gestion des réserves, du fait de biais présents dans les simulations de débit en temps présent. La représentation fine de l'anthropo-système a en effet fait émerger un niveau d'exigence plus élevé sur la performance des modèles hydrologiques.

## Conclusion

Cette étude bibliographique a permis d'obtenir une claire idée du devenir de la ressource en eau et des réserves d'eau croissant consacrées au Centre CEA de Cadarache et ITER pour le futur.

Les données récoltées, pour réaliser l'état des lieux du centre, ont montré que les besoins en eau actuelles sont en-dessous des prévisions annuelles. Les prélèvements d'eau brute se font via le barrage EDF ou le Canal de Provence pour l'approvisionnement de l'eau utilisée pour la construction du chantier d'ITER. Dans le futur, les deux plus gros consommateurs seront le Réacteur Jules Horowitz et ITER. A eux deux, c'est 43 000 000 m<sup>3</sup> d'eau brute prélevée dans le

milieu naturel. Les rejets du Centre du CEA et ITER ne posent aucun problème de pollutions des eaux, ils sont tous traités si besoin afin de ne pas dépasser les limites réglementaires.

Le Réacteur Jules Horowitz (RJH) et ITER seront en fonctionnement d'ici 2025 et seront alimentés grâce à l'eau du SCP avec la mise en place d'une boucle nord assurant l'approvisionnement des deux réacteurs même en cas de problème de canalisation sur le réseau d'eau. Ces deux réacteurs, une fois en activité, représentent environ 29% de l'eau vendu par la SCP. Ils seront les plus gros clients de la Société du Canal de Provence. Rappelons que le Canal de Provence ayant pour l'instant un volume annuel de transit de 150 millions de m<sup>3</sup> alors que sa dotation annuelle maximale pourrait être de 660 millions.

Pour ce qui est de la gestion de la ressource en eau pour le système Durance-Verdon, le rapport R2D2 2050 a apporté de bonnes avancées en matière de modélisation hydrologique surtout pour la fonte des neiges. Les différents scénarios envisagés donnent une vision quantifiée des besoins en eau du territoire en 2050.

Malgré une importante diminution de la ressource en eau d'ici 2050, la mise en fonctionnement du RJH et de ITER n'est pas menacé. Les modifications du climat engendrent une baisse notable de la ressource naturelle à l'horizon 2050. Les évolutions du territoire induisent des demandes en eau très contrastées. A territoire inchangé, la sollicitation de la réserve de Serre-Ponçon devrait augmenter du fait de la baisse de la ressource locale.

## Bibliographie

- <http://cadarache.cea.fr/cad/Le-centre/presentation-installations>, consulté en Juin 2020
- PPI du CEA de Cadarache, consulté en Juillet 2020
- Demande d'autorisation de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau – RJH, consulté en Juin-Juillet 2020
- Rapport Magenta, consulté en Juin-Juillet 2020
- Rapport environnemental 2018 CEA, consulté en Juin-Juillet 2020
- Rapport environnemental annuel 2018 ITER, consulté en Juin-Juillet 2020
- Rapport R2D2 2050, consulté en Août 2020
- Site CEA CADARACHE Evaluation complémentaire de la sûreté au regard de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, consulté en Août 2020