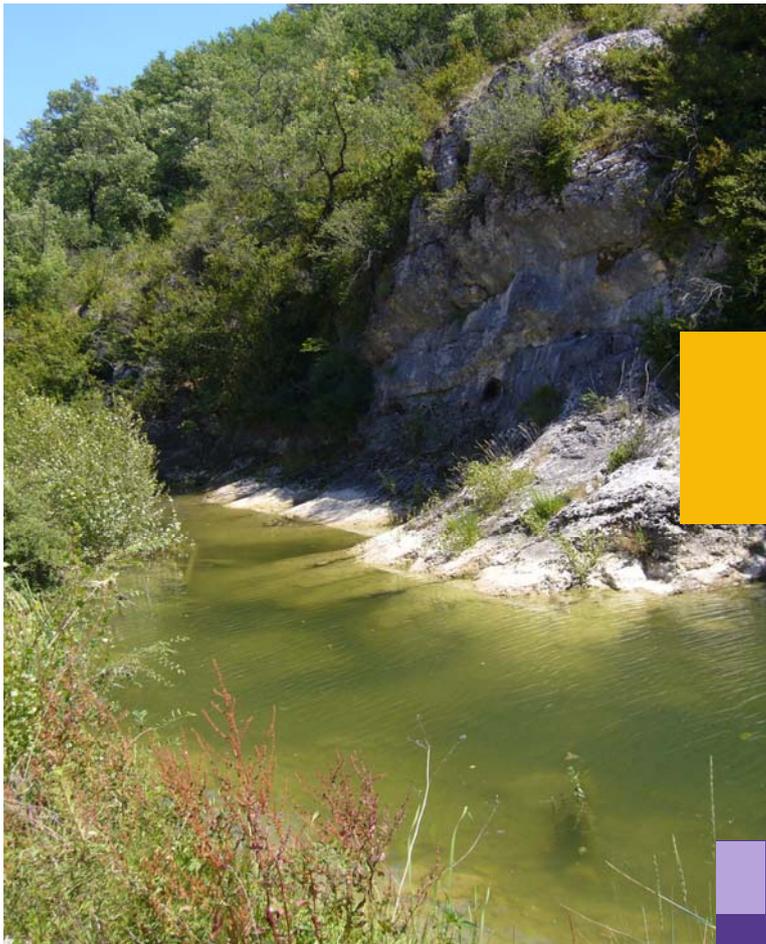


ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX

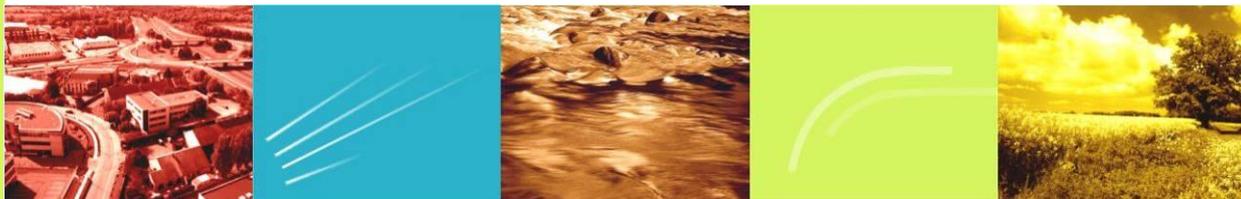


Sous bassin versant du Calavon - Coulon

Phases 1 & 2 • Décembre 2011



PARC NATUREL REGIONAL DU LUBERON



ETUDE DE DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES SUR LE BASSIN VERSANT DU CALAVON

Caractérisation du bassin versant et quantification des ressources (phases 1 et 2)



MAÎTRE D'OUVRAGE

**PARC NATUREL REGIONAL DU
LUBERON**

OBJET DE L'ÉTUDE

**ÉTUDE DE DÉTERMINATION DES
VOLUMES PRÉLEVABLES SUR LE
BASSIN VERSANT DU CALAVON**

N° AFFAIRE

M10191

INTITULE DU RAPPORT

***Caractérisation du bassin versant et
quantification des ressources (phases 1 et 2)***

V3	05/08/2013	Fabien CHRISTIN	Philippe DEBAR	Version finale
V2	12/09/2011	Fabien CHRISTIN	Philippe DEBAR	Compléments suite au comité technique du 05/07/2011
V1	29/06/2011	Fabien CHRISTIN	Philippe DEBAR	
<i>N° de Version</i>	<i>Date</i>	<i>Établi par</i>	<i>Vérifié par</i>	<i>Description des Modifications / Évolutions</i>



Août 2013

Établi par CEREG Ingénierie / FCH

TABLE DES MATIÈRES

A. PRESENTATION DE L'ÉTUDE.....	9
A.I ELEMENTS DE CONTEXTE.....	10
A.II CONTENU DU RAPPORT	13
A.III METHODOLOGIE GENERALE DES PHASES 1 ET 2.....	13
B. PHASE 1 : DIAGNOSTIC DE LA SITUATION ACTUELLE.....	14
B.I PRESENTATION GENERALE DU BASSIN VERSANT	15
B.I.1 Altimétrie	15
B.I.2 Réseau hydrographique.....	16
B.I.3 Pluviométrie	16
B.I.4 Régimes hydrologiques.....	16
B.II OCCUPATION DU SOL	17
B.III GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE.....	18
B.III.1 Géologie	19
B.III.2 Hydrogéologie.....	19
B.IV USAGES DU TERRITOIRE	20
B.IV.1 Population	20
B.IV.2 Activité agricole	22
B.IV.2.1 Analyse de la production agricole dans la région PACA	22
B.IV.2.2 Présentation de l'agriculture et de l'irrigation sur le bassin	22
B.IV.3 Tourisme.....	26
B.V CARACTERISATION DES DESEQUILIBRES	30
B.V.1 Stations hydrométriques SPC.....	30
B.V.2 ROCA ó Réseau d'Observation des Crises d'Assec.....	30
B.V.3 Réseau de surveillance des étiages du Calavon.....	31
B.V.4 Plan sécheresse du Calavon.....	32
B.V.4.1 Définition des seuils et niveaux de référence	32
B.V.4.2 Activations du plan sécheresse sur le bassin versant du Calavon.....	34
B.V.5 Transferts de ressource entre bassins	35
B.V.6 Identification sommaire des déséquilibres	35
B.VI SYNTHESE.....	36
C. PHASE 2 : QUANTIFICATION DES RESSOURCES.....	37
C.I DONNEES METEOROLOGIQUES	38
C.I.1 Données acquises	38
C.I.2 Analyse de la pluviométrie	39
C.I.3 Analyse de la température.....	43
C.I.4 Analyse de l'EvapoTranspiration Potentielle (ETP).....	44
C.II DONNEES DEBITMETRIQUES	45
C.II.1 Analyse des débits aux stations hydrométriques	45
C.II.2 Campagnes de mesures complémentaires (PNRL ó CEREG Ingénierie)	48
C.II.2.1 Méthodologie.....	48
C.II.2.2 Résultats.....	49

C.II.2.3	Analyses.....	49
C.III	HYDROGEOLOGIE.....	52
C.III.1	<i>Description des masses d'eau souterraines</i>	52
C.III.1.1	FR_DO_130 : Calcaires Urgoniens du plateau de Vaucluse et Montagne de Lure...	52
C.III.1.2	FR_DO_226 : Calcaires sous couverture gréseuse-sableuse du synclinal d'Apt	53
C.III.1.3	FR_DO_133 : Calcaires de la montagne du Luberon.....	54
C.III.1.4	FR_DO_213 : Formations gréseuses et marno-calcaires tertiaires de la basse vallée de la Durance	54
C.III.1.5	FR_DO_301 : Alluvions du Comtat et des Sorgues	56
C.III.2	<i>Evolutions de la piézométrie des nappes du Calavon</i>	56
C.III.2.1	Analyse des cartes piézométriques du BRGM	57
C.III.2.2	Suivis piézométriques de la nappe d'accompagnement du Calavon	58
C.III.3	<i>Relation nappe - rivière</i>	62
C.III.4	<i>Synthèse</i>	64
C.IV	SECTORISATION DU BASSIN VERSANT	65
D.	ANNEXE 6 ETUDE HYDROGEOLOGIQUE (BERGA SUD)	67

LISTE DES PLANCHES

➤	Planche n°1 : Carte générale du bassin versant et des limites de communes	15
➤	Planche n°2 : Carte des altitudes.....	15
➤	Planche n°3 : Réseau hydrographique	16
➤	Planche n°4 : Occupation du sol	17
➤	Planche n°5 - Formations géologiques du bassin versant du Calavon.....	18
➤	Planche n°6 6 Masses d'eau souterraines du bassin versant du Calavon.....	18
➤	Planche n°7 6 Irrigation sur le bassin versant du Calavon.....	25
➤	Planche n°8 : Réseau de suivis des étiages	30
➤	Planche n°9 : Cartographie des assecs	30
➤	Planche n°10 : Localisation des stations météorologiques	38
➤	Planche n°11 : Localisation des points de mesure de débit	48
➤	Planche n°12 : Synthèse des relations nappes - rivières	62
➤	Planche n°13 : Découpage du Calavon en sous bassins versants	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Répartition des altitudes (MNT Vaucluse au 1/250 000°)	15
Tableau n°2 : Occupation des sols (CORINE Land Cover)	17
Tableau n°3 : Population du bassin versant (Source : INSEE 2006)	21
Tableau n°4 Evolution des types de culture sur la région PACA (source : RGA)	22
Tableau n°5 : Surfaces cultivées sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000)	23
Tableau n°6 : Surfaces des cultures irriguées sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000) ...	24
Tableau n°7 : Modes d'irrigation sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000)	24
Tableau n°8 : Surfaces des cultures irriguée (ha) par sous-bassins versants (source : RGA 2000)	25
Tableau n°9 : Cheptel des principaux élevages du bassin du Calavon (source : RGA 2000)	26
Tableau n°10 : Synthèse du nombre de résidences pour les communes du bassin du Calavon (source : INSEE recensement 1999)	27
Tableau n°11 : Synthèse de la capacité d'hébergement sur le bassin du Calavon (source : Office du Tourisme de Vaucluse et Conseil Général des Alpes de Hautes Provence - 2009)	29
Tableau n°12 : Observations du réseau de surveillance des assècs ROCA (Source ONEMA)	31
Tableau n°13 : Réseau de suivi des étiages (Source PNRL)	32
Tableau n°14 : Critères d'analyses des seuils du plan sécheresse (Source : DDT84)	33
Tableau n°15 : Niveaux de références du plan sécheresse (source : DDT84)	33
Tableau n°16 : Arrêtés sécheresse des 6 dernières années (Source DDT84 & SIE Rhône-Méditerranée)	34
Tableau n°17 : Synthèse des données météorologiques (Source Météo France)	39
Tableau n°18 : Valeurs caractéristiques des débits d'étiage sur les stations du Calavon (Source Banque Hydro)	45
Tableau n°19 : Analyse des lames d'eau et coefficient d'écoulement (1976 ó 2010)	48
Tableau n°20 : Synthèse des jaugeages complémentaire sur le Calavon et ses affluents (Source CEREG ó PNRL)	50
Tableau n°21 : Découpage en sous bassins versants	66

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration n°1 : Courbe hypsométrique (MNT Vaucluse au 1/250 000 ^e).....	16
Illustration n°2 : Comparaison des occupations de sol (%) entre 1990 et 2006 sur le bassin versant du Calavon (pourcentage de la superficie totale, CORINE Land Cover).....	18
Illustration n°1 : Proportions des surfaces cultivées sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000).....	23
Illustration n°2 : Proportion des surfaces des cultures irriguées sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000).....	24
Illustration n°3 : Localisation des stations pluviométriques (source Météo France).....	38
Illustration n°4 : Précipitations moyennes annuelles (source Météo France).....	40
Illustration n°5 : Variation des cumuls annuels de pluies en fonction de l'altitude des stations (Source Météo France).....	40
Illustration n°6 : Variation des cumuls annuels de pluies (Source Météo France).....	41
Illustration n°7 : Nombre de jours de pluie et par an et intensité sur la période 1997-2007 (Source Météo France).....	42
Illustration n°8 : Cumuls des précipitations pendant la période d'irrigation (Source Météo France).....	42
Illustration n°9 : Température moyenne mensuelle à Apt ó Cavaillon et Cabrières d'Avignon (Source Météo France).....	43
Illustration n°10 : Variations de l'ETP sur l'année (moyenne 1968-2008) (Source Météo France).....	44
Illustration n°11 : Débits moyens mensuels du Calavon (Coste Raste : moyenne 1964-2010 ; Garrigue : moyenne 1997-2010) (Source DREAL ó SPC Grand Delta).....	46
Illustration n°12 : Débits moyens annuels du Calavon (Coste Raste : moyenne 1964-2010 ; Garrigue : moyenne 1997-2010) (Source DREAL ó SPC Grand Delta).....	47
Illustration n°13 : Jaugeage CEREG 1 (Mai 2011) réalisé sur le Calavon.....	51
Illustration n°14 : Jaugeages sur le Calavon amont réalisés durant la période d'étiage (Source CEREG ó PNRL).....	51
Illustration n°15 : Piézométrie de la nappe alluviale du Calavon au niveau de la plaine de Coustellet ó Les Baumettes en Mai 1968 (BRGM, 1968 ; SCP ó BRGM, 1992).....	57
Illustration n°16 : Piézométrie de la nappe alluviale du Calavon au niveau de la plaine de Lacoste en Mai 1968 (BRGM, 1968 ; SCP ó BRGM, 1992).....	58
Illustration n°17 : Piézométrie de la nappe alluviale du Calavon au niveau des Bégudes et de Saint-Martin-de-Castillon (CCPA et Chambre d'Agriculture du Vaucluse).....	59
Illustration n°18 : Piézométrie de la nappe alluviale du Calavon au niveau d'Oppède (Chambre d'Agriculture du Vaucluse).....	60
Illustration n°19 Localisation des piézomètres au niveau des zones d'épandages de KERRY (BRL, 2011).....	61

PRÉAMBULE

Le Bureau d'étude CEREG Ingénierie a été missionné pour réaliser *l'étude de détermination des volumes prélevables* sur le bassin versant du Calavon. Cette étude d'une durée initiale de 18 mois doit traiter des aspects suivants :

- Recenser et évaluer les usages de l'eau sur le bassin versant ;
- Analyser les ressources en eau disponibles ;
- Evaluer et identifier les zones naturelles présentant une vie aquatique remarquable ;
- Identifier les problèmes occasionnés par les prélèvements ;
- Proposer les volumes pouvant être prélevés sur le bassin versant sans mettre en péril la vie aquatique, les besoins en eau potable
- proposer des outils de gestion et des pistes d'amélioration des situations problématiques.

L'étude est décomposée en 6 phases :

- **Phase 1 : Un diagnostic de la situation actuelle et un recueil de données complémentaires** par une reconnaissance de terrain et analyse des données disponibles ;
- **Phase 2 : Une caractérisation et une quantification des ressources en eau** à partir des données climatologiques et hydrométriques ;
- **Phase 3 : Un bilan des flux (prélèvements, transferts d'eau et rejets)**. Cette phase est réalisée par analyse des données disponibles et enquêtes auprès des usagers de l'eau ;
- **Phase 4 : L'évaluation des pressions et des impacts des prélèvements** à l'aide d'une modélisation hydrologique ;
- **Phase 5 : La détermination des débits minimums biologiques** à l'aide de la méthode ESTIMHAB ;
- **Phase 6 : La détermination des volumes prélevables et des débits objectifs d'étiage** par croisement de la ressource disponible et des besoins ;

Le présent rapport traite des phases 1 et 2 de cette étude.

A. PRESENTATION DE L'ETUDE

A.I ELEMENTS DE CONTEXTE

□ *Le bassin versant du Calavon - Coulon*

Le bassin versant du Calavon est situé sur dans la région Provence Alpes Côte d'Azur au niveau de deux départements : le Vaucluse, les Alpes de Haute Provence.

Cinquante et une communes sont situées en totalité ou partiellement sur ce bassin versant.

Le Calavon, ou Coulon sur sa partie aval, est un cours d'eau méditerranéen marqué par des crues violentes et des étiages sévères. Il draine un bassin versant topographique de près de 995 km². Près de 40% du bassin versant (Nord) est karstique favorisant l'infiltration des eaux vers un exutoire à l'extérieur du bassin versant. En plus des phénomènes naturels climatiques et géologiques (karst), les prélèvements aggravent les étiages naturels du Calavon et de ses affluents.

Le réseau hydrographique du Calavon représente une longueur de 84 km entre sa source « officielle » sur la commune de Banon (04) et la confluence avec la Durance au droit de la commune de Cavaillon (84). Ses principaux affluents sont d'amont en aval :

- Le Grand Valat et l'Encrême en rive gauche ;
- La Dôa, La Riaille d'Apt, l'Urbane, l'Imergue et la Sénancole en rive droite.

□ *Contexte hydrologique et climatique du bassin versant du Calavon*

Le Calavon présente, sur la majeure partie de son linéaire, des étiages très sévères avec des débits spécifiques voisins de 0.05 l/s/km² (Stations hydrométriques Coste-Raste et Oppède - SPC Grand Delta). Ces valeurs s'expliquent par la conjonction de trois phénomènes :

- La rigueur du climat méditerranéen avec des périodes estivales chaudes et sèches ;
- Des pertes naturelles importantes vers le sous-sol karstique. Le fonctionnement hydrologique du bassin du Calavon est largement influencé par la géologie et en particulier par le système karstique de Fontaine-de-Vaucluse qui capte, par infiltration, les précipitations tombant sur la partie Nord du Bassin. En effet, le bassin versant « effectif » du Calavon ne représente qu'environ 600 km² alors que le bassin versant topographique s'étend sur environ 995 km².
- Des prélèvements qui accélèrent le processus de tarissement et ralentissent le retour en régime normal.

Compte tenu de la rigueur des étiages naturels sur le Calavon, les consommateurs d'eau ont eu recours, dès le 12^{ème} siècle pour l'irrigation gravitaire sur le secteur cavaillonais, à des transferts d'eau provenant de la Durance (près de 4 m³/s en étiage) pour divers usages :

- Sur le bas Calavon, l'irrigation à partir des canaux gravitaires à l'aval de Robion dont les rejets réalimentent le cours d'eau jusqu'à la Durance. Ce secteur est donc le seul à ne pas souffrir des étiages sauf lorsque la mise en chômage des canaux se conjugue avec un hiver sec.
- Sur le moyen Calavon, l'irrigation à partir des réseaux sous pression de la SCP. En raison de l'efficacité des techniques d'irrigation, l'influence directe sur les ressources du Calavon est limitée.

- Sur une grande partie du bassin versant, les transferts d'eau de la Durance servent à l'alimentation en eau potable grâce aux syndicats Durance-Albion et Durance-Ventoux.
- Malgré les apports d'eau extérieurs, la situation sur le Haut Calavon est tendue (besoins agricoles avec des prélèvements en nappe et en rivière aggravant les étiages naturels).

□ *Contexte réglementaire*

Dans son programme de mesures (PDM) 2010 à 2015 pour l'ensemble du linéaire du Calavon, le SDAGE Rhône Méditerranée a défini le « **déséquilibre quantitatif** » comme problème à traiter avec notamment les mesures suivantes à mettre en œuvre :

- Déterminer et suivre l'équilibre quantitatif des cours d'eau ;
- Etablir et adapter des protocoles et des règles de partage de l'eau ;
- Améliorer les équipements de prélèvements et de distribution ainsi que leurs utilisations ;
- Reconnecter les annexes aquatiques et milieux humides au lit majeur et restaurer leur espace fonctionnel.

« **Promouvoir le retour à un débit d'étiage naturel non influencé par les prélèvements dans le but de restituer au cours d'eau sa valeur patrimoniale tout en préservant les usages actuels** » est, à l'échelle locale également, le premier objectif du SAGE du Calavon (approuvé en 2001 et actuellement en cours de révision).

Ces 10 dernières années ont montré que la ressource en eau et sa mobilisation atteignent une limite. Les outils de gestion de crise que sont les arrêtés sécheresse, réservés théoriquement aux épisodes climatiques exceptionnels, sont devenus des outils de gestion courante des ressources en déficits chroniques.

Au vu des restrictions d'usages répétées, le bassin du Calavon a ainsi été classé en secteurs déficitaires en eau avec un objectif prioritaire de retour à l'équilibre entre l'offre et la demande en eau.

Pour cela, un plan national de gestion de la rareté de la ressource ainsi que la loi sur l'eau de décembre 2006 (LEMA) recommandent différentes actions, dans laquelle s'inscrivent des études de connaissance des volumes maximums prélevables.

La Circulaire 17-2009 du 30 juin 2008 fixe les objectifs généraux pour la réduction des déficits quantitatifs observés ces dernières années et la gestion collective de l'irrigation :

- Une révision des autorisations de prélèvement afin de maintenir dans le cours d'eau des débits minimums, et dans la nappe, des niveaux piézométriques compatibles avec l'ensemble des usages ;
- La constitution possible d'un Organisme de Gestion Unique (OGU) regroupant l'ensemble des préleveurs agricoles sur un bassin versant. Il aura notamment pour charge de répartir les droits de prélèvement.

Pour atteindre ces objectifs, 3 grandes étapes sont proposées :

- Etape 1 : La détermination des volumes maximums prélevables à l'échelle du bassin versant tous usages confondus. Ces volumes prélevables sont estimés sur la base de la ressource disponible et du maintien dans le cours d'eau d'un débit permettant de maintenir la vie piscicole actuelle. Le même principe est appliqué aux ressources en eaux souterraines ;
- Etape 2 : La concertation avec les usagers en vue de répartir les volumes prélevables ;

- Etape 3 : La mise en place «éventuelle de l'OGU et la révision des autorisations de prélèvement.

L'étude actuelle ne concerne que l'étape 1.

□ *Vers une aggravation des étiages : le contexte du changement climatique*

Le calcul des volumes prélevables repose sur l'estimation de la ressource disponible. La ressource provient de la pluviométrie et de la façon dont le cours d'eau collecte les ruissellements de surface. Aujourd'hui, les experts du changement climatique annoncent (source étude du CEMAGREF sur l'impact du réchauffement climatique sur le périmètre du SDAGE RM&C) :

- Une diminution des précipitations estivales ;
- Une diminution des précipitations neigeuses ;
- Une augmentation des températures estivales.

Ces phénomènes pourraient se traduire par une réduction notable des débits estivaux. Il convient donc d'analyser l'impact du réchauffement climatique dans le cadre de cette étude.

De plus, les étiages pourraient être aggravés par une augmentation des prélèvements pour compenser les manques d'eau. Il est donc nécessaire d'estimer l'impact sur les besoins en eaux (population et agriculture) du réchauffement climatique.

A.II CONTENU DU RAPPORT

L'objectif de l'étude est la détermination des volumes maximums prélevables sur le bassin versant du Calavon. Comme indiqué dans le préambule, ce rapport concerne uniquement les phases 1 et 2 de l'étude :

- Analyse de la situation actuelle et un recueil de données complémentaires
- Caractérisation et une quantification des ressources en eau

A.III METHODOLOGIE GENERALE DES PHASES 1 ET 2

La réalisation des phases 1 et 2 se base sur l'analyse des données existantes collectées (rapports, base de données) auprès de différents services. On peut citer notamment :

- Les DDT du Vaucluse et des Alpes de Hautes Provence et l'ADIV (Association des Irrigants du Vaucluse) pour la connaissance des arrêtés sécheresses et des prélèvements collectifs ou individuels ;
- La DREAL PACA et le SPC Grand Delta pour les données hydrométriques ;
- Le BRGM pour la connaissance des ressources en eau souterraines (banque du sous-sol, recensement des prélèvements souterrains) ;
- L'Agence de l'Eau pour la liste des redevances et les bases de données cartographiques sur les masses d'eau ;
- Les structures de gestion existantes (Syndicat AEP, SCP, ASA canaux d'irrigation) afin de définir les ressources locales ou les principaux transferts d'eau ;
- L'ONEMA pour les données sur les milieux aquatiques et les données ROCA ;
- Le Parc Naturel Régional du Luberon pour le suivi des étiages et les données cartographiques générales.

Cette analyse des données a été complétée :

- d'une visite sur le terrain afin de reconnaître l'ensemble des infrastructures liées à l'irrigation et à l'eau potable ;
- de deux campagnes de jaugeages du Calavon et de ses affluents.

Ce rapport contient une restitution de l'ensemble des connaissances acquises par la mobilisation de ces différentes sources.

B. PHASE 1 : DIAGNOSTIC DE LA SITUATION ACTUELLE

B.I PRESENTATION GENERALE DU BASSIN VERSANT

➤ *Planche n°1 : Carte générale du bassin versant et des limites de communes*

Le bassin versant du Calavon occupe une superficie de 995 km². Il est situé en limite des départements du Vaucluse et des Alpes-de-Haute-Provence et abrite notamment la sous-préfecture du département du Vaucluse, Apt.

Cinquante et une communes sont situées en totalité ou partiellement sur ce bassin versant.

B.I.1 Altimétrie

➤ *Planche n°2 : Carte des altitudes*

Le bassin versant du Calavon est compris entre 1 370 m NGF sous la crête Ouest de la montagne de Lure et environ 60 m NGF à sa confluence avec la Durance au niveau de la commune de Cavaillon.

Le tableau et le graphique ci-dessous indiquent la répartition de l'altitude entre ces deux extrêmes.

On constate que 50% du bassin versant se situe entre 200 et 600 mNGF. Le bassin versant du Calavon est peu présent en haute altitude avec seulement 3.5% du bassin versant qui se situe au dessus de 1 000 m ou en basse altitude avec 15% en dessous de 200 mNGF.

Le bassin versant du Calavon est donc situé en zone de moyenne montagne avec une faible extension en haute altitude.

Classe	Surface (ha)	%	% cumulé
< 100	32.33	3.2%	3.2%
100 - 200	88.70	8.7%	11.8%
200 - 300	147.90	14.4%	26.2%
300 - 400	118.67	11.6%	37.8%
400 - 500	120.64	11.8%	49.6%
500 - 600	128.33	12.5%	62.1%
600 - 700	95.52	9.3%	71.4%
700 - 800	67.92	6.6%	78.0%
800 - 900	89.30	8.7%	86.7%
900 - 1000	60.09	5.9%	92.6%
1000 - 1100	42.94	4.2%	96.8%
1100 - 1200	20.72	2.0%	98.8%
1200 - 1300	7.71	0.8%	99.6%
1300 - 1400	4.42	0.4%	99.9%
> 1400	0.06	0.0%	99.9%

Tableau n°1 : Répartition des altitudes (MNT Vaucluse au 1/250 000^e)

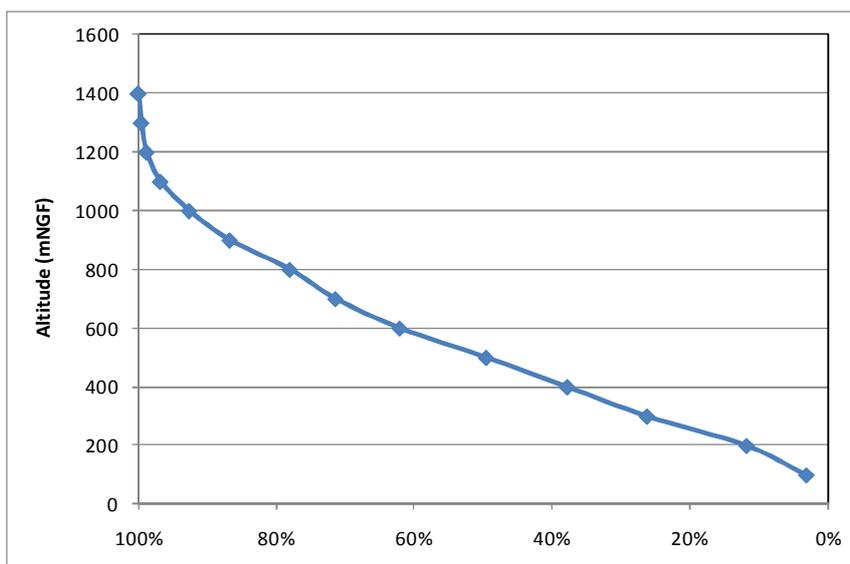


Illustration n°1 : Courbe hypsométrique (MNT Vaucluse au 1/250 000°)

B.I.2 Réseau hydrographique

➤ *Planche n°3 : Réseau hydrographique*

Le Calavon draine un bassin versant topographique de près de 995 km². Le sous-sol du Nord du bassin versant est constitué par des calcaires très karstifiés favorisant l'infiltration des eaux vers un exutoire à l'extérieur du bassin versant. Sur ce secteur, les sources sont rares et le réseau hydrographique est temporaire.

Le réseau hydrographique du Calavon, puis du Coulon dans la plaine de Cavaillon, représente une longueur de 84 km entre sa source « officielle » sur la commune de Banon (04) et la confluence avec la Durance au droit de la commune de Cavaillon (84). Ses principaux affluents sont d'amont en aval :

- Le Grand Valat et l'Encrême en rive gauche ;
- La Dôa, La Riaille d'Apt, l'Urbane, l'Imergue et la Sénancole en rive droite.

B.I.3 Pluviométrie

Le climat général du bassin versant est de type méditerranéen avec des cumuls pluviométriques moyens annuels de l'ordre de 800 mm. L'influence nivale sur ce bassin versant est peu marquée.

B.I.4 Régimes hydrologiques

Le régime hydrologique du Calavon peut être classé parmi les cours d'eau à régime pluvial à influence méditerranéenne. Ses plus forts débits se rencontrent en automne et au printemps. L'étiage débute à partir du mois de juin avec des débits qui peuvent devenir très faibles à nuls selon les secteurs, et ce jusqu'à la fin du mois d'octobre. Une étude détaillée du régime hydrologique par secteur sera faite dans la phase 2 de l'étude.

En fonction des conditions climatiques et des situations des ressources en eau, les étiages du Calavon peuvent être très précoces dès le mois d'avril et se poursuivre jusqu'à décembre en cas d'automne exceptionnellement sec.

B.II OCCUPATION DU SOL

➤ Planche n°4 : Occupation du sol

L'analyse de l'occupation des sols est basée sur l'exploitation des données CORINE Land Cover. Cette base de données établie à partir d'images satellites acquises à différentes périodes, dispose de 3 niveaux d'information.

Pour l'année 2006, l'analyse de l'occupation des sols sur le bassin versant montre l'importance des forêts avec près de 42% de la surface totale. En deuxième position, la surface utilisée pour l'agriculture (hors culture forestière) couvre 41 % du bassin versant qui se décompose en plusieurs sous classes :

- 32.5 % pour les terres arables (cultures maraîchères, céréalières et jachères saisonnières) ;
- 6.7 % pour vignobles (raisins de table et de cuve confondus) ;
- 2.0 % pour les vergers (dont 0.2 % pour les oliveraies).

Les prairies et les milieux à végétation typiquement méditerranéenne (végétation arbustive basse et chêne Kermès) complètent l'occupation du sol avec respectivement 3.2 % et 11.4% de la surface du bassin versant.

A l'échelle du bassin versant, les surfaces urbanisées restent faibles avec 2.4% du bassin versant malgré des centres urbains importants comme Apt au centre ou Cavaillon à l'Ouest. Les autres bourgs ont des tailles beaucoup plus réduites.

Données CORINE Land Cover	2006	1990	Variation
Zones urbanisées	2.4 %	1.7 %	+ 0.7 %
Terres arables	32.5 %	32.7 %	- 0.2 %
Vignobles	6.7 %	6.7 %	-
Vergers (dont Oliveraie)	2.0 %	2.0 %	-
Prairies et pâturages naturels	3.2 %	3.5 %	- 0.3 %
Forêt	41.9 %	41.7 %	+ 0.2 %
Milieux à végétation méditerranéenne	11.4 %	11.6 %	- 0.2 %
Total	100%		

Tableau n°2 : Occupation des sols (CORINE Land Cover)

A partir de la comparaison des données de CORINE Land Cover de 1990 avec celles de 2006 (cf. tableau ci-dessus et illustration suivante), l'occupation du sol n'a pas été profondément modifiée.

La principale modification provient des zones urbanisées avec une augmentation de 0.7 % entre 1990 et 2006 soit tout de même l'équivalent de plus de 7 km² sur le bassin versant du Calavon

d'une superficie totale de 995 km². Cette augmentation a une incidence lors des épisodes de crues en augmentant les ruissellements mais également sur la recharge des nappes en limitant les infiltrations souterraines.

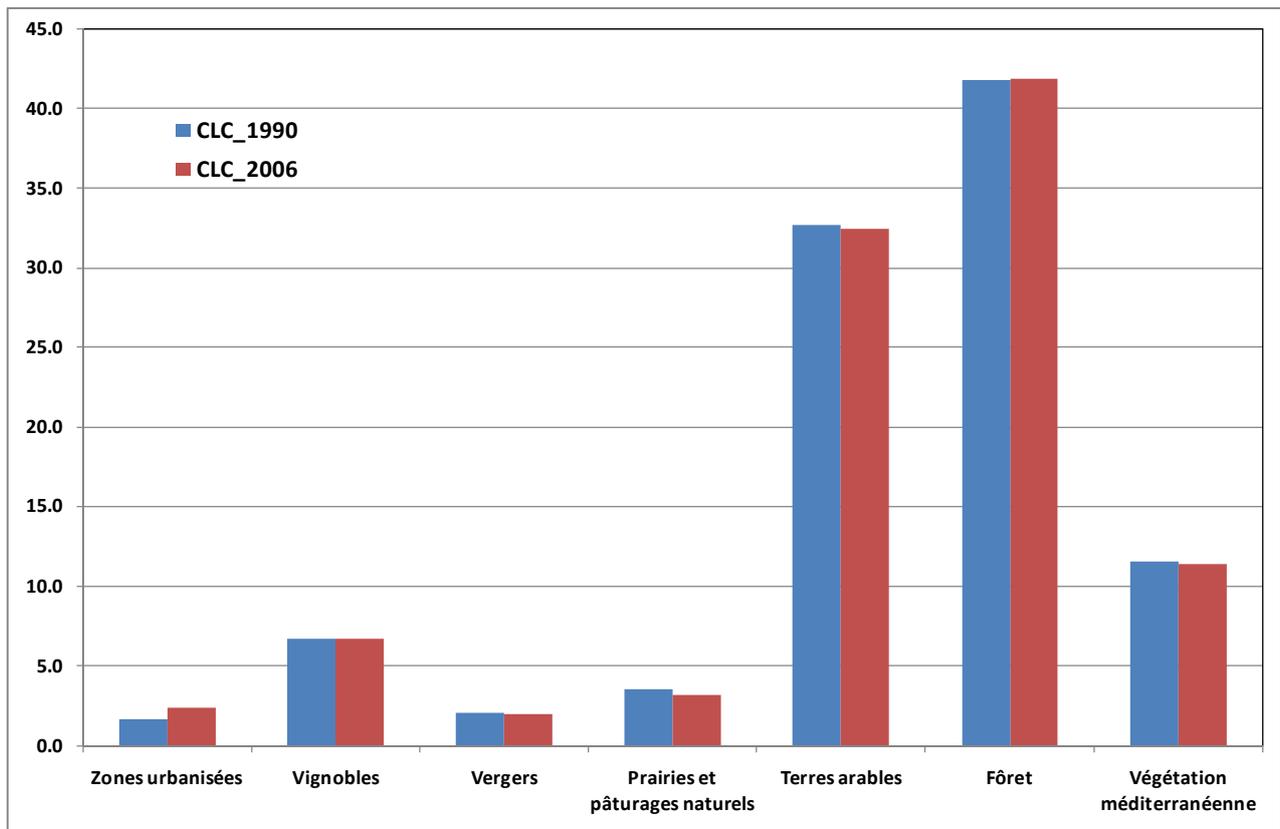


Illustration n°2 : Comparaison des occupations de sol (%) entre 1990 et 2006 sur le bassin versant du Calavon (pourcentage de la superficie totale, CORINE Land Cover)

B.III GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE

- *Planche n°5 - Formations géologiques du bassin versant du Calavon*
- *Planche n°6 ó Masses d'eau souterraines du bassin versant du Calavon*
- *Annexe n°1 : Contexte géologique et hydrogéologique du bassin du Largue ó BERGA SUD*

La présentation des contextes géologique et hydrogéologique exposée ci-après est une synthèse du rapport d'étude de BERGA SUD en annexe n°1.

B.III.1 Géologie

Le bassin versant du Calavon occupe une partie de l'ensemble structural Oligo-Miocène d'Apt à Forcalquier à Manosque. Cette structure correspond à un synclinal orienté Est à Ouest dont l'ossature est constituée par les calcaires Urgoniens.

Ces calcaires du Crétacé inférieurs, **très karstifiés**, affleurent au Nord (Mont du Vaucluse, plateau d'Albion, Montagne de Lure et Ventoux) et au Sud (massif du Luberon). Ils sont présents à l'affleurement ou sous une faible épaisseur de formations tertiaires jusqu'à l'amont d'Apt.

Ces calcaires présentent de nombreux accidents, notamment dans la région de Banon et Lardiers où l'on rencontre de **grandes failles colmatées par des marnes, constituant le toit du massif calcaire**.

Dans la partie centrale du bassin versant, un vaste synclinal orienté ENE-OSO, dit synclinal d'Apt, sépare le Luberon au Sud des Monts de Vaucluse au Nord. Ce synclinal repose sur une ossature carbonatée d'âge Crétacé inférieur à moyen. Il a pour origine la phase de distension Oligocène. Grâce aux failles décrochantes anciennes jouant en failles normales lors de cette période, le synclinal d'Apt (à l'Est) et par extension le bassin de Forcalquier-Manosque voit son épaisseur de matériaux oligo-miocènes augmenter vers l'Est (coté Forcalquier) par rapport à l'Ouest (coté Apt). **Ces formations géologiques tertiaires sont constituées de sables, de molasses et d'argiles.**

Les alluvions qui recouvrent, dans la vallée, les différentes formations affleurantes sont constituées de cailloutis et de sables miocènes remaniés. En fonction des secteurs et des affleurements, les proportions de sables et d'argiles peuvent évoluer mais **l'épaisseur des alluvions ne dépassent jamais 10 m.**

Le Calavon dans sa partie amont, s'écoule donc perpendiculairement à la structure des Monts du Vaucluse, il recoupe ensuite le synclinal d'Apt pour s'écouler selon son axe à partir de Céreste ; ses nombreux petits affluents temporaires de rive gauche s'écoulant eux perpendiculairement à la structure monoclinale du Luberon.

B.III.2 Hydrogéologie

Sur le bassin du Calavon, **cinq Masses d'Eau souterraines (ME)** sont identifiées. Une présentation sommaire du contexte hydrogéologique est donnée ci-après, tandis que les caractéristiques de ces Masses d'Eau (ME) sont détaillées en phase 2 du présent rapport.

Au Nord du bassin versant, l'aquifère karstique des **calcaires urgoniens du Plateau de Vaucluse et de la Montagne de Lure (FRDG130)** correspond à la zone d'alimentation de Fontaine de Vaucluse. Sur environ 400 km², la totalité des précipitations et des écoulements du bassin versant du Calavon sont dérivés en direction du bassin versant des Sorgues.

Dans cette masse d'eau très importante sont inclus les **petits aquifères perchés alluviaux et colluviaux** dus à la présence des marnes gargasiennes et albiennes qui forment une couche très peu perméable sur les calcaires urgoniens du versant Sud des Monts du Vaucluse.

Au Sud du bassin versant du Calavon, **les calcaires karstiques à faciès urgonien de la montagne du Luberon (FRDG133)** correspondent à une deuxième masse d'eau avec environ 50 km² à l'affleurement. L'exutoire de cet aquifère se fait vers la vallée de la Durance et vers le synclinal d'Apt.

Au centre du bassin versant, le synclinal d'Apt correspond à la masse d'eau des **calcaires sous couverture gréseuse-sableuse (FRDG226)**. Cette masse d'eau correspond à des calcaires karstifiés presque uniquement captif car les affleurements sont limités à l'Ouest d'Apt et en amont du Bois des Meuniers.

À l'Est du bassin versant du Calavon se trouve les **formations gréseuses et marno-calcaires tertiaires de la basse vallée de la Durance (FRDG213)**. Cette Masse d'Eau regroupe l'ensemble des aquifères des formations tertiaires du bassin d'Apt. C'est une série très hétérogène constituée de terrains à perméabilité très variable : calcaires, calcaires marneux, argiles, conglomérats, molasses, sables, marnes qui constituent un aquifère multicouche. Les écoulements dans cette masse, qui constitue la principale ressource souterraine du haut-Calavon, sont localisés dans les niveaux les plus perméables superposés essentiellement de sables et de molasses dans le miocène et des calcaires dans l'Oligocène.

À l'extrême Sud-Ouest du bassin du Calavon, les alluvions de la basse vallée du Calavon sont rattachées à l'ensemble des **alluvions du Comtat et des Sorgues (FRDG301)**. Ces alluvions reposent sur les molasses miocènes du Comtat et sont principalement alimentées par les précipitations et les infiltrations dues à l'irrigation et aux canaux.

B.IV USAGES DU TERRITOIRE

Les principaux usages sur le bassin versant sont détaillés ci-après. On distingue principalement : la population vivant sur le territoire, l'activité agricole, l'activité industrielle et le tourisme.

B.IV.1 Population

Près de 50 communes sont représentées sur le bassin versant topographique du Calavon. Toutefois, plusieurs d'entre elles ne sont que partiellement comprises dans le bassin.

Le tableau suivant présente les résultats de l'estimation de la population résidente à l'année lors du recensement de 2006. Pour les communes partiellement contenues sur le bassin versant, une recherche visuelle sur la carte IGN a permis de définir si le centre urbain se situe sur le bassin ou non. Dans l'affirmative, la population complète a été comptabilisée dans le bassin versant soit 40 communes au total. De plus, plusieurs communes ne présentent donc aucune population sur le bassin versant : Buoux, Cheval-Blanc, Lagnes, Monieux, Montfuron, Reillanne, Revest-du-Bion, Sault et Vachères.

Pour la commune de Cavaillon, importante en taille, la moitié de la population de la commune a été considérée dans le bassin versant car le centre urbain est pour moitié dans le bassin.

La population présente sur le bassin versant est estimée à un peu plus de 46 700 habitants. Plus de 50% de la population se regroupe dans les deux plus grandes villes du bassin : Apt (23.7%) et Cavaillon (27.3%). Chacune des autres communes représentent moins de 10% de la population totale avec même 22 communes en dessous du seuil de 1000 habitants (2.1%).

L'analyse de l'évolution démographique au cours des 40 dernières années sera menée au cours de la phase 3 de l'étude. Ces résultats seront complétés de l'analyse de la population saisonnière. En effet, le bassin versant du Calavon reste également un lieu de villégiature avec de nombreuses résidences secondaires (près de 5 500 habitations en 2006) et une région très touristique (environ 20 000 lits à l'échelle du Luberon).

Ces estimations de la population résidente et saisonnière seront à mettre en relation avec la production et la consommation en eau potable, ce qui sera également effectué au cours de la phase 3 de l'étude.

Commune	Nombre d'habitants sur le bassin versant	Pourcentage
Apt	11 229	23.7%
Auribeau	70	0.1%
Banon	1 058	2.2%
Beaumettes	193	0.4%
Bonnieux	1 400	3.0%
Cabrières-d'Avignon	1 705	3.6%
Caseneuve	401	0.8%
Castellet	105	0.2%
Cavaillon	12 910	27.3%
Céreste	1 185	2.5%
Gargas	2 980	6.3%
Gignac	66	0.1%
Gordes	2 126	4.5%
Goult	1 217	2.6%
Joucas	315	0.7%
Lacoste	432	0.9%
Lagarde-d'Apt	36	0.1%
Lioux	251	0.5%
Maubec	1 763	3.7%
Ménerbes	1 157	2.4%
Montjustin	52	0.1%
Montsalier	107	0.2%
Murs	424	0.9%
Oppède	1 311	2.8%
Oppedette	60	0.1%
Redortiers	80	0.2%
Robion	3 941	8.3%
Roussillon	1 265	2.7%
Rustrel	655	1.4%
Saignon	1 039	2.2%
Saint-Christol	1 104	2.3%
Sainte-Croix-à-Lauze	76	0.2%
Saint-Martin-de-Castillon	739	1.6%
Saint-Pantaléon	187	0.4%
Saint-Saturnin-lès-Apt	2 587	5.5%
Simiane-la-Rotonde	569	1.2%
Taillades	1 888	4.0%
Viens	564	1.2%
Villars	718	1.5%
TOTAL	46 736	

Tableau n°3 : Population du bassin versant (Source : INSEE 2006)

B.IV.2 Activité agricole

Source : Recensement Général Agricole (RGA)

L'activité agricole est la principale activité sur le bassin versant. Elle est analysée ici à partir des données du Recensement Général Agricole (RGA) daté de 2000. Ce recensement organisé à l'échelle nationale depuis 1970 a lieu en 1970, 1979, 1988, 2000 et 2010 (*données 2010 non disponibles au moment de la réalisation de cette phase de l'étude*). Les données seront d'abord présentées à l'échelle régionale avant une analyse à l'échelle du bassin versant.

Pour des raisons de confidentialité, les données regroupant moins de trois exploitations agricoles par données (types de culture, modes d'irrigation, cheptel, etc.) ne sont pas communicables ce qui fait que la réalité des surfaces irriguées est sous-estimée.

B.IV.2.1 Analyse de la production agricole dans la région PACA

Dans la région PACA, entre 1988 et 2006 (RGA partiel), on note une **diminution des surfaces agricoles utilisées** (7% ; 72 000 ha en moins), mais **l'utilisation des terres a fortement évolué**.

En effet, les surfaces de céréales (24 000 ha en moins en 17 ans) et oléagineux ont diminué et sont remplacées par des jachères et des surfaces enherbées. Les cultures fruitières ont aussi fortement décliné en passant de 52 000 ha à 42 000 ha.

Culture	Superficie (ha)		
	1988	2000	2006
Céréales (y c. semences)	122 134	106 973	96 456
Oléagineux (y c. semences)	14 462	14 793	8 978
Maraîchage (pommes de terre, légumes frais et secs)	12 489	7 093	4 826
Fourrages annuels	2 245	2 344	2 594
Prairies artificielles et temporaires	46 900	42 365	43 287
Jachères	20 595	31 503	37 801
Terres arables	247 781	233 099	220 789
Cultures fruitières	51 856	43 442	42 211
Cultures permanentes	166 580	148 233	148 293
Surfaces toujours en herbe des exploitations	244 899	314 179	315 945
Surface agricole utilisée	1 062 552	1 026 997	990 212

Tableau n°4 Evolution des types de culture sur la région PACA (source : RGA)

B.IV.2.2 Présentation de l'agriculture et de l'irrigation sur le bassin

□ Synthèse des surfaces cultivées à l'échelle du bassin versant

Sur l'ensemble du bassin versant, **315 km² sont exploités à des fins agricoles, soit près 32% du territoire (995 km²)**.

Les **fourrages et les zones enherbées en occupent la majorité avec plus 96 km²**, soit près de 31% des surfaces cultivées. Le reste des surfaces cultivées est très diversifié avec notamment : les **vignes** et les **céréales** pour 16%, les **cultures industrielles**, ici principalement les plantes à parfum et le tournesol,

pour 13%, les **vergers** pour 12%, la polyculture avec les **légumes** et les **légumes secs** pour 4% et, enfin, les **cultures permanentes**, essentiellement les zones de pépinières et chênes truffiers, pour 8%.

A l'échelle du bassin, les terrains en jachère représentent 8% des surfaces cultivées soit 2 587 ha.

Type de culture	Surfaces cultivées (ha)	Importance
Fourrage/herbe	9659	31%
Vignes	5045	16%
Céréales	4947	16%
Cultures industrielles	4162	13%
Vergers/fruits	3766	12%
Jachère	2587	8%
Légumes / Légumes secs	978	3%
Cultures permanentes	357	1%
Total	31 501 *	

Tableau n°5 : Surfaces cultivées sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000)

* Le total présenté ici est la somme des surfaces déclarées moins les surfaces ne pouvant apparaître dans la base de données du fait des conditions de confidentialités.

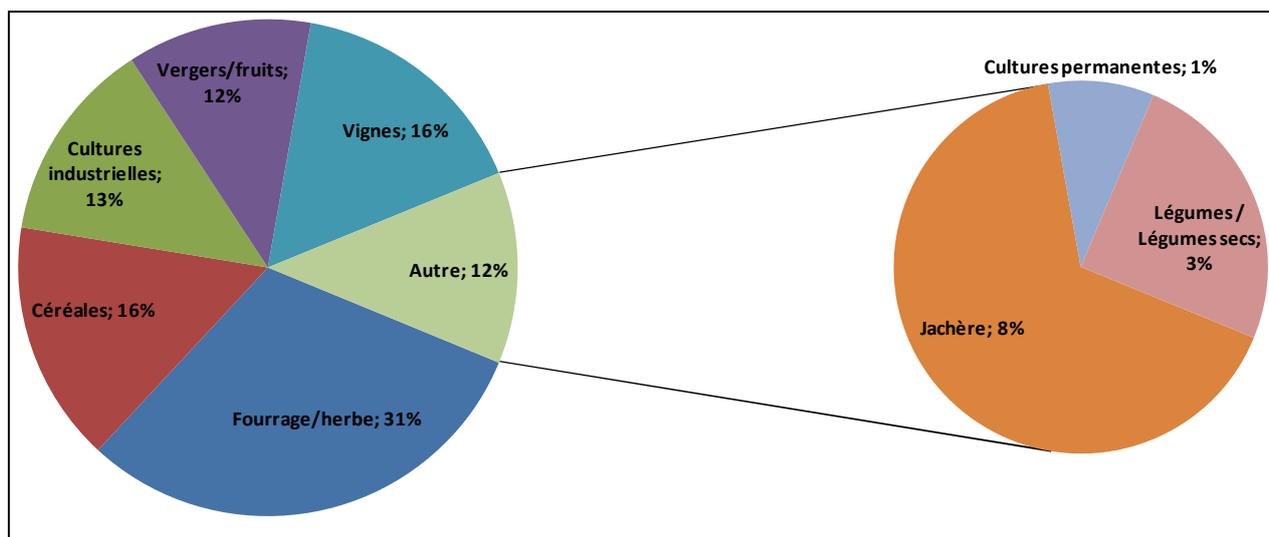


Illustration n°1 : Proportions des surfaces cultivées sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000)

□ Synthèse des surfaces irriguées à l'échelle du bassin versant

A partir des résultats du RGA2000, 4 131 ha au total sont irrigués sur le Calavon soit environ **4 % de la surface du bassin versant** et un peu plus de **13.1% de la surface totale cultivée**. Les surfaces irrigables sont estimées à 6 762 ha soit un **taux d'exploitation de 61%**. Etant donné que ce résultat peut avoir plusieurs causes (terrains peu fertiles, jachère, etc.), une analyse plus approfondie sur les surfaces irriguées sera menée durant la phase 3 de l'étude.

Les cultures irriguées sont principalement les vergers (63.5 %), ainsi que les légumes (16.6%) et les vignes (7%).

La production de fourrage qui occupe 31% de la surface totale cultivée sur le bassin versant ne représente que 1% de la surface des terres irriguées. Inversement, les vergers qui ne représentent que

12% des surfaces cultivées représentent 63.5% des surfaces irriguées. De même pour les légumes avec 687 ha irrigués sur les 978 ha soit un taux d'irrigation supérieur à 70% pour ce type de culture.

Type de culture	Surfaces irriguées (ha)	Importance
Vergers	2 622	63.5%
Légumes	687	17.8%
Vignes	290	7.0%
Autres	92	2.2%
Protéagineux (Colza, Tournesol)	75	1.8%
Prairie	42	1.0%
Mais (grain et semence)	28	0.7%
Total	4 131 *	

Tableau n°6 : Surfaces des cultures irriguées sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000)

* Le total présenté ici est la somme des surfaces déclarées moins les surfaces ne pouvant apparaître dans la base de données du fait des conditions de confidentialités.

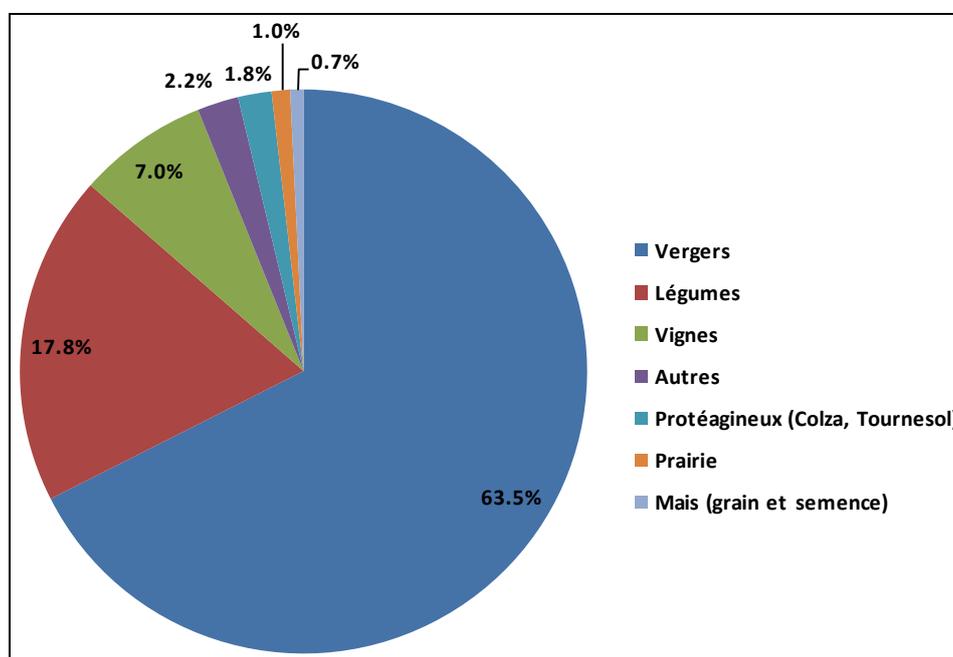


Illustration n°2 : Proportion des surfaces des cultures irriguées sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000)

□ Synthèse des modes d'irrigation à l'échelle du bassin versant

A partir de l'analyse des surfaces irrigables, les techniques d'irrigation sur le Calavon sont réparties de façon égale entre l'irrigation gravitaire (36%), l'aspersion (33%) et la micro-irrigation (31%).

	Surface irrigable (ha)	Pourcentage
Gravitaire	2 419	36
Aspersion	2 227	33
Micro-irrigation	2 076	31
Total	6 762	

Tableau n°7 : Modes d'irrigation sur le bassin versant du Calavon (source : RGA 2000)

□ **Analyse de l'importance de l'irrigation par sous bassins du Calavon**

➤ *Planche n°7 6 Irrigation sur le bassin versant du Calavon*

Le bassin versant du Calavon est découpé en 9 sous bassins selon le code SANDRE de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée. Le tableau suivant présente l'importance de l'irrigation par rapport aux surfaces cultivées pour chacun des sous bassins :

- X340 : Calavon de sa source au ravin de la Prée (Grand Valat inclus) ;
- X341 : Calavon jusqu'à la confluence avec le Grand Valat ;
- X342 : Calavon jusqu'à la confluence avec l'Encrême ;
- X343 : Calavon jusqu'à la confluence avec la Dôa ;
- X344 : La Dôa ;
- X345 : Calavon de la confluence de la Dôa jusqu'à la confluence avec l'Urbane ;
- X346 : Calavon de la confluence avec l'Urbane (incluse) jusqu'à la confluence avec l'Imergue ;
- X347 : L'Imergue ;
- X348 : Calavon de la confluence avec l'Imergue jusqu'à la confluence avec la Durance ;

Sous bassins	SAU (ha)	Surfaces irrigables		Surfaces irriguées		
		Surface (ha)	Répartition	Surface (ha)	Répartition	% SAU
X340	5 540	43	0.6%	0	0.0%	0.0%
X341	4 102	28	0.4%	12	0.3%	0.0%
X342	3 896	336	5.0%	279	6.8%	0.9%
X343	2 277	97	1.4%	46	1.1%	0.1%
X344	1 692	31	0.5%	15	0.4%	0.0%
X345	3 548	591	8.7%	233	5.6%	0.7%
X346	2 837	1 362	20.1%	536	13.0%	1.7%
X347	2 039	612	9.1%	221	5.3%	0.7%
X348	5 560	3 662	54.2%	2 789	67.5%	8.9%
Total	31491	6762		4131		

Tableau n°8 : Surfaces des cultures irriguée (ha) par sous-bassins versants (source : RGA 2000)

On constate néanmoins qu'entre les sous bassins **la répartition des surfaces irriguées n'est pas homogène. Cette disparité est intimement liée aux ressources en eau disponibles (origines et quantités).**

En effet, la zone la plus irriguée X348 correspond au Calavon entre la confluence avec l'Imergue et celle de la Durance, du fait de la présence des canaux gravitaires prélevant sur la Durance (L'Isle, de Cabedan-Neuf et du Saint-Julien). La ressource étant très importante, les cultures irriguées se sont développées sur ce secteur (2 789 ha sur un total de 4 131 ha soit 67.5%).

A un degré moindre, l'apport de ressources en eau extérieures au bassin du Calavon par les réseaux de la Société du Canal de Provence (SCP) a également favorisé le développement de l'irrigation sur les sous bassins X345, X346 et X347.

Au niveau des sous bassins versants X342 (Calavon en amont de l'Encrême) et X343 (Calavon entre l'Encrême et la Dôa) qui représentent respectivement 279 ha (6.8% des surfaces irriguées sur le bassin) et 46 ha (1.1%), aucune ressource extérieure au bassin n'est disponible.

Durant la phase 3 d'analyse des prélèvements, nous reviendrons sur la répartition de l'irrigation sur le bassin du Calavon et l'origine de ses ressources en eau.

□ *Analyse de l'activité d'élevage*

L'élevage est une activité importante sur le bassin, en particulier pour **les ovins qui représentent un effectif de près de 24 000 têtes et l'aviculture avec près de 60 000 volailles.**

Elevage	Ovins	Caprins	Aviculture	Equidés	Bovins
Effectif	23 636	1 514	57 226	270	24 *

Tableau n°9 : Cheptel des principaux élevages du bassin du Calavon (source : RGA 2000)

* Le total présenté ici est la somme des surfaces déclarées moins les surfaces ne pouvant apparaître dans la base de données du fait des conditions de confidentialités.

□ *Synthèse*

- A l'échelle de la région, les superficies agricoles ont tendance à diminuer. Cette tendance sera vérifiée à l'échelle du bassin du Calavon lors de l'analyse détaillée des pratiques agricoles dans la phase 3 de bilan des flux (dont les prélèvements) ;
- 32% de la surface du bassin versant est cultivé, mais seulement 4% est irriguée. Ce pourcentage est comparable à d'autres bassins versants du Vaucluse (3.6% pour l'Eygues) et supérieur au Lorgue (2.6%) ;
- Les cultures irriguées sont principalement des vergers et des polycultures maraîchères typiques de la région (légumes, melon, í) ;
- Les surfaces irriguées ne sont pas réparties de façon homogène entre les sous bassins versants. Elles se concentrent au niveau du Haut Calavon où les ressources en eau propre au bassin sont disponibles ou au niveau des périmètres irrigués à partir des ressources externes au bassin (canaux duranciens ou réseaux SCP).

B.IV.3 Tourisme

L'activité touristique et résidentielle sur le bassin du Calavon est très importante en particulier en période estivale. Le tourisme est développé autour des activités de loisir de type nature (randonnée, VTT, cyclotourisme, parapente, escalade, í) et se matérialise ici au niveau des résidences secondaires et de la capacité d'hébergement.

Les données présentées ici sont réajustées par rapport aux limites de bassin versant physique, le nombre de résidence ayant été rapporté au ratio population totale de la commune/population présente sur le bassin (cf. paragraphe B.IV.1).

Les résidences secondaires représentent **20% du nombre total de résidence** pour les communes présentes sur le bassin (cf. tableau n°9). En retirant de cette analyse les grandes communes urbaines (Apt et Cavaillon principalement), le ratio de résidences secondaires s'élève à 30%.

Commune	Nombre de résidences secondaires	Nombre de résidences principales	Total des résidences	% de résidences secondaires
Apt	4784	343	5127	7%
Auribeau	32	21	53	40%
Banon	381	260	641	41%
Beaumettes	76	32	108	30%
Bonnieux	616	324	940	34%
Cabrières-d'Avignon	574	116	690	17%
Caseneuve	149	81	230	35%
Castellet	49	34	83	41%
Cavaillon	5073	85.5	5159	2%
Céreste	480	304	784	39%
Gargas	1116	125	1241	10%
Gignac	22	25	47	53%
Gordes	907	673	1580	43%
Goult	513	193	706	27%
Joucas	132	105	237	44%
Lacoste	180	102	282	36%
Lagarde-d'Apt	11	12	23	52%
Lioux	107	54	161	34%
Maubec	600	89	689	13%
Ménerbes	405	245	650	38%
Montjustin	26	16	42	38%
Montsalier	43	54	97	56%
Murs	182	151	333	45%
Oppède	499	158	657	24%
Oppedette	27	41	68	60%
Redortiers	27	27	54	50%
Robion	1478	100	1578	6%
Roussillon	504	256	760	34%
Rustrel	258	89	347	26%
Saignon	416	212	628	34%
Saint-Christol	192	102	294	35%
Sainte-Croix-à-Lauze	33	16	49	33%
Saint-Martin-de-Castillon	230	230	460	50%
Saint-Pantaléon	68	14	82	17%
Saint-Saturnin-lès-Apt	979	467	1446	32%
Simiane-la-Ronde	227	217	444	49%
Taillades	695	34	729	5%
Viens	227	207	434	48%
Villars	287	101	388	26%
TOTAL	22 605	5 716	28 321	20%

Tableau n°10 : Synthèse du nombre de résidences pour les communes du bassin du Calavon (source : INSEE recensement 1999)

Sur les 40 communes, 14 présentent des taux de résidences secondaires supérieurs à 40% dont 6 dépassants les 50% : Gignac, Lagarde d'Appt, Montsalier, Oppedette, Redortier et Saint-Martin-de-Castillon.

Ce nombre important de résidences secondaires, de façon relative par rapport aux usages courants hors période estivale et de vacances, sera pris en compte pour l'estimation des consommations en eau potable.

En complément de la population annuelle résidente et du nombre de résidences secondaires sur le bassin, un **recensement des hébergements dits marchand** (camping, hôtel, gîtes, í) a été effectué à partir des données à l'échelle communale provenant du Conseil Général des Alpes de Haute Provence et de l'office du tourisme du Vaucluse (cf. tableau n°10).

La capacité totale d'hébergement dit marchand sur le bassin est évaluée à un peu plus de 12 500 lits, ce qui représente près de 30% de la population sédentaires.

Lors de l'analyse des prélèvements (phase 3), la capacité totale d'hébergement (population annuelle, résidences secondaires et capacité d'hébergement marchand) sera prise en compte pour le calcul des consommations en eau potable.

Communes	Nombre de site	Capacité totale d'hébergement marchand (nombre de lits)
Apt	119	1 604
Auribeau	3	22
Banon	21	430
Beaumettes	5	58
Bonnieux	58	595
Cabrières-d'Avignon	8	87
Caseneuve	23	124
Castellet	11	241
Cavaillon	42	1 065
Céreste	21	319
Gargas	61	520
Gignac	2	11
Gordes	83	1 554
Goult	26	242
Joucas	25	225
Lacoste	14	88
Lagarde-d'Apt	1	10
Lioux	8	56
Maubec	25	404
Ménerbes	39	238
Montjustin	3	14
Montsalier	1	4
Murs	17	477
Oppède	24	159
Oppedette	0	0
Redortiers	7	30
Robion	22	218
Roussillon	61	613
Rustrel	21	383
Saignon	40	241
Saint-Christol	3	131
Sainte-Croix-à-Lauze	1	2
Saint-Martin-de-Castillon	24	211
Saint-Pantaléon	0	0
Saint-Saturnin-lès-Apt	102	1 587
Simiane-la-Ronde	15	183
Taillades	13	69
Viens	22	178
Villars	27	341
TOTAL	998	12 734

Tableau n°11 : Synthèse de la capacité d'hébergement sur le bassin du Calavon (source : Office du Tourisme de Vaucluse et Conseil Général des Alpes de Hautes Provence - 2009)

B.V CARACTERISATION DES DESEQUILIBRES

- *Planche n°8 : Réseau de suivis des étiages*
- *Planche n°9 : Cartographie des assecs*

Afin de connaître la situation de la ressource en eau sur le bassin versant, plusieurs réseaux permettent de suivre les variables hydrologiques sur le Calavon et ses affluents :

- Les stations hydrométriques gérées par la DREAL et le SPC Grand Delta ;
- Le Réseau d'Observation des Crises d'Assecs (ROCA) mis en place par l'ONEMA ;
- Le réseau de suivis des étiages mis en place par le Parc Naturel Régional du Luberon.

B.V.1 Stations hydrométriques SPC

Sur le bassin versant du Calavon, il existe deux stations hydrométriques qui permettent de suivre quotidiennement les débits sur le bassin versant du Calavon :

- Le Calavon à *Coste Raste* au niveau de la commune de Saint-Martin-de-Castillon qui existe depuis 1964 ;
- Le Calavon à *La Garrigue* sur la commune d'Oppède a été mise en service en 1996.

Les caractéristiques techniques des stations et les analyses des chroniques hydrométriques seront présentées dans la phase 2 (cf. paragraphe C.II).

B.V.2 ROCA ó Réseau d'Observation des Crises d'Assec

Le ROCA a été mis en place par le Conseil Supérieur de la Pêche devenu ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) au cours du premier semestre 2004 dans le cadre du plan d'action sécheresse élaboré par le ministère de l'écologie et du développement durable.

Le rôle du ROCA est de compléter les informations, à disposition des préfets (mission interservices de l'eau - MISE) en période de crise concernant la disponibilité de la ressource en eau dans les départements. Il vient en complément des réseaux de mesure des débits et des niveaux de nappe disponibles en temps de crise.

Le ROCA a pour objectif de recueillir et de transmettre, dans chaque département, « en temps réel », aux préfets, des informations sur l'écoulement et l'état écologique des cours d'eau sensibles aux assecs durant les étiages.

Sur le bassin du Calavon, le réseau ROCA est constitué de 5 stations d'amont en aval (cf. planche 8) :

- Château Vert sur le Calavon au niveau de la commune de Viens ;
- Saint-Georges également sur le Calavon au niveau de la commune de Viens ;
- Les Astiers sur le Calavon au niveau de la commune de Saint-Martin-de-Castillon ;
- Notre Dame de Lumière sur l'Imergue au niveau de la commune de Goult ;
- La Royère sur le Calavon au niveau de la commune d'Oppède.

Ce choix a été basé sur les données disponibles (notamment la présence de prélèvement) et l'expertise des acteurs locaux : connaissance du fonctionnement des cours d'eau, des zones de fort prélèvement et de l'historique des mises en assec.

Pendant la période de crise, des observations visuelles sont effectuées sur l'écoulement de l'eau de chaque station ainsi que sur son état écologique. Ces observations sont réalisées selon une grille simple à 4 modalités : écoulement visible acceptable (bleu), écoulement visible faible (jaune), écoulement non visible (orange) et assec (rouge).

Le tableau suivant présente la plus mauvaise observation annuelle relevée par le ROCA des 6 dernières années puis le pourcentage d'année présentant un assec sur cet échantillon :

Station	2010	2009	2008	2007	2006	2005	% Assec
Château Vert (Calavon)	bleu	bleu	jaune	rouge	rouge	rouge	50 %
Saint-Georges (Calavon)	bleu	rouge	jaune	rouge	rouge	rouge	67 %
Les Asties (Calavon)	bleu	rouge	rouge	rouge	rouge	rouge	83 %
Notre Dame de Lumière (Imergue)	bleu	rouge	jaune	orange	orange	orange	17 %
La Royère (Calavon)	bleu	bleu	rouge	rouge	rouge	-	60 %

Tableau n°12 : Observations du réseau de surveillance des assecs ROCA (Source ONEMA)

Après analyse des résultats au niveau des stations ROCA, les assecs sur le Calavon semblent être plus fréquents que sur l'Imergue.

B.V.3 Réseau de surveillance des étiages du Calavon

Le réseau de surveillance des étiages du Calavon et de ses affluents est complémentaire du réseau ROCA. Il est réalisé par le PNRL deux fois/mois sur toute la durée de l'étiage au niveau de plusieurs points de suivi (avril/mai à octobre/novembre, plus tard en cas d'hiver sec).

Avant 2011, il était basé sur une observation visuelle du niveau d'eau qualifié selon trois possibilités : écoulement visible, écoulement non visible (mais présence d'eau) et assec. Le réseau comprenait 29 points de suivi (cf. planche n°5) dont :

- 21 points sur le Calavon ;
- 2 points sur l'Enchrème ;
- 1 point sur l'Imergue ;
- 1 point sur l'Urbane ;
- 3 points sur la Doa.

Aujourd'hui, ces observations sont complétées sur certains points par une mesure de débit dont 6 sur le Calavon (C3, C4, C5, C9, C16 et C16), 1 sur l'Enchrème (E2) et 1 sur l'Imergue (I1).

Sur le même principe que ci-dessus pour le réseau ROCA, le tableau suivant présente, sur trois stations de référence pour le PNRL, la plus mauvaise observation annuelle des 6 dernières années puis le pourcentage d'année présentant un assec sur cet échantillon.

Station	Lieu-dit	Commune	2010	2009	2008	2007	2006	2005	% Assec
Calavon C4	Château Vert	Viens							17 %
Calavon C9	La Bégude	St Martin de Castillon							0 %
Calavon C16	Amont confluence avec Imergue	Goult							0 %

Tableau n°13 : Réseau de suivi des étiages (Source PNRL)

Des différences sont également identifiables sur la station de Château-Vert entre les données ROCA et PNRL. Les explications de ces différences peuvent être notamment liées à la mesure (jour de passage du technicien et/ou heure de la journée) ou à l'influence de prélèvements anthropiques (pompes mobiles en berge du Calavon ou prise du canal de Château-Vert en amont de la station).

Les trois stations utilisées par le PNRL présentent toutefois moins d'assecs que celles du réseau ROCA. Ces résultats sont dus au choix des stations et à leurs localisations.

En effet, **le PNRL a choisi des stations présentant des écoulements afin de mieux rendre compte de la situation hydrologique sur le bassin versant du Calavon et de servir d'indicateur pour le comité sécheresse**. En effet, une zone en assec tous les ans dès le mois de juin ne présente aucun intérêt en tant qu'indicateur.

B.V.4 Plan sécheresse du Calavon

A partir de réseaux de suivis des débits détaillés ci-dessus, les déséquilibres chroniques sont mis en évidence au travers du nombre de recours au plan sécheresse sur le secteur.

En fonction des informations permettant de caractériser l'état des ressources en eau, les préfetures des départements du Vaucluse et des Alpes-de-Haute-Provence actionnent les différents niveaux du plan sécheresse.

B.V.4.1 Définition des seuils et niveaux de référence

Le plan sécheresse dispose de quatre niveaux de seuils : vigilance, alerte, crise et crise renforcée.

Le seuil Vigilance est défini uniquement à l'échelle départementale. A l'inverse, les seuils d'alerte et de crise sont examinés secteur par secteur et entraînent des mesures de limitation des usages également secteur par secteur.

Les seuils de vigilance, d'alerte et de crise sont définis suivant l'un ou plusieurs critères ci-dessous :

	Critères d'analyses
Seuil de vigilance	<ul style="list-style-type: none"> • Pluviométrie déficitaire pour une période de 4 mois (< 70 % de la normale) • Précocité d'apparition des assecs (ROCA)
Seuil d'alerte	<ul style="list-style-type: none"> • Débit du cours d'eau sur 7 jours inférieur au débit d'alerte sur un bassin si existant • Variation du niveau de la nappe franchissant le seuil d'alerte si existant • Décroissance rapide du niveau des cours d'eau (ROCA) • Observations de terrain autres que ROCA • Evolution de la réserve en eau des sols
Seuil de crise	<ul style="list-style-type: none"> • Débit du cours d'eau sur 7 jours inférieur au débit de crise sur un bassin si existant • Variation du niveau de la nappe franchissant le seuil de crise si existant • Dégradation marquée du niveau des cours d'eau (ROCA) • Observations de terrain autres que ROCA • Evolution de la réserve en eau des sols
Seuil de pénurie <i>La gestion de la pénurie se fait en cellule de crise «sécurité civile»</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dégradation importante des débits d'étiage • Assecs exceptionnels des cours d'eau • Pénurie d'eau potable • Déstockage des réserves agricoles de Serre-Ponçon ou du Verdon

Tableau n°14 : Critères d'analyses des seuils du plan sécheresse (Source : DDT84)

L'évolution des valeurs des réseaux (ROCA et débits) et des critères ci-dessus est suivie et analysée par un comité spécifique qui confirme le franchissement des seuils.

Ces derniers sont définis en fonction de niveaux de référence de chacune des valeurs suivies sur le bassin. Au niveau du Calavon, les références d'observation sont détaillées ci-dessous.

Seule la station SPC de Coste Raste possède un niveau de référence chiffré pour définir si le niveau du plan sécheresse sur le bassin versant du Calavon doit changer ou non. Toutes les autres observations du plan sécheresse sur le Calavon restent qualitatives.

Nom du secteur ou bassin versant	Référence d'observation	QMNA5 l/s	1/10 Module l/s	Seuil d'alerte	Seuil de crise
				Débit en l/s ou niveau	
Calavon (Secteur 8)	<i>Station SPC Coste Raste Station SPC Oppède Piezomètre forage AEP des Bégudes Piezomètre Coustellet Points ROCA Points suivi des étiages PNRL Mesures de débit ponctuel DDT/ONEMA</i>	10	80	$Q < 40$	$Q = 0$

Tableau n°15 : Niveaux de références du plan sécheresse (source : DDT84)

Compte tenu que le Calavon est très souvent à sec à Coste Raste, y compris en hiver, le choix de cette station de référence a été remise en cause sur la base des connaissances actuelles (étude BRL, suivi PNRL). Le suivi de la station des Bégudes apparaît plus pertinent. Un seuil critique à 150 l/s a été défini et pris en compte au niveau du comité sécheresse.

En fonction du seuil choisi, le plan sécheresse définit des mesures de réduction des usages. Ces mesures sont variables en fonction de la nature du prélèvement (collectifs par canaux ou individuels), de l'usage (agricole, AEP ou industriels) et de la ressource utilisée (propre au bassin ou provenant des ressources de la Durance ou du Verdon).

B.V.4.2 Activations du plan sécheresse sur le bassin versant du Calavon

L'illustration ci-dessous précise les différentes étapes qui conduisent à la prise d'arrêtés préfectoraux de limitation des usages : suivi des débits par le PNRL et réunion du comité sécheresse avec la préfecture.

A l'exception de l'année 2010, le plan d'action sécheresse a été actionné de façon systématique sur les 6 dernières années sur les départements du Vaucluse et des Alpes-de-Haute-Provence avec :

- 5 années sur 6, le déclenchement du niveau de vigilance ;
- 3 années sur 6, le déclenchement du niveau supérieur d'alerte spécifiquement sur le bassin versant du Calavon ;
- 3 années sur 6, le déclenchement du niveau de crise sur le Calavon de façon précoce sur le Vaucluse (début juillet) et plus tardive sur les Alpes-de-Haute-Provence (fin juillet à début août).

Au regard de ces éléments, le plan d'action sécheresse est déclenché de façon trop fréquente sur le bassin versant du Calavon par rapport aux objectifs définis dans la réglementation du SDAGE Rhône-Méditerranée (2 années sur 10). En conséquence, le bassin versant du Calavon a donc été classé en bassin déficitaire avec obligation de réaliser une étude de détermination des volumes maximums prélevables.

Années	Vigilance	Alerte	Crise
2011	Dép. 04 du 01/07 (<i>en cours</i>) Dép. 84 du 24/06 (<i>en cours</i>)	Calavon (84) du 08/07 au 15/09 Calavon (04) du 03/08 31/10	Non
2010	Pas d'arrêté		
2009	Dép. 04 du 11/08 au 15/10 Dép. 84 du 07/08 au 15/10	Non	Non
2008	Dép. 04 du 31/07 au 31/12 Dép. 84 du 27/03 au 01/08 Calavon (84) du 01/08 au 15/10	Non	Non
2007	Dép. 04 du 10/04 au 15/10 Dép. 84 du 21/03 au 31/10	Calavon (04) du 10/04 au 15/10 Calavon (84) du 21/03 au 31/10	Calavon (04) du 09/08 au 15/10 Calavon (84) du 31/07 au 30/09
2006	Dép. 04 du 15/06 au 15/10 Dép. 84 du 15/06 au 15/11	Calavon (04) du 30/06 au 15/11 Calavon (84) du 23/06 au 15/11	Calavon (04) du 31/07 au 15/11 Calavon (84) du 04/07 au 15/11
2005	Dép. 04 du 17/06 au 30/09 Dép. 84 du 15/04 au 30/09	Calavon (84) du 15/04 au 30/09	Calavon (04) du 29/07 au 30/09 Calavon (84) du 24/06 au 30/09

Tableau n°16 : Arrêtés sécheresse des 6 dernières années (Source DDT84 & SIE Rhône-Méditerranée)

B.V.5 Transferts de ressource entre bassins

Le fonctionnement hydrologique du Calavon et de ses affluents est influencé par les transferts de ressource en provenance du bassin versant de la Durance :

- Substitution de prélèvements pour l'alimentation en eau potable, les ressources propres du bassin versant sont complétées par :
 - Le syndicat intercommunal d'adduction en eau potable Durance Plateau d'Albion qui prélève l'eau dans la Durance au niveau d'Aubignosc pour la plupart des communes à l'amont du bassin versant ;
 - Le syndicat d'alimentation en eau potable Durance - Ventoux qui alimentent toutes les communes à l'aval du bassin versant à partir de forages situés dans la plaine de la Durance au niveau de Cavaillon et Cheval-Blanc ;
 - De façon marginale, la SCP dont les réseaux peuvent servir ponctuellement à la potabilisation afin de sécuriser l'alimentation en eau potable sur certains secteurs.
- Substitution de prélèvements pour l'irrigation avec les réseaux de la Société du Canal de Provence provenant de la vallée de la Durance. Ces ouvrages sont situés dans la partie centrale du bassin versant du Calavon entre Apt et Robion. A partir de 2012, la réserve SCP de la Doâ pourra être réalimentée par des eaux provenant de la Durance ;
- Substitution de prélèvements pour l'irrigation et décharges de fonctionnement des réseaux primaires et des filiales des canaux. En effet, le canal mixte, qui prélève l'eau sur la Durance et/ou le canal EDF à Mallemort, et les autres canaux qu'il alimente (Cabedan-neuf, Isle et Saint-Julien) se déchargent dans le Calavon et irriguent toute la partie basse du bassin en aval de Robion.

Ces transferts seront précisés et quantifiés dans le cadre de l'analyse des prélèvements et des rejets en phase 3. Néanmoins, il est déjà possible de se prononcer sur le fait que l'influence de ces substitutions pour l'AEP ou l'irrigation ainsi que les restitutions ont une influence notable sur le fonctionnement hydrologique actuel du Calavon.

B.V.6 Identification sommaire des déséquilibres

Le suivi régulier des débits en période d'étiage par le PNRL, ainsi que celui des services de protection des milieux aquatiques (ONEMA), permettent de mettre en évidence que les assecs sont récurrents sur le bassin versant du Calavon.

Toutefois, les origines des déséquilibres entre ressources et usages sont différentes selon trois zones géographiques distinctes :

- **La partie amont du bassin (Haut Calavon au-dessus d'Apt)**, est concernée par des assecs récurrents avec une hydrologie fortement influencée par le contexte géologique très karstifié. La pression naturelle sur les ressources est amplifiée par les demandes en eau pour l'irrigation et le manque de ressources de substitutions. Les apports extérieurs (Durance/Albion) permettent de réduire la pression sur les ressources locales et de sécuriser l'alimentation en eau potable.
- **La partie centrale du bassin versant entre Apt et Robion** connaît des assecs tout aussi importants que sur la partie amont sinon plus par endroit. La situation hydrologique est parfois plus favorable sur les principaux affluents Imergue, Riaille d'Apt, í Malgré les problèmes de ressources, les usages pour l'AEP et l'irrigation sont satisfaits grâce aux différents apports extérieurs (Syndicat Durance/Ventoux et SCP) ;

- **Le tronçon aval du Calavon** s'écoulant à partir de Robion est soumis à une réalimentation partielle par les canaux du Mixte, de l'Isle, de Cabedan-neuf et du Saint-Julien. En période d'étiage, les ressources en eau sont suffisantes et aucun assec n'est constaté. Sur cette partie, des étiages sévères, voire des assècs, peuvent toutefois être observés lors de la concomitance d'un hiver sec avec la période de chômage des canaux.

B.VI SYNTHÈSE

En conclusion sur cette description du bassin versant, les principaux éléments à retenir sont :

- Le bassin versant du Calavon occupe une surface de 995 km² dont plus de 30% sont des superficies cultivées ;
- Son influence climatique est de type méditerranéenne malgré sa situation en moyenne montagne (700 m d'altitude moyenne) ;
- La population totale du bassin est doublée durant la saison estivale ;
- Le contexte géologique influence fortement les écoulements de surface dans la partie amont du bassin ;
- De nombreuses zones d'assècs sont référencées sur le bassin en période d'étiage ;
- Ces zones d'assècs apparaissent malgré les nombreux apports extérieurs de ressource en eau dans tous les secteurs du bassin versants et pour tous les usages (AEP et Irrigation) ;
- Le plan d'action sécheresse a été déclenché au niveau crise sur le bassin 3 fois en 6 ans.

C. PHASE 2 : QUANTIFICATION DES RESSOURCES

C.I DONNEES METEOROLOGIQUES

➤ *Planche n°10 : Localisation des stations météorologiques*

C.I.1 Données acquises

La ressource en eau sur le bassin versant du Calavon a été étudiée à partir d'un ensemble de données météorologiques. Elles permettent d'apprécier la variabilité spatiale et temporelle des phénomènes météorologiques sur la zone d'étude. Les données suivantes ont été acquises auprès de Météo France :

- La pluviométrie, donnée de base de la modélisation hydrologique ;
- L'ÉvapoTranspiration Potentielle (ETP), permettant d'évaluer les pertes par évaporation et les besoins des plantes pour l'irrigation ;
- La température, utile pour le calcul de la formation et de la fonte des neiges ;

Ces données ont généralement été acquises au pas de temps journalier. **Le choix des stations est issu d'une analyse de la représentativité des stations météorologiques du département.** Le croisement de leur localisation, de leurs dates d'exploitation et de leur altitude a abouti à la sélection de 9 stations. Elles sont situées sur les communes de :

- Banon et Saint-Christol représentatives des zones d'altitudes du Nord du bassin versant (800 m) et du plateau d'Albion ;
- Reillanne et Viens représentatives de l'Est du bassin versant et de la zone du Haut -Calavon ;
- Castellet et Bonnieux représentatives du versant Nord du Luberon ;
- Cabrières d'Avignon, Apt et Saint-Saturnin-les-Apt représentatives de la vallée du moyen Calavon;
- Cavaillon représentative des conditions de la vallée de la Durance.

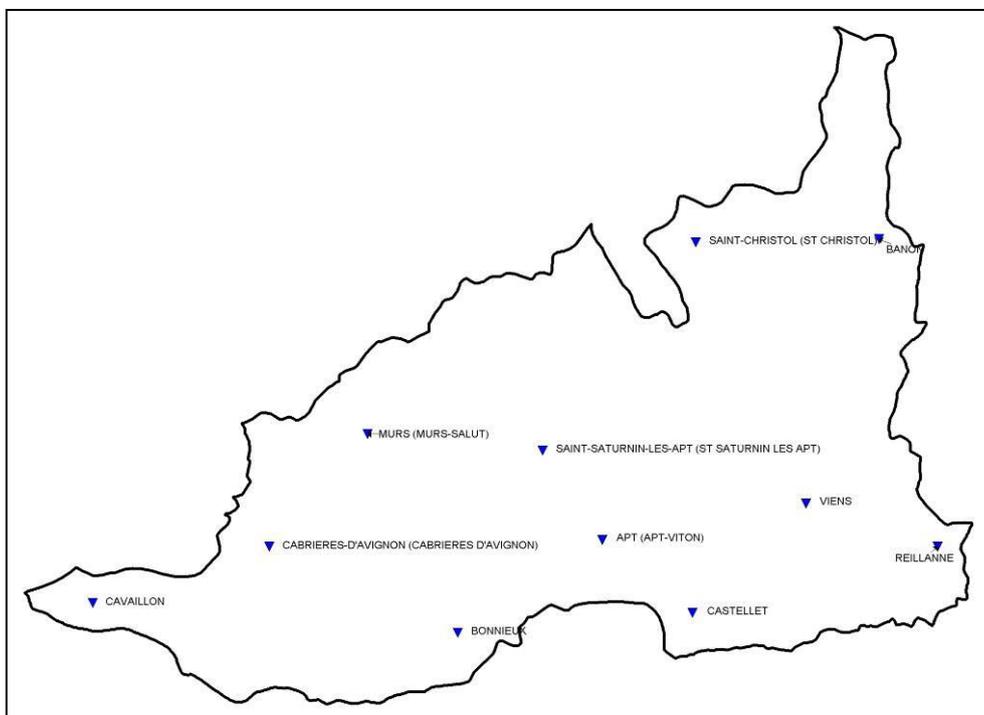


Illustration n°3 : Localisation des stations pluviométriques (source Météo France)

Poste	Altitude (m NGF)	Types	Périodes
Apt	240	Précipitations	1976 - 2010
		Température	1976 - 2010
Banon	780	Précipitations	1976 - 2010
Bonnieux	250	Précipitations	1981 - 2010
Cabrières-d'Avignon	140	Précipitations	1985 - 2010
		Température	1996 - 2010
		Evapotranspiration	1996 - 2010
Carpentras	150	Evapotranspiration	
Castellet	440	Précipitations	1997 - 2010
Cavaillon	80	Précipitations	1976 - 2010
		Température	2006 - 2010
Murs	500	Précipitations	1997 - 2010
Reillanne	500	Précipitations	1995 - 2006
Saint-Christol	840	Précipitations	1997 - 2010
Saint-Saturnin-les-Apt	390	Précipitations	1997 - 2010
Saint-Auban	460	Evapotranspiration	1983 - 2008
Viens	620	Précipitations	1976 - 2010

Tableau n°17 : Synthèse des données météorologiques (Source Météo France)

C.I.2 Analyse de la pluviométrie

En moyenne sur les périodes disponibles pour les stations pluviométriques, les précipitations annuelles varient entre un minimum de 650 mm/an pour les stations de Cavaillon dans la vallée de la Durance et de Murs sur le franc des plateaux Vauclusiens à un maximum de plus 1 000 mm/an pour la station de Banon à près de 800 m d'altitude.

La pluviométrie annuelle sur le bassin versant du Calavon est, en moyenne arithmétique sur l'ensemble des stations, de 780 mm (cf. illustration 4).

Les précipitations semblent plus importantes sur les reliefs du Nord avec Saint-Christol (974 mm) et Banon (1004 mm) et du Sud du bassin versant du Calavon avec Castellet (894 mm) qui malgré sa faible altitude (440 m) possède de fortes précipitations (cf. illustration 5).

Les stations situées dans la plaine au centre de la vallée du Calavon reçoivent des précipitations bien moins importantes avec des valeurs autour de 700 mm.

En regardant l'évolution de la pluviométrie avec l'altitude (cf. illustration 5), il n'est pas possible d'expliquer les hauteurs de précipitations par une relation linéaire par rapport aux altitudes des stations (coefficient de corrélation de seulement 56%).

On notera notamment les cas particuliers du Castellet avec de fortes précipitations malgré une altitude modeste ou à l'inverse Murs avec de faibles précipitations (650 mm) malgré une altitude de 500 m NGF.

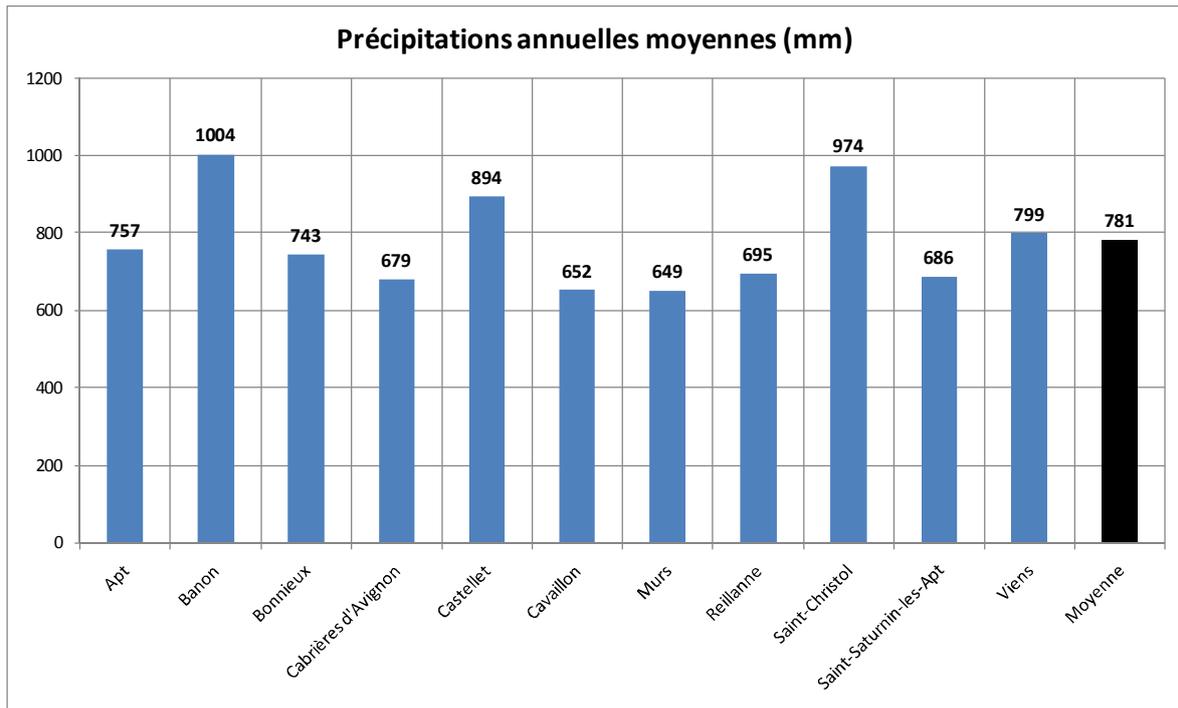


Illustration n°4 : Précipitations moyennes annuelles (source Météo France)

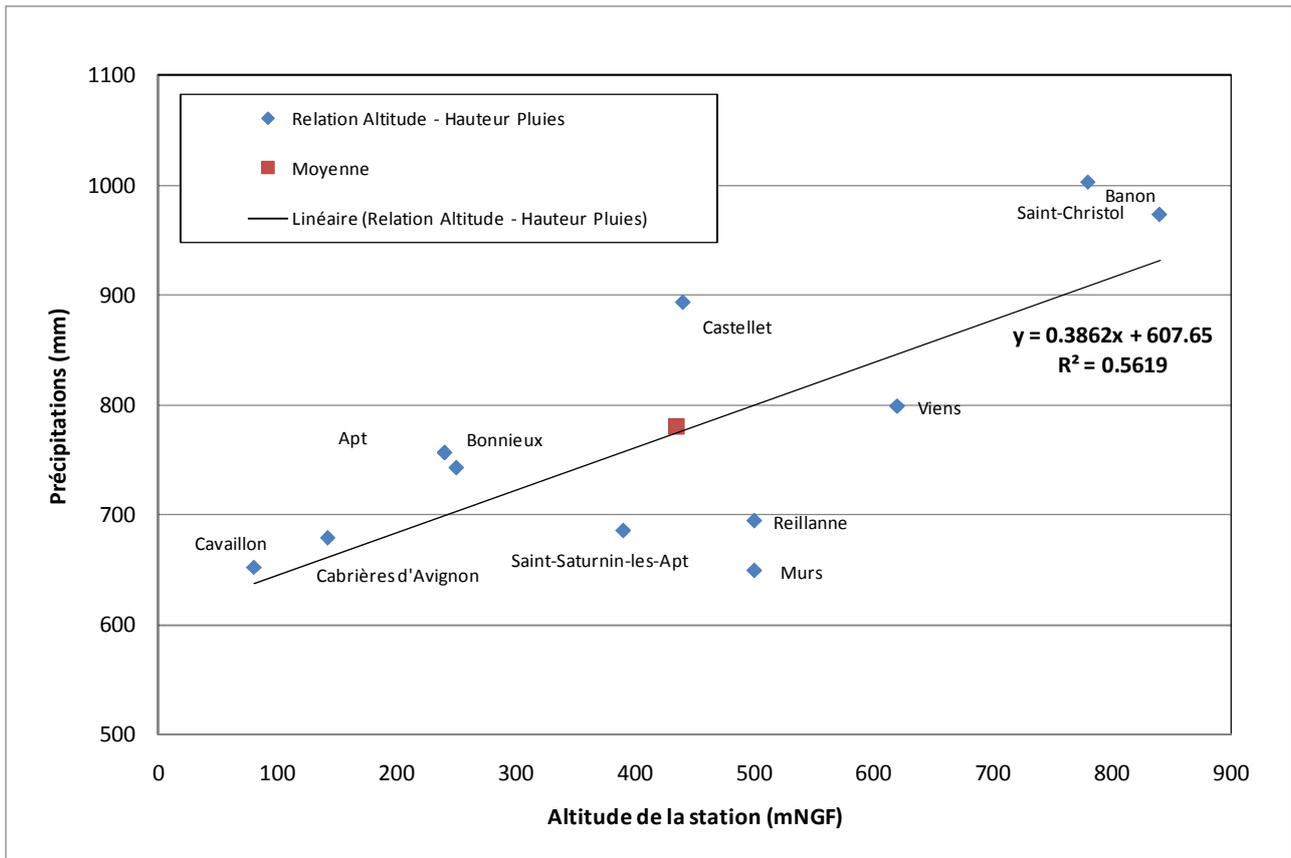


Illustration n°5 : Variation des cumuls annuels de pluies en fonction de l'altitude des stations (Source Météo France)

En plus des différences entre stations, les disparités des hauteurs de précipitations d'une année à l'autre sont également très fortes. Les écarts entre les stations peuvent atteindre plusieurs centaines de millimètres en fonction des années comme notamment en 1996 avec près de 1 500 mm pour la station de Banon pour seulement 800 mm pour la station de Cavaillon.

Les autres stations présentées dans ce comparatif (Murs, Viens et Apt) semblent plus regroupées avec des écarts annuels rarement supérieurs à 100 mm.

La pluviométrie moyenne sur l'ensemble des stations du bassin présente une grande variabilité interannuelle avec des écarts possibles de près 400 mm d'une année sur l'autre comme par exemple entre les années 1996 et 1997. Ces écarts peuvent être des diminutions de précipitations ou des augmentations sans pouvoir identifier une tendance générale imputable au changement climatique.

Durant les périodes de sécheresse, les **déficits pluviométriques sont clairement constatés comme lors des années 1990 à 1992 ou des années 2004 à 2006**. Ces années de déficit pluviométriques correspondent aux années critiques pour les ressources en eau sur le bassin versant du Calavon traduisant la faiblesse des ressources et l'influence des pluies sur les débits, les recharges des nappes et/ou les prélèvements.

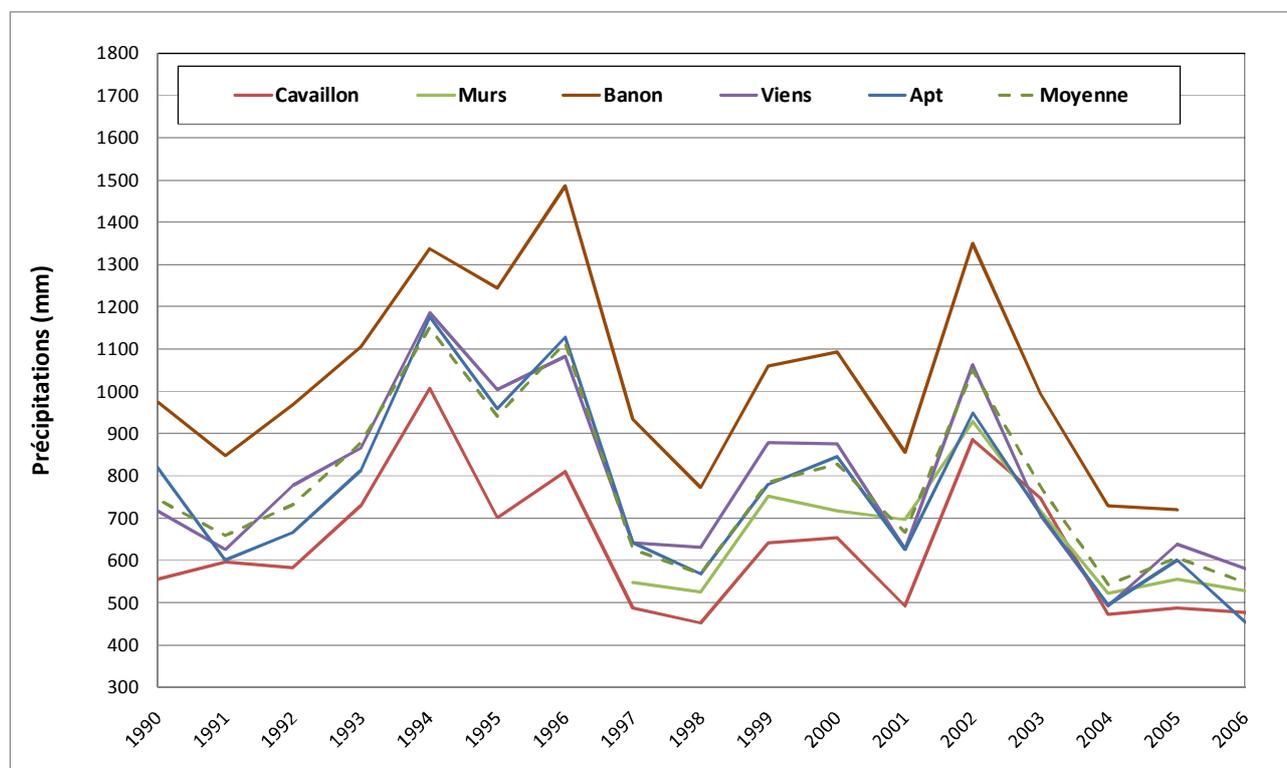


Illustration n°6 : Variation des cumuls annuels de pluies (Source Météo France)

Concernant le nombre de jours de pluie, on observe de fortes variations d'une station à l'autre. A Banon, on compte 158 jours de pluie contre moins de 110 pour les stations de Cavaillon et de Cabrières d'Avignon (cf. illustration 7).

Plus que par l'altitude, le régime pluviométrique semble influencé par le positionnement de la station avec un nombre de jours de pluie plus faible dans la vallée du Calavon au Sud (Bonnieux, Cavaillon) par rapport aux stations situées sur les reliefs notamment Banon et Saint-Christol sur le plateau d'Albion et le Castellet sur le versant Nord du Luberon.

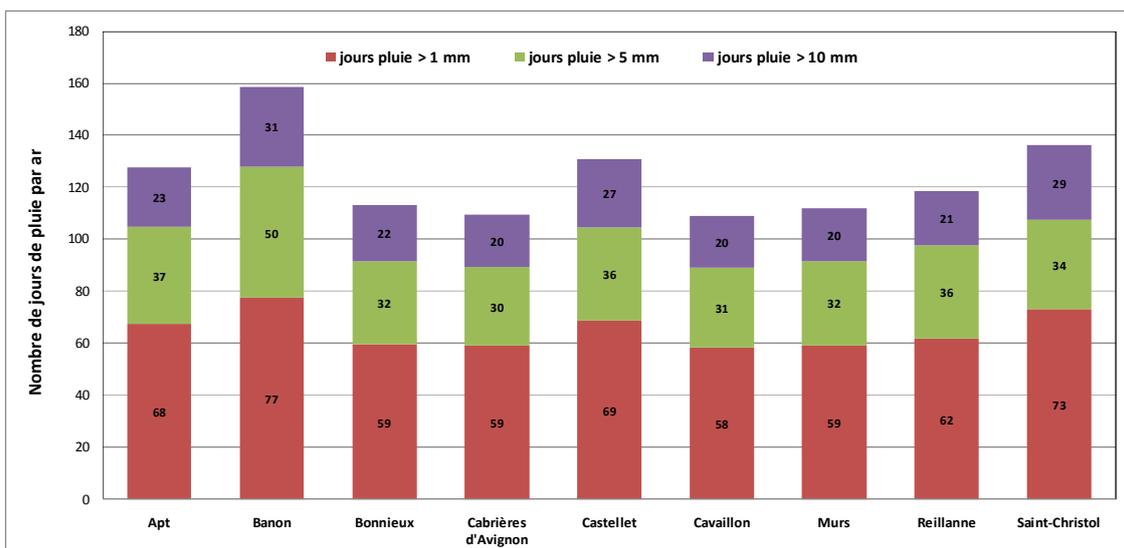


Illustration n°7 : Nombre de jours de pluie et par an et intensité sur la période 1997-2007 (Source Météo France)

Concernant l'importance des précipitations (cf. illustration 7), le nombre de jour de pluie par classe d'intensité (précipitations journalières supérieures à 1 mm, à 5 mm ou 10 mm) est relativement homogène entre les stations. Aucune station plus qu'une autre ne laisse apparaître un comportement traduisant des épisodes orageux et violents.

Les intensités moyennes des pluies sont relativement hétérogènes en variant du simple au double de 6 mm/jour minimum pour Cabrières d'Avignon à 12 mm/jour maximum pour Banon.

Enfin l'illustration suivante compare les cumuls de précipitations annuelles à ceux durant la période d'irrigation (mai à août) sur la totalité des chroniques disponibles.

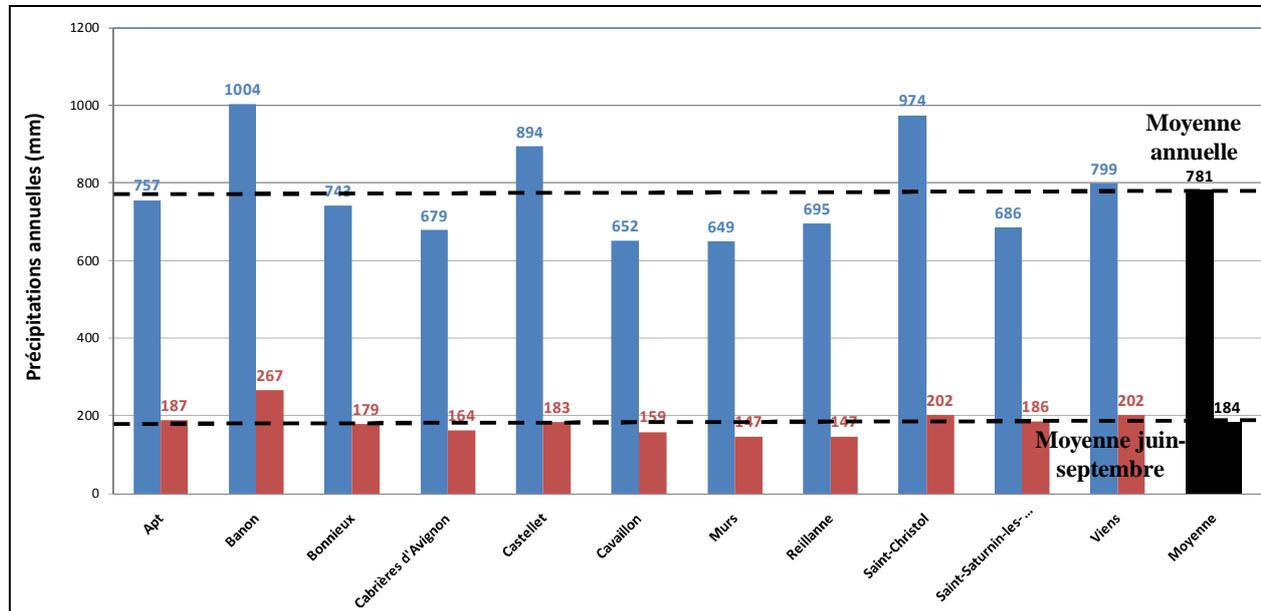


Illustration n°8 : Cumuls des précipitations pendant la période d'irrigation (Source Météo France)

En moyenne, les précipitations durant la période d'irrigation (mai à août soit 4 mois) représente 184 mm contre 781 mm sur l'année (moins de 24%). Les cumuls de précipitations durant l'été sont donc relativement faibles par rapport aux valeurs annuelles ce qui correspond bien aux caractéristiques du

climat méditerranéen. Aucune station ne présente de pluviométrie anormalement importante en été par rapport à son cumul annuel.

En conclusion :

- La pluviométrie moyenne est de l'ordre de 780 mm par an sur le bassin versant toutes stations confondues avec de fortes variations annuelles ;
- Les cumuls annuels de pluie les plus forts du bassin versant sont observés sur les reliefs au Nord sur les monts du Vaucluse et au Sud sur le versant Nord du Luberon ;
- Les déficits pluviométriques sont nets (1990-1992 ; 2003 - 2007) et sont directement corrélés avec les situations de crises observées sur le bassin versant du Calavon (restriction d'usages et assèchs des cours d'eau). Lorsque les précipitations annuelles sont moins importantes, la ressource en eau ne semble pas suffisante pour soutenir les débits des cours d'eau et satisfaire les usages.

C.I.3 Analyse de la température

Les données présentées sont issues des stations d'Apt, de Cavaillon et de Cabrières d'Avignon situées à des altitudes respectives de 240 m, 80 m et 142 m.

Les températures moyennes annuelles sont très proches avec 14.1°C pour Apt, 14.5°C pour la station de Cavaillon et 14°C pour la station de Cabrières d'Avignon. Compte tenu que le gradient moyen est généralement de 0.6°C, les moyennes des températures sur les trois stations peuvent être considérées comme identiques.

La variabilité mensuelle est forte avec des températures moyennes mensuelles de 6°C en janvier contre plus de 20°C pour le mois de juillet qui est généralement le plus chaud.

En comparant les chroniques, on constate que les températures sont très proches entre Apt et Cavaillon malgré une différence de près de 200 m d'altitude. La station de Cabrières d'Avignon semble protégée car elle présente les températures les moins chaudes pendant l'été et le printemps avec 2°C de moins que les deux autres stations d'Apt et de Cavaillon et celles de l'automne et de l'hiver avec, en moyenne, 2°C de plus.

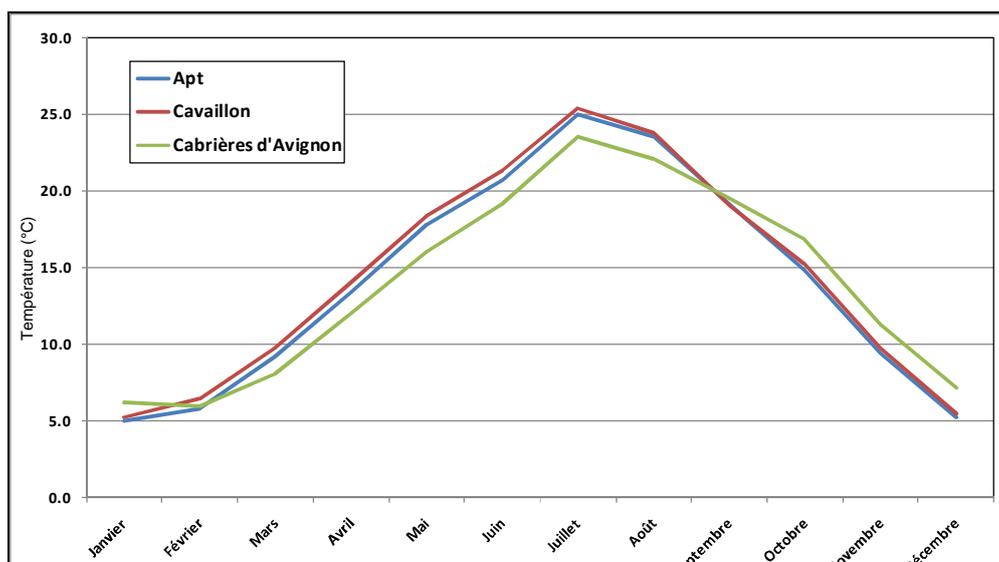


Illustration n°9 : Température moyenne mensuelle à Apt, Cavaillon et Cabrières d'Avignon (Source Météo France)

C.I.4 Analyse de l'Évapotranspiration Potentielle (ETP)

L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation du sol et la transpiration des plantes. L'évapotranspiration potentielle est une valeur théorique qui correspond la somme de l'évaporation par la surface du sol et la transpiration des plantes lorsque le sol permet de fournir toute l'eau demandée.

Les données disponibles sont issues des stations de Cabrières d'Avignon et de Carpentras. Sur la station de Cabrières, qui fait partie intégrante du bassin du Calavon, l'ETP est maximale au mois de juillet avec de l'ordre de 7 mm/jour pour un minimum au mois de janvier de 1 mm/jour.

Sur l'année, l'ETP représente 1 223 mm pour 679 mm de précipitations cumulées moyennes à la station de Cabrières d'Avignon soit un déficit en eau de près de moitié. **Durant la saison d'irrigation** (mai à septembre), **l'ETP cumulée est de 726 mm soit près de 0.73 mètre d'eau évapotranspiré par mètre carré de sol ou 7 300 m³ par ha.**

L'évapotranspiration sur la station de Carpentras est moins importante. Elle représente 1 012 mm au total sur l'année et 550 mm sur la période d'irrigation.

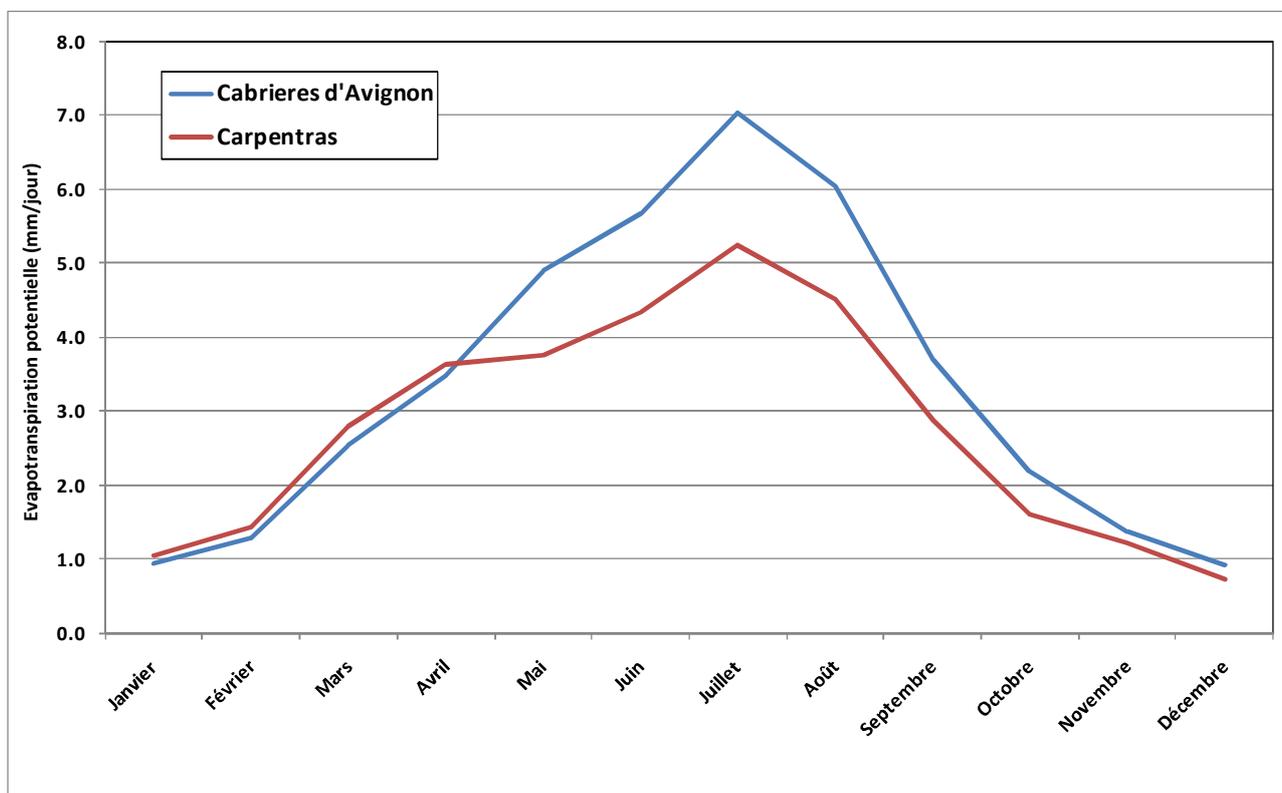


Illustration n°10 : Variations de l'ETP sur l'année (moyenne 1968-2008) (Source Météo France)

C.II DONNEES DEBITMETRIQUES

C.II.1 Analyse des débits aux stations hydrométriques

Sur le bassin versant du Calavon, il existe **deux stations hydrométriques** qui sont gérées par le Service de Protection des Crues Grand Delta (SPC Grand Delta) et permettent de suivre quotidiennement les débits sur le bassin versant du Calavon :

- Le Calavon à *Coste Raste* au niveau de la commune de Saint-Martin-de-Castillon qui existe depuis 1964 ;
- Le Calavon à *La Garrigue* sur la commune de Oppède a été mise en service en 1996.

Le gestionnaire des stations de mesure, SPC Grand Delta, a été interrogé quant à leur **fonctionnement, qui s'avère, dans l'ensemble, satisfaisant et fiable.**

La station de Coste Raste a subi 6 détarages depuis 1964 mais la courbe utilisée actuellement pour la correspondance hauteur-débit n'a pas été modifiée depuis 2001. De plus, une mesure de contrôle a été effectuée par l'équipe de métrologie de CEREG Ingénierie donnant 19 l/s pour une valeur instantanée de la station de 20 l/s.

La station La Garrigue possède la même courbe de tarage depuis 1994 et le gestionnaire a précisé que les débits étaient peu fiables en dessous de 100 l/s.

A l'inverse, **plusieurs autres stations hydrométriques sont présentes ou ont existées sur le bassin versant du Calavon mais elles ne seront pas utilisées dans cette étude** car :

- La durée de la chronique est insuffisante comme sur la station de Faucon à Cereste ;
- La station a été abandonnée faute d'un tarage satisfaisant rendant les valeurs peu représentatives comme sur la station de Baumettes ;
- La station est destinée à de l'annonce de crue et la courbe de tarage n'est pas fiable pour les débits d'étiage comme les stations d'Oppédette et d'Apt.

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques des observations aux stations de Coste Raste et La Garrigue. **On constate que les débits mensuels minimaux de période de retour quinquennale (QMNA5) sont très faibles.** En effet, les assècs sont fréquents dans ces secteurs.

	Calavon à Coste Raste	Calavon à La Garrigue
Surface du bassin versant topographique (km ²)	374	860
Surface effective (km ²)	183	450
Module (l/s)	790	1 150
QMNA5 (l/s)	1	2
VCN10 (l/s)	1	1

Tableau n°18 : Valeurs caractéristiques des débits d'étiage sur les stations du Calavon (Source Banque Hydro)

Les étiages du bassin versant du Calavon sont fortement influencés par la présence du Karst de Fontaine de Vaucluse au Nord et, uniquement pour la station de La Garrigue, par celui du Luberon au Sud. En effet, **les données des stations hydrométriques indiquent que leur bassin versant effectif ne représente qu'un peu plus de 50% du bassin versant topographique.**

Ainsi, malgré l'augmentation de la taille du bassin versant entre les deux stations, **les étiages restent très sévères de par la conjonction de plusieurs phénomènes** :

- De très faibles précipitations ;
- Des pertes naturelles élevées ;
- Des prélèvements qui accélèrent le processus naturel de tarissement et, en fin de saison, ralentissent le retour à la normale des débits.

Le graphique suivant présente la variabilité mensuelle des débits écoulés sur le Calavon aux droits des stations de Coste Raste et de la Garrigue. Pour chacune des stations, les variations sont caractéristiques d'un **régime pluvial à influence méditerranéenne** avec :

- En hiver, de forts débits correspondant aux précipitations hivernales ;
- Au printemps, une forte décroissance des débits traduisant une baisse des précipitations et un tarissement des ressources souterraines. Ce phénomène est particulièrement observable à la station de Coste Raste ;
- En été et se poursuivant parfois jusqu'à l'automne, des étiages sévères caractéristiques du domaine méditerranéen avec des débits mensuels plus de 10 fois inférieurs à au débit moyen.

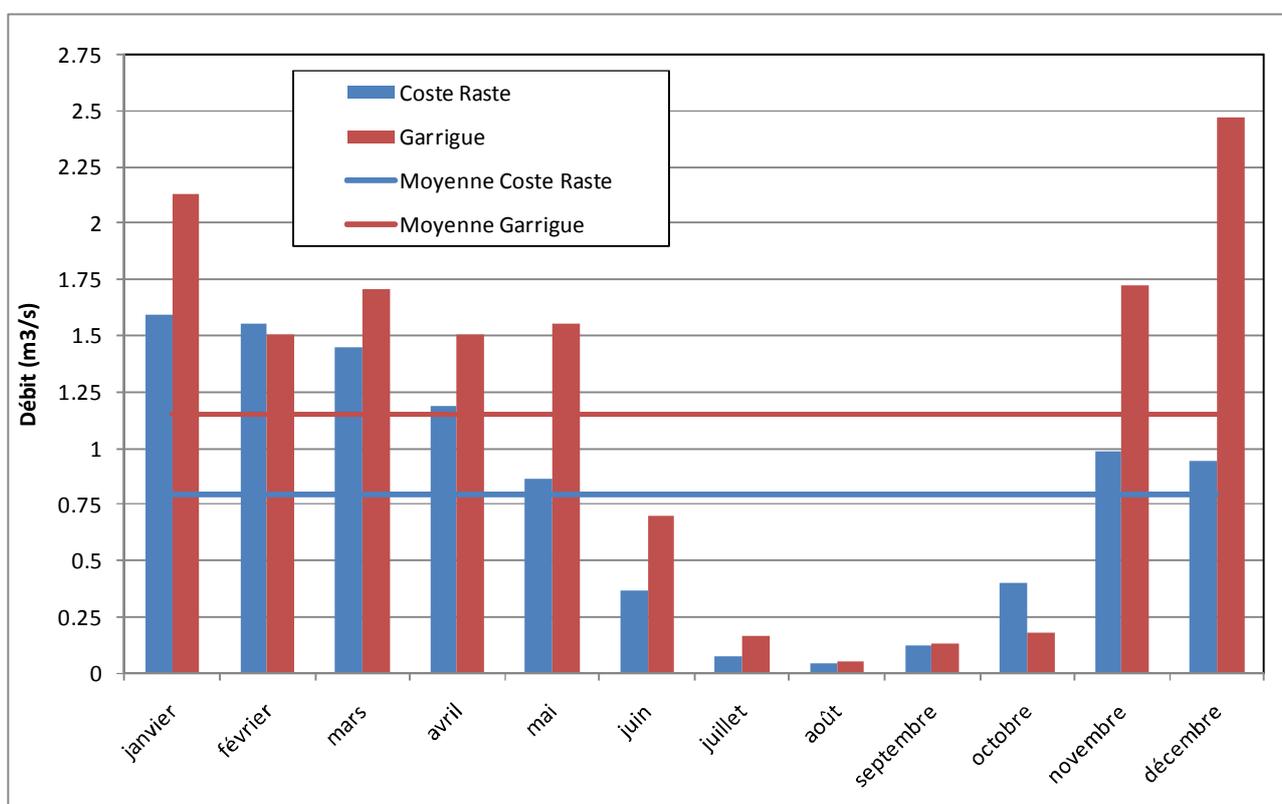


Illustration n°11 : Débits moyens mensuels du Calavon (Coste Raste : moyenne 1964-2010 ; Garrigue : moyenne 1997-2010) (Source DREAL ó SPC Grand Delta)

Les variations inter-mensuelles des débits sont plus contrastées sur la station de la Garrigue que sur celle de Coste Raste. La différence de taille des chroniques, 45 ans sur Coste Raste contre 13 ans pour la Garrigue, peut expliquer ce phénomène.

Sur le mois d'octobre, le débit mensuel à Coste Raste est supérieur à celui à la Garrigue avec 0.40 m³/s contre 0.18 m³/s. La perte de débit visible entre les deux stations ne peut s'expliquer que par deux phénomènes :

- Des prélèvements d'origine anthropique. Toutefois, durant le mois d'octobre, ce phénomène doit être limité ;
- Des pertes sur le linéaire du Calavon pour recharger des nappes profondes ou alluviales. Ces éléments seront détaillés dans le paragraphe C.III.

En plus des variabilités mensuelles, les débits moyens annuels du Calavon sont fortement contrastés d'une année à l'autre (cf. illustration suivante).

Sur la station de Coste Raste, le débit moyen annuel sur la chronique a évolué entre 0.01 m³/s en 2007 et 2.54 m³/s en 1978. Alors que sur la station de la Garrigue, le même débit a varié entre 0.02 m³/s en 2006 et 3.33 m³/s en 2010.

Malgré l'augmentation de la taille du bassin versant entre les deux stations, **lors des étiages sévères (2005 à 2007 notamment), les débits moyens annuels sont très proches sur les deux stations avec des valeurs extrêmement faibles.**

La ressource en eau souterraine est donc limitée entre ces deux stations et ces faibles réserves ne permettent pas de soutenir les débits au-delà de la période d'étiage et encore moins lors de plusieurs années de sécheresse.

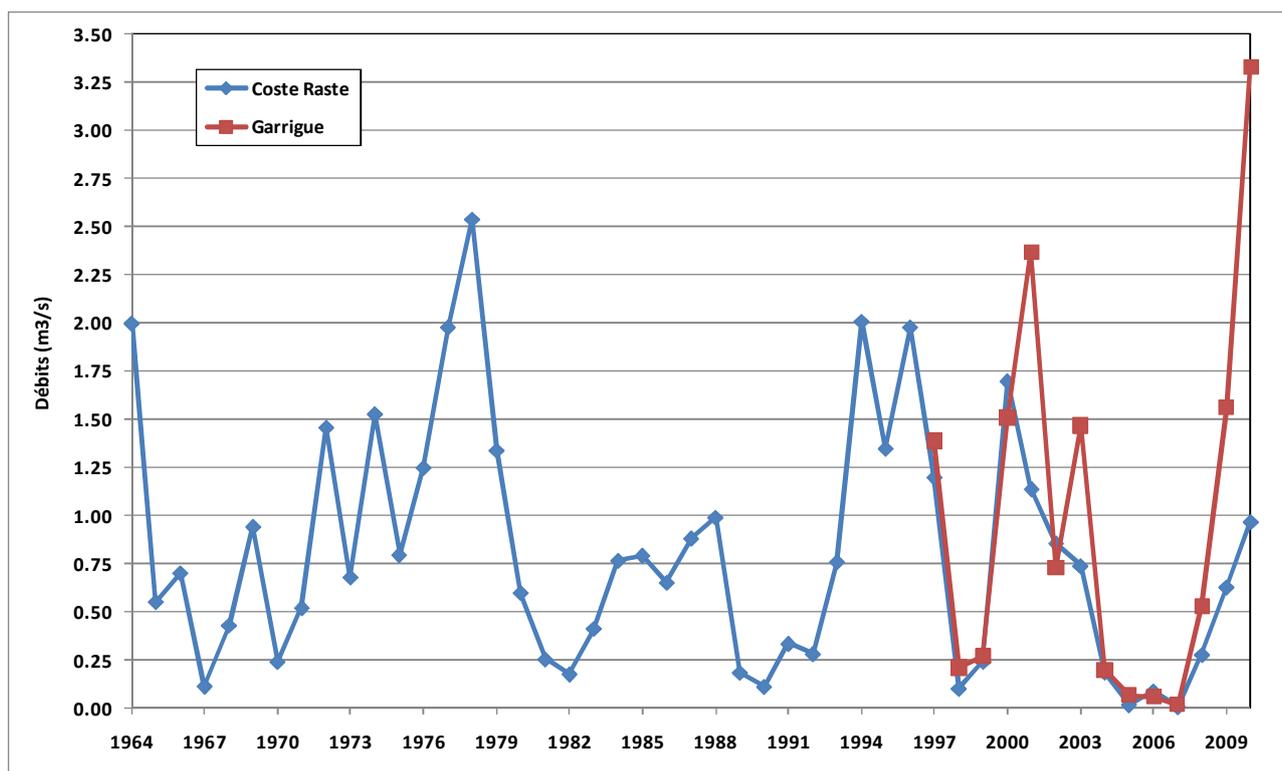


Illustration n°12 : Débits moyens annuels du Calavon (Coste Raste : moyenne 1964-2010 ; Garrigue : moyenne 1997-2010) (Source DREAL ó SPC Grand Delta)

A partir des données des stations pluviométriques du bassin versant du Calavon, la lame d'eau globale a été estimée à **781 mm/an**.

En se basant sur les surfaces topographiques des bassins versants des stations hydrométriques (cf tableau suivant), les lames d'eau écoulées sont de **74.8 mm/an en moyenne sur Coste Raste et 80.6 mm/an en moyenne sur la station de la Garrigue**.

Le **coefficient d'écoulement** (lame d'eau écoulée/lame d'eau précipitée) est donc de :

- **9.6% au droit de la station de Coste Raste ;**
- **10.3% au droit de la station de la Garrigue.**

Ces valeurs, très faibles, sont **caractéristiques des bassins versants présentant des affleurements karstiques qui influencent l'hydrologie de surface**.

Station	Surface (km ²)		Débit spécifique (l/s/km ²)	Lame d'eau écoulée (mm/an)	Coefficient d'écoulement
Coste Raste	Surface topographique	374	2.1	66.6	8.5%
	Surface effective (km ²) (sans affleurements calcaires)	183	4.3	136.2	17.4%
Garrigue	Surface topographique	860	1.3	42.2	5.4%
	Surface effective (km ²) (sans affleurements calcaires)	450	2.6	80.7	10.3%

Tableau n°19 : Analyse des lames d'eau et coefficient d'écoulement (1976 ó 2010)

Les surfaces totales des affleurements calcaires au droit des stations de mesure sont de **191 km² pour Coste Raste (51% de la surface totale) et 410 km² pour La Garrigue (48% de la surface totale)**. En excluant ces surfaces des calculs, les valeurs suivantes sont obtenues :

- **A Coste Raste, 136.2 mm pour la lame écoulée soit 17.4% pour le coefficient d'écoulement ;**
- **A la Garrigue, 80.7 mm pour la lame écoulée soit 10.3% pour le coefficient d'écoulement.**

En ne tenant pas compte des affleurements calcaires karstiques, les variables hydrologiques ont été multipliées par deux pour chacune des stations hydrométriques.

A titre comparatif, le Bès à Pérouré sur le bassin versant de la Bléone présente un coefficient d'écoulement de 60%. D'autres bassins versants qui présentent des caractéristiques topographiques et géologiques similaires (amont du bassin versant constitué de formations karstiques), comme le **Lauzon** ou le **Largue**, présentent des coefficients de valeurs similaires (15 à 17%).

C.II.2 Campagnes de mesures complémentaires (PNRL ó CEREG Ingénierie)

➤ *Planche n°11 : Localisation des points de mesure de débit*

C.II.2.1 Méthodologie

Les mesures de débit présentées dans ce paragraphe correspondent à des jaugeages ponctuels réalisés à l'aide d'un micro moulinet ou d'un courantomètre. Ils ont été réalisés sur le Calavon et ses affluents dans le cadre des :

- Deux campagnes de mesures CEREG Ingénierie prévues dans le cadre de la présente étude afin de mieux identifier le fonctionnement hydraulique du Calavon et de ses affluents en dehors et durant la période d'irrigation ;
- Des campagnes de suivis du PNRL prévues dans le cadre du Plan d'Action Sécheresse. Ces campagnes se font à une fréquence bi-mensuelle.

Les campagnes de mesures complémentaires CEREG consistent à **deux campagnes de mesures comportant 24 jaugeages au total** dont 14 sur le Calavon, 1 sur le canal de Château-Vert au niveau de la commune de Viens, 1 sur l'Encrême, 2 sur la Riaille d'Apt, 2 sur l'Imergue, 1 sur la Riaille de Bonnieux et 1 au niveau du rejet de régulation du canal mixte en amont de Robion.

Les points de mesures complémentaires CEREG ont été positionnés en concertation avec le PNRL, l'ONEMA et la DDT. Ils sont localisés en amont des zones de prélèvements importants ou aux endroits où la connaissance du fonctionnement hydrologique du bassin doit être complétée.

C.II.2.2 Résultats

Depuis le début de la saison 2011, 12 campagnes de jaugeages ont été réalisées. Parmi celles-ci, les plus complètes sont retenues et présentées ci-après :

- CEREG 1, début mai 2011 : avant la période d'étiage sévère et avant la saison d'irrigation ;
- CEREG 2, début juillet 2011 : pendant la période d'étiage et la saison d'irrigation ;
- PNRL 1, fin août 2011 : au plus fort de la période d'étiage.

C.II.2.3 Analyses

Les graphiques suivants présentent les résultats des campagnes de jaugeages. D'après ces observations, nous pouvons dire que :

- En dehors de la saison d'étiage et de la saison d'irrigation, les **débits à l'amont de La Bégude augmentent régulièrement** : de 70 l/s à la station DMB1/C3 à 460 l/s à la station DMB4/C9. **Ce phénomène a tendance à s'atténuer plus la saison d'étiage avance** (34 l/s à DMB1 et 76 l/s à DMB9 lors de PNRL 3 en Août) ;
- Pendant la saison d'irrigation, à partir de fin mai, **les débits évoluent brusquement en amont de La Bégude traduisant peut être une influence de prélèvements** sur les eaux de surface. Cette hypothèse devra être vérifiée lors des phases 3 et 4 de l'étude ;
- Entre La Bégude et Apt, **l'ensemble des mesures indiquent des diminutions importantes des débits**. Les pertes, qui peuvent atteindre plus de 150 l/s hors étiage et 50 l/s au plus fort de l'étiage (*source SOGREAH, 1999*), semblent se concentrer entre les stations DMB4 et C10 (cf. campagnes PNRL 3 ó 08/08), Même si des prélèvements sont possibles, l'importance des diminutions laissent présager des pertes vers les eaux souterraines ;

Cours d'eau	Point de mesure	Distance à la source (km)	CEREG 1 Mai 2011	CEREG 2 Juillet 2011	PNRL 1 Août 2011
Calavon	DMB1 / C3	5.5	70	29	28
	C4	8.4			15
	DMB2 / C5	9.2	150	58	15
	DMB3	12.1	240	0	
	DMB4 / C9	15	460	93	49
	C10	17.4			0
	C11	22.2			0
	DMB5	23.2	290	0	
	DMB6	32.5	320	0	
	C15	38.6			0
	DMB7	40.1	330	1	
	C16	44.8			42
	DMB8	45.1	510	70	
	DMB9	51.8	640	130	
	C19	54			70
	DMB10	57.8	1180	1210	
	DMB11	61.7	1740	1780	
DMB12	68.3	3100			
Enchrême	DMB13 / E2	9.3	100	11	69
Riaille Apt	DMB14	31	40	5	
Imergue	DMB15	-	30	6	
	DMB16 / I1	45	60	15	12

Tableau n°20 : Synthèse des jaugeages complémentaires sur le Calavon et ses affluents (Source CEREG et PNRL)

- Au-delà d'Apt et jusqu'à la confluence avec l'Imergue, malgré l'augmentation de la taille du bassin versant, les **débits évoluent peu voire pas du tout au plus fort de l'étiage** avec des assecs possibles sur plus de 15 km (cf. CEREG 2 et Juillet 2011). Cette stagnation démontre la faiblesse des ressources souterraines à ce niveau et qui donc ne soutiennent pas les débits d'étiage sur ces secteurs ;
- En aval du bassin versant, les débits augmentent faiblement entre Goult et Robion, ce qui traduit des faibles contributions d'une nappe souterraine, avant que les **retours des canaux d'irrigation** (Mixte, Cabedan-Neuf, Isle et Saint-Julien) se fassent sentir à partir de Robion. Les retours des canaux représentent entre 1 et 3 m³/s soit, selon les saisons, de 5 à 20 fois le débit du Calavon avant leurs contributions ;
- Même si les contributions des affluents et des sources restent modérées en dehors de l'étiage, ces apports peuvent représenter la majeure partie des débits du Calavon.

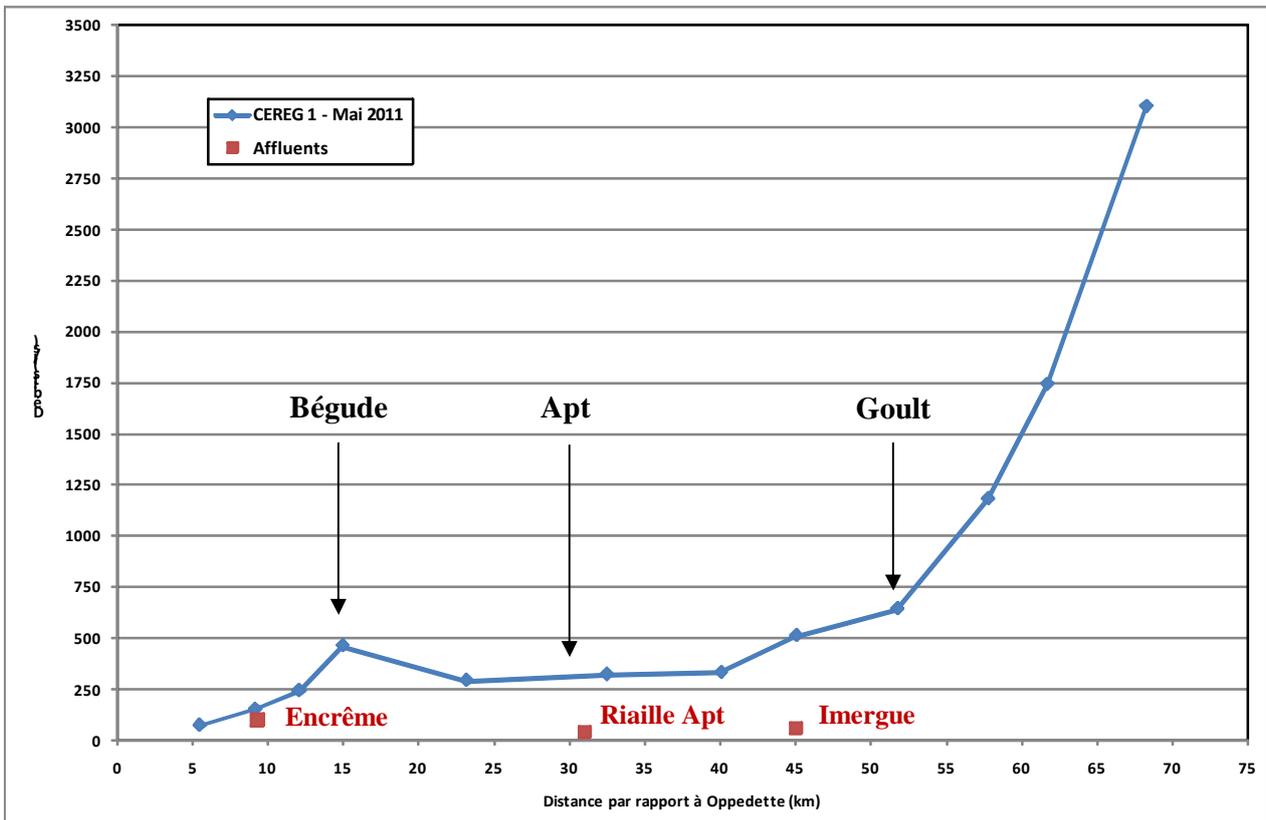


Illustration n°13 : Jaugeage CERE 1 (Mai 2011) réalisé sur le Calavon

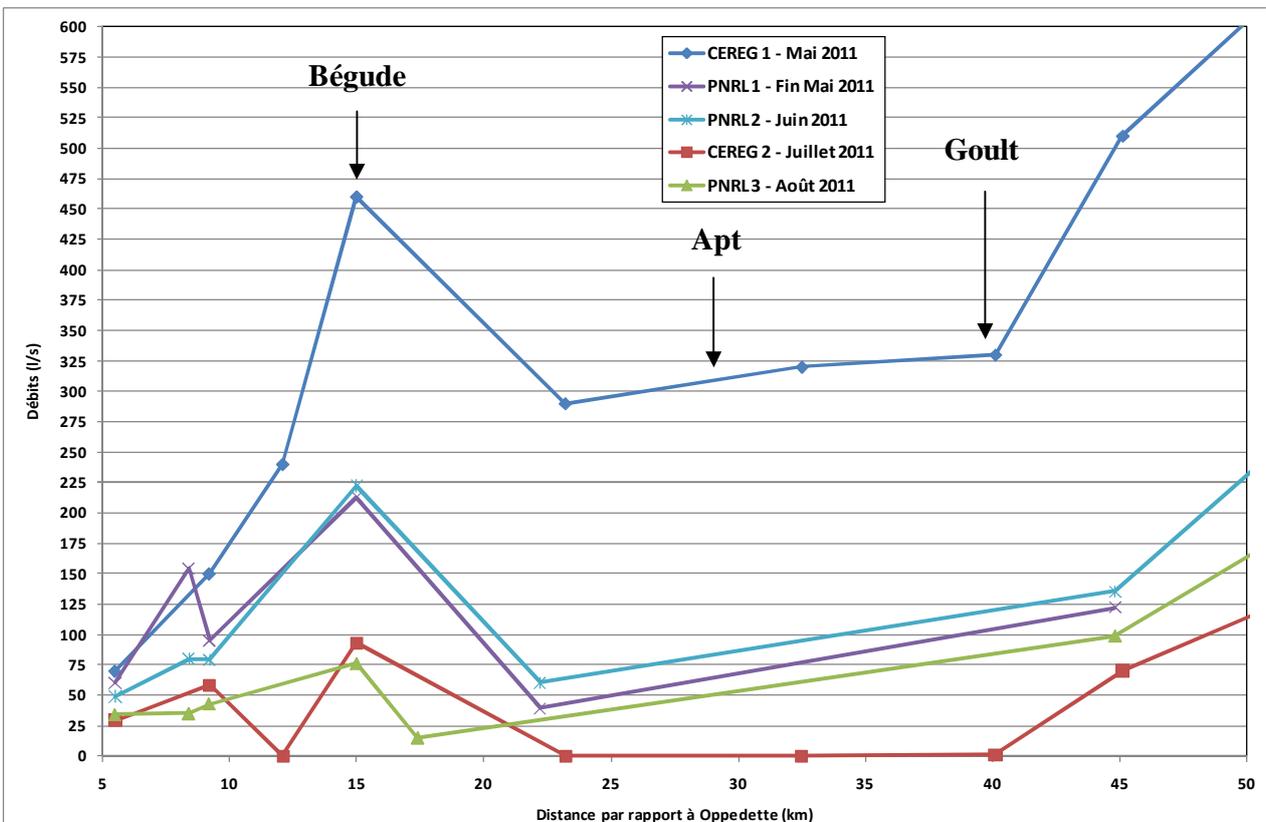


Illustration n°14 : Jaugeages sur le Calavon amont réalisés durant la période d'étiage (Source CERE 6 PNRL)

Remarque ó Compte tenu que l'ensemble des jaugeages n'ont pas été réalisés avant la finalisation de ces phases 1 & 2, une analyse complémentaire des jaugeages sera réalisée en phase 4 détaillant la reconstitution des débits naturels.

C.III HYDROGEOLOGIE

- *Planche n°5: Formations géologiques du bassin versant du Calavon*
- *Annexe n°1 : Contexte géologique et hydrogéologique du Calavon ó BERGA SUD*

Le fonctionnement hydrogéologique du bassin du Calavon est exposé ici au regard des caractéristiques physiques des Masses d'Eau souterraines identifiées sur le territoire. Dans un second temps, cette caractérisation est analysée au regard des piézométries et des relations nappe/rivière.

C.III.1 Description des masses d'eau souterraines

Cinq Masses d'Eau souterraines sont identifiées sur le bassin et détaillées ci-après.

C.III.1.1 **FR_DO_130 : Calcaires Urgoniens du plateau de Vaucluse et Montagne de Lure**

Cette masse d'eau souterraine concerne **l'aquifère fissuré karstique** des calcaires du Barrémien et du Bédoulien à facies urgonien.

Cette Masse d'Eau est limitée au Nord par la ligne de crête allant du Mont-Ventoux à la montagne de Lure. Sa limite Sud est constituée par la plaine d'Apt-Forcalquier, tandis que sa limite Ouest se trouve en bordure du bassin de Carpentras et sa limite Est matérialisée par la Durance à Sisteron.

Il s'agit de calcaires karstiques du Crétacé inférieur qui peuvent être localement recouverts par du Tertiaire. **La recharge se fait presque uniquement par infiltration des eaux pluviales, soit directement par l'intermédiaire de pertes dans les ruisseaux ou rivières temporaires.**

Il peut y avoir des alimentations secondaires venant des calcaires du synclinal d'Apt-Forcalquier et des calcaires du bassin de Carpentras, ainsi que dans une moindre mesure des **petits aquifères contenus dans les massifs d'éboulis qui reposent sur les marnes gargasiennes et albiennes imperméables** ou très peu perméables.

Il existe un **exutoire quasi unique, la Fontaine de Vaucluse**. Les débits et les caractéristiques de ces eaux correspondent à un **milieu fortement karstifié. La nappe est très profonde, aux environs de 500 à 600 mètres de profondeur sous les Monts de Vaucluse** avec un niveau de base vers 150 m NGF.

Le potentiel de production de cette Masse d'Eau est très élevé compte tenu des débits d'étiage du quasi unique exutoire qu'est La Fontaine de Vaucluse (20 m³/s en moyenne avec un minimum historique de 3.5 m³/s).

Toutefois, la **réalisation d'un captage productif bute sur l'hétérogénéité des circulations aquifères dans le karst et la grande profondeur du niveau de base de l'aquifère.**

Dans cette masse d'eau sont inclus les **petits aquifères perchés alluviaux et colluviaux, d'extension souvent limitée dus à la présence des marnes** gargasiennes et albiennes qui forment une couche très peu perméable à imperméable. Ces aquifères sont à l'origine de **nombreuses sources**, dont certaines au pied des éboulis peuvent atteindre plusieurs dizaines de m³/h. Ces ressources sont également exploitées **par des puits dans les dépressions en bordure de rivière.**

Ces sources peuvent représenter des ressources suffisamment importantes pour permettre l'alimentation en eau potable de villages de certaines communes de l'amont du bassin versant.

C.III.1.2 FR_DO_226 : Calcaires sous couverture gréseuse-sableuse du synclinal d'Apt

Il s'agit d'un **aquifère calcaire karstifié presque uniquement captif** puisque le magasin aquifère n'affleure que sur deux petits secteurs, immédiatement à l'Ouest d'Apt et un peu en amont au Bois des Meuniers (au droit de Coste-Raste).

Les limites géographiques de cette Masse d'Eau et de son aquifère associé suivent celle du synclinal d'Apt : les calcaires présents sous le Tertiaire à Viens (entre Gignac et Reillanne) forment la limite Est, la limite Ouest est imprécise mais se trouve au droit des alluvions récentes des plaines du Comtat ; quant aux limites Nord et Sud, elles sont représentées par les affleurements calcaires Urgoniens des Monts de Vaucluse et du petit et grand Luberon.

On peut différencier **deux compartiments probablement en continuité hydraulique**, séparés par la faille d'Apt (cf. planche 5) : la partie Ouest avec une couverture oligocène peu épaisse (à absente) avec un contact sables burdigaliens et sables/grès crétacés supérieurs sur substratum calcaires bédouliens/barrémiens, et la partie Est d'Apt qui présente des séries de marnes, sables et grès du Crétacés supérieurs et de l'Oligocène à dominante calcaire ou marneuse très épaisse (200 à 250 mètres d'épaisseur) sur le même substratum fissuré de l'Urgonien.

Il faut remarquer que sur le flanc Nord du synclinal la série des marnes imperméables du Gargasien assure une forte indépendance entre les aquifères de surface et cette masse d'eau alors que sur le flanc Sud ces marnes sont absentes ce qui permet localement une continuité hydraulique entre les calcaires oligocènes et les calcaires urgoniens.

Cet aquifère de calcaires urgoniens peut ainsi être en relation hydraulique directe avec les masses d'eaux environnantes, ses limites exactes sont alors difficiles à définir précisément.

Les eaux pluviales tombant sur le flanc Nord du Luberon et localement sur les formations perméables du Tertiaire peuvent également alimenter significativement ces calcaires profonds.

L'exutoire de cet aquifère karstique est soit la Fontaine-de-Vaucluse, soit la nappe de la Durance lorsqu'elle est en contact avec les calcaires du Luberon.

Selon les tentatives de bilan des principaux aquifères de la région, **le flux souterrain qui transite dans ces calcaires urgoniens sont estimés à 400 l/s.** De plus, ces calcaires sont relativement poreux ce qui leur confèrent une **capacité de stockage estimée à plusieurs dizaines de millions de m³.**

Cet aquifère a été reconnu par des forages dont les débits de production sont très variables mais peuvent être très importants comme aux forages du Fangas (plusieurs centaines de m³/h) sur la commune de Saignon qui alimente en partie la Communauté de Communes des Pays d'Apt (CCPA) en eau potable.

Le potentiel de production de cette Masse d'Eau est très élevé mais la structure karstique génère des problèmes importants quant au potentiel de productivité des ouvrages.

C.III.1.3 FR_DO_133 : Calcaires de la montagne du Luberon

Cette masse d'eau concerne l'aquifère karstique des calcaires à facies urgonien du massif du Luberon.

Sur le flanc Nord du massif qui concerne le bassin versant du Calavon il n'y a que des sources temporaires ou de petites sources liées à de l'épikarst ou à des éboulis de pente. En revanche sur le flanc Sud, côté Durance, plusieurs sources sont présentes.

Cette masse d'eau est potentiellement en liaison avec celle des calcaires sous couverture du bassin d'Apt. Toutefois, **l'exutoire principal de ce flanc Nord se trouve très probablement au niveau de la nappe de la Durance.**

C.III.1.4 FR_DO_213 : Formations gréseuses et marno-calcaires tertiaires de la basse vallée de la Durance

Cette Masse d'Eau regroupe l'ensemble des **aquifères des formations tertiaires du bassin d'Apt**. Ces aquifères sont présents dans les formations gréseuses, sableuses, molassiques et calcaires du Miocène et de l'Oligocène. La masse d'eau est limitée au Nord par le versant Sud des Monts du Vaucluse, au Sud par le flanc Nord du Luberon, à l'Ouest et à l'Est par la vallée de la Durance. Cette masse d'eau s'étend sur les bassins versants du Calavon et du Largue.

C'est une série très hétérogène constituée de terrains à perméabilité très variable : calcaires, calcaires marneux, argiles, conglomérats, molasses, sables, marnes qui constituent un aquifère multicouche.

Les écoulements sont localisés dans les niveaux les plus perméables superposés les uns sur les autres, il s'agit essentiellement de sables et de molasses dans les termes miocène et de calcaires dans l'Oligocène.

Cet aquifère multicouche repose sur les calcaires urgoniens par l'intermédiaire des marnes du Gargasien ce qui assure **l'absence de continuité hydraulique si ce n'est ponctuellement dans le secteur du bois des Meuniers**, lorsque les calcaires oligocène reposent directement en discordance sur les calcaires urgoniens.

Dans cette Masse d'Eau, on peut distinguer trois formations tertiaires principales et des formations quaternaires :

- Miocène moyen de l'Helvétien (marnes sableuses, sables et grès) ;
- Miocène inférieur du Burdigalien (molasses calcaréo-gréseuse, poudingues) ;
- Oligocène Stampien (calcaires blancs intercalés de marnes) ;
- Quaternaire (colluvions de pente ou de la plaine et alluvions du Calavon et de ses affluents).

La recharge est majoritairement pluviale bien qu'une drainance à partir du karst crétacé sous-jacent, ait été parfois évoquée.

Les **exutoires de cette masse d'eau** sont :

- De **très nombreuses petites sources au pied des reliefs** en cuetas au contact entre les niveaux perméables et les niveaux imperméables dont le débit n'est que de l'ordre du litre par seconde ;
- des **apports directs au Calavon (par les calcaires oligocènes) par des sources**, dont certaines sont très minéralisées et chargées en hydrogène sulfuré ou par l'intermédiaire de ses alluvions. C'est le cas au niveau de la commune de Viens et au niveau des captages de la Bégude pour la ville d'Apt ;

- Les **calcaires urgoniens de la masse d'eau** sous-jacente en particulier en amont immédiat du Bois des Meuniers ou à l'aval d'Apt ce qui provoque des assècs sur le Calavon.

❑ *Sables et molasses marneuses de l'Helvétien*

L'Helvétien est constitué de marnes sableuses renfermant de très nombreux bancs molassiques dont l'épaisseur sur le bassin versant du Calavon est de 200 à 300 mètres. Cette épaisseur augmente vers l'Est vers le bassin du Largue et vers l'ouest (molasses du Comtat).

Ainsi, dans le bassin amont du Calavon, les marnes sont soit absentes soit en position perchée (au Sud de Reillanne) et ne présentent **pas un grand intérêt hydrogéologique**. Elles sont plus développées sous couverture alluviale dans l'extrême Ouest du bassin versant.

❑ *Molasses calcaréo-gréseuses du Burdigalien*

Ces formations ont la même position structurale que celles de l'Helvétien : perchées à l'Est et sous couverture alluviale et/ou colluviale vers l'aval.

Leurs ressources en eau de ces formations sont relativement limitées sur ce bassin versant.

❑ *Calcaires de l'Oligocène*

Tous les calcaires de la série oligocène renferment des niveaux aquifères plus ou moins productifs. Les calcaires de Reillanne et de Vachère mais également les calcaires de Campagne-Calavon (50 mètres d'épaisseur) ou de Montfuron peuvent **alimenter le Calavon soit directement soit par l'intermédiaire des alluvions de la rivière** comme dans le secteur des captages de la ville d'Apt à la Bégude ou à Château Vert.

Les ressources en eau paraissent limitées, au-moins en profondeur au niveau des formations de base, comme l'ont montré les observations faites lors de la réalisation des forages profonds du Fangas (*Rencontre des experts hydrogéologues - M. Silvestre*).

Néanmoins, compte tenu de la structure synclinale du bassin dans les secteurs de Reillanne et de Saint Martin de Castillon, **la présence de ressources profondes dans les niveaux calcaires est probable. Une exploitation de ces ressources aurait un impact fort sur les émergences naturelles et donc sur les apports au Calavon.**

Même si le débit de chaque source reste limité, de l'ordre du litre par seconde (sauf au niveau des Bégude), leurs additions en période d'étiage constituent, compte tenu de leur nombre, le débit de base des cours d'eau sur l'amont du bassin du Calavon.

Au niveau des usages, plusieurs de ces sources sont captées pour l'alimentation en eau potable de village ou de fermes isolées.

❑ *Alluvions du Calavon et de ses affluents et les colluvions de pente*

La masse d'eau FR_DO_213 comprend également les aquifères des alluvions du Calavon et des placages alluviaux et colluviaux plus anciens, présents dans la basse vallée du Calavon.

Elles ont une grande extension notamment à partir des Beaumettes et sont drainées par le Calavon et ses affluents (Riaille d'Apt, Urbane, Doa, et Imergue).

Ces aquifères sont alimentés par les précipitations sur leur bassin versant. Même si les réserves sont limitées, ils contribuent au soutien d'été du Calavon surtout en début de saison

Leur épaisseur et leur perméabilité sont faibles ce qui explique les forts gradients d'écoulement mesurés et ce qui leur confère **un faible potentiel de production (5 à 20 m³/h)**. La facilité d'accès a cependant entraîné un **fort développement de puits en berges** (environ 250 sur la vallée en 1992, BRGM ó SCP, 1993) et un rôle important dans l'irrigation et l'alimentation en eau potable (publique ou privée). **Le potentiel de cet aquifère est estimé dans la bibliographie à près d'1 m³/s.**

Il apparaît que dans la partie amont du bassin, **les alluvions sont très peu représentées, notamment au-dessus d'Apt, mais peuvent être en liaison directe avec la rivière** comme dans les secteurs de La Bégude et de Château Vert. Elles sont alimentées localement par les aquifères des calcaires oligocènes ou les molasses miocènes et drainées par la rivière. **Dans les secteurs où les alluvions sont mieux développés ou avec des perméabilités plus importantes, ils peuvent être à l'origine d'assecs localisés pendant la saison d'été** (secteur de l'aérodrome).

C.III.1.5 FR_DO_301 : Alluvions du Comtat et des Sorgues

Cette Masse d'Eau correspond à l'aquifère des alluvions du Comtat et des Sorgues et n'est présente que sur l'extrémité Sud-Ouest du bassin versant du Calavon.

De part et d'autre et sous les affleurements des formations géologiques renfermant l'aquifère de cette masse d'eau se trouvent les molasses miocènes du Comtat.

Les alluvions de la basse vallée du Calavon (Coulon) ont été rattachées à cet ensemble. Elles ont tendance à alimenter la rivière dont le lit est très encaissé.

Sur notre secteur, la recharge de l'aquifère se fait principalement par les eaux pluviales et ponctuellement par les décharges des canaux et les infiltrations suite aux irrigations.

La perméabilité de ces alluvions est très variable, elle dépend de la granulométrie de ces dernières mais peut être estimée entre 10⁻³ et 10⁻⁵ m/s.

Une analyse des prélèvements dans la nappe alluviale ainsi que les autres aquifères sera effectuée dans la phase 3 de l'étude.

C.III.2 Evolutions de la piézométrie des nappes du Calavon

Afin de caractériser l'évolution de la piézométrie, les données disponibles sont :

- Des cartes piézométriques de la nappe alluviale du Calavon à l'aval du pont Julien établies par le BRGM en 1968 ;
- Un suivi piézométrique de la nappe d'accompagnement à Saint-Martin-de-Castillon et Oppède, au pas de temps bimensuel depuis 2006, réalisé par la Chambre d'Agriculture du Vaucluse ;
- Un suivi piézométrique quotidien de la nappe alluviale du Calavon, réalisé par la Communauté de Commune du Pays d'Apt (CCPA), au niveau de leur zone de prélèvement des Bégudes ;
- Un suivi piézométrique réalisé par la société KERRY, au pas de temps mensuel, afin de suivre les évolutions de la nappe au niveau des terrains servant à l'épandage des résidus de fabrication des fruits confits.

C.III.2.1 Analyse des cartes piézométriques du BRGM

Les alluvions du Calavon et de ses affluents, Masse d'eau FRDG213, ne sont réellement développées qu'à partir du Pont Julien. Les deux illustrations suivantes correspondent aux cartes piézométriques de cette nappe alluviale entre le Pont Julien et Robion (plaine de Lacoste à l'Est puis plaine de Coustellet).

De façon générale, les écoulements de la nappe alluviale se font en direction du Calavon notamment au niveau des terrasses principales comme à Lacoste ou Cabrières d'Avignon.

Toutefois, même en période de moyennes eaux (mai 1968), les gradients importants de la nappe alluviale semblent indiquer de faibles transmissivités et donc finalement des apports de débit au Calavon relativement limités. En étiage, les apports au Calavon seront encore plus réduits.

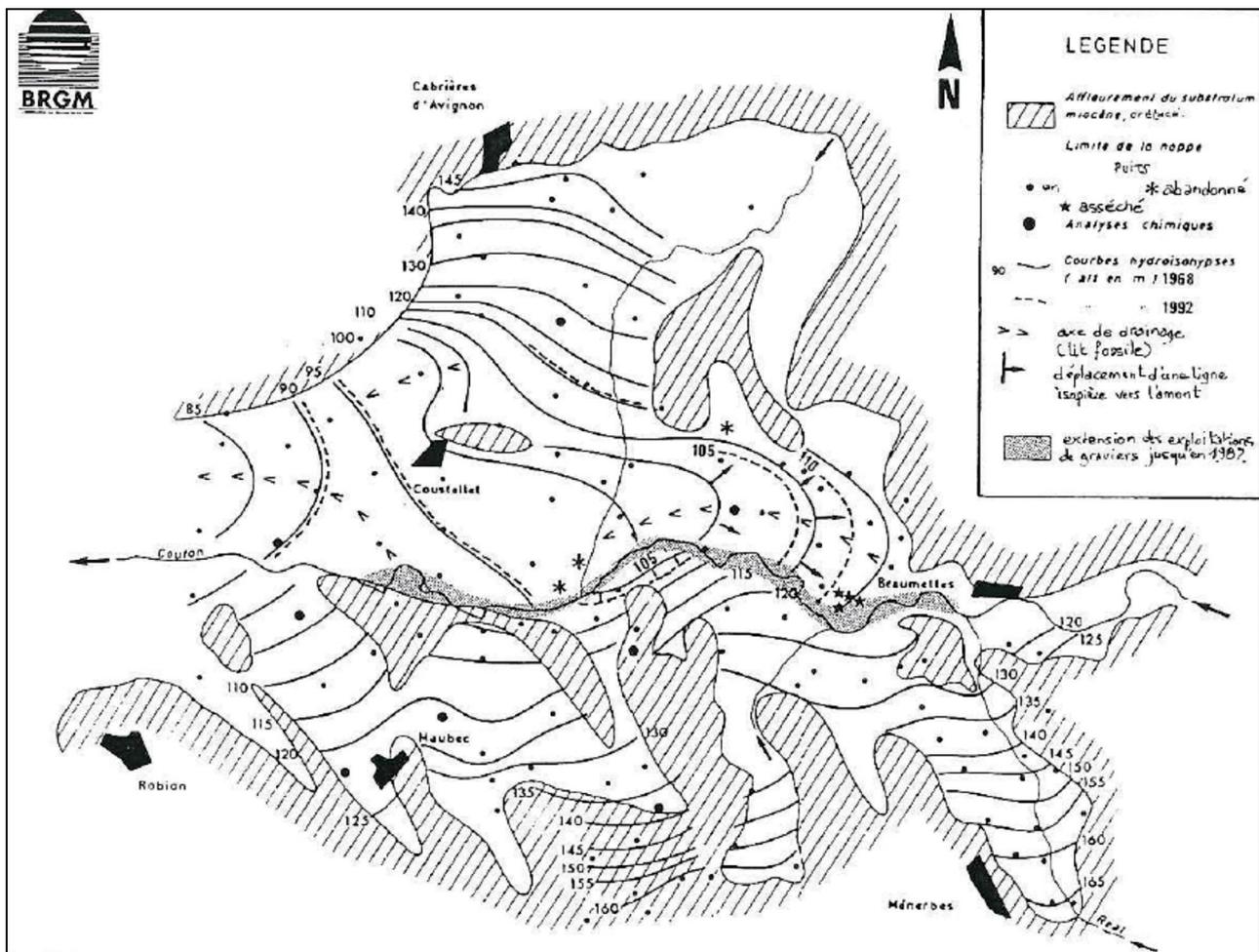


Illustration n°15 : Piézométrie de la nappe alluviale du Calavon au niveau de la plaine de Coustellet à Les Baumettes en Mai 1968 (BRGM, 1968 ; SCP à BRGM, 1992)

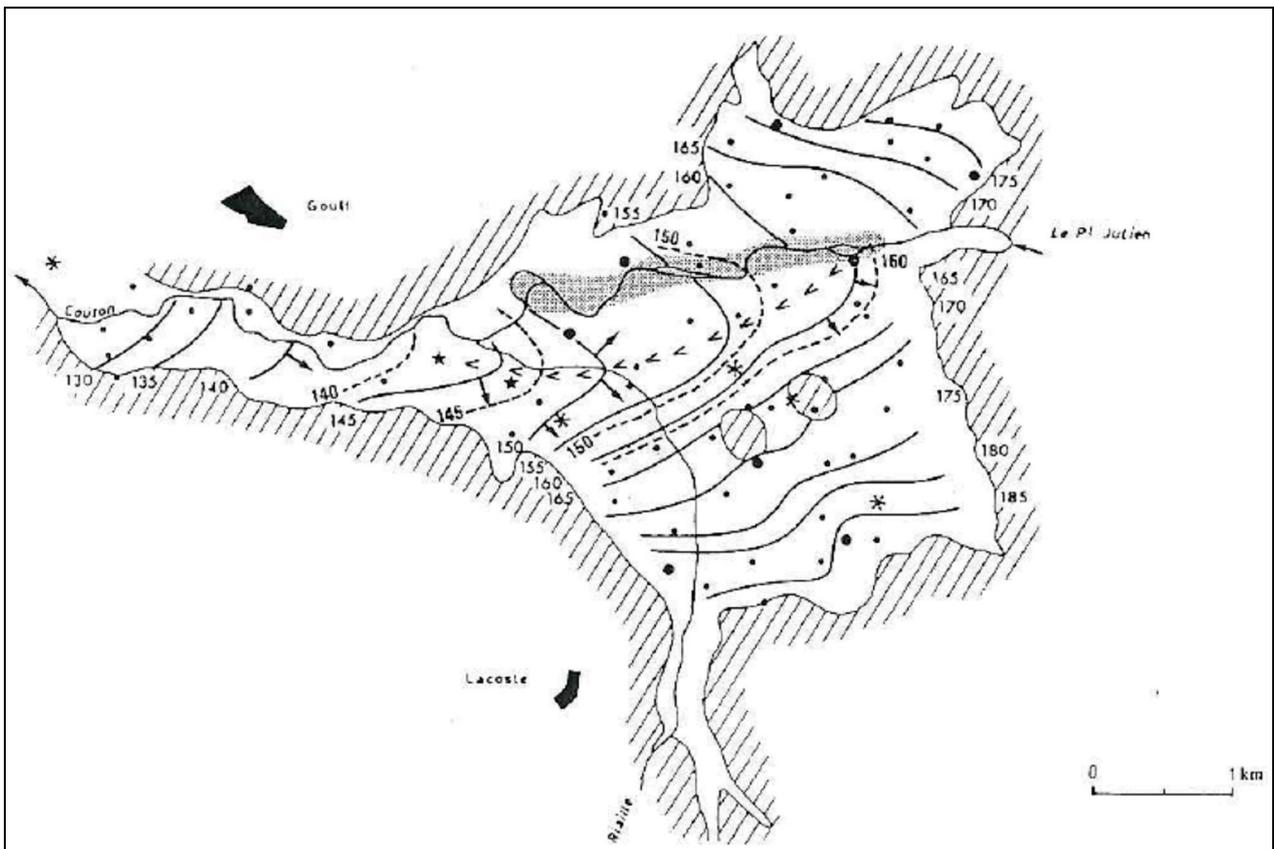


Illustration n°16 : Piézométrie de la nappe alluviale du Calavon au niveau de la plaine de Lacoste en Mai 1968 (BRGM, 1968 ; SCP ó BRGM, 1992)

Les observations des débits sur ces secteurs durant la période d'été 2011 semblent corroborer ces informations car, au plus fort de l'été, des augmentations très faibles des débits ont été constatés entre le Pont Julien et Les Baumettes.

C.III.2.2 Suivis piézométriques de la nappe d'accompagnement du Calavon

Le suivi piézométrique de la nappe d'accompagnement du Calavon n'est pas généralisé. Il n'existe que trois points de suivis réguliers : La Bégude avec les données de la CCPA et au niveau d'Oppède et de Saint-Martin-de-Castillon avec les relevés de la Chambre d'agriculture du Vaucluse.

□ Nappe d'accompagnement au niveau des Bégudes et Saint-Martin-de-Castillon

L'illustration suivante superpose les enregistrements bimensuels de la Chambre d'Agriculture du Vaucluse à Saint-Martin-de-Castillon avec les enregistrements quotidiens de la CCPA au niveau des Bégudes et les précipitations à Apt. Les valeurs des piézométries ne sont que des données relatives.

Les évolutions des piézométries entre les deux sites sont très similaires avec des hautes eaux en hiver (entre décembre et février) et des basses eaux en fin d'été (août à septembre).

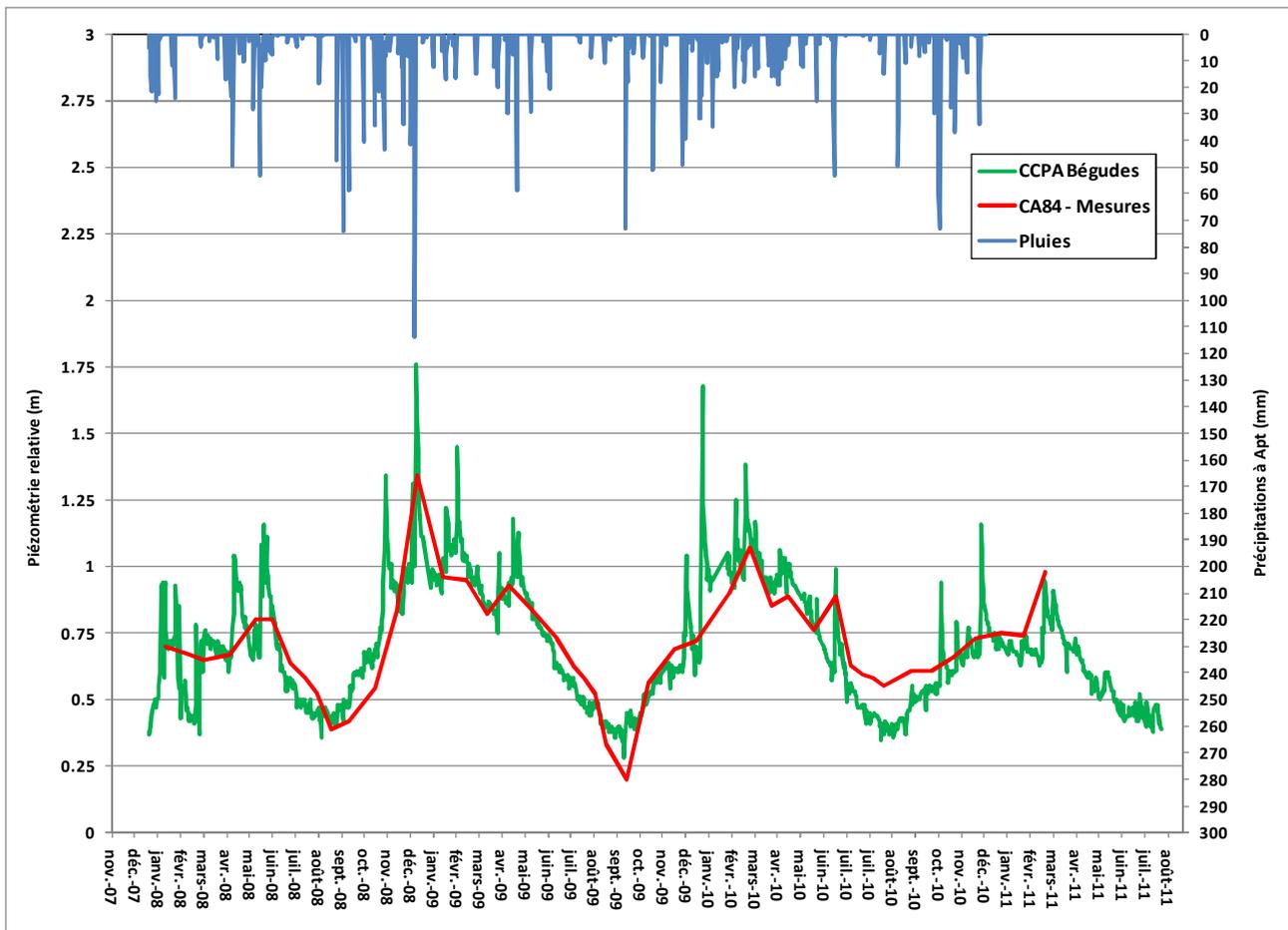


Illustration n°17 : Piézométrie de la nappe alluviale du Calavon au niveau des Bégudes et de Saint-Martin-de-Castillon (CCPA et Chambre d'Agriculture du Vaucluse)

Même si l'évolution générale des niveaux piézométriques suit celle des précipitations, il est difficile de relier directement la réponse de la nappe alluviale à un événement pluvieux particulier. La recharge de la nappe alluviale n'est donc pas seulement liée aux précipitations, mais aussi à des éléments extérieurs à la nappe alluviale. De plus, les variations piézométriques annuelles sont limitées avec une amplitude moyenne de 0.5 m pour une amplitude maximale de moins de 1.5 m.

Ces deux derniers éléments traduisent le manque de réserve et la bonne transmissivité de la nappe alluviale dans ce secteur.

De plus, comme précisé dans l'analyse de l'hydrogéologie, des apports latéraux des formations marno-calcaires du tertiaire, permettent de maintenir un écoulement au niveau des Bégudes alors que des secteurs du Calavon, à l'amont et à l'aval, sont à secs.

Tout prélèvement sur ce secteur constitue donc un préjudice pour la recharge de la nappe alluviale.

Compte tenu de sa faible extension dans ce secteur, la nappe ne peut pas stocker tous ces apports et donc ces prélèvements constituent directement un préjudice pour les écoulements de surface du Calavon.

□ Nappe d'accompagnement au niveau d'Oppède

L'illustration suivante superpose les enregistrements bimensuels de la Chambre d'Agriculture du Vaucluse avec les précipitations à Apt. Les valeurs des piézométries ne sont que des données relatives.

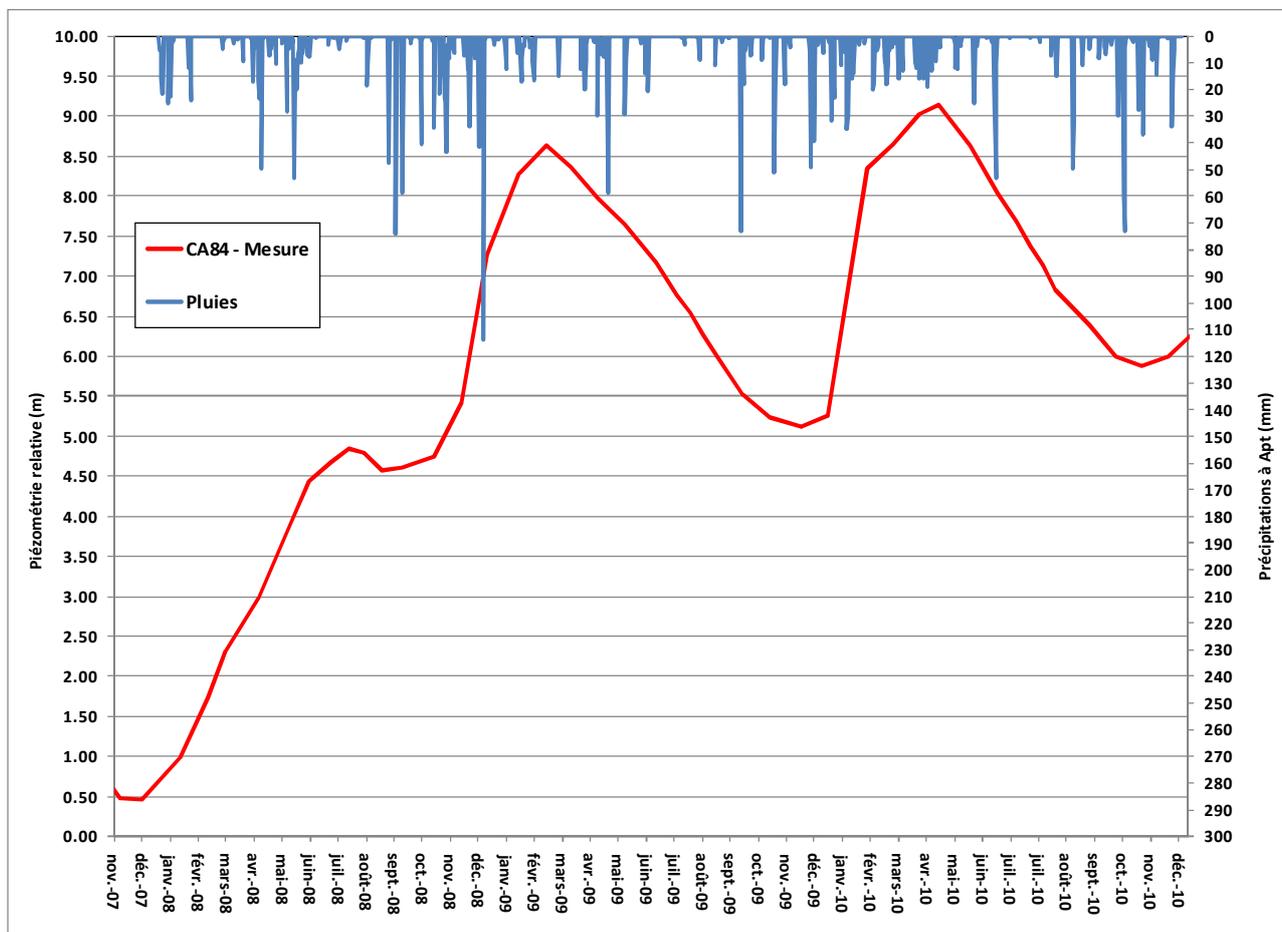


Illustration n°18 : Piézométrie de la nappe alluviale du Calavon au niveau d'Oppède (Chambre d'Agriculture du Vaucluse)

L'évolution des piézométries de la nappe alluviale au droit d'Oppède sont relativement contrastée avec des amplitudes maximales d'environ 9 m. Les hautes eaux se situent au printemps (entre mars et avril) alors que les basses eaux se situent à l'automne (Octobre à décembre).

Les recharges de la nappe sont rapides ce qui traduit une recharge essentiellement par les précipitations. A l'inverse, la vidange est très lente (9 mois environ) traduisant un magasin aquifère important mais faiblement transmissif.

Lors des années hydrologiques 2008/2009 et 2009/2010, le stock de la nappe alluviale semble s'être reconstitué en atteignant un niveau maximal proche des 9 m. A l'inverse, cela n'a pas été le cas en 2007 où l'on a vu se succéder plusieurs années sèches. La nappe semblait avoir atteint une valeur minimale de 0,50 m soit près de 4 m en dessous de ses valeurs ordinaires en étiage.

En résumé, sur le secteur d'Oppède, la nappe alluviale alimente le Calavon avec des débits faibles mais durables dans la saison d'étiage. Ce flux explique que le Calavon présente peu d'assecs à partir du Pont Julien et du développement d'une nappe alluviale importante.

Toutefois, lors des étiages sévères, la capacité de la nappe alluviale est épuisée et elle ne peut plus assurer ce rôle de soutien des débits de surface. Des assècs sont alors possibles dans ces secteurs comme ceux observés en 2007.

❑ *Suivi piézométrique au niveau des zones d'épandages de KERRY*

KERRY fait réaliser, par la société BRL, un suivi quantitatif et qualitatif des parcelles d'épandage des résidus de fabrication des fruits confits. Ces mesures correspondent à des jaugages dans les cours d'eau et à des relevés piézométriques.

Dans le cadre de cette étude, seule les données quantitatives des relevés piézométriques ont été traitées.

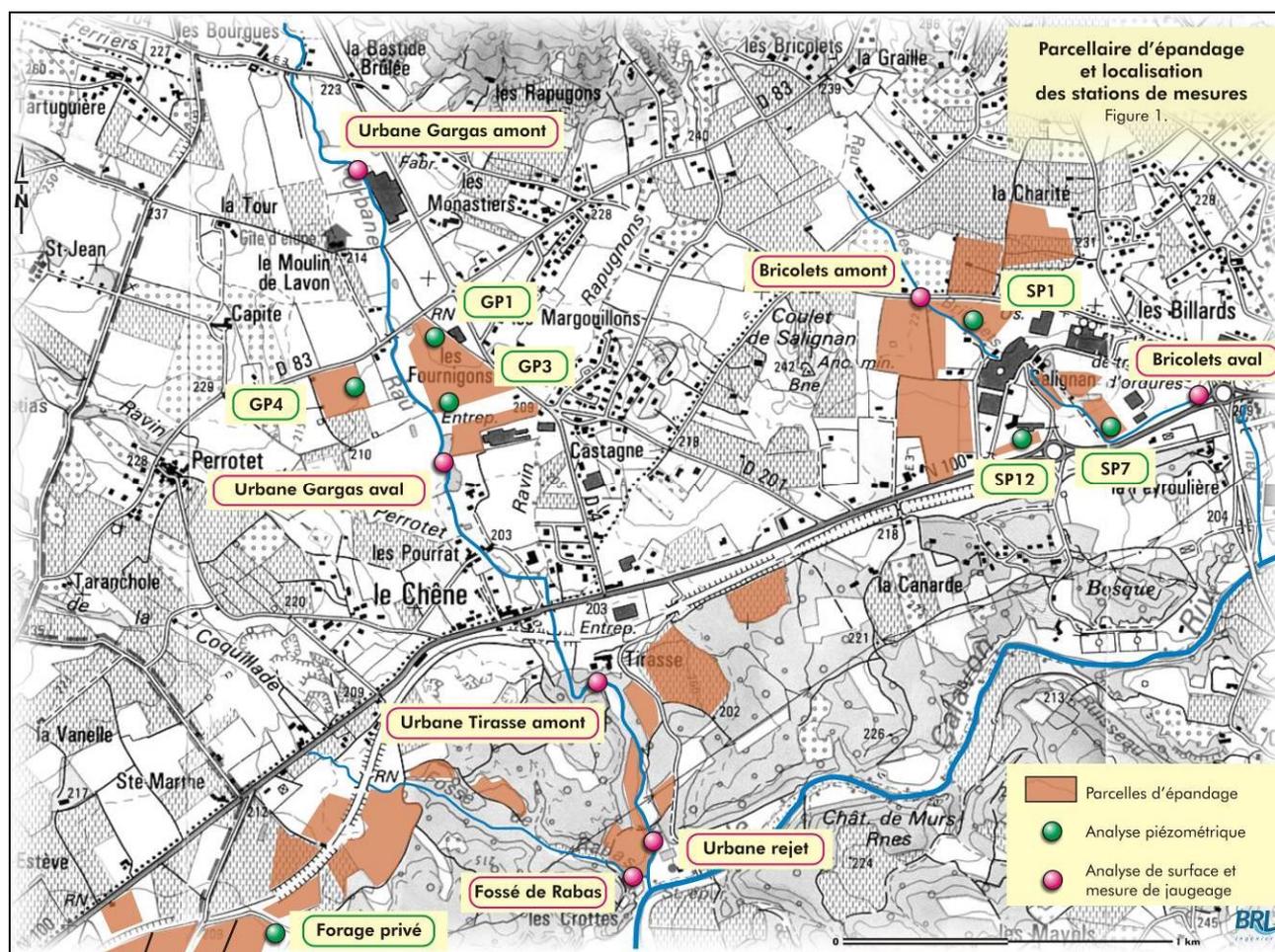


Illustration n°19 Localisation des piézomètres au niveau des zones d'épandages de KERRY (BRL, 2011)

Les suivis des piézomètres sur la période 2004 à 2009 sont présentés dans l'illustration suivante.

Pour l'ensemble des piézomètres, les évolutions des niveaux d'eau sont très faibles avec 2 m au maximum entre les hautes et les basses eaux.

En outre, à partir de la localisation des piézomètres, on peut déterminer que les niveaux d'eau explorés par ces derniers ne se situent que quelques mètres en dessous du niveau du sol. Par exemple, le piézomètre GP4 se situe aux alentours de la courbe de niveau 210 m NGF. Or, le niveau d'eau sur ce piézomètre oscille entre 208 et 210 m NGF.

De plus, sur ce secteur le Calavon se trouve à une altimétrie de 200 m NGF environ.

On peut donc conclure que les piézomètres de suivis des zones d'épandages ne permettent pas de suivre l'évolution de la nappe alluviale du Calavon mais plutôt des niveaux d'eau superficiels contenus dans les sols.

Ces nappes semblent être en relation avec le Calavon et leurs évolutions quantitative et qualitative sont de nature à influencer le cours d'eau.

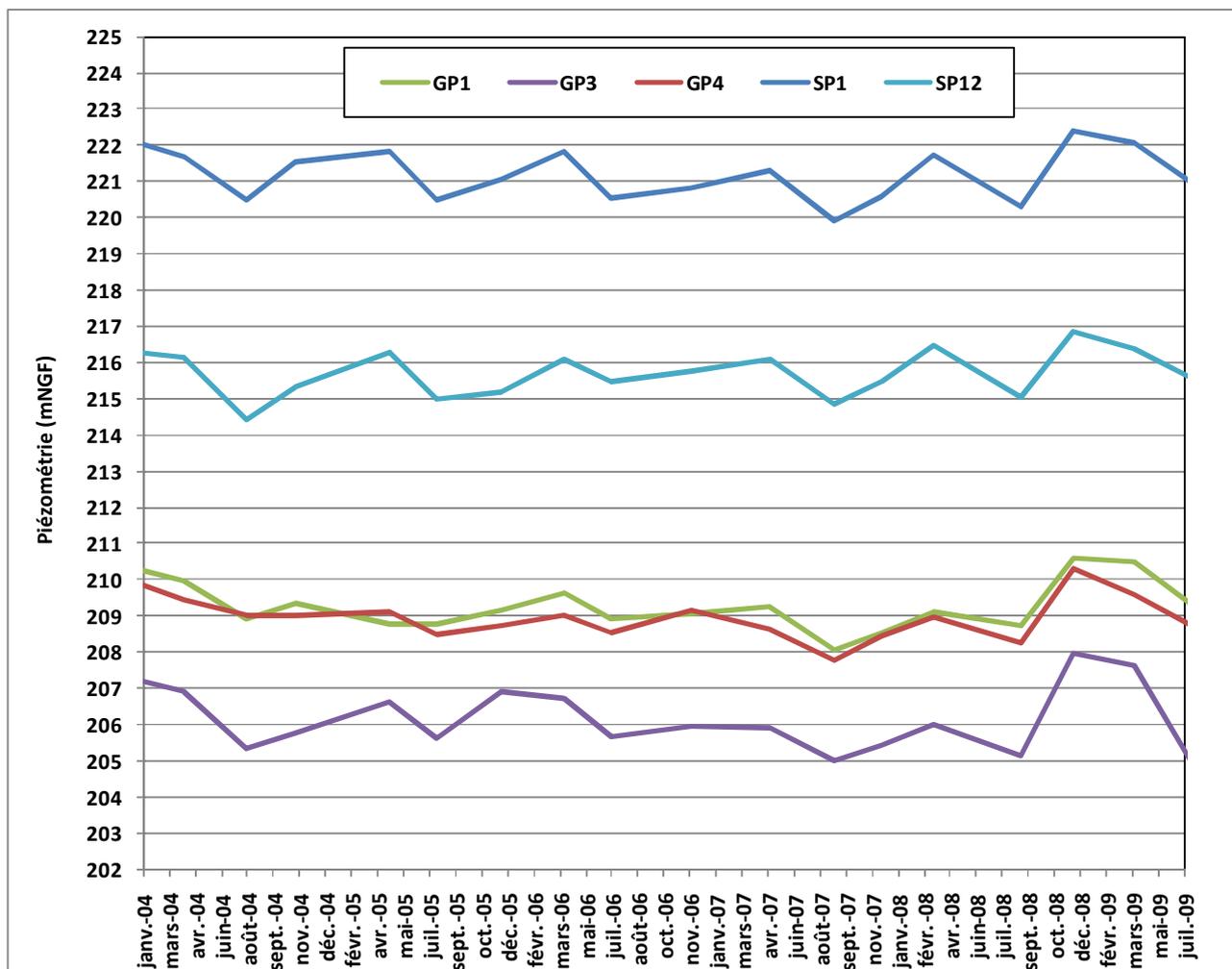


Illustration n°20 : Piézométrie des sites de suivis des épandages (KERRY, BRL, 2011)

C.III.3 Relation nappe - rivière

➤ Planche n°12 : Synthèse des relations nappes - rivières

A partir des éléments descriptifs exposés précédemment (hydrogéologie et analyses des piézométries), les relations nappe-rivières ont été caractérisées à l'échelle du bassin versant.

□ Secteur amont jusqu'à la sortie des Gorges d'Oppedette

Dans la partie amont du bassin où le lit du Calavon se trouve essentiellement sur les calcaires à facies urgonien, les écoulements ne sont que très temporaires ou très localisés aux secteurs où affleurent les marnes du Gargasien.

Ainsi, **le débit général de la rivière n'est pas influencé, hors période de crue, par cette zone du bassin versant.**

❑ *Secteur sortie des Gorges d'Oppedette - La Bégude*

A ce niveau, les formations calcaires de l'oligocène fournissent son débit à la rivière soit par des sources directement visibles soit par des apports au niveau des alluvions (La Bégude). L'augmentation nette des débits (hors prélèvements) est variable mais a été évaluée à 400 l/s en début d'été (jaugeages mai 2011, CEREG Ingénierie) puis aux alentours de 150 l/s pendant la saison d'été (jaugeages juillet et août 2011, CEREG Ingénierie & PNRL).

Les variations de débit qui peuvent être mesurées sont dues soit à des prélèvements anthropiques soit à la présence d'alluvions grossières qui vont provoquer des sous-écoulements masquant le débit réel (zone de l'aérodrome).

❑ *Secteur La Bégude ó Rocher des Abeilles (Bois des Meuniers)*

Sur ce secteur, les assècs sont très fréquents et débutent au niveau des affleurements des calcaires oligocènes qui sont en contact direct par discordance géologique avec les calcaires à faciès urgonien du Bois des Meuniers.

Le débit restant dans la rivière après les captages d'Apt au niveau des Bégudes se perd ainsi dans l'aquifère inférieur des calcaires à faciès urgonien (aquifère dont les ressources sont captées un peu à l'aval par les forages profonds des Fangas). Cette zone de pertes potentielles importantes dans les calcaires oligocènes ou directement urgoniens peut être prolongée jusqu'au lieu-dit « Les Fringants ».

❑ *Secteur Rocher des Abeilles ó Confluence avec la Riaille à l'aval d'Apt*

Dans cette zone, **les formations géologiques en présence : alluvions, marnes ou niveaux calcaires ne permettent d'envisager ni des apports latéraux en eaux souterraines ni des pertes importantes vers l'aquifère inférieur.**

Les prélèvements individuels ou de la CCPA sur ce secteur (Naisses, Valsorgues, í) et les infiltrations au niveau des alluvions peuvent, suivant la saison, compenser les apports et pérenniser les assècs.

❑ *Secteur de la confluence avec la Riaille à l'aval d'Apt ó Pont Julien*

A ce niveau, le Calavon coule directement sur les calcaires urgoniens (secteur de Roquefure). Ces derniers renferment un aquifère karstique dont le niveau statique se trouve à plus de 50 mètres de profondeur sous le lit de la rivière.

Cette différence de niveau est donc favorable à des pertes vers l'aquifère inférieur. **Il semblerait toutefois que le karst soit suffisamment colmaté, naturellement par les argiles et/ou artificiellement par le développement de zones peu perméables permettant de limiter les pertes. Les assècs à l'été ont donc pour origine le transfert des déséquilibres quantitatifs de l'amont ainsi que l'épuisement des maigres ressources de la nappe alluviale.**

❑ *Aval du Pont Julien*

A l'aval du pont Julien, **le fonctionnement est plus classique avec des échanges possibles entre la nappe alluviale et la rivière.**

Le faible développement en épaisseur de cette nappe alluviale et la position très encaissée du lit sur la majeure partie du cours limitent en général ces échanges à des **apports de la nappe alluviale vers la rivière**.

La nappe alluviale possède sur ce secteur des ressources supérieures à celles constatées à l'amont du bassin mais, **lors d'étiage sévère, ces apports se réduisent et peuvent ne plus suffire pour assurer des écoulements pérennes**.

□ *Aval du rejet du Canal Mixte*

A l'aval du rejet du canal Mixte, le Calavon et les canaux d'irrigation de la plaine de Robion - Cavaillon (Mixte, Isle, Cabedan-Neuf et Saint-Julien) sont en étroites interconnexions. **Les retours des décharges de régulation et des filiales d'irrigation sont prépondérants** avec près de 2 m³/s selon les jaugeages de CEREG Ingénierie en Mai et Juillet 2011.

Ainsi, sur ce secteur, la situation quantitative est satisfaisante en étiage du fait de la réalimentation du Calavon par les canaux d'irrigation. Toutefois, lors de la conjonction du chômage des canaux et d'un hiver sec, des situations critiques de basse eau en hiver peuvent subvenir.

C.III.4 Synthèse

Des éléments descriptifs et des analyses précédentes, il conviendra de retenir que :

- **Il apparaît très clairement que les échanges nappe-rivière et donc le débit du Calavon sont très fortement influencés par la géologie au niveau du lit de la rivière :**
 - ✓ La partie amont du bassin versant, définie par la Masse d'Eau FR_DO_130 et constituée de formations calcaires karstifiées, est drainée, en dehors du bassin versant, vers l'exutoire de la Fontaine de Vaucluse hors périodes de hautes eaux où la karst est saturée et déborde vers le Calavon. **Le bassin versant « effectif » du Calavon n'est donc que 545 km² environ contre 995 km² ;**
 - ✓ Les formations gréseuses et marno-calcaires du tertiaire (FRDG213) situées entre Oppedette et La Béguide recèlent de **nombreux niveaux aquifères qui alimentent le Calavon directement par des sources ou des recharges des alluvions. Ce sont les véritables sources du Calavon ;**
- **Les pertes naturelles vers les aquifères profonds (urgoniens au Bois des Meuniers), ainsi que les prélèvements (AEP et agricole) dont l'importance sera quantifiée en phase 3, privent le Calavon de ses ressources ;**
- **Compte tenu de la faiblesse des ressources en aval du Bois des Meuniers, tout déséquilibre quantitatif sur le Calavon amont est immédiatement ressenti à l'aval ;**
- **Ce déséquilibre se poursuit jusqu'à l'aval du Pont Julien où la nappe alluviale devient alors suffisamment développée pour réalimenter le Calavon sauf en période d'étiage sévère ;**
- **A partir de Robion, le fonctionnement hydrologique du Calavon est totalement anthropisé. Les débits du Calavon sont dépendants des rejets des canaux d'irrigation.**

C.IV SECTORISATION DU BASSIN VERSANT

➤ *Planche n°13 : Découpage du Calavon en sous bassins versants*

La sectorisation du bassin versant permettra de créer des **points nodaux nécessaires à la reconstitution des débits naturels du Calavon et ultérieurement pour la gestion des ressources en eau.**

Ces points nodaux sont définis à partir des zones hydrographiques définies par l'Agence de l'Eau Rhône ó Méditerranée modifiées au regard de l'ensemble des éléments caractérisés précédemment et selon les principes suivants :

- En amont des premiers prélèvements comme pour le BV1 ;
- En aval de prélèvements ou de groupes de prélèvements importants ce qui permettra d'analyser les impacts directs des prélèvements sur le débit du Calavon (BV2 et BV3) ;
- En aval des zones de contribution importantes des nappes souterraines (pertes ou alimentation) ce qui permettra d'analyser les échanges nappe ó rivière sur le débit du Calavon (BV3, BV4, BV7 et BV8) ;
- En amont des affluents importants, afin de caractériser l'étiage sur le cours d'eau principal avant l'apport de soutien de débit (BV9).

Le découpage tient compte de l'existence ou non de nappe alluviale afin d'être cohérent entre l'analyse du fonctionnement de surface et du fonctionnement souterrain du Calavon.

L'Imergue et l'Encrême sont les seuls affluents à avoir été découpés du fait de leurs tailles, de leurs influences hydrologiques sur le Calavon en étiage, du découpage administratif (Vaucluse et Alpes-de-Haute-Provence) et, enfin, car ils ne sont jamais en assec.

Il est à noter que la proposition de découpage présentée ici pourra être amenée à être révisée en fonction des conclusions du travail d'identification et de caractérisation des prélèvements au cours de la phase 3.

Bassin	Nom	Surface (km ²)	Justification
BV1	Calavon de sa source à la Chapelle Saint-Féréol (Viens)	229	Amont des premiers prélèvements
BV2	Calavon de la Chapelle Saint-Féréol à l'Enchrême	308	Aval de zone de prélèvements
BV3	Enchrême	39	Aval de prélèvements ; découpage administratif
BV4	Calavon de l'Enchrême à La Bégude	356	Aval de prélèvements ; Zone de contribution de la nappe
BV5	Calavon de la Bégude à la station hydrométrique de Coste Raste	375	Pertes de la nappe ; Localisation de Coste Raste pour la modélisation (phase 4)
BV6	Calavon de Coste Raste à la Dôa incluse	475	Pertes de la nappe Zone hydrographique Agence RMC
BV7	Calavon de la Dôa à l'Urbane	578	Assecs importants Zone hydrographique Agence RMC
BV8	Calavon de l'Urbane incluse au Pont Julien	676	Pertes de la nappe
BV9	Calavon du Pont Julien à l'Imergue	729	Zone de contribution de la nappe ; Amont affluent important (Imergue)
BV10	l'Imergue	112	Affluent important
BV11	Coulon de l'Imergue à l'amont du rejet du Canal Mixte	965	Zone de contribution de la nappe ; Amont rejets des canaux
BV12	Coulon du rejet du Canal Mixte à sa confluence avec la Durance	997	Zone de contribution de la nappe et des canaux

Tableau n°21 : Découpage en sous bassins versants

D. ANNEXE – ETUDE HYDROGEOLOGIQUE (BERGA SUD)

Département des **Alpes-de-Haute-Provence**

Bassin du Calavon

RAPPORT HYDROGÉOLOGIQUE

**Contextes géologiques et
hydrogéologiques**

Réalisé à la demande de :

**Parc Naturel Régional du Lubéron
60 place Jean Jaurès - BP 122
84404 APT**

Montpellier, le 12 août 2011

N° 04/LUB A 11 082



SOMMAIRE

1. CADRE GÉOLOGIQUE	3
1.1. Lithostratigraphie du bassin versant du Calavon	3
1.2. Structure.....	8
2. HYDROGÉOLOGIE	10
2.1. FRDG130 : calcaires urgoniens du plateau de Vaucluse et Montagne de Lure	10
2.2. FRDG226 : calcaires sous couverture gréseuse-sableuse du synclinal d'Apt	11
2.3. FRDG133 : calcaires montagne du Luberon.....	12
2.4. FRDG213 : formations gréseuses et marno-calcaires tertiaires dans BV Basse Durance	13
2.4.1. Les sables et molasses marneuses de l'Helvétien	14
2.4.2. Les molasses calcaréo-gréseuse du Burdigalien	14
2.4.3. Les calcaires de l'Oligocène.....	15
2.4.4. Les alluvions du Calavon et de ses affluents et les colluvions de pente.....	15
2.5. FRDG301 : alluvions du Comtat et des Sorgues	16
3. LES RELATIONS NAPPES-RIVIERES.....	16

1. CADRE GÉOLOGIQUE

1.1. Lithostratigraphie du bassin versant du Calavon

Les formations géologiques en présence sur le bassin versant du Calavon (Cf. Figure 1) sont très variées et sont présentées ici de façon synthétique, des plus récentes aux plus anciennes :

QUATERNAIRE : il est principalement constitué d'alluvions fluviales würmiennes déposées le long des cours d'eau et d'éboulis cryoclastiques d'âge indéterminé. Leurs épaisseurs n'excèdent pas 10 mètres :

- **E : Éboulis cryoclastiques d'âge indéterminé ou éboulis de pente** : ils sont présents sous forme de plaquage dans tout le bassin versant du Calavon et sont constitués de cailloutis dont la composition est essentiellement calquée sur celle de la roche présente comme substratum ;
- **C : Colluvions d'âge indéterminé** : Elles affleurent ponctuellement dans la moitié Nord du bassin versant du Calavon. Des colluvions et alluvions siliceuses sont notamment visibles au niveau de Lagarde d'Apt et de Saint-Christol ;
- **J : Cône de déjection** : ils sont constitués de limons et de cailloutis et apparaissent comme des formes d'apport latéral en connexion avec la nappe alluviale wurmienne. Ils se trouvent à la base des différents reliefs comme dans les secteurs de Simiane-la-Retonde et de St-Saturnin ;
- **Fz : Alluvions actuelles ou récentes** : Ce sont des cailloutis essentiellement calcaires mêlés à des sables d'origine miocène dans les vallées du Calavon et du Coulon et sont plus argileuses et sableuses dans les vallées des principaux affluents ;
- **Fyz : Terrasses de raccordement** : Ce sont des sables miocènes remaniés qui couvrent de grandes surfaces en particulier en rive gauche du Coulon ;
- **Fy : Alluvions fluviales anciennes** : Ce sont de vastes placages de cailloutis riches en galets de calcaire urgonien ou de sables et de fragments de roches molassiques ;

TERTIAIRE : Les formations tertiaires sont présentes dans tout le bassin versant aval du Calavon soit directement à l'affleurement soit sous couverture alluviale :

- **m2 : Miocène – Helvétien** : Il est surtout présent à l'aval de Beaumettes où il constitue le substratum de la plaine alluviale mais également au Sud de Reillanne. Il est constitué de sables et grés, de molasses gréseuses dures parfois zoogènes et de marnes sableuses devenant grés-molassiques et un peu zoogènes vers le haut. L'épaisseur de l'Helvétien est comprise entre 200 et plus de 400 m ;
- **m1 : Miocène – Burdigalien** : d'une manière générale il s'agit d'une molasse gris verdâtre, dont la fraction calcaire et la granulométrie varient irrégulièrement en constituant des structures lenticulaires. Dans le secteur de Ménerbes et d'Oppède, une lentille de calcaire zoogène blanc est activement exploitée. Le Burdigalien est présent sur tout le Sud du bassin versant, de part et d'autre du Calavon. Au niveau de Saumane, l'épaisseur de ce Miocène inférieur est de 150 mètres tandis qu'elle diminue progressivement vers l'Ouest ;
- **Oligocène** : il est présent dans tout le quart Sud-Est du bassin versant du Calavon à l'affleurement ou sous couverture miocène :
 - **g3 : Oligocène supérieur, Stampien** : calcaires de Reillanne et marnes de Viens. Ce sont des calcaires blancs, noduleux ou grumeleux, souvent vacuolaires, en gros bancs irréguliers, entrecoupés de marnes grumeleuses blanches, grises ou rosâtres. A l'Est du Calavon et dans le secteur de Viens sont visibles des marnes rouges et vert clair accompagnées de minces lits de grés grossiers rouges et verts. L'épaisseur des calcaires varie de 50 à 100 mètres, celle des marnes de 120 à 150 mètres et jusqu'à 500 mètres pour le secteur conglomératique au Sud de Pierrevert ;
 - **g2 : Oligocène – Stampien supérieur** :
 - -g2c : Calcaires de Vachères : Ce sont des calcaires en petit bancs transgressifs sur l'Urgonien du bois des Meuniers qui renferment des silex jaunes et noirs et qui sont intercalés de quelques veines de lignite ;

- **g2b** : Stampien (?): niveau de Caseneuve, complexe d'argiles vertes alternant avec des grés tendres (épaisseur 50 mètres) et niveau du Bois-d'Asson, argiles sableuses, grises à très colorées avec des niveaux de lignites et de soufre à Biabaux ;
 - **g2a** : Sannoisien: Les calcaires de Campagne-Calavon. Ce sont des calcaires en plaquettes ou des calcaires se débitant en rhomboèdres avec des niveaux de marnes dont l'épaisseur est d'une centaine de mètres. Les calcaires de Montfuron : dans ce secteur oriental trois niveaux sont bien individualisés, les calcaires en plaquettes bitumineux, les marnes grises, les calcaires plaquetés et finement feuilletés avec des cargneules de 80 à 100 mètres d'épaisseur ;
- **g1 : Oligocène - Sannoisien :**
 - **g1e** : Niveau de Pradengue, à l'ouest du Calavon, argiles rouges et vertes intercalées de grés et argiles brunâtres et parfois de minces lits de gypse ; Niveau de la Mort d'Imbert, niveaux de gypse compacts (autrefois exploités) avec des marnes rouges et bleues ;
 - **g1d** : Calcaires de La Fayette, calcaires en plaquettes;
 - **g1c** : Argile du Maronnier, argile verte à gypse avec des intercalations locales de sables verts glauconieux;
 - **g1b** : Calcaires à Cyrènes, banc de calcaires argileux minces et bien réglés (épaisseur 10 mètres);
 - **g1a** : Sables glauconieux, argiles vertes et marnes rouges ;
- **Éocène** : il affleure sur de petites surfaces mais doit être présent sous les formations oligocènes décrites ci-dessus :
 - **e7 : Éocène supérieur** : il est composé de sables argileux saumon, épais de 80 mètres avec quelques lentilles de graviers et galets calcaires, de calcaires lie de vin avec une passée ligniteuse et de sables rouge vif (quelques mètres) ;

- **e5 : Éocène - Lutétien** : calcaires argileux, rognonneux, à silex, calcaires fins à grains de quartz et calcaires à silex, cailloutis à éléments bien roulés de calcaire, marnes vertes et rouges. Son épaisseur peut dépasser 25 mètres ;

SECONDAIRE : Il peut être subdivisé en Crétacé supérieur et Crétacé inférieur :

- **Crétacé supérieur** : il est présent à l’affleurement sur la bordure Nord du synclinal d’Apt entre les calcaires crétacés inférieurs du Nord du bassin versant du Calavon et les matériaux oligo-miocènes au Sud selon une orientation SW/NE et dans le petit bassin de Roussillon-Goult :
 - **c2b : Turonien- Cénomaniens supérieur** : sables blancs à petits quartz roses imprégnés à leur partie supérieure par des sels de fer venus de l’Eocène ;
 - **c2a : Cénomaniens et Albiens supérieur** : grès quartzeux et glauconieux, puis grès argileux. L’épaisseur de cette formation est d’une vingtaine de mètres mais peut atteindre 80 mètres sur la rive gauche du haut Calavon ;
 - **c1b : Albiens** : cette formation est constituée de sables ocreux jaunes et rouges, micacés, glauconieux à stratification entrecroisée. Elle a été exploitée régionalement pour l’ocre. Son épaisseur moyenne est de 20 mètres ;
 - **C1a : Clansayésien** : ce sont des grès marneux et sables verts, parfois des argiles noires micacées. L’épaisseur de cette formation va de 15 à 60 mètres ;
- **Crétacé inférieur** : il affleure essentiellement dans les parties Nord et Sud du bassin versant ainsi qu’au cœur du synclinal d’Apt immédiatement à l’ouest de la ville. Il est constitués de deux facies majeur, les calcaires à facies urgonien qui constituent le squelette régional et les marnes qui les surmontent et les séparent des formations plus récentes qui sont plus ou moins discordantes sur les calcaires :
 - **n7 : Albiens** : sables verts glauconieux. Cette formation est constituée d’alternances de sables et de grès fins glauconieux. Son épaisseur est comprise entre 20 et 30 mètres ;

- **n6 : Aptien supérieur - Gargasien** : marnes argileuses noires à gris-bleues ; Au NW du bassin versant du Calavon, elles ont 30 m d'épaisseur, à Rustrel elles atteignent 70 m puis leur épaisseur diminue rapidement passant de 20 mètres dans le secteur d'Oppedette à moins de 20 mètres en continuant à l'Est de cette ville. De nouveau l'épaisseur de ces marnes augmente à partir de Reillanne atteignant 60 m ;
- **n5 : Aptien (Bédoulien)** : calcarénites, faciès à rudistes (Urgonien s.s.), calcaires bioclastiques supérieurs ; Ils affleurent sur la moitié Nord du bassin versant du Calavon, sur le flanc Nord du Luberon et à l'ouest d'Apt. Ils constituent ainsi la partie méridionale des monts de Vaucluse. La majeure partie du Bédoulien correspond aux calcaires de faciès Urgonien. L'épaisseur totale de cette formation est supérieure à 400 mètres :
 - **n5U1 : le faciès bioclastique supérieur** voit sa puissance augmenter vers l'Ouest et le Nord. Il comprend alors deux termes : un terme inférieur à silex souvent réduit et glauconieux (10-15 m) et un terme supérieur bioclastique (20-30 m). Ce faciès supérieur se poursuit jusqu'à Montsalier. Aux faciès bioclastiques sommitaux correspondent des calcarénites moyennes à grossières de 4 à 5 mètres d'épaisseur ;
 - **n5U2 : le faciès à rudistes souvent crayeux** atteint 100 à 150 mètres d'épaisseur au Nord-Est du bassin versant du Calavon et se réduit progressivement vers le N-NE (50-60 mètres à Simiane). Les faciès sont variés, la présence de tests de rudistes en constitue le caractère principal. **Les calcarénites à silex** sont des calcaires finement bioclastiques qui présentent souvent des silex et des intercalations noduleuses. L'épaisseur visible est de 50 mètres ;
 - **n5U3 : le faciès bioclastique supérieur.** Ce sont des calcarénites c'est à dire des calcaires blancs grossièrement bioclastiques de 50 mètres d'épaisseur également. Des intercalations dolomitiques s'observent dans la région de Rustrel. A l'extrême Ouest du bassin versant du Calavon, au niveau de Fontaine-de-Vaucluse, ce niveau de calcarénites peut atteindre 250 m d'épaisseur ;

- **n4 : Barrémien :** calcaires argileux ; Ce terrain est surtout développé au Nord du bassin versant du Calavon où son épaisseur pourrait atteindre 200 à 250 mètres. Il affleure aussi dans la dépression de Saint-Christol :
 - **le Barrémien inférieur** est représenté par des calcaires argileux (biomicrites à spicules) présentant des intercalations de calcaires à silex roux. Son épaisseur est de 150 mètres ;
 - **le Barrémien supérieur** se reconnaît aux calcaires gris, argileux, à intercalation marneuse. Au sommet de ce niveau se trouve fréquemment une couche marneuse. Au niveau de Saint-Christol, les faciès sont plus calcaires.

1.2. Structure

Le bassin versant du Calavon se trouve à cheval sur trois structures géologiques bien distinctes avec une ossature commune de calcaires crétacés :

Partie Nord : la moitié Nord du bassin du Calavon correspond à l'extrémité méridionale des Monts de Vaucluse où affleurent les calcaires crétacés (Bédoulien/Barrémien). Ce massif de calcaires urgoniens est affecté d'accidents de direction Nord-Est - Sud-Ouest qui déterminent une série de fossés d'effondrement de même orientation (fossés de Limoux, Saint-Lambert-Javon, Méthamis).

Au niveau de Banon, village situé à la limite des bassins versants du Largue et du Calavon, se trouve un de ces champs de fractures Nord-Est - Sud-Ouest.

Ce champ de fractures de Banon génère une structure typique en horst et graben affectée de grandes failles à miroir et avec les remplissages de fossés par des marnes gargasiennes et albiennes. Ces marnes sont en contact direct avec les calcaires urgoniens.

Ces massifs calcaires crétacés qui correspondent à des dépôts de plate-forme doivent leur forme à une phase tectonique majeure qui a touché toute la région provençale : il s'agit du bombement durancien, appelé aussi accident médio-durancien survenu fin secondaire et qui a soulevé la majeure partie des terrains mésozoïques en place. Cet accident durancien a ensuite conditionné une grande partie de l'évolution structurale et sédimentaire de la région d'Apt-Forcalquier-Manosque.

Partie centrale : elle se situe au niveau d'un vaste synclinal orienté ENE-OSO, le synclinal d'Apt. Il sépare le Lubéron au Sud des Monts de Vaucluse au Nord. Il est nettement dissymétrique : son axe est décalé vers le Sud, près du Lubéron. Ce synclinal repose sur une ossature carbonatée d'âge Crétacé inférieur à moyen. Il a pour origine la phase de distension Oligocène. Grâce aux failles décrochantes anciennes jouant en failles normales lors de cette période, le synclinal d'Apt (à l'Est) et par extension le bassin de Forcalquier-Manosque voit son épaisseur de matériaux oligo-miocènes augmenter vers l'Est (coté Forcalquier) par rapport à l'Ouest (coté Apt).

Partie Sud : il s'agit du massif complexe du Lubéron qui correspond à une structure anticlinale faillée aux pendages très marqués mais qui dans le bassin versant du Calavon représente un monoclinale de calcaires crétacés à fort pendage vers le Nord.

Le Calavon dans sa partie amont, s'écoule donc perpendiculairement à la structure des Monts du Vaucluse, il recoupe ensuite le synclinal d'Apt pour s'écouler selon son axe à partir de Céreste ; ses nombreux petits affluents temporaires de rive gauche s'écoulant eux perpendiculairement à la structure monoclinale du Lubéron.

2. HYDROGÉOLOGIE

Le bassin versant du Calavon et de ses affluents recoupe de nombreuses Masses d'Eau souterraines (cf. Figure 2) qui elles-mêmes peuvent regrouper plusieurs aquifères plus ou moins individualisés. Ce sont par ordre d'intérêt décroissant par rapport à la disponibilité de la ressource en eau :

2.1. FRDG130 : calcaires urgoniens du plateau de Vaucluse et Montagne de Lure

Cette masse d'eau souterraine concerne l'aquifère karstique des calcaires du Barrémien et du Bédoulien à facies urgonien.

Ces formations calcaires sont limitées au Nord par la ligne de crête allant du Mont-Ventoux à la montagne de Lure, la limite Sud est constituée par la plaine d'Apt-Forcalquier. Tandis que la limite Ouest est le bassin de Carpentras et la limite Est se trouve à Sisteron.

Il s'agit de calcaires karstiques du Crétacé inférieur qui peuvent être localement recouverts par du tertiaire. La recharge se fait presque uniquement par infiltration des eaux pluviales soit directement soit par l'intermédiaire de pertes dans les ruisseaux ou rivières temporaires.

Il peut y avoir des alimentations secondaires venant des calcaires du synclinal d'Apt-Forcalquier et des calcaires du bassin de Carpentras ainsi que dans une moindre mesure des petits aquifères contenus dans les massifs d'éboulis qui reposent sur les marnes gargasiennes et albiennes imperméables ou très peu perméable.

Il existe un exutoire quasi unique, il s'agit de Fontaine de Vaucluse. Les débits et les caractéristiques de ces eaux correspondent à un milieu fortement karstifié. La nappe est très profonde, aux environs de 500 à 600 mètres de profondeur sous les Monts de Vaucluse avec un niveau de base vers 150 mètres NGF.

Ses débits moyens, d'étiage et de crue sont respectivement :

- Q moyen: 20 m³/s,
- Q minimum : 3 à 4 m³/s,
- Q maximum : 150 à 200 m³/s.

Le bassin d'alimentation de la Fontaine de Vaucluse aurait une superficie de 1 115 km² (Puig 1990).

Le potentiel de production de cette Masse d'Eau est très élevé compte tenu des débits d'étiage du quasi unique exutoire qu'est La Fontaine de Vaucluse, mais la réalisation d'un captage productif bute sur l'hétérogénéité des circulations aquifères dans le karst et la grande profondeur du niveau de base de l'aquifère.

Dans cette masse d'eau sont inclus les petits aquifères perchés alluviaux et colluviaux dus à la présence des marnes gargasiennes et albiennes qui forment une couche très peu perméable à imperméable sur les calcaires urgoniens du versant Sud des Monts du Vaucluse. Ces aquifères sont à l'origine de nombreuses petites sources dont le débit n'excède pas le l/s et de captages par puits dans les dépressions en bordure de rivière.

2.2. FRDG226 : calcaires sous couverture gréseuse-sableuse du synclinal d'Apt

Il s'agit d'un aquifère calcaire karstifié presque uniquement captif puisque le magasin aquifère n'affleure que sur deux petits secteurs, immédiatement à l'Ouest d'Apt et un peu en amont au Bois des Meuniers. Les limites géographiques de cette Masse d'Eau et de son aquifère associé suivent celle du synclinal d'Apt : les calcaires présents sous le Tertiaire à Viens (entre Gignac et Reillanne) forment la limite Est, la limite Ouest est imprécise mais se trouve au droit des alluvions récentes des plaines du Comtat ; quant aux limites Nord et Sud, elles sont représentées par les affleurements calcaires Urgoniens des Monts de Vaucluse et du petit et grand Luberon.

On peut différencier deux compartiments probablement en continuité hydraulique, séparés par la faille d'Apt : la partie Ouest avec une couverture oligocène peu épaisse (à absente) avec un contact sables burdigaliens et sables/grès crétacés supérieurs sur substratum calcaires bédouliens/barrémiens, et la partie Est d'Apt qui présente des séries de marnes, sables et grès du Crétacés supérieurs et de l'Oligocène à dominante calcaire ou marneuse très épaisse (200 à 250 mètres d'épaisseur) sur le même substratum fissuré de l'Urgonien.

Il faut remarquer que sur le flanc Nord du synclinal la série des marnes imperméables du Gargasien assure une forte indépendance entre les aquifères de surface et cette masse d'eau alors que sur le flanc Sud ces marnes sont absentes ce qui permet localement une continuité hydraulique entre les calcaires oligocènes et les calcaires urgoniens.

Cet aquifère de calcaires urgoniens peut ainsi être en relation hydraulique directe avec les masses d'eaux environnantes, ses limites exactes sont alors difficiles à définir précisément.

Les eaux pluviales tombant sur le flanc Nord du Lubéron et localement sur les formations perméables du Tertiaire peuvent également alimenter significativement ces calcaires profonds.

L'exutoire de cet aquifère karstique est soit la Fontaine-de-Vaucluse, soit la nappe de la Durance lorsqu'elle est en contact avec les calcaires du Luberon.

Cet aquifère a été reconnu par des forages dont les débits de production sont très variables mais peuvent être très importants comme au forage du Fangas qui alimente en partie la ville d'Apt.

Le potentiel de production de cette Masse d'Eau est très élevé mais la structure karstique génère des problèmes importants quant au potentiel de productivité des ouvrages.

2.3. FRDG133 : calcaires montagne du Luberon

Cette masse d'eau concerne l'aquifère karstique des calcaires à facies urgonien du massif du Luberon.

Sur le flanc Nord du massif qui concerne le Bassin versant du Calavon il n'y a que des sources temporaires ou de petites sources liées à de l'épikarst ou à des éboulis de pente.

En revanche sur le flanc Sud plusieurs sources sont présentes.

Cette masse d'eau est probablement en liaison avec celle des calcaires sous couverture du bassin d'Apt. L'exutoire de ce flanc Nord se trouve très probablement au niveau de la nappe de la Durance au contact des calcaires

2.4. FRDG213 : formations gréseuses et marno-calcaires tertiaires dans BV Basse Durance

Cette Masse d'Eau regroupe l'ensemble des aquifères des formations tertiaires du bassin d'Apt. Ces aquifères sont présents dans les formations gréseuses, sableuses, molassiques et calcaires du Miocène et de l'Oligocène. La masse d'eau est limitée au Nord par le versant Sud des Monts du Vaucluse, au Sud par le flanc Nord du Luberon, à l'Ouest et à l'Est par la vallée de la Durance. Cette masse d'eau s'étend sur les bassins versants du Calavon et du Largue.

C'est une série très hétérogène constituée de terrains à perméabilité très variable : calcaires, calcaires marneux, argiles, conglomérats, molasses, sables, marnes qui constituent un aquifère multicouche.

Les écoulements sont localisés dans les niveaux les plus perméables superposés les uns sur les autres, il s'agit essentiellement de sables et de molasses dans les termes miocène et de calcaires dans l'Oligocène.

Cet aquifère multicouche repose sur les calcaires urgoniens par l'intermédiaire des marnes du Gargasien ce qui assure l'absence de continuité hydraulique si ce n'est ponctuellement dans le secteur du bois des Meuniers, lorsque les calcaires oligocène reposent directement en discordance sur les calcaires urgoniens.

On peut distinguer trois formations tertiaires principales et des formations quaternaires :

- Miocène moyen de l'Helvétien (marnes sableuses, sables et grès),
- Miocène inférieur du Burdigalien (molasses calcaréo-gréseuse, poudingues),
- Oligocène Stampien (calcaires blancs intercalés de marnes),
- Quaternaire (colluvions de pente ou de la plaine et alluvions du Calavon et de ses affluents).

La recharge est majoritairement pluviale bien qu'une drainance à partir du karst crétacé sous-jacent, ait été parfois évoquée.

Les exutoires de cette masse d'eau sont :

- de très nombreuses petites sources au pied des reliefs en cuetas au contact entre les niveaux perméables et les niveaux imperméables dont le débit n'est que de l'ordre du litre par seconde ;
- des apports directs au Calavon (par les calcaires oligocènes) par des sources, dont certaines sont très minéralisées et chargées en hydrogène sulfuré ou par l'intermédiaire de ses alluvions. C'est le cas au niveau des captages de la Bégude pour la ville d'Apt ;
- Les calcaires de la masse d'eau sous-jacente en particulier en amont immédiat du Bois des Meuniers ou à l'aval d'Apt ce qui provoque les assècs du Calavon.

2.4.1. Les sables et molasses marneuses de l'Helvétien

L'Helvétien est constitué de marnes sableuses renfermant de très nombreux bancs molassiques dont l'épaisseur sur le bassin versant du Calavon est de 200 à 300 mètres. Cette épaisseur augmente vers l'Est vers le bassin du Largue et vers l'ouest (molasses du Comtat).

Ainsi dans le bassin amont du Calavon elles sont soit absentes soit en position perchée (au Sud de Reillanne) et ne présentent pas un grand intérêt hydrogéologique. Elles sont plus développées sous couverture alluviale dans l'extrême Ouest du bassin versant.

2.4.2. Les molasses calcaréo-gréseuse du Burdigalien

Ces formations ont la même position structurale que celles de l'Helvétien : perchées à l'Est et sous couverture alluviale et/ou colluviale vers l'aval.

Leurs ressources en eau sont relativement limitées sur ce bassin versant.

2.4.3. Les calcaires de l'Oligocène

Tous les calcaires de la série oligocène renferment des niveaux aquifères plus ou moins productifs. Les calcaires de Reillanne et de Vachère mais également les calcaires de Campagne-Calavon (50 mètres d'épaisseur) ou de Montfuron peuvent alimenter le Calavon soit directement soit par l'intermédiaire des alluvions de la rivière comme dans le secteur des captages de la ville d'Apt à la Bégude ou à Château Vert.

Les ressources en eau en profondeur paraissent limitées, au-moins au niveau des formations de base, comme l'ont montré les observations faites lors de la réalisation des forages profonds du Fangas (communication orale de M. Silvestre).

Néanmoins, compte tenu de la structure synclinale du bassin dans les secteurs de Reillanne et de Saint Martin de Castillon, la présence de ressources profondes dans les niveaux calcaires est probable. Une exploitation de ces ressources aurait un impact fort sur les émergences naturelles et donc sur les apports au Calavon.

2.4.4. Les alluvions du Calavon et de ses affluents et les colluvions de pente

La masse d'eau FRDG 213 comprend également les aquifères des alluvions du Calavon et des placages alluviaux et colluviaux plus anciens, présents dans la basse vallée du Calavon et dont une carte piézométrique, établie à l'aval d'Apt, est proposée sur la Figure 3.

Elles ont une grande extension et sont drainées par le Calavon et ses affluents. Leur épaisseur et leur perméabilité sont faibles ce qui explique les forts gradients d'écoulement mesurés et ce qui leur confère un faible potentiel de production.

Ces aquifères sont alimentés par les précipitations sur leur bassin versant.

Il apparaît que dans la partie amont de la rivière (au-dessus d'Apt), les alluvions sont très peu représentées mais peuvent être en liaison directe avec la rivière comme dans les secteurs de La Bégude et de Château Vert.

Elles sont alimentées localement par les aquifères des calcaires oligocènes ou les molasses miocènes et drainées par la rivière.

2.5. FRDG301 : alluvions du Comtat et des Sorgues

Cette Masse d'Eau correspond à l'aquifère des alluvions du Comtat et des Sorgues et n'est présente que sur l'extrémité Sud-Ouest du bassin versant du Calavon.

De part et d'autre et sous les affleurements des formations géologiques renfermant l'aquifère de cette masse d'eau se trouvent les molasses miocènes du Comtat.

La recharge de l'aquifère alluvial du Comtat et des Sorgues se fait principalement par les eaux pluviales et ponctuellement par les pertes par infiltration des cours d'eau voisins (Aigues, Ouvèze, Sorgues) ainsi que par l'irrigation à partir des canaux.

La perméabilité de ces alluvions est très variable, elle dépend de la granulométrie de ces dernières mais peut être estimée entre 10^{-3} et 10^{-5} m/s.

Les alluvions de la basse vallée du Calavon (Coulon) ont été rattachées à cet ensemble. Elles ont tendance à alimenter la rivière dont le lit est très encaissé.

3. LES RELATIONS NAPPES-RIVIERES.

Sur les Figures 4 et 5 a été portée sur fond géologique la carte des assècs établie par BRL en 2008.

Malgré certaines modifications qui pourraient lui être apportées en intégrant de nouvelles observations et grâce à la mise à jour des données, il apparaît très clairement que les échanges nappe-rivière et donc le débit du Calavon sont très fortement influencés par la géologie au niveau du lit de la rivière.

Dans la partie amont (jusqu'à l'aval des Gorges d'Oppedette) où le lit du Calavon se trouve essentiellement sur les calcaires à facies urgonien, les écoulements ne sont que très temporaires ou très localisés aux secteurs où affleurent les marnes du Gargasien. Ainsi le débit général de la rivière n'est pas influencé, hors période de crue, par cette zone du bassin versant.

Dans la zone comprise entre la sortie des Gorges d'Oppedette et l'aval de la Bégude, les formations calcaires de l'oligocène fournissent son débit à la rivière soit par des sources directement visibles soit par des apports au niveau des alluvions.

Les variations de débit qui peuvent être mesurées sont dues soit à des prélèvements anthropiques soit à la présence d'alluvions grossières qui vont provoquer des sous-écoulements masquant le débit réel.

Entre l'aval de La Bégude et l'aval du rocher des abeilles (Bois des Meuniers), les assecs sont très fréquents et débutent au niveau des affleurements des calcaires oligocènes qui sont en contact direct par discordance géologique avec les calcaires à faciès urgonien du Bois des Meuniers. Le débit restant dans la rivière après les captages d'Apt se perd ainsi dans l'aquifère inférieur des calcaires à faciès urgonien (captés un peu à l'aval par les forages du Fangas). Cette zone de pertes potentielles importantes dans les calcaires oligocènes ou directement urgoniens peut être prolongée jusqu'à « les fringants ».

A l'aval de cette zone et jusqu'à l'aval immédiat d'Apt, les formations géologiques en présence : alluvions, marnes ou niveaux calcaires ne permettent pas d'envisager des pertes importantes vers l'aquifère inférieur. Les prélèvements et les infiltrations au niveau des alluvions peuvent, suivant la saison, compenser les apports et pérenniser les assecs.

A l'aval d'Apt et jusqu'au Pont Julien, le Calavon coule directement sur les calcaires urgoniens. Ces derniers renferment un aquifère karstique dont le niveau statique se trouve à plus de 50 mètres de profondeur sous le lit de la rivière. Cette différence de niveau est donc favorable à des pertes vers l'aquifère inférieur. Il semblerait toutefois que le karst soit suffisamment colmaté, naturellement par les argiles et/ou artificiellement par le développement d'un feutre, pour limiter ces pertes et ne provoquer des assecs qu'à l'étiage.

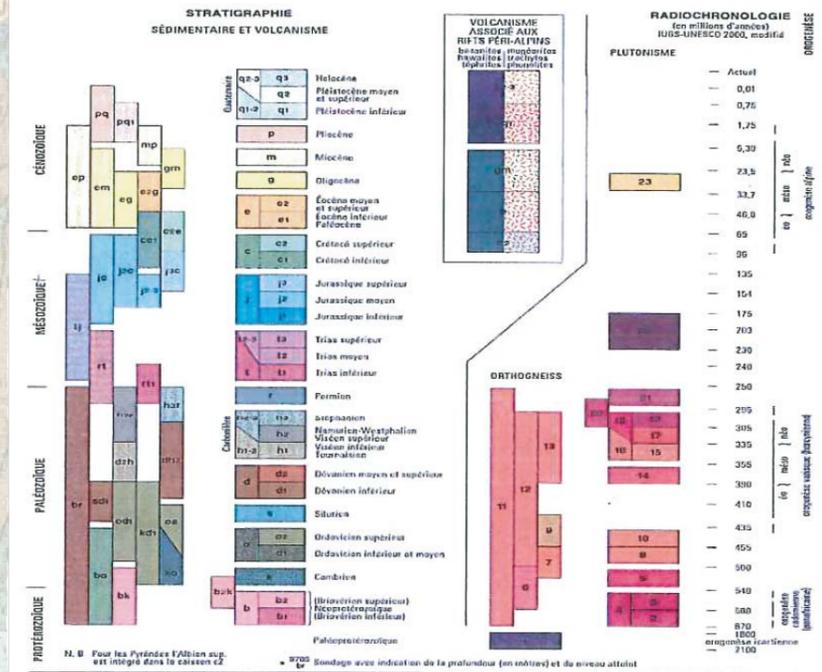
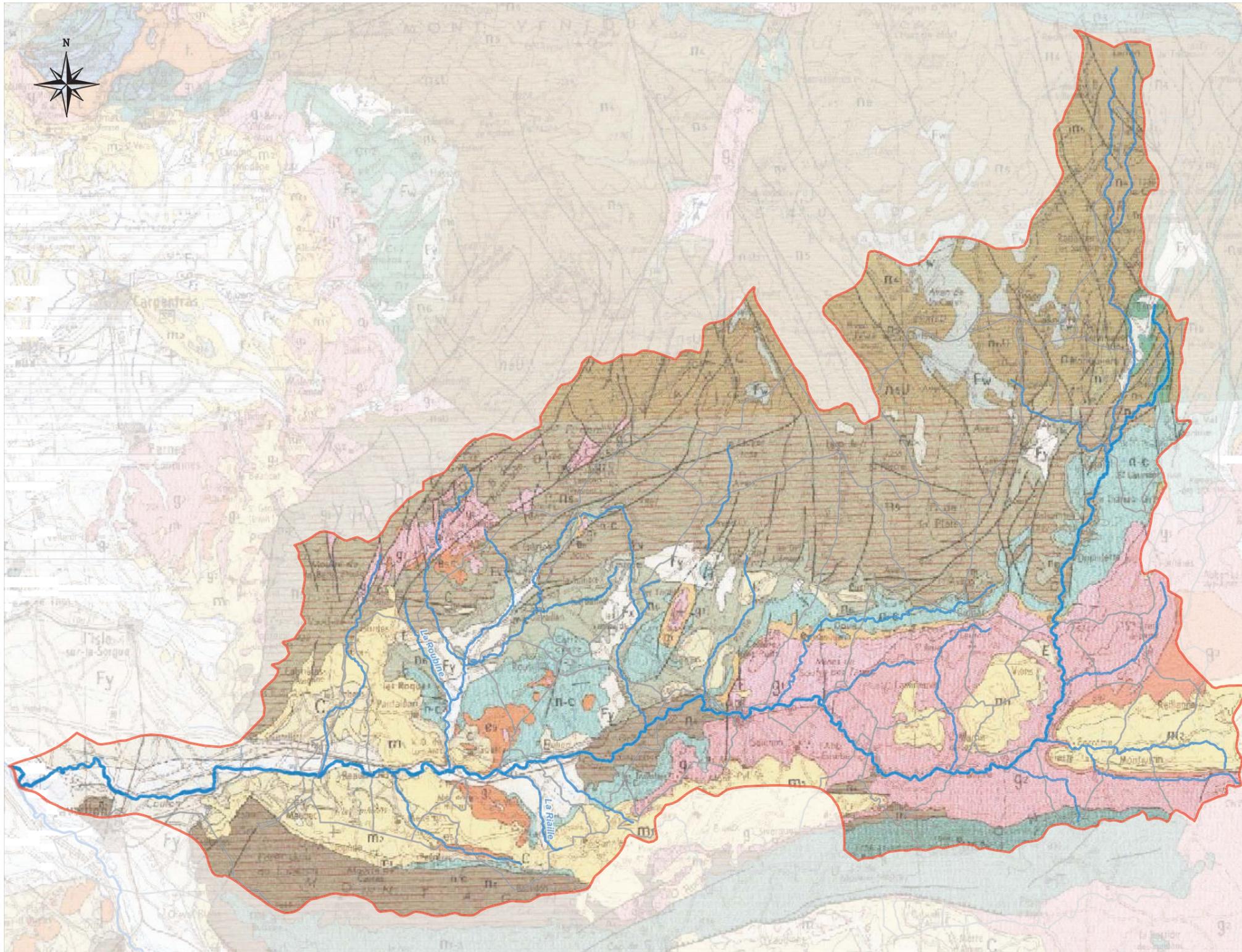
A l'aval du pont Julien, le fonctionnement est plus classique avec des échanges possibles entre la nappe alluviale et la rivière. Le faible développement en épaisseur de cette nappe alluviale et la position très encaissée du lit sur la majeure partie du cours limitent en général ces échanges à des apports de la nappe alluviale vers la rivière.

Montpellier, le 22 août 2011

Jean-Marc FRANÇOIS

FIGURES

SITUATION GÉOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU CALAVON AU 1/200 000



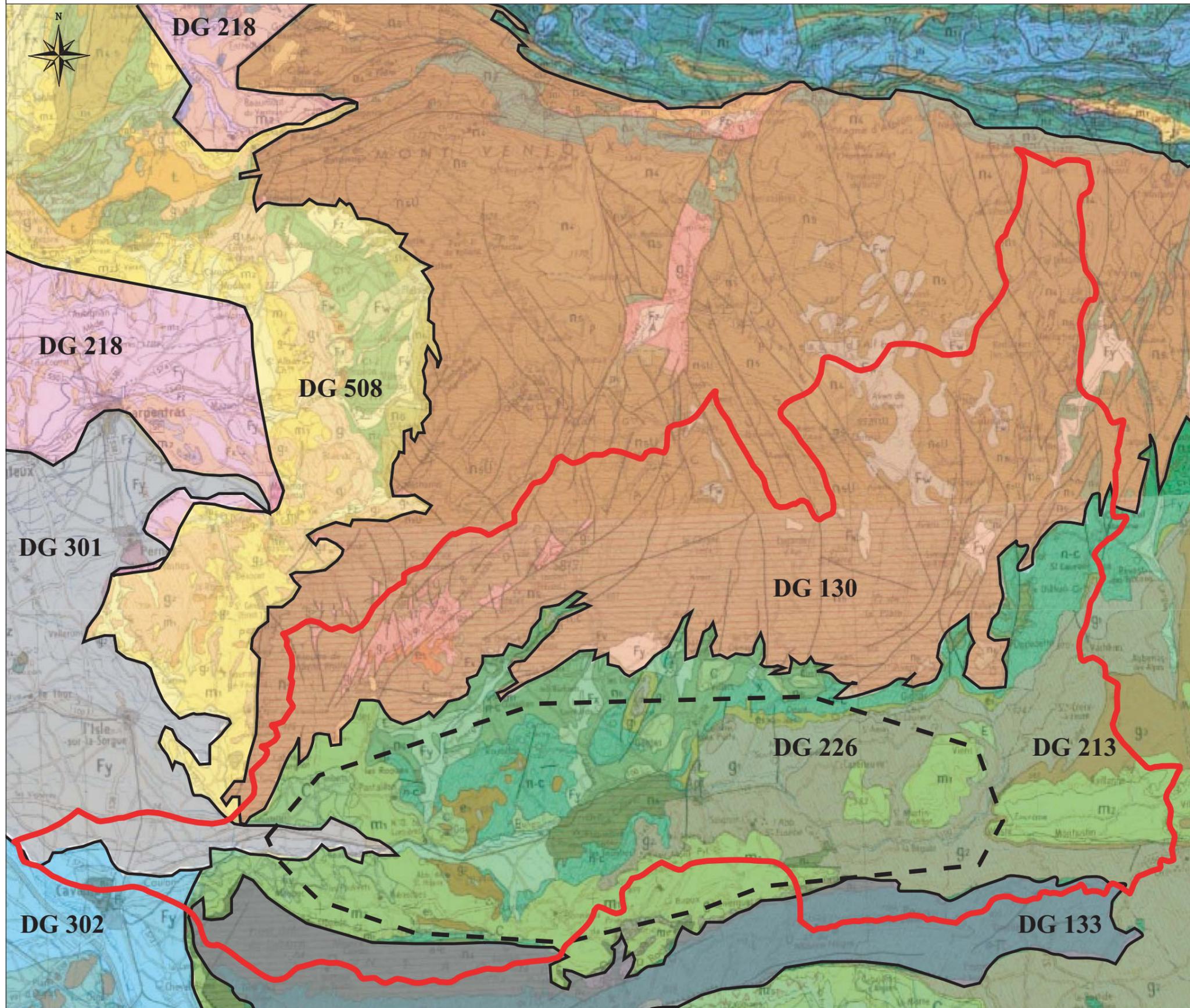
EXTRAIT DE L'ÉTUDE DE DÉTERMINATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES SUR LE BASSIN VERSANT DU CALAVON
FIGURE DU CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉALISÉE PAR CEREG INGÉNIERIE

- Limite communale
- Réseau hydrographique
- Bassin versant



RÉPARTITION DES MASSES D'EAU DU BASSIN VERSANT DU CALAVON SUR FOND DE CARTE GÉOLOGIQUE AU 1/200 000

2

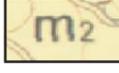
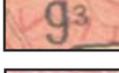
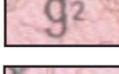
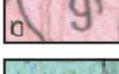
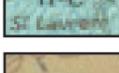
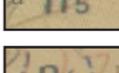
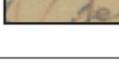


 Limites du bassin versant du Calavon

Les masses d'eau :

-  DG 130 : calcaires urgoniens du plateau de Vaucluse et montagne de Lure
-  DG 213 : formations gréseuses et marno-calcaire tertiaire du bassin versant Basse Durance
-  DG 226 : calcaires urgoniens sous couverture synclinal d'Apt
-  DG 133 : calcaires de la montagne du Luberon
-  DG 302 : alluvions de la Durance aval et moyenne et de ses affluents
-  DG 301 : alluvions des plaines du Comtat et des Sorgues
-  DG 218 : molasses miocènes du Comtat
-  DG 508 : formations marno-calcaires et gréseuses dans le bassin versant de Drôme Roubion Eygues et Ouvèze

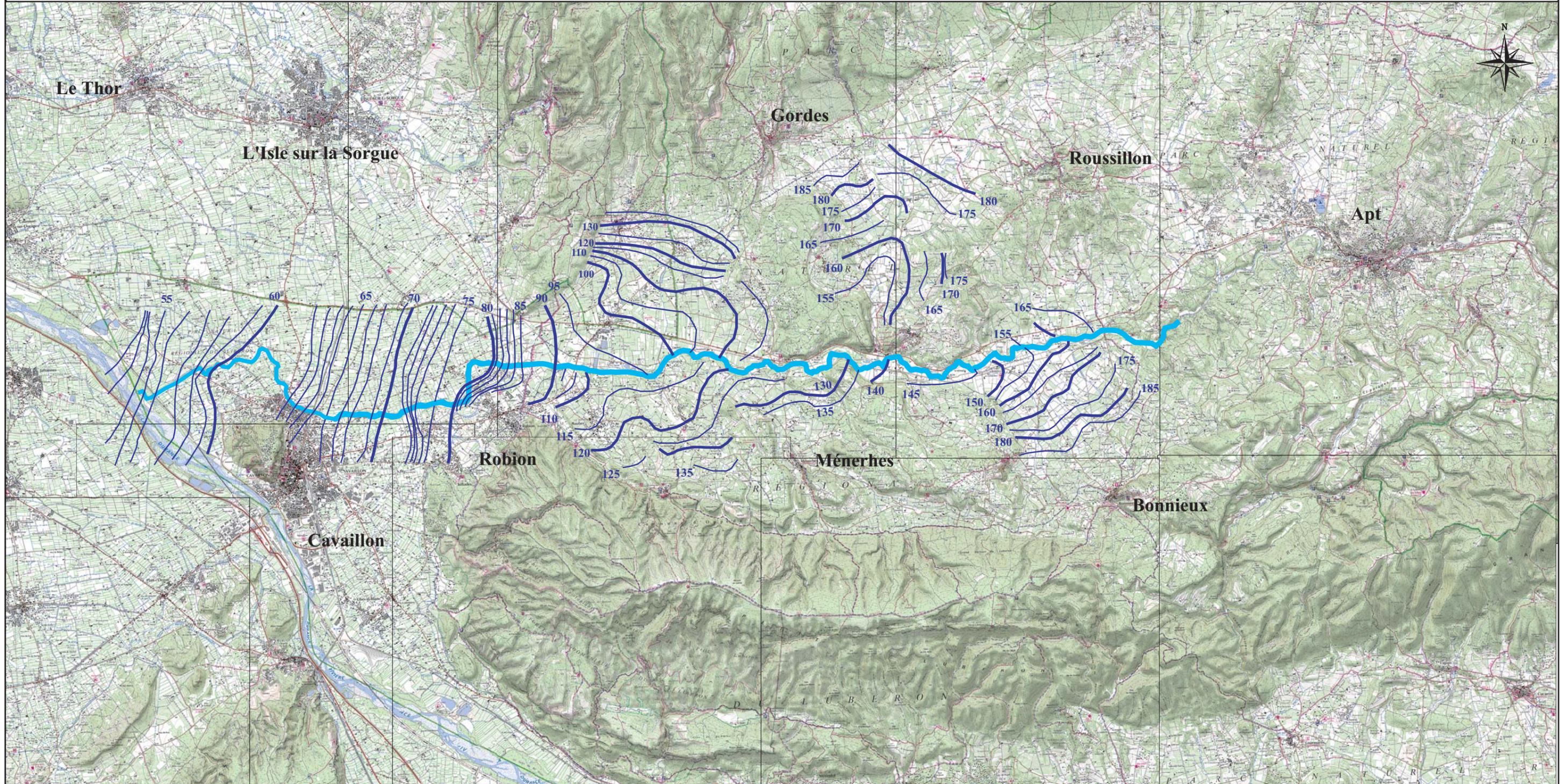
Légende de la carte géologique :

-  Alluvions anciennes et récentes (IV)
-  Calcaires, marnes et molasses (Helvétien)
-  Calcaires molasses et argiles (Burdigalien)
-  Calcaires et marnes (Oligocène supérieur)
-  Calcaires et marnes (Oligocène- Stampien supérieur)
-  Formations détritiques inférieures (Oligocène- Stampien inférieur)
-  Grès et marnes (Albien à Cénomaniens)
-  Calcaires urgoniens (Bédoulien)
-  Calcaires fins (Barrémien)

0 10 20 km

Extrait des cartes géologiques du BRGM : Marseille et Valence au 1/250 000
- Agrandissement au 1/200 000 -

PIÉZOMÉTRIE DANS LES NAPPES ALLUVIALES ET COLLUVIALES DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE DU CALAVON

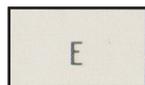


EXTRAIT DES CARTES NUMÉRISÉES DE L'IGN AU 1/1000 000

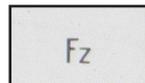
 Calavon  Courbe Isopièze 155 Niveau piézométrique (mNGF)

0 5 10 km

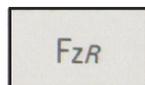
LÉGENDES DES FIGURES 4 ET 5



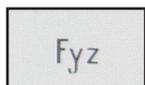
Éboulis



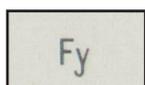
Quaternaire : alluvions récentes



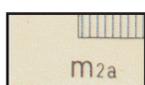
Quaternaire : alluvions fluviales modernes du Rhône et de la Durance : limons, graviers, galets



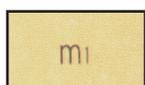
Quaternaire : terrasses inférieures, terrasses de raccordement, formations du Calavon et du Pied du Bousquet remaniées



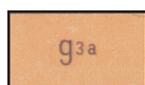
Quaternaire ancien : alluvions fluviales wurmiennes : limons, sables, graviers, galets



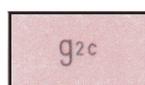
Hélvétien inférieur : marnes sableuses



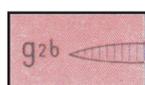
Burdigalien : molasses gréseuses



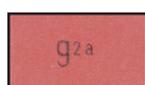
Oligocène - Stampien : marnes de Viens



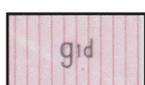
Oligocène - Stampien : calcaires de Vachères



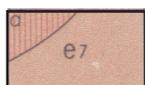
Oligocène - Stampien : niveau de Caseneuve



Oligocène- Sannoisien : calcaires de Campagne-Calavon



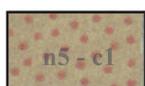
Oligocène - Sannoisien : calcaire de La Fayette



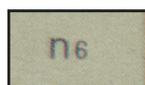
Éocène supérieur : argiles sableuses



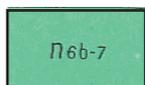
Cénomancien inférieur : grès et sables bariolés



Albo-Aptien : sidérolitique du Calavon



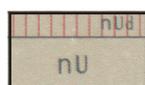
Aptien supérieur : marnes du Gargasien



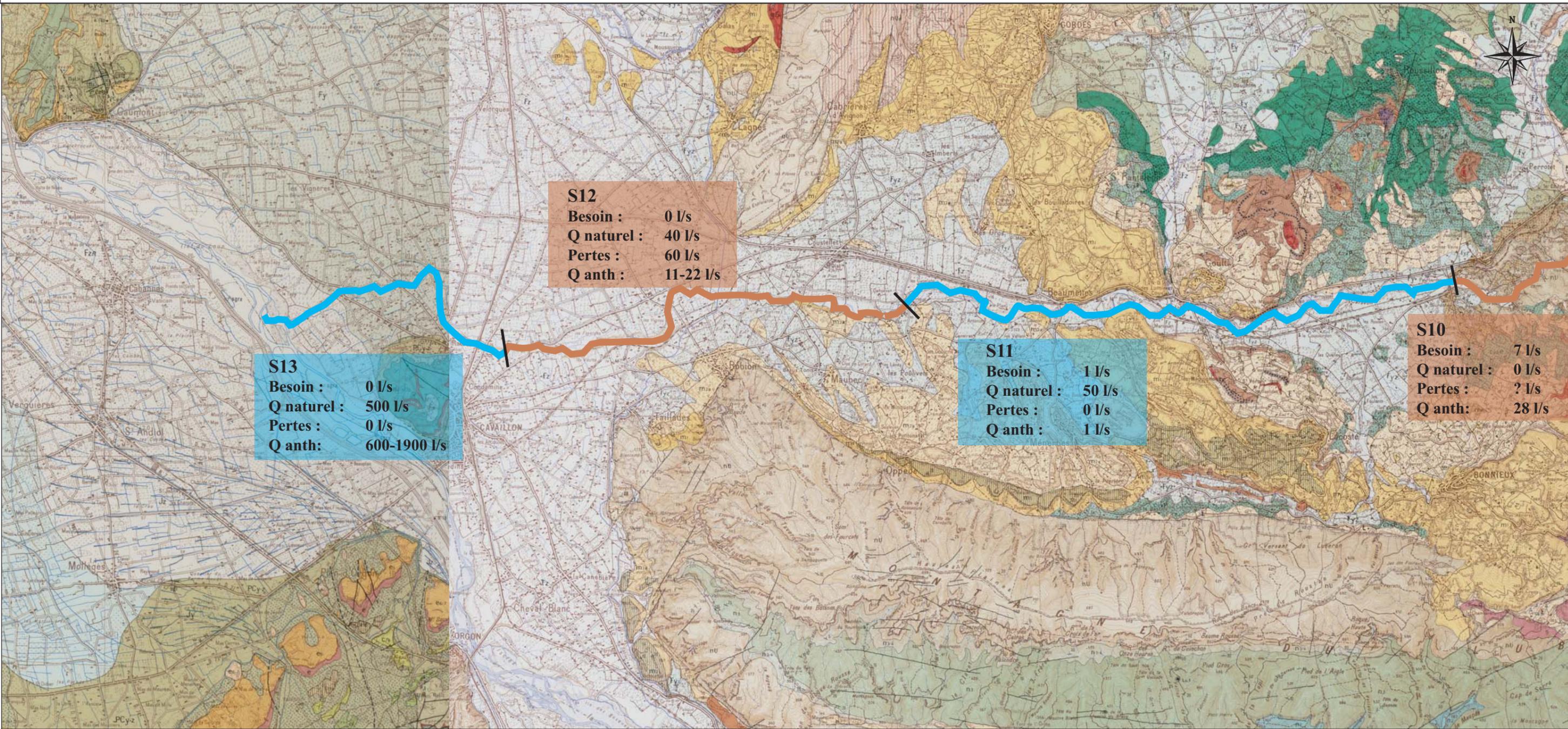
Clansayésien-Albien : grès verts



Bédoulien : faciès urgonien, faciès bioclastique supérieur



Barrémien-Bédoulien : calcaires urgoniens



S12
 Besoin : 0 l/s
 Q naturel : 40 l/s
 Pertes : 60 l/s
 Q anth : 11-22 l/s

S13
 Besoin : 0 l/s
 Q naturel : 500 l/s
 Pertes : 0 l/s
 Q anth : 600-1900 l/s

S11
 Besoin : 1 l/s
 Q naturel : 50 l/s
 Pertes : 0 l/s
 Q anth : 1 l/s

S10
 Besoin : 7 l/s
 Q naturel : 0 l/s
 Pertes : ? l/s
 Q anth : 28 l/s

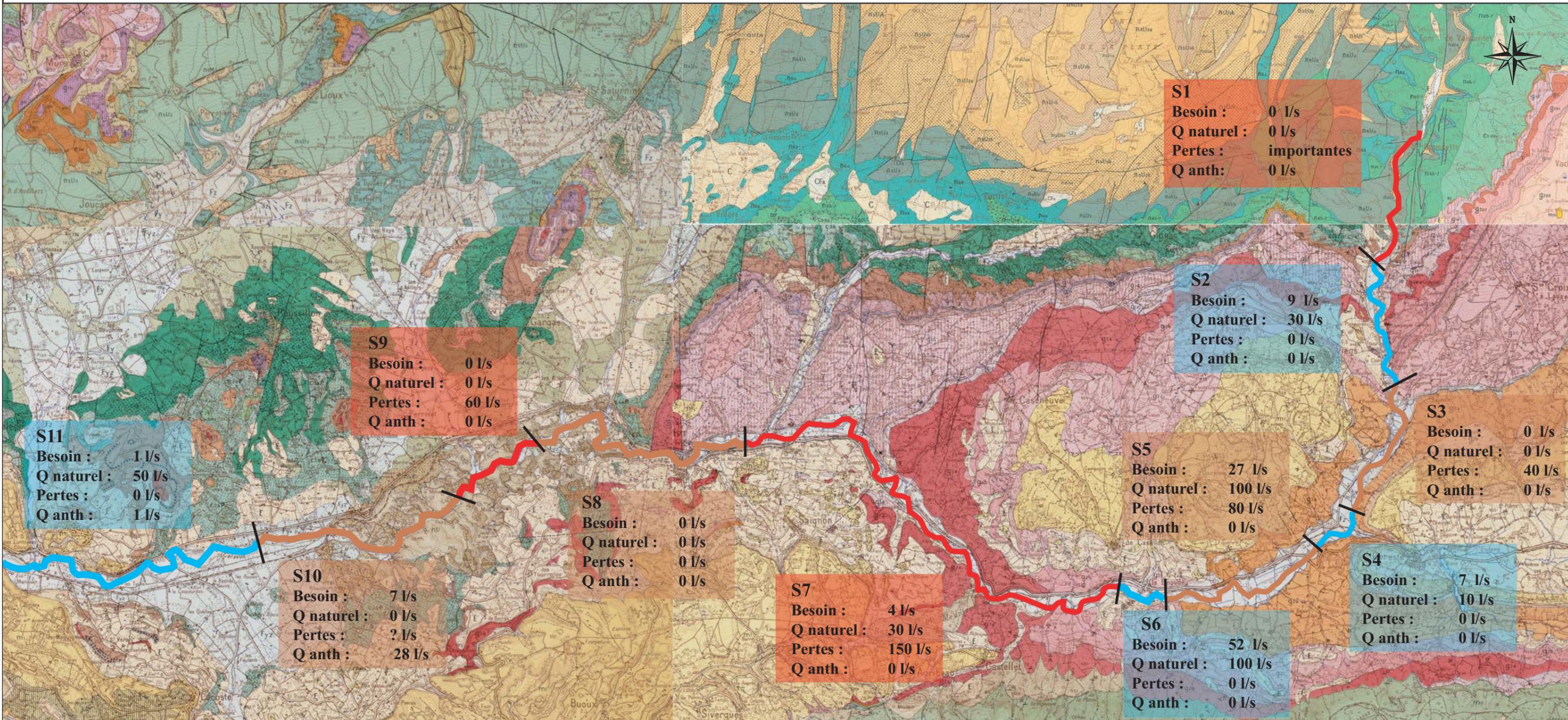
EXTRAITS DES CARTES GÉOLOGIQUES DU BRGM N°966 CHÂTEAURENARD ET N°967 CAVAILLON
 - AU 1/50 000 RÉDUITS AU 1/100 000 -

- Zone pérenne ou quasi pérenne
- Assec intermittent
- Zone d'assec prononcé

- S1**
- Besoin : Besoin moyen en étiage en l/s (AEP + irrigation)
 - Q naturel : Débit naturel estimé en étiage en l/s
 - Pertes : Pertes naturelles estimées sur le tronçon en l/s
 - Q anth : Apport estimés en étiage en l/s (rejet STEP, canaux d'irrigation)



CARTOGRAPHIE DES ASSECS DE LA SOURCE DU CALAVON À GOULT



EXTRAITS DES CARTES GÉOLOGIQUES DU BRGM N°941 CARPENTRAS, N°942 SAULT-DE-VAUCLUSE, N°967 CAVAILLON ET N°968 REILLANNE
 - AU 1/50 000 RÉDUITS AU 1/100 000 -

- Zone pérenne ou quasi pérenne
- Assec intermittent
- Zone d'assec prononcé

- | | |
|-------------|---|
| S1 | Nom du tronçon |
| Besoin : | Besoin moyen en étiage en l/s (AEP + irrigation) |
| Q naturel : | Débit naturel estimé en étiage en l/s |
| Pertes : | Pertes naturelles estimées sur le tronçon en l/s |
| Q anthr: | Apport estimés en étiage en l/s (rejet STEP, canaux d'irrigation) |





**ATTEINDRE
L'ÉQUILIBRE QUANTITATIF
EN AMÉLIORANT
LE PARTAGE
DE LA RESSOURCE EN EAU
ET EN ANTICIPANT
L'AVENIR**

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX

Les études volumes prélevables visent à améliorer la connaissance des ressources en eau locale dans les territoires en déficit de ressource.

Elles doivent aboutir à la détermination d'un volume prélevable global sur chaque territoire. Ce dernier servira par la suite à un ajustement des autorisations de prélèvement dans les rivières ou nappes concernées, en conformité avec les ressources disponibles et sans perturber le fonctionnement des milieux naturels.

Ces études sont également la première étape pour la définition de plans de gestion de la ressource et des étiages, intégrant des règles de partage de l'eau et des actions de réduction des prélèvements.

Les études volumes prélevables constituent une déclinaison opérationnelle du SDAGE et répondent aux objectifs de l'Orientation fondamentale 7 « Atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir ».

Elles sont menées par des bureaux d'études sur 70 territoires en déficit du bassin Rhône-Méditerranée.

Maître d'ouvrage :

- Parc Naturel Régional du Luberon

Financeurs :

- Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse
- Union Européenne
- Fonds Européen de Développement Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur

Bureau d'études :

CEREG Ingénierie