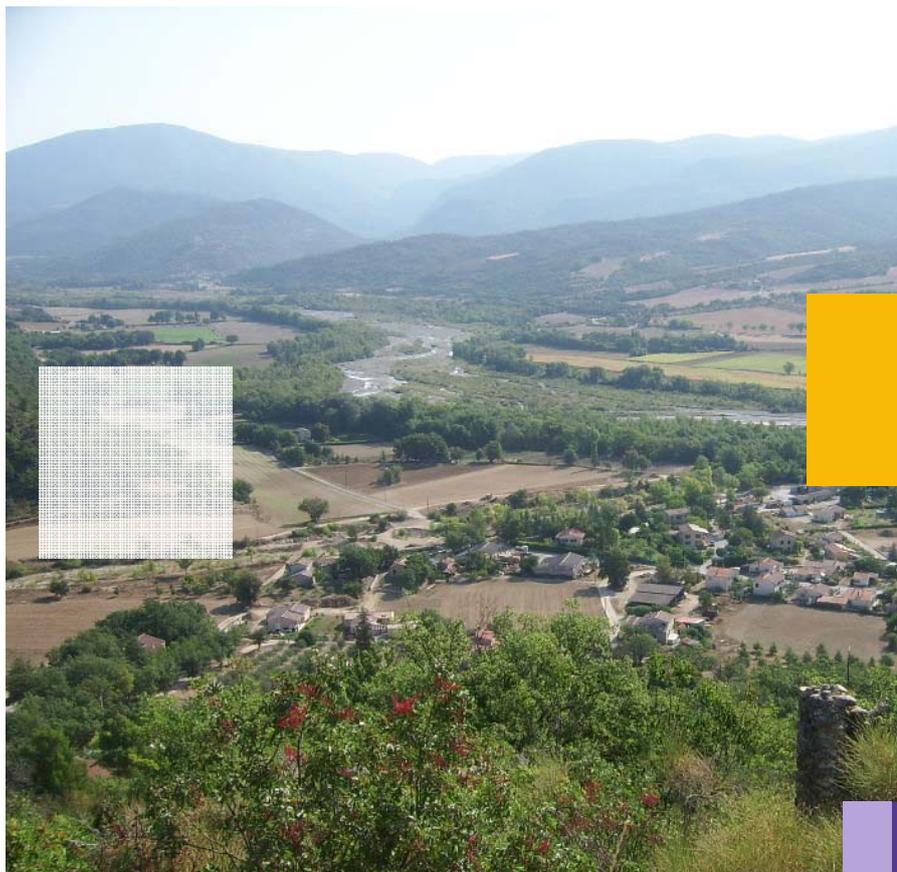


ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX



Sous bassin versant de l'ASSE

Rapport définitif phase 3 • Octobre 2011



MAÎTRE D'OUVRAGE

**AGENCE DE L'EAU RHÔNE
MEDITERRANEE CORSE**

OBJET DE L'ETUDE

**ETUDE DE DETERMINATION DES
VOLUMES PRELEVABLES DU BASSIN
VERSANT DE L'ASSE**

N° AFFAIRE

M09067

INTITULE DU RAPPORT

***Quantification de la ressource disponible -
Modélisation hydrologique (Phase 3)***

V5	24/10/2011	Julien BERTHELOT		Intégration des remarques du courrier du 9 mai 2011
V4	25/11/2010	Simon GRANDCHAMP	Julien BERTHELOT Philippe DEBAR	Intégration des remarques des ateliers et du COFIL
V3	22/10/2010	Julien BERTHELOT		Corrections diverses
V2	10/09/2010	Simon GRANDCHAMP	Julien BERTHELOT Philippe DEBAR	
V1	27/08/2010	Simon GRANDCHAMP	Julien BERTHELOT Philippe DEBAR	
<i>N° de Version</i>	<i>Date</i>	<i>Établi par</i>	<i>Vérifié par</i>	<i>Description des Modifications / Évolutions</i>



Octobre 2011
Établi par CEREG Ingénierie / SGR

TABLE DES MATIÈRES

A. PRESENTATION DE L'ETUDE.....	1
A.I ELEMENTS DE CONTEXTE.....	2
A.II CONTENU DU RAPPORT	4
A.III METHODOLOGIE GENERALE DE LA PHASE 3	4
B. DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT	5
B.I DONNEES GENERALES	6
B.I.1 Topographie	6
B.I.2 Géologie	7
B.I.3 Hydrogéologie	7
B.I.4 La couverture végétale	8
B.II SECTORISATION DU BASSIN VERSANT	9
C. ANALYSE DES DONNEES	11
C.I DONNEES METEOROLOGIQUES	12
C.I.1 Données acquises	12
C.I.2 Analyse pluviométrique	14
C.I.2.1 Echelle annuelle	14
C.I.2.2 Echelle mensuelle.....	18
C.I.2.3 Echelle journalière	21
C.I.2.4 Conclusion	22
C.I.3 Analyse des températures.....	22
C.I.4 Analyse de la nivosité.....	23
C.I.5 Analyse de l'Evapotranspiration Potentielle (ETP).....	26
C.II DONNEES DEBITMETRIQUES	27
C.II.1 Analyse des débits à la station hydrométrique.....	27
C.II.2 Campagnes de mesures complémentaires (DDT – CEREG).....	29
C.III HYDROGEOLOGIE.....	32
C.III.1 Nappe alluviale de l'Asse.....	33
C.III.2 Nappe alluviale de l'Estoublaisse	34
C.III.3 Autres affluents de l'Asse	34
C.III.4 Evolution de la piézométrie de la nappe alluviale de l'Asse.....	35
C.III.4.1 Variations des niveaux de la nappe et influences des précipitations	35
C.III.4.2 Echanges nappe/rivière	37
D. MODELISATION DES DEBITS	39
D.I METHODOLOGIE GENERALE	40
D.II MODELE HYDROLOGIQUE.....	41
D.II.1 Présentation du logiciel ATHYS.....	41
D.II.2 Période de simulation.....	42

D.II.3	Traitement des données.....	43
D.II.4	Calage	46
D.III	MODELE DE NAPPE ALLUVIALE	52
D.III.1	Présentation du modèle.....	52
D.III.2	Calage	54
D.III.3	Modifications suite aux ateliers	54
D.III.4	Résultats	55
D.III.5	Vision globale de l'hydrologie du bassin versant de l'Asse.....	56
E.	ANALYSE DES RESULTATS.....	60
E.I	RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA MODELISATION	61
E.II	COMPARAISON AVEC LES DONNEES INFLUENCEES	61
E.II.1	Méthodologie.....	62
E.II.1.1	Définition du scénario de prélèvement maximum	62
E.II.1.2	Définition du scénario de prélèvement minimum.....	62
E.II.2	Comparaison avec les données instantanées	62
E.II.1	Comparaison des données statistiques.....	63
F.	CONCLUSION	66
F.I	QUALITE DU MODELE	67
F.II	LIMITES ET INCERTITUDES SUR LES RESULTATS	67
F.III	INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES.....	68
F.IV	PROPOSITION DE POINTS NODEAUX	68

LISTE DES PLANCHES

➤	Planche n°1 : Localisation géographique.....	2
➤	Planche n°2 : Réseau hydrographique	6
➤	Planche n°7 : Carte des altitudes.....	6
➤	Planche n°6: Contexte lithologique	7
➤	Planche n°3: Occupation du sol	8
➤	Planche n°1 : Localisation des postes pluviométriques	12
➤	Planche n°8 : Points de jaugeage	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Répartition par classes des altitudes	6
Tableau n°2 : Répartition par classes de l'occupation des sols.....	8
Tableau n°3 : Découpage en sous bassins versants.....	10
Tableau n°4 : Stations météorologiques, paramètres et périodes utilisés.....	13
Tableau n°5 : Caractérisation journalière des stations étudiées	21
Tableau n°6 : Caractéristiques de la station hydrométrique de Chabrières sur la période 1953-2008.....	27
Tableau n°7 : Synthèse des jaugeages complémentaires CEREG et DDT sur l'Asse et ses affluents.....	30
Tableau n°8 : Caractéristiques physiques et hydrodynamiques de la nappe alluviale de l'Asse	34
Tableau n°9 : Répartition des superficies des classes de production au niveau du bassin versant de la Bléone	44
Tableau n°10 : Données pluviométriques reconstituées.....	45
Tableau n°11 : Influence comparée des stations pluviométriques sur le bassin versant de la Bléone	45
Tableau n°12 : Valeurs des paramètres de modélisation après calage	47
Tableau n°13 : Caractéristiques du débit de l'Asse à la clue de Chabrières entre 1968 et 2008	48
Tableau n°14 : Caractéristiques du débit de l'Asse à l'exutoire entre 1968 et 2008.....	51
Tableau n°15 : Secteurs homogènes de nappe alluviale sur le bassin de l'Asse.....	54
Tableau n°16 : Débits maximums de la nappe de l'Asse	55

Tableau n°17 : Débits caractéristiques non influencés de l'Asse en sortie du module nappe.....	57
Tableau n°18 : Volumes naturels écoulés moyens de l'Asse en sortie du module nappe.....	59
Tableau n°19 : Volumes naturels écoulés de l'Asse en année sèche en sortie du module nappe	59
Tableau n°20 : Débits statistiques caractéristiques à la clue de Chabrières	63

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration n°1 : Courbe hypsométrique	7
Illustration n°2 : Localisation des stations météorologiques.....	13
Illustration n°3 : Pluviométrie annuelle moyenne	14
Illustration n°4 : Relation précipitation moyenne annuelle et altitude des stations de mesure	15
Illustration n°5 : Variation des cumuls annuels de pluie.....	17
Illustration n°6 : Précipitations annuelles sur les stations de Beaujeu et Saint-André-les-Alpes	18
Illustration n°7 : Variation des cumuls moyens mensuels de pluie pour toutes les stations étudiées	19
Illustration n°8 : Variation des cumuls moyens annuels et des cumuls moyens de pluie en saison d'irrigation par station de mesure (1968-2008)	20
Illustration n°9 : Variation des cumuls moyens annuels et des cumuls moyens de pluie en saison d'irrigation par station de mesure (1998-2008)	20
Illustration n°10 : Caractérisation journalière des stations étudiées.....	21
Illustration n°11 : Températures moyennes mensuelles sur la période étudiée	23
Illustration n°12 : Cumul moyen annuel de neige.....	24
Illustration n°13 : Cumul moyen mensuel de neige	24
Illustration n°14 : Nombre de jours de neige par mois	25
Illustration n°15 : Epaisseur de neige par jour de neige (cm)	25
Illustration n°16 : ETP moyenne mensuelle sur la période étudiée	26
Illustration n°17 : Débits moyens mensuels à la station de Chabrières sur la période 1953-2008.....	28
Illustration n°18 : Débits moyens annuels à la station de Chabrières sur la période 1953-2008	28
Illustration n°19 : Jaugeages complémentaires réalisés durant la période d'étiage	31
Illustration n°20 : Jaugeages complémentaires réalisés durant la période hivernale	32
Illustration n°21 : Variations des côtes du piézomètre d'Estoublon	36
Illustration n°22 : Variations des côtes du piézomètre de Val d'Asse	37

Illustration n°23 : Synoptique des différents modules utilisés pour la simulation des débits	40
Illustration n°24 : Fonctionnement du modèle ATHYS (source : IRD).....	42
Illustration n°25 : Exemple de carte des altitudes (à gauche) et du réseau hydrographique (à droite)	43
Illustration n°26 : Exemple de carte des altitudes (à gauche) et du réseau hydrographique (à droite)	44
Illustration n°27 : Détails de la chaîne de calcul du modèle hydrologique ATHYS.....	46
Illustration n°28 : Débits observés et simulés à la clue de Chabrières pour l'année 2006.....	48
Illustration n°29 : Débits moyens mensuels observés et simulés de l'Asse à la clue de Chabrières sur la période 1968-2008	49
Illustration n°30 : Modules annuels des débits observés et simulés de l'Asse à la clue de Chabrières entre 1968 et 2008.....	50
Illustration n°31 : Débits observés et simulés de l'Asse à l'exutoire en 2006	51
Illustration n°32 : Synoptique du modèle hydrogéologique des échanges nappes-rivières	52
Illustration n°33 : Calage du module nappe non influencé pour la campagne de jaugeage du 28/03/2008	56
Illustration n°34 : Débits caractéristiques non influencés de l'Asse en sortie du module nappe.....	58
Illustration n°35 : Scénario de prélèvements maximum comparé à la campagne de jaugeage du 28/03/2008	63
Illustration n°36 : Comparaison modules observés et modules simulés	64
Illustration n°37 : Comparaison des débits du mois d'août simulés et observés pour les scénarios minimums et maximums	65

PRÉAMBULE

Le Bureau d'étude CEREG Ingénierie a été missionné pour réaliser *l'étude de détermination des volumes prélevables* sur le bassin versant de l'Asse. Cette étude d'une durée 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 eaux potable ;
- Proposer des outils de gestion et des pistes d'amélioration de situations problématiques.

L'étude est décomposée en 6 phases :

- **Phase 1 : Une caractérisation du bassin versant** par une reconnaissance de terrain et analyse des données disponibles.
- **Phase 2 : Un bilan des prélèvements actuel et des besoins.** Cette phase est réalisée par analyse des données disponibles et enquête auprès des usagers de l'eau.
- **Phase 3 : La quantification de la ressource disponible** à l'aide d'une modélisation hydrologique.
- **Phase 4 : La détermination des débits biologiques** à l'aide de la méthode ESTIMHAB.
- **Phase 5 : La détermination des volumes prélevables** par croisement de la ressource disponible et des besoins.
- **Phase 6 : Répartitions des volumes entre les usagers** et détermination du périmètre de l'organisme unique.

Ce rapport traite la phase 3 de cette étude

A. PRESENTATION DE L'ETUDE

A.I ELEMENTS DE CONTEXTE

❑ Localisation géographique

➤ *Planche n°1 : Localisation géographique*

Le bassin versant de l'Asse est situé au centre du département des Alpes-de-Haute-de-Provence au nord est de Sisteron et juste au Sud de Digne les Bains.

19 communes sont situées en totalité ou partiellement sur ce bassin versant.

L'Asse draine un bassin versant de 692 km² et présente une longueur de 130 km avant de confluer avec la Durance au Sud de la commune d'Oraison. Son principal affluent est situé en rive gauche : l'Estoublaisse.

❑ Contexte réglementaire

La Circulaire 17-2009 du 30 juin 2008 fixe les objectifs généraux pour la réduction des déficits quantitatifs observés ces dernières années sur de nombreux bassins versants. Deux objectifs principaux sont à retenir:

- Une révision des autorisations de prélèvement afin de parvenir à l'échelle d'un bassin versant, au maintien dans le cours d'eau de débits minimaux et dans la nappe, de niveaux piézométriques compatibles avec l'ensemble des usages ;
- La constitution sur les bassins versants agricoles d'un Organisme de Gestion Unique (OGU) regroupant l'ensemble des préleveurs agricoles sur un sous bassin versant. Cet OGU aura notamment pour charge de répartir les droits de prélèvement.

Pour atteindre ces objectifs, 3 grandes étapes sont nécessaires :

1. La détermination de volumes prélevables à l'échelle du bassin versant. 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 garantir le bon fonctionnement des milieux aquatiques (zones humides, poissons, etc...). Le même principe est appliqué aux ressources en eaux souterraines ;
2. La concertation avec les irrigants en vu de répartir les volumes prélevables ;
3. La mise en place de l'OGU et la révision des autorisations de prélèvement afin de des faire correspondre aux volumes prélevables.

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. Cette ressource disponible provient de la pluviométrie et de la façon dont le cours d'eau collecte les ruissellements de surfaces. 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 ;

Les conséquences de ces phénomènes seraient une réduction notable des débits estivaux et donc une réduction des volumes prélevables. Il convient donc d'analyser l'impact du réchauffement climatique dans le cadre de cette étude.

De plus, les étiages pourraient être aggravés par un phénomène de « rétro-action positive » : 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.

❑ ***Contexte hydrologique et climatique***

Le bassin versant de l'Asse peut être découpé en deux sous ensembles :

- Le haut Asse (amont de la clue de Chabrières), correspondant à la vallée des trois Asses, où le climat est plutôt montagnard avec des précipitations neigeuses et des cumuls pluviométriques annuels de 800 à 1000 mm.
- La plaine alluviale (aval de la clue de Chabrières) où le climat est plutôt méditerranéen avec des cumuls pluviométriques de l'ordre de 600 à 800 mm. La zone est sous forte pression anthropique avec des prélèvements importants à visée agricole.

A.II CONTENU DU RAPPORT

L'objectif de l'étude est la détermination des volumes maximums prélevables sur le bassin versant de l'Asse. Comme indiqué dans le préambule ce rapport correspond à la phase 3 de l'étude : la quantification de la ressource disponible à l'aide d'une modélisation hydrologique.

A.III METHODOLOGIE GENERALE DE LA PHASE 3

La phase 3 de quantification de la ressource disponible par modélisation hydrologique et hydrogéologique, est une phase essentielle dans la suite de l'étude. En effet, les volumes prélevables sont définis en fonction des débits reconstitués aux points nodaux du bassin versant. Il convient donc de reconstituer au mieux les débits de l'Asse et de ses affluents.

La première étape de cette phase a consisté en une analyse des données météorologiques, débitmétriques, hydrogéologiques existantes sur le bassin. Cette étape primordiale permet de comprendre le fonctionnement hydrologique du bassin et d'utiliser les outils de calcul les plus pertinents pour caractériser l'état naturel.

Dans une seconde étape, des outils de calcul (modèles et feuille de calculs) ont été mis en œuvre sur le bassin versant de l'Asse. Ils ont été adaptés au contexte local du bassin versant : pluviométries, occupation des sols, caractéristiques de la nappe alluviale, spécificité des adoux...

A chaque étape de calcul, une validation sur les données mesurées a été recherchée afin de garantir que les modèles soient les plus proches possible de la réalité.

Enfin la dernière étape a consisté à extraire les résultats des modèles pour la suite de l'étude. Les qualités et les défauts des modèles ont été analysés pour en apprécier les conséquences sur la détermination des volumes prélevables et aussi proposer des pistes d'amélioration ou de confirmation des hypothèses.

L'intérêt de cette méthode repose sur le fait qu'elle produit une chronique de **40 ans de données à un pas de temps journalier** en de multiples points du bassin versant. Cette finesse de calcul permet de :

- caractériser le bassin versant, non pas par des valeurs moyennes, peu représentatives de la variabilité climatologique, mais plutôt par ses excès ou ses manques d'eau et la fréquence de ceux-ci ;
- reconstituer les variations instantanées des débits, sur un bassin versant où les étiages sévères peuvent ne durer que quelques jours avant qu'un orage ne vienne augmenter les débits. Dans ce cas, une moyenne décadaire ou mensuelle peut passer à côté de crises ;
- localiser les points noirs sur le bassin versant.

B. DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT

B.I DONNEES GENERALES

B.I.1 Topographie

- *Planche n°2 : Réseau hydrographique*

- *Planche n°7 : Carte des altitudes*

L'Asse draine au droit de la confluence avec la Durance un bassin versant de 692 km². Il est constitué dans sa partie amont par trois cours d'eau en tête de bassin, appelés aussi « Trois Asses »: l'Asse de Clumanc, l'Asse de Moriez et l'Asse de Blieux. De plus, plus en aval il est rejoint en rive gauche par l'Estoublaisse au niveau d'Estoublon qui draine toute la partie Sud-est du bassin versant.

Le bassin versant de l'Asse présente la particularité d'être nettement divisé en deux sous ensembles dont la frontière se situe au niveau de la clue de Chabrières. Ce double caractère se constate à la fois au niveau géologique, géomorphologique, hydrogéologique, pluviométrique et écologique. En effet, cette clue fait office de frontière entre deux espaces pouvant être qualifiés de Montagnard à son amont, et Méditerranéen à son aval.

Le bassin versant de l'Asse est situé entre 320 m NGF à sa confluence avec la Durance et 2282 m NGF à sa source sur la montagne du Cheval-Blanc. Le tableau et le graphique ci-dessous indiquent la répartition de l'altitude entre ces deux extremums. On constate une forte différence entre la moyenne des altitudes, 981 m et la médiane qui se situe à 781 m. Ce qui signifie que ce bassin versant est peu présent en haute altitude, seulement 1% du bassin versant se situe au dessus de 2000m, alors que 55% est au dessous de 1000m.

Altitude (m)	Superficie (km²)	%
<300	0	0.00%
<700	183	26.50%
<1000	193	27.87%
<1300	198	28.68%
<1700	111	16.00%
<2000	6	0.85%
<2400	1	0.10%
<2700	0	0.00%
<3000	0	0.00%

Tableau n°1 : Répartition par classes des altitudes

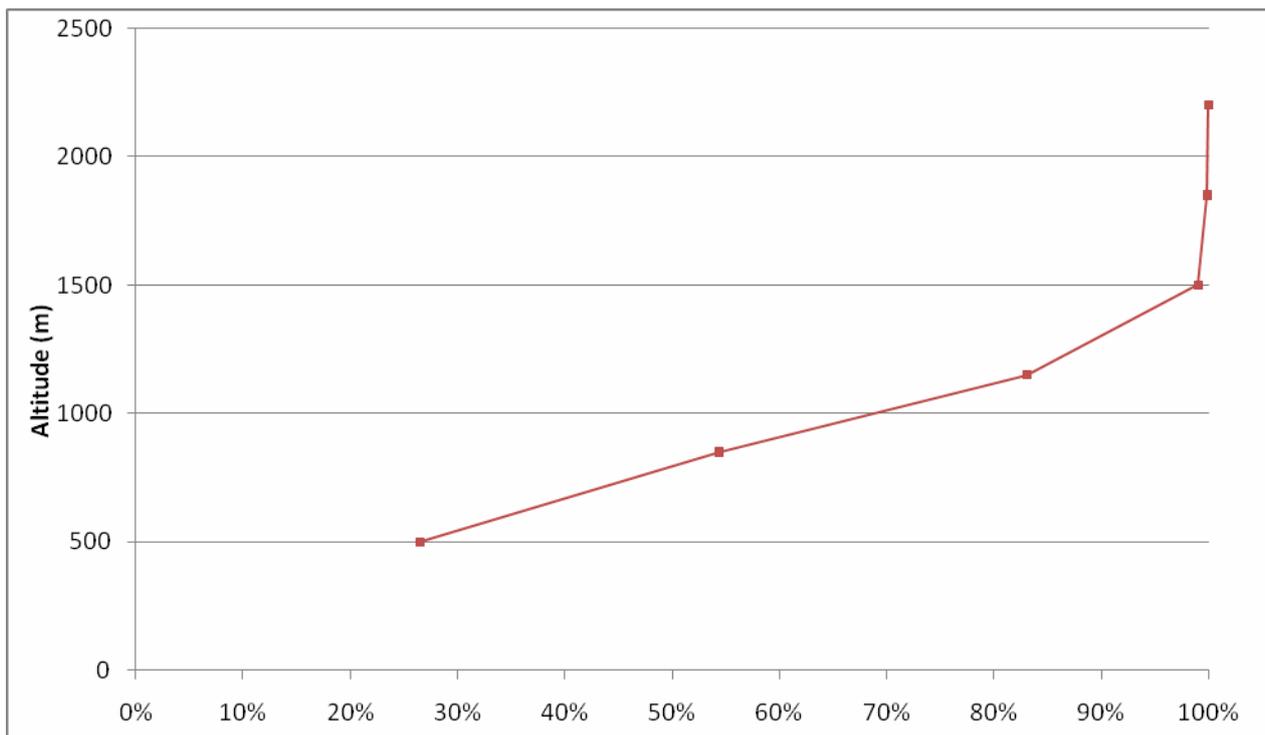


Illustration n°1 : Courbe hypsométrique

B.I.2 Géologie

- *Planche n°6: Contexte lithologique*

L'Asse s'écoule sur deux types distincts de formations géologiques :

- *Les calcaires externes des Alpes du Sud* : situés en amont de la clue de Chabrières et étant à l'origine de la majeure partie de la charge solide du cours d'eau (érosion des terres noires) de taille à la fois fine et grossière.
- *Les conglomérats miocènes du plateau de Valensole* : se trouvant en aval de la clue jusqu'à la Durance, et qui fournissent à l'Asse, via ses tributaires, des alluvions roulés de granulométrie étendue.

En aval de Chabrières, l'Asse est formé d'une plaine alluviale accompagnée d'une nappe alimentée ou drainée par le cours d'eau.

B.I.3 Hydrogéologie

Au niveau hydrogéologique, deux réservoirs sont identifiés :

- *La nappe alluviale de l'Asse*, caractérisée par :

Une importante épaisseur d'alluvions, avec des alternances hétérogènes tant en profondeur qu'en extension latérale. La couverture superficielle est de nature limono-sableuse, peu épaisse, donc vulnérable aux infiltrations d'eau superficielle.

En termes de perméabilité, une valeur moyenne de 1.10^{-3} m/s pourra être retenue, accompagnée d'une capacité d'emmagasinement de 5 à 10%.

Il existe une importante relation Asse/nappe qui se manifeste comme de la façon suivante :

- De la cluse de Chabrières jusqu'à Estoublon, l'Asse s'infiltré et alimente la nappe ;
- En aval d'Estoublon et jusqu'à la vallée de la Durance, la nappe alimente l'Asse.

➤ **Les conglomérats de Valensole**

La formation de Valensole est très hétérogène et ne constitue pas un aquifère en grand, du fait d'une matrice argileuse limitant la porosité et la circulation des eaux. On peut tout de même parler de réservoir du fait de la présence de sources de faible débit à différentes altitudes.

B.I.4 La couverture végétale

➤ *Planche n°3: 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, dispose de 3 niveaux d'information. L'analyse présentée dans ce rapport est basée sur le 2^{ème} niveau composé de 15 classes. Il n'est présenté ici que les classes présentes sur le bassin versant.

Classe	Superficie (Ha)	%
Tissu urbain discontinu	33	0.05
Terres arables hors périmètres d'irrigation	1395	2.02
Prairies	467	0.67
Systèmes cultureux et parcellaires complexes	1958	2.83
Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	2679	3.87
Forêts de feuillus	1999	2.89
Forêts de conifères	5811	8.40
Forêts mélangées	7494	10.83
Pelouses et pâturages naturels	4379	6.33
Landes et broussailles	4349	6.28
Forêt et végétation arbustive en mutation	7336	10.60
Plages, dunes et sable	483	0.70
Roches nues	7786	11.25
Végétation clairsemée	22032	31.84
Plans d'eau	998	1.44

Tableau n°2 : Répartition par classes de l'occupation des sols

L'analyse de ces données fait apparaître que le bassin versant de l'Asse est essentiellement occupé par des :

- **forêts, 39%** de la surface totale et situées principalement dans la partie amont ;
- **terres à vocation agricole, 15,7%** de la surface totale localisées majoritairement dans la plaine aval.

Il est à noter aussi que les terres occupées par de la végétation basse (broussailles, végétation clairsemée,...) représentent 38% de la surface du bassin versant.

Les surfaces occupées par de la roche nue représentent 11% de la superficie du bassin versant, ce qui n'est pas négligeable en particulier pour la prise en compte des caractéristiques d'imperméabilité des sols.

Les surfaces urbaines imperméabilisées sont très marginales, elles ne représentent que 0,05 % de la surface du bassin versant. L'urbanisation n'est composée en majorité que de petits villages dont la surface est inférieure à 25 ha (taille minimale des entités surfaciques de Corine Land Cover).

B.II SECTORISATION DU BASSIN VERSANT

Le découpage en sous bassins versants de l'Asse est basé sur la nécessité d'établir des points nodaux (cf. tableau ci-dessous) :

- en aval des prélèvements ou groupe de prélèvements importants ; par exemple, l'exutoire du BV7 qui est situé en aval des prises des canaux du Moulin de Mézel et de Plan de Beynes. Ceci permet d'analyser l'impact direct des prélèvements sur le débit de l'Asse ;
- en amont des affluents importants afin ici aussi de caractériser les étiages avant que l'affluent ne viennent soutenir les débits. ;

Le découpage tient également compte de l'existence ou non de nappe alluviale afin de retrouver la même sectorisation entre les modèles hydrologique et hydrogéologique.

Sur les affluents principaux, quelques sous bassins versants ont été découpés notamment :

- L'Asse de Clumanc et l'Asse de Blieux séparés en deux sous bassins chacun afin de prendre en compte les effets des prélèvements des canaux amont ;
- Un sous bassin versant pour l'Asse de Moriez et un pour l'Estoublaïsse pour analyser l'impact des prélèvements sur ces petits cours d'eau.

Les autres affluents n'ont pas fait l'objet d'un découpage en sous bassin versant du fait de l'absence de prélèvements significatifs ou de leurs petites tailles.

AGENCE DE L'EAU RHÔNE MEDITERRANEE CORSE - Etude de détermination des volumes
prélevables du bassin versant de l'Asse

Numéro	Nom	Surface (km ²)	Exutoire
BV 1	Asse de Clumanc jusqu'au ravin du Gion	78,6	Asse de Clumanc amont du ravin du Gion
BV 2	Asse de Clumanc du ravin du Gion jusqu'à Barrême	179,2	Asse de Clumanc amont de Barrême
BV 3	Asse de Moriez	58,2	Asse de Moriez amont confluence Asse de Clumanc
BV 4	Asse de Blieux jusqu'à Senez	81,7	Asse de Blieux amont de Senez
BV 5	Asse de Blieux de Senez jusqu'à Barrême	123,7	Asse de Blieux amont de Barrême
BV 6	Asse de Barrême jusqu'à la clue de Chabrières	375,7	Asse amont de la clue de Chabrières
BV 7	Asse de la clue de Chabrières jusqu'à Chateaudon	399,8	Asse amont de Champlong
BV 8	Asse de Chateaudon jusqu'au ravin de Célestine	429,2	Asse aval du ravin de Célestine
BV 9	Asse du ravin de Célestine jusqu'à l'Estoublaisse	442,7	Asse amont confluence Estoublaisse
BV 10	Estoublaisse	87	Estoublaisse amont confluence Asse
BV 11	L'Asse de l'Estoublaisse jusqu'à Bras d'Asse	565,9	Asse au droit de Bras d'Asse
BV 12	L'Asse de Bras d'Asse jusqu'à St Pierre le Haut	595,9	Asse au droit de St Pierre le Haut
BV 13	L'Asse de St Pierre le Haut jusqu'à Taillas	633,4	Asse au droit du Taillas
BV 14	L'Asse de Taillas jusqu'à la Durance	660,7	Asse amont confluence Durance

Tableau n°3 : Découpage en sous bassins versants

C. ANALYSE DES DONNEES

C.I DONNEES METEOROLOGIQUES

C.I.1 Données acquises

➤ *Planche n°1 : Localisation des postes pluviométriques*

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

- La pluviométrie, donnée de base de la modélisation hydrologique ;
- L'EvapoTranspiration 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 ;
- La hauteur de neige, nécessaire pour caler le modèle de production de neige basé sur la température.

Pour tenir compte de la variabilité spatiale des phénomènes météorologiques, 9 stations ont été utilisées. **Le choix des stations est issu d'une analyse des 36 stations météorologiques du département.** Le croisement de leur localisation, de leurs dates d'exploitation et de leur altitude a abouti à la sélection présentée ci-dessous.

Ces stations sont situées sur les communes de :

- *Barrême*, représentative de la partie moyenne du bassin versant
- *Saint-Jurs*, référence pour l'Estoublaïsse et l'Asse de Blieux
- *Lambruisse*, symbolisant l'Asse de Clumanc et plus largement la partie de haute montagne du bassin versant.
- *Le Castellet et La Brillanne*, représentant la basse vallée dans sa deuxième moitié, à l'aval d'Estoublon.
- *Entrages*, figurant la basse vallée de l'Asse dans sa partie amont jusqu'à la cluse de Chabrières.
- *St André les Alpes*, proche de l'Asse de Moriez.
- *Digne les bains et Saint Auban*, station de référence pour les paramètres ETP et température.

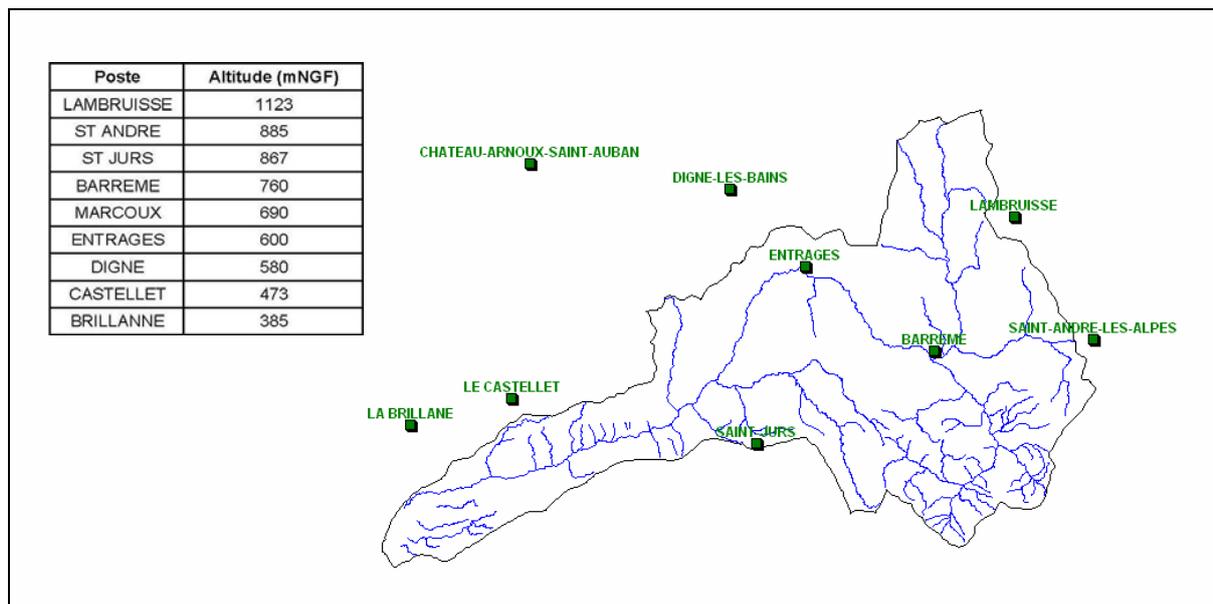


Illustration n°2 : Localisation des stations météorologiques

Le tableau suivant synthétise les données obtenues sur chaque poste.

Données	Pas de temps	Poste	Périodes en années complètes
<i>Pluviométrie</i>	Journalier	St Jurs	1968 à 2008
	Journalier	Barrême	1968 à 2006
	Journalier	Le Castellet	1968 à 2008
	Journalier	Entrages	1968 à 1996
	Journalier	Lambruisse	1968 à 2008
	Journalier	St André les Alpes	1968 à 2004
	Journalier	La Brillanne	2002 à 2008
<i>Température</i>	Journalier	Digne les Bains	2004 à 2008
	Journalier	Saint-Auban	1983 à 2008
<i>ETP</i>	Décadaire	Saint Auban	
<i>Neige</i>	Journalier	Saint Jurs	1993 à 2008
	Journalier	Lambruisse	1993 à 2008

Tableau n°4 : Stations météorologiques, paramètres et périodes utilisés

C.I.2 Analyse pluviométrique

A leur réception les séries de données pluviométriques comportaient des lacunes. Ceci n'a pas d'impact contraignant pour cette analyse du fonctionnement de la pluviométrie, du fait que les séries sont représentatives (au moins 10 années complètes) pour chaque station étudiée. Comme nous le verrons par la suite, ces lacunes ont quand même été comblées dans le cadre de la modélisation des écoulements sur le bassin versant.

C.I.2.1 Echelle annuelle

Le travail de compréhension du fonctionnement pluviométrique sur le bassin versant de l'Asse a débuté à l'échelle annuelle. Les deux graphiques suivants exposent d'une part la variation des cumuls annuels (uniquement les années complètes) pour chaque station de mesure et d'autre part la variation des moyennes de ces cumuls annuels.

On constate tout d'abord de fortes disparités en fonction des années, par exemple il a deux fois plus plu en 1996 qu'en 1997 (à Barrême 1230 mm en 1996 et 761 mm en 1997). La variabilité temporelle de la pluviométrie est un facteur important à prendre en compte dans le cadre de cette étude : les années sont indépendamment sèches ou humides.

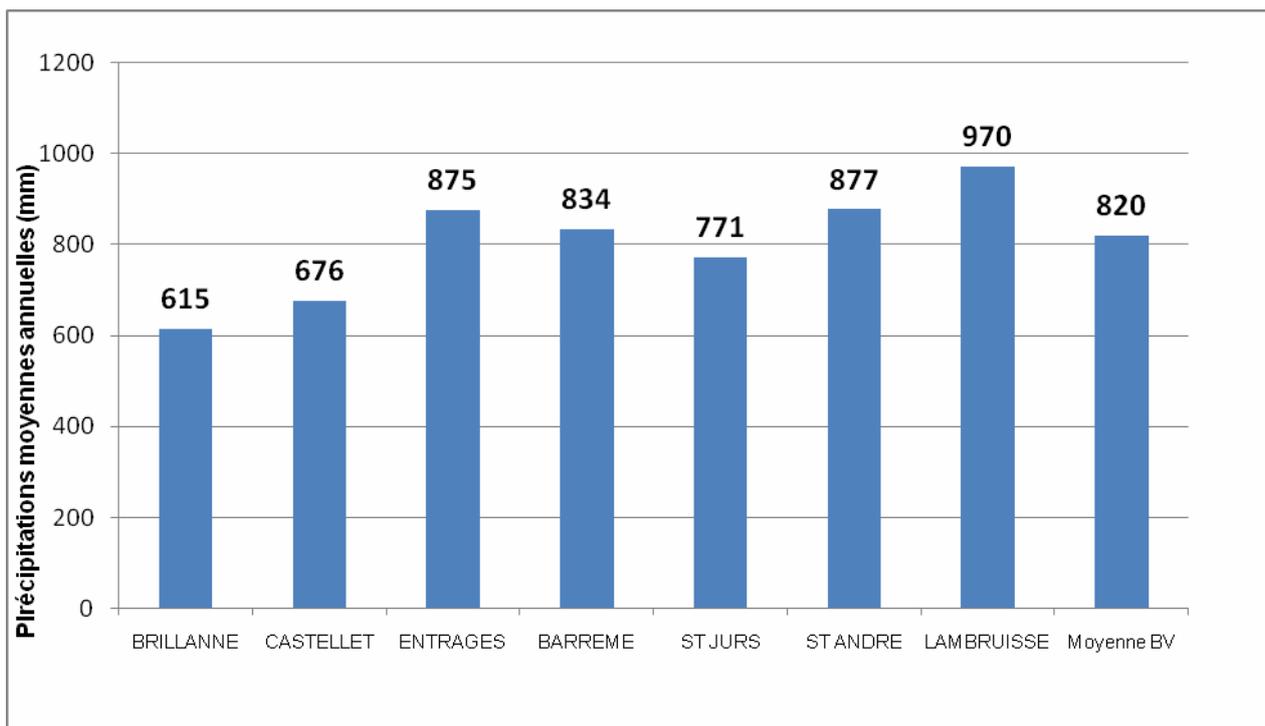


Illustration n°3 : Pluviométrie annuelle moyenne

En deuxième lieu, on voit ici apparaître l'influence de l'altitude sur la pluviométrie : la pluviométrie moyenne à Lambruisse est plus élevée que celle du Castellet. La variabilité spatiale est aussi un paramètre essentiel dans le cadre de cette étude, car en première approche nous pouvons dire qu'en se

référant au travail mené en phases 1 et 2, les zones où la pression hydrique est la plus forte, basse vallée, sont aussi celles où la pluviométrie est la plus faible. Le haut du bassin versant est donc plus arrosé que le bas, on note une **différence en moyenne de 355 mm par an** entre le point le plus haut et le plus bas.

De plus, comme le présente le graphique suivant, si on étudie la relation linéaire entre l'altitude de la station de mesure et la hauteur précipitée en moyenne annuelle, on peut dégager deux points de mesure singuliers face aux propos du paragraphe précédent :

- St Jurs, qui malgré sa position à la même altitude que St André a une pluviométrie moyenne inférieure de 100 mm ;
- Entrages, positionnée à une altitude intermédiaire mais recueillant une pluviométrie moyenne annuelle proche de celle de St André les Alpes.

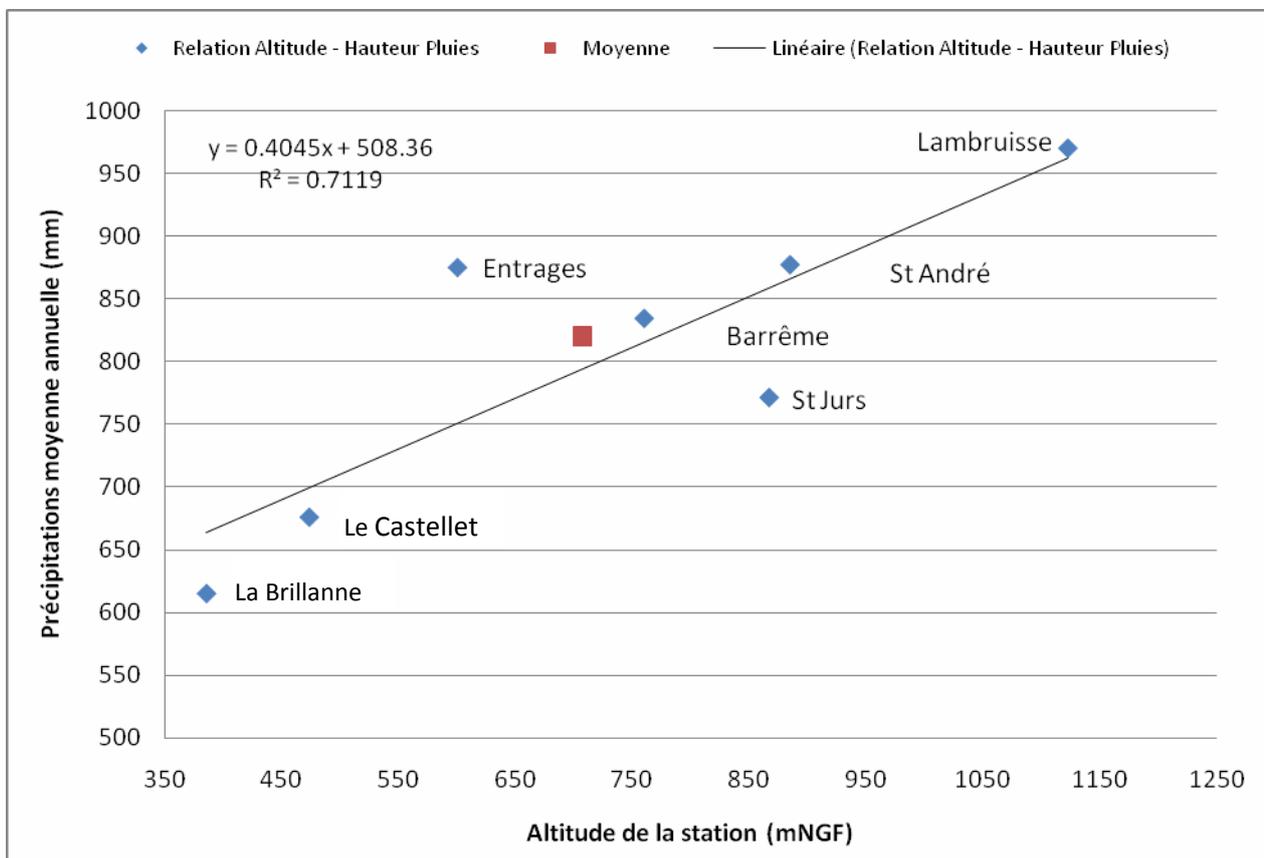


Illustration n°4 : Relation précipitation moyenne annuelle et altitude des stations de mesure

La pluviométrie moyenne sur le bassin versant est égale à 820 mm.

On peut dégager trois zones distinctes selon la variabilité spatiale de la pluviométrie locale :

- La *vallée des Trois Asses*, où les précipitations sont les plus fortes de l'ordre de **890 mm par an** ;
- Une zone allant de *Barrême jusqu'à Estoublon et incluant l'Estoublaïsse*, où la pluviométrie est intermédiaire de l'ordre de **800 mm par an** ;
- La basse vallée de l'Asse, d'*Estoublon jusqu'à la Durance*, où la pluviométrie est faible de l'ordre de **650 mm par an**.

Il est à noter aussi le constat d'une pluviométrie moyenne annuelle en décroissance continue depuis le début des années 2000.

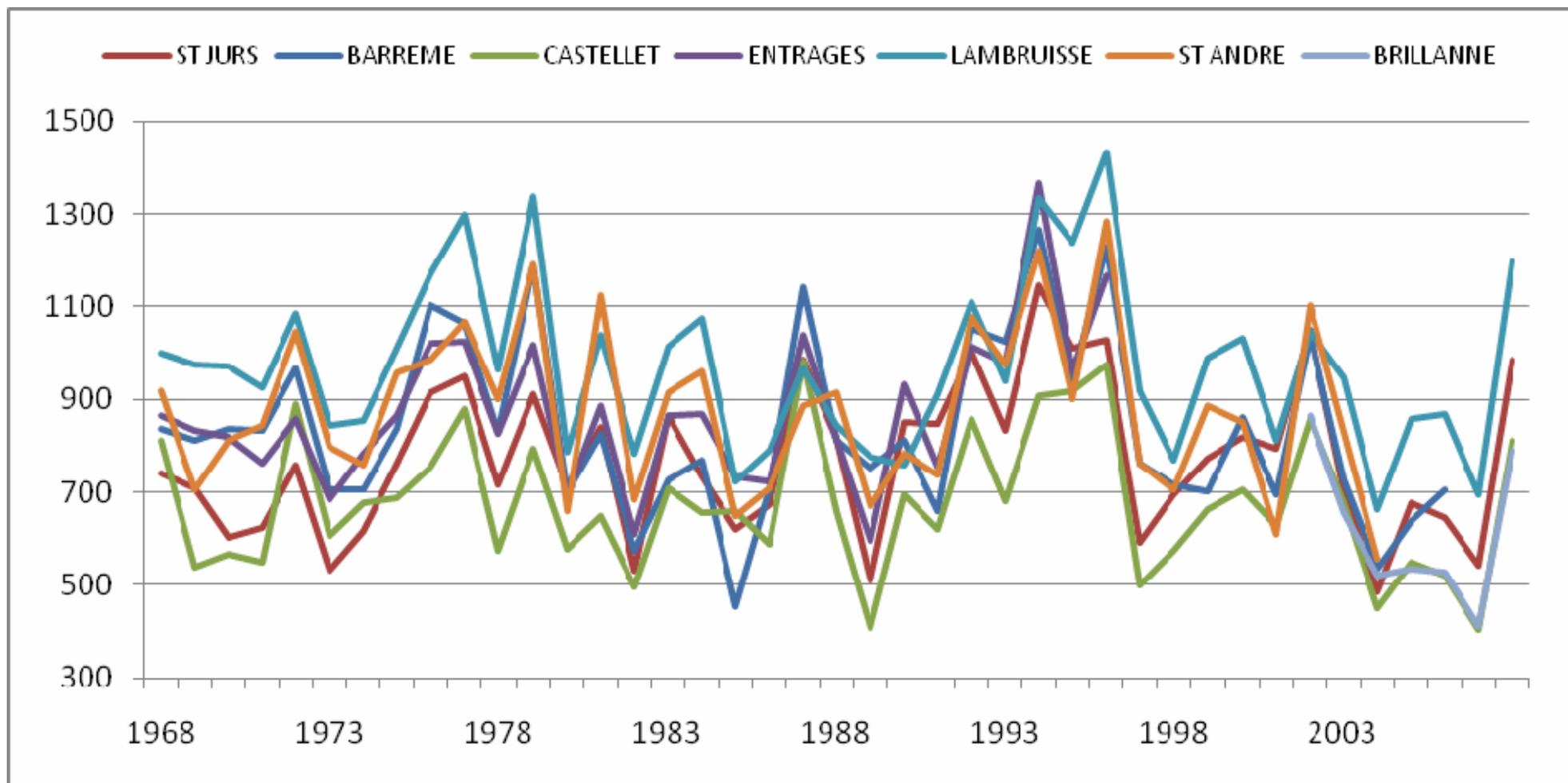


Illustration n°5 : Variation des cumuls annuels de pluie

Afin de compléter cette analyse, l'illustration suivante présente les précipitations annuelles sur les stations de Beaujeu et Saint-André-les-Alpes de 1934 à 1967. Les moyennes calculées sur les années disponibles pour les stations de Beaujeu et Saint-André sont respectivement de 928 et 862 mm/an. La moyenne de Beaujeu est strictement identique à celle calculée sur la période de 1968 à 2008 (930 mm/an).

Concernant d'éventuelles situations de déficits hydriques, on peut remarquer plusieurs années consécutives où les précipitations sont inférieures à la moyenne de la station :

- A Beaujeu de 1956 à 1959 ;
- A Saint-André-les-Alpes de 1964 à 1968 ;

Les situations de déficit hydrique, avec des précipitations inférieures à la moyenne, ne sont donc pas nouvelles sur le bassin versant de l'Asse.

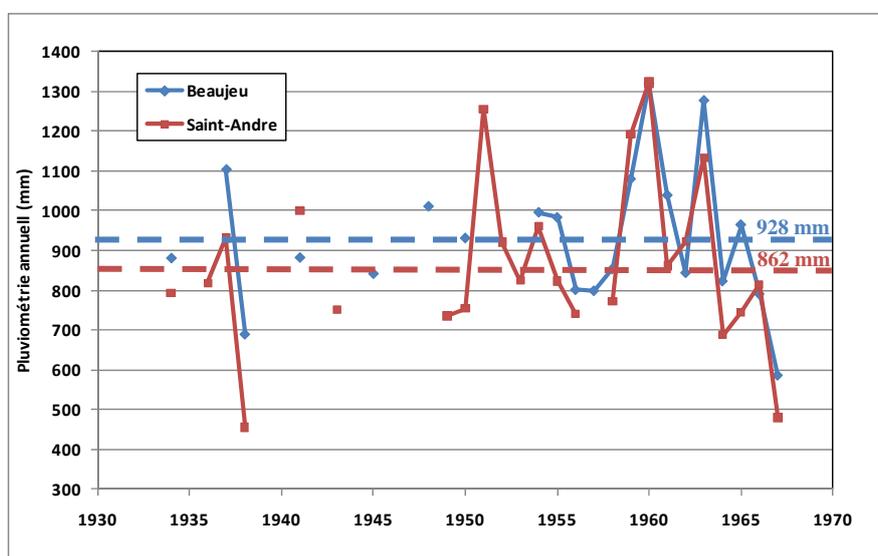


Illustration n°6 : Précipitations annuelles sur les stations de Beaujeu et Saint-André-les-Alpes

C.I.2.2 Echelle mensuelle

Cette analyse s'est poursuivie à l'échelle mensuelle comme le montre le graphique suivant présentant les cumuls moyens mensuels pour l'ensemble des stations étudiées. Se dégagent clairement :

- deux périodes de **forte pluviosité**, avril à mai et septembre à décembre ;
- deux périodes de **faible pluviosité**, juin à août et janvier à mars.

Ces tendances se retrouvent individuellement sur l'ensemble des stations étudiées.

Ce découpage de la pluviométrie est important car **il a été constaté qu'au cours des périodes de forte pluviosité les stations sont bien corrélées entre elles** (eu égard à leurs altitudes respectives), **alors**

qu'en période estivale, juin à septembre, cette corrélation est beaucoup moins évidente. Ceci s'explique par le caractère plus fortement orageux des précipitations au cours de cette période.

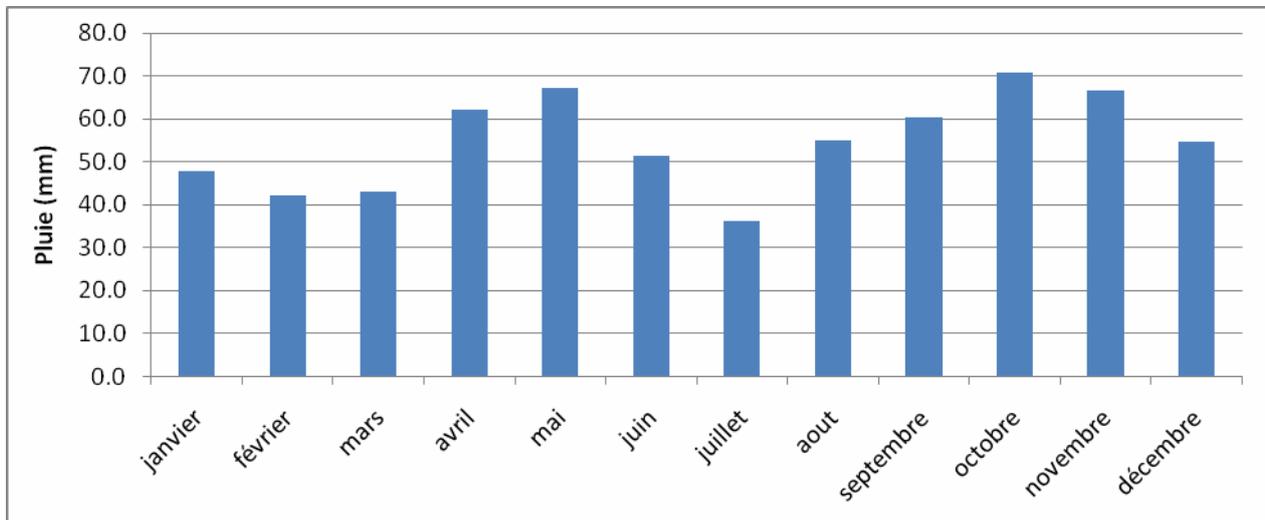


Illustration n°7 : Variation des cumuls moyens mensuels de pluie pour toutes les stations étudiées

Le graphique suivant présente les cumuls moyens annuels de précipitation par station, ainsi que les cumuls au cours des mois d'irrigation (juin à septembre). Ces deux graphiques comparent deux périodes différentes : 1968 à 2008 et 1998 à 2008.

On constate que le cumul moyen annuel est plus faible de 10% pour la période la plus récente : 737 mm/an pour 820 depuis 1968. Pour ce qui est des cumuls sur les mois d'été (juin à septembre) cette baisse est de 15% (210 mm/an pour 247 depuis 1968). La baisse constatée de la pluviométrie sur le bassin versant semble donc plus importante au cours des mois d'été que pour l'ensemble de l'année.

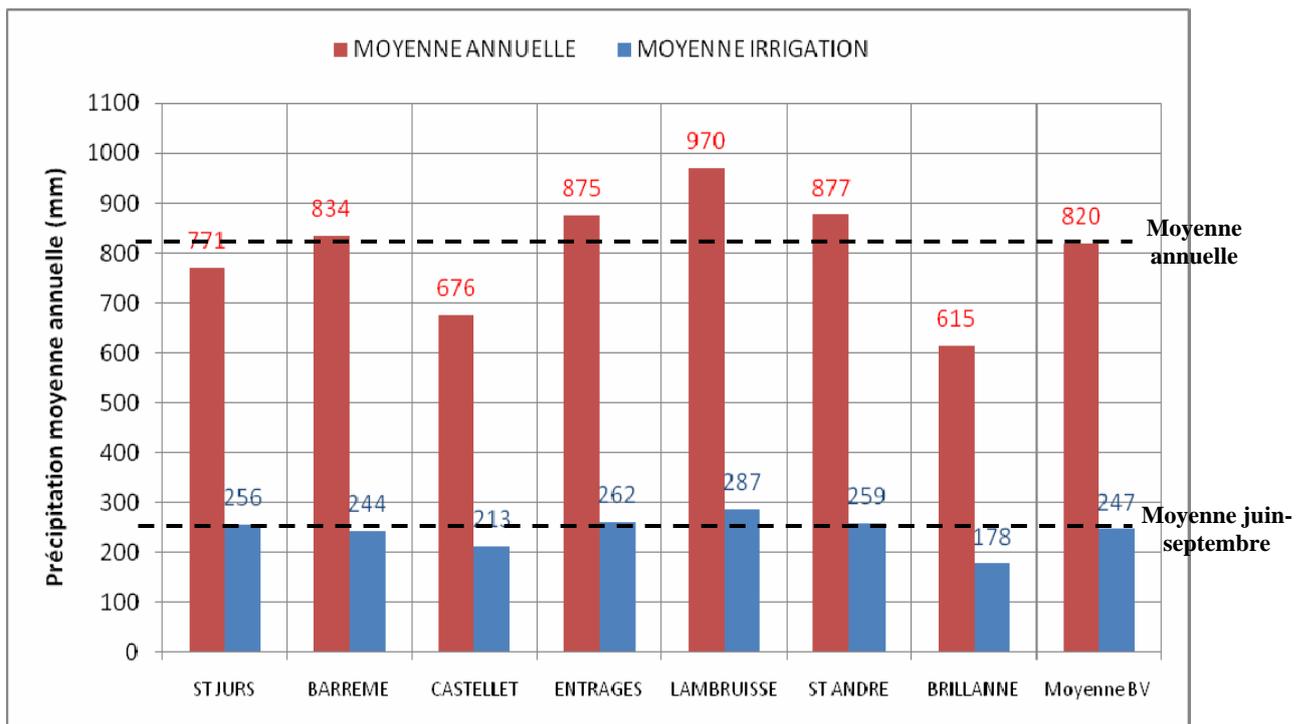


Illustration n°8 : Variation des cumuls moyens annuels et des cumuls moyens de pluie en saison d'irrigation par station de mesure (1968-2008)

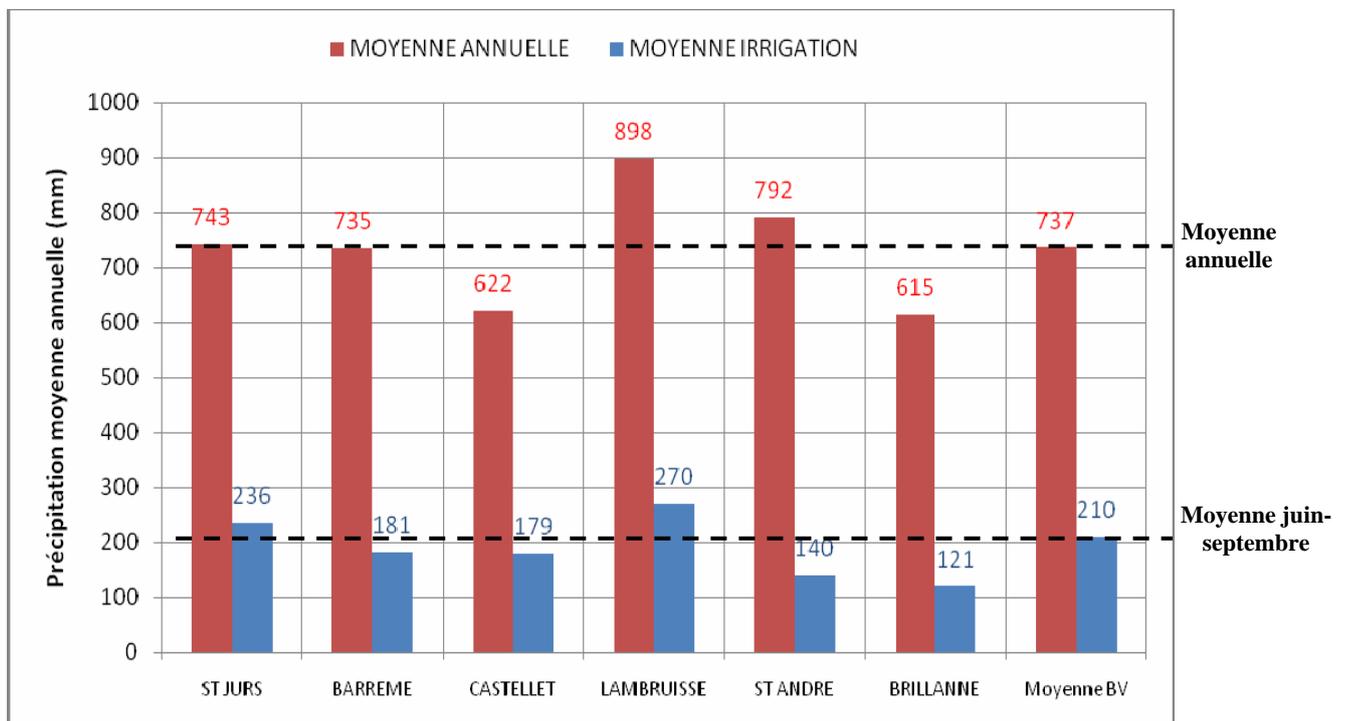


Illustration n°9 : Variation des cumuls moyens annuels et des cumuls moyens de pluie en saison d'irrigation par station de mesure (1998-2008)

C.I.2.3 Echelle journalière

Pour terminer l'analyse pluviométrique, l'échelle journalière a été utilisée afin de caractériser plus finement chaque station de mesure. Le tableau suivant présente chaque station étudiée selon différents paramètres significatifs.

	St Jurs	Barreme	Castellet	Entrages	Lambruisse	St Andre	Brillanne
NB jours pluie/an	102	100	74	91	121	114	78
NB jours pluie/an > 1 mm	77	80	68	81	88	85	64
NB jours pluie/an > 5mm	44	46	39	49	53	49	34
NB jours pluie/an > 10 mm	25	28	22	30	32	29	20
Intensité moyenne (mm)	7.6	8.4	9.2	9.6	8.0	7.7	7.8

Tableau n°5 : Caractérisation journalière des stations étudiées

Le premier élément à noter est que pour toutes les stations les proportions de jours de pluie supérieurs à 1, 5 ou 10 mm par rapport au nombre total de jours de pluie sont quasiment identiques. Ce qui connote une certaine homogénéité de l'intensité des phénomènes pluvieux sur l'ensemble du bassin versant à l'échelle journalière.

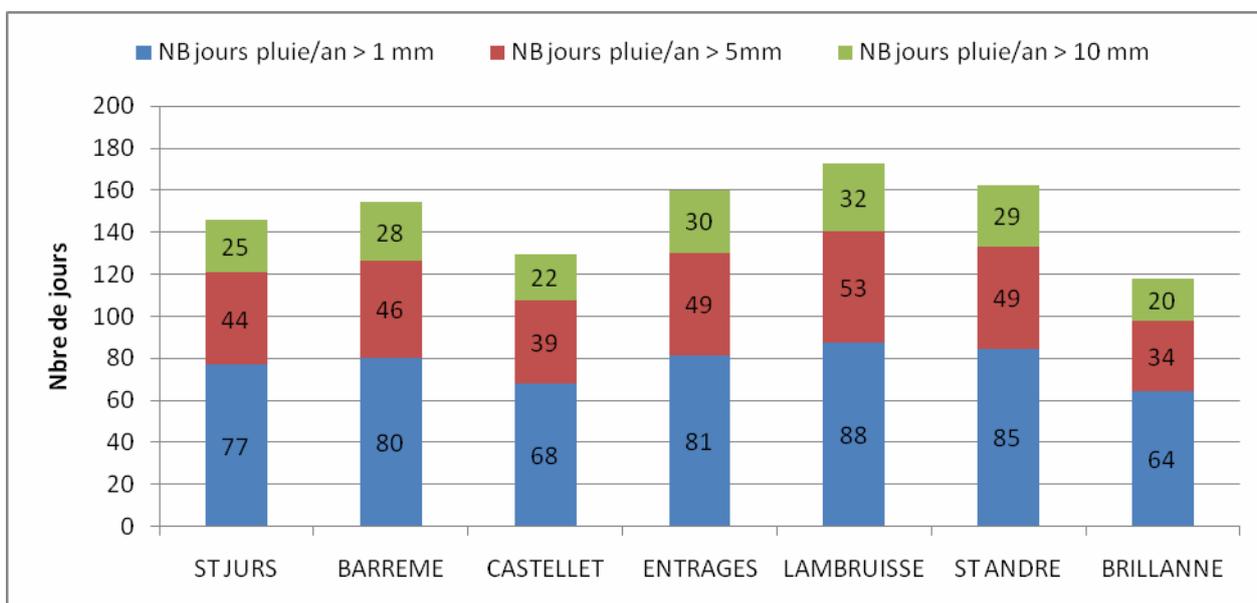


Illustration n°10 : Caractérisation journalière des stations étudiées

C.I.2.4 Conclusion

- La pluviométrie moyenne sur le bassin versant est de l'ordre de 820 mm par an ;
- Les cumuls annuels de pluie les plus forts sont observés sur les reliefs en amont du bassin versant (avec en moyenne 890 mm par an contre 650 mm par an sur l'aval);
- Une baisse de la pluviométrie moyenne annuelle a été constatée entre les années 2000 à 2007.

C.I.3 Analyse des températures

Les données de température ne sont pas aussi densément distribuées que la pluviométrie sur le territoire. En effet, sur le bassin versant de l'Asse aucune station météorologique ne relève la température. Ont donc été utilisées les données des bassins versants contigus, à savoir :

- *Saint-Auban*, représentative des températures de zone de basse vallée proche de la Durance ;
- *Digne les Bains*, symbolisant les températures en moyenne altitude et dans une position centrale d'un bassin versant similaire.

D'autre part, comme nous le verrons par la suite, ces valeurs de températures observées ont été utilisées afin de reconstituer les températures sur chaque poste météorologique identifié, dans le cadre de la modélisation hydrologique.

Le graphique suivant présente l'évolution mensuelle de la température pour les deux stations étudiées. On constate que les moyennes mensuelles des deux stations sont assez semblables. Les écarts annuels sur les moyennes mensuelles s'étalent de **-0,1°C à 25 °C**. La température moyenne annuelle s'élève à **12,4 °C pour St Auban et 12,1 °C pour Digne**.

Les deux stations sont situées dans la même zone climatologique à une **altitude de moyenne montagne** (580 m pour Dignes et 460m pour St Auban).

La variation des températures révèle bien la position de la sous région, et du bassin versant de l'Asse, dans une zone sous influence à la fois montagnarde et méditerranéenne du fait des spécificités suivantes :

- *Température moyenne annuelle* de l'ordre de 12 °C ;
- *Amplitude thermique* annuelle de 25 °C ;
- *Eté très chauds*, avec une moyenne sur 30 ans de 20 °C (Juin à Septembre);
- *Hivers frais*, avec une moyenne sur 30 ans de 5 °C (Décembre à Mars);

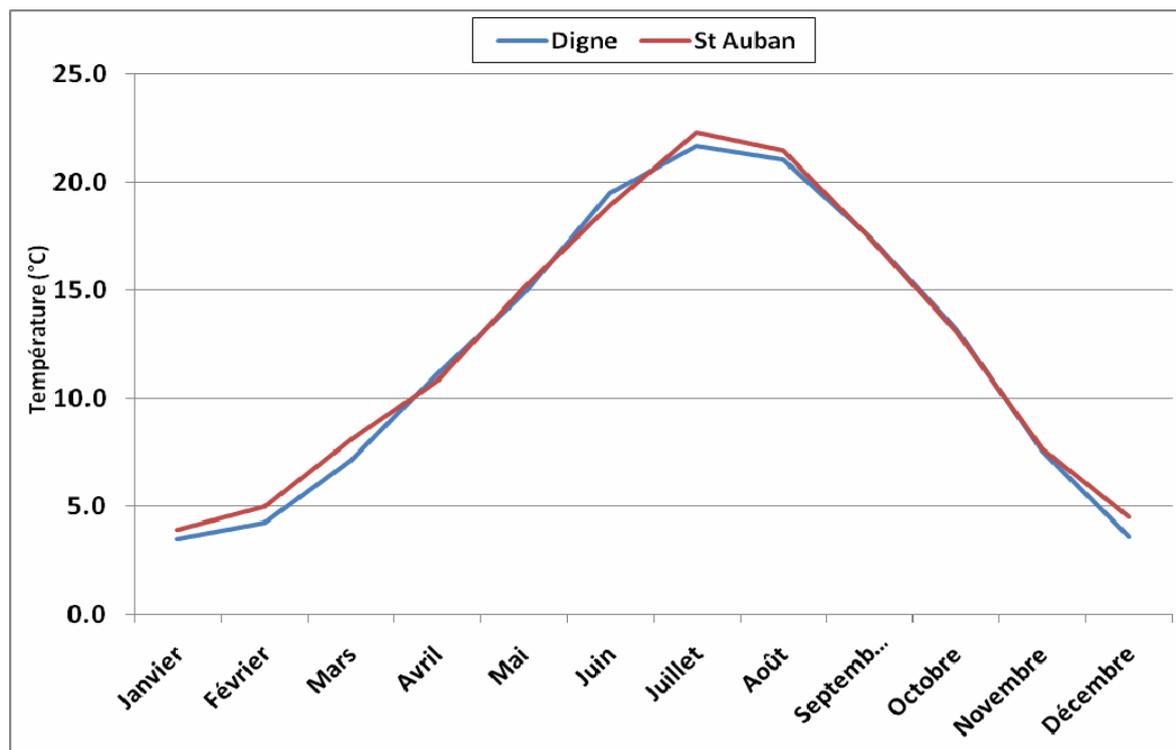


Illustration n°11 : Températures moyennes mensuelles sur la période étudiée

Ces variations thermiques s'expliquent par l'exposition du département à l'air doux en provenance de la Méditerranée, la dominance des vents continentaux et une relative sécheresse de l'air.

C.I.4 Analyse de la niviosité

Les chutes de neige sur le bassin versant ont été observées sur deux postes météorologiques :

- *St Jurs*, à une altitude de 867 m, ouverte en continu de 1992 à 2008. Elle est représentative des sous bassins Estoublaïsse et Asse de Blieux ;
- *Lambruisse*, à une altitude de 1123 m, ouverte de 1992 à 1999, en 2002, puis de nouveau à partir de 2006. Elle est représentative des sous bassins Asse de Clumanc et Asse de Moriez.

Les stations relèvent les jours où le sol est recouvert de neige et l'épaisseur correspondante. Dans le cadre de cette étude le premier paramètre va permettre de déterminer s'il y a ou non stock de neige sur les sols. Puis dans un deuxième temps l'épaisseur de neige va donner la quantité de neige stockée et donc la lame d'eau correspondante en période de fonte du manteau neigeux. Le moment et la rapidité de cette fonte sont déterminés par la température.

Ces deux stations sont positionnées en zone montagneuse de part leur altitude et à des latitudes différentes, ce qui les rend représentatives pour l'ensemble du bassin versant.

Les graphiques suivants présentent le cumul de neige annuel et mensuel pour les années étudiées. On constate que le couvert neigeux annuel est bien plus important sur **Lambruisse (14,7 cm/an)** que sur **St**

Jurs (5,8 cm/an). Ceci s'explique à la fois par la différence d'altitude et la position plus septentrionale de la station de Lambruisse.

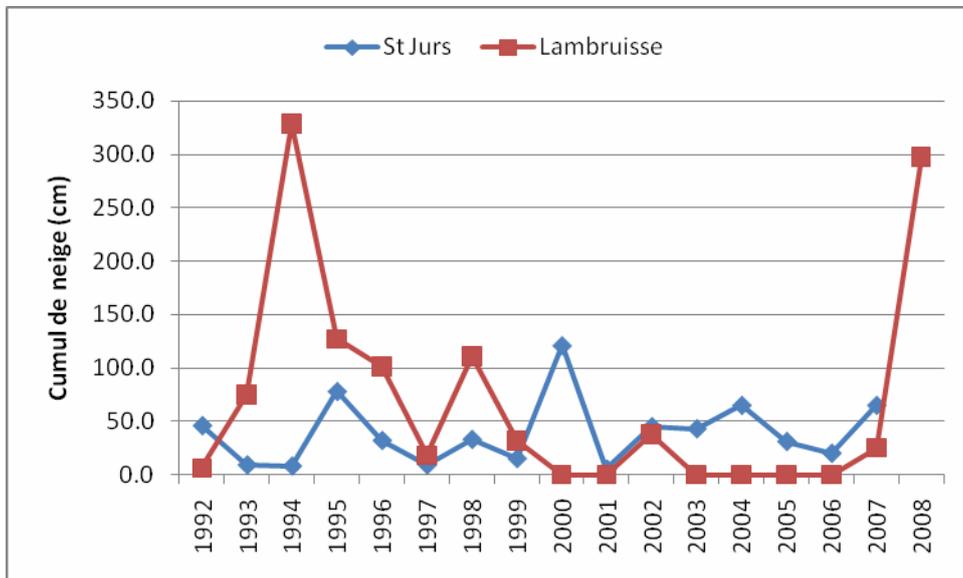


Illustration n°12 : Cumul moyen annuel de neige

Pour ce qui est des moyennes mensuelles on constate que la différence est bien plus importante pour les mois de Janvier et Février. Le gradient est donc plus important au cœur de l'hiver que pour les mois d'automne ou de printemps.

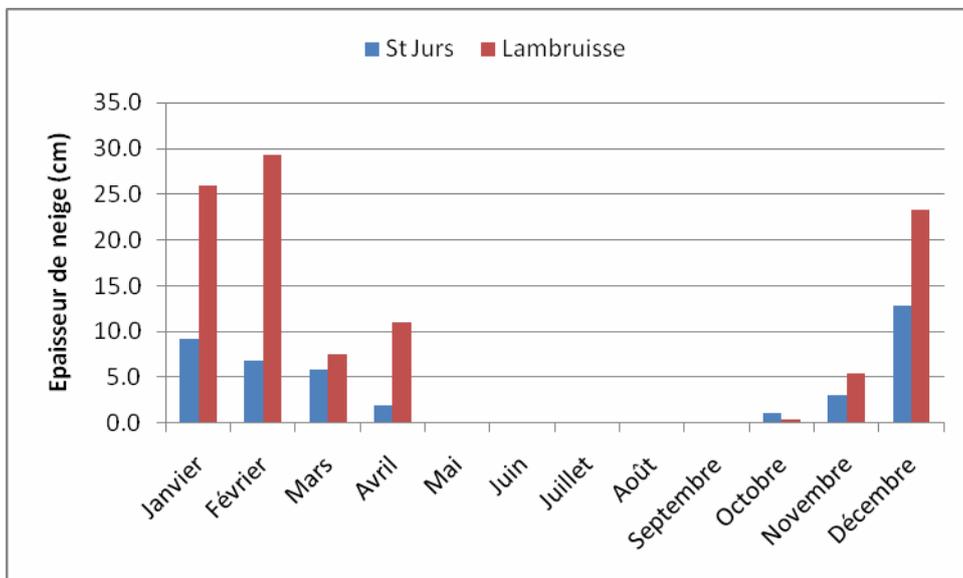


Illustration n°13 : Cumul moyen mensuel de neige

Les graphiques suivants présentent les nombres de jours de neige par mois et les épaisseurs au sol par jour de neige. On constate que la différence entre les deux stations pour ce paramètre est moins accentuée que précédemment.

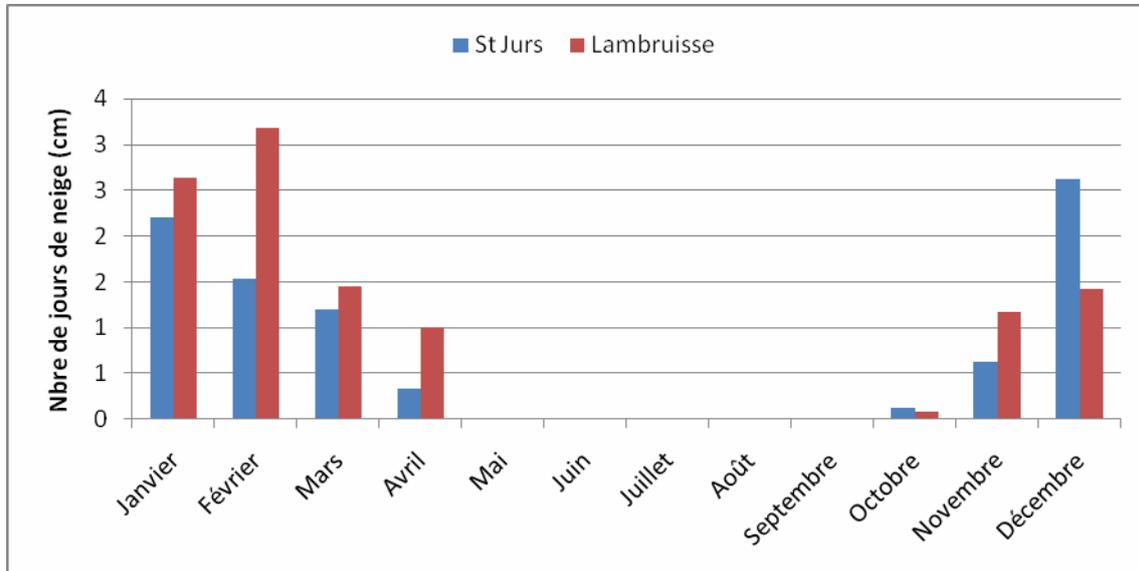


Illustration n°14 : Nombre de jours de neige par mois

Pour ce qui est de l'épaisseur de neige au sol par jours de neige, on constate que même avec un plus grand nombre de jours de neige pour la station Lambruisse, le cumul de neige y est bien plus important que St Jurs. Il est à noter que le mois de Décembre est caractérisé par un grand nombre de jours de neige pour la station de St Jurs, au cours desquels il neige très peu. Alors que la situation est inversée pour la station de Lambruisse.

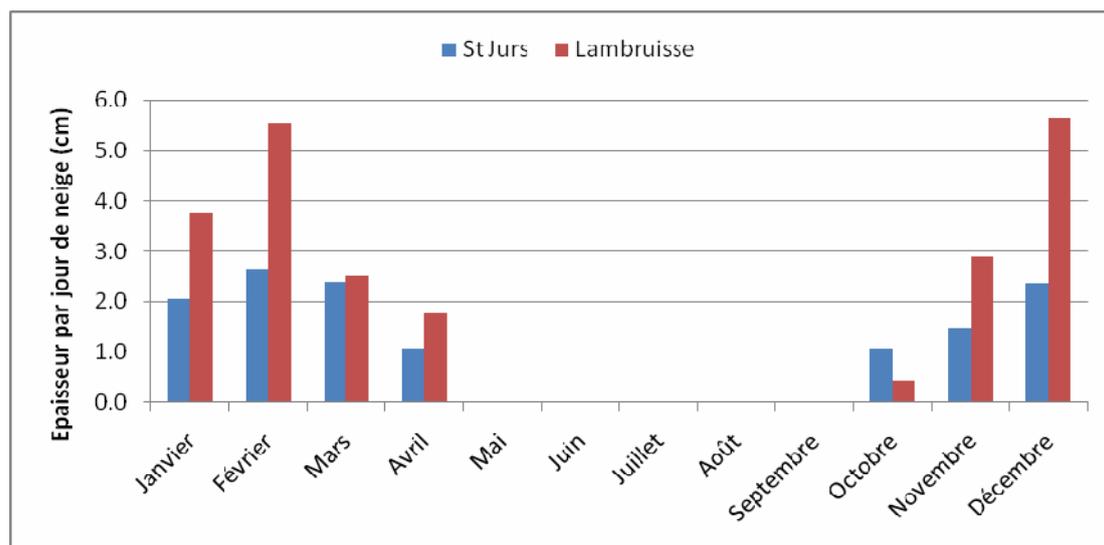


Illustration n°15 : Epaisseur de neige par jour de neige (cm)

La station de Lambruisse est donc caractérisée par un nombre de jours de neige importants au cours desquels il neige beaucoup. Alors que la station de St Jurs se caractérise par un plus faible nombre de jours au cours desquels l'épaisseur cumulée est plus faible.

C.I.5 Analyse de l'Evapotranspiration Potentielle (ETP)

L'ETP a été observée pour une station située à l'extérieur du bassin versant : Saint Auban. L'ETP a alors été reconstituée de 1968 à 2008 à l'aide des chroniques de températures disponibles. La méthodologie est présentée en annexe X.

Sont présentées ci-après les chroniques reconstituées pour les stations de La Brillanne, Barrême et Lambruisse. On constate que les différences notables, fonction de l'altitude, se retrouvent en période estival de Juin à Septembre. L'ETP annuelle cumulée maximale se situe à La Brillanne avec **1424 mm/an**, tandis qu'elle n'est que de 927 mm à Lambruisse.

A l'échelle mensuelle, le maximum se situe en juillet et le minimum en janvier. Au cours de la saison d'irrigation, le cumul d'ETP s'élève à **842 mm à La Brillanne, pour 677 mm à Barrême.**

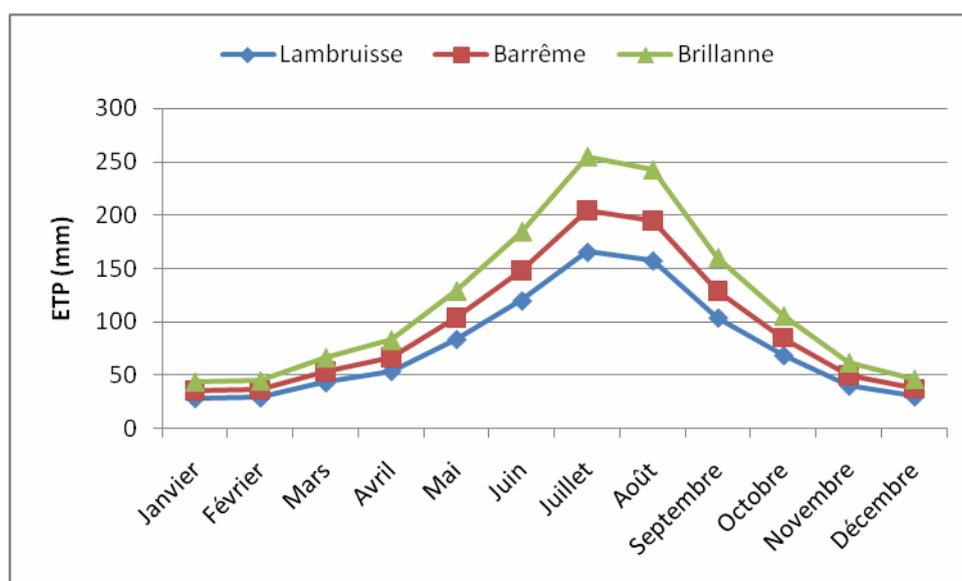


Illustration n°16 : ETP moyenne mensuelle sur la période étudiée

Au cours des mois d'été (juin à septembre) l'ETP cumulée s'élève à 547 mm à Lambruisse, 677 mm à Barrême et 842 mm à La Brillanne.

C.II DONNEES DEBITMETRIQUES

C.II.1 Analyse des débits à la station hydrométrique

Une seule station de mesure hydrométrique est présente sur le bassin versant de l'Asse. Elle se situe sur l'Asse au niveau de la clue de Chabrières. Elle est ouverte **depuis 1906** et exploitée par EDF/DTG depuis 1979.

A ce point de mesure, la surface de bassin versant interceptée s'élève à **375 km²**, ce qui représente un peu plus de la moitié de la surface totale.

Les données disponibles auprès de la Banque Hydro sont les suivantes :

- Débits journaliers moyens depuis 1953 ;
- Débits au pas de temps 1 heure depuis 1979.

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques de cette station. On constate un rapport de 1 à 100 entre le module et le débit maximum instantané.

Module (m³/s)	4,53
Module spécifique (l/s/km²)	12,1
QMNA 5 (m³/s)	0,36
Débit max instantané (m³/s)	445

Tableau n°6 : Caractéristiques de la station hydrométrique de Chabrières sur la période 1953-2008

Le graphique suivant présente la variabilité mensuelle des débits écoulés au droit de la station de Chabrières pour la période 1953-2008. Ces variations sont caractéristiques d'un **régime nival à influence méditerranéenne** :

- Les plus forts débits au printemps (mars, avril et mai) correspondant à la période de fonte des neiges ;
- Un étiage sévère en période estivale (juillet, août et septembre), marquant l'appartenance au domaine méditerranéen.

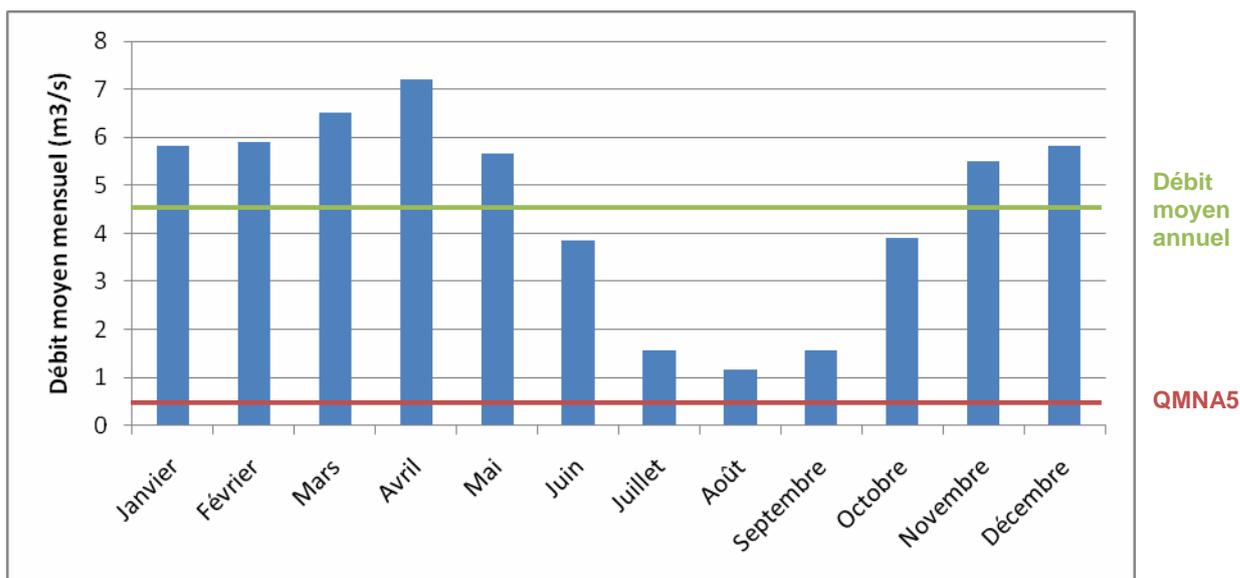


Illustration n°17 : Débits moyens mensuels à la station de Chabrières sur la période 1953-2008

Le graphique suivant expose la variabilité annuelle des débits moyens. On constate un fort écart entre le débit moyen annuel le plus faible qui s'est produit en 2007 avec **1,67 m³/s** et le débit moyen annuel le plus fort observé en 1960 avec **9,12 m³/s**.

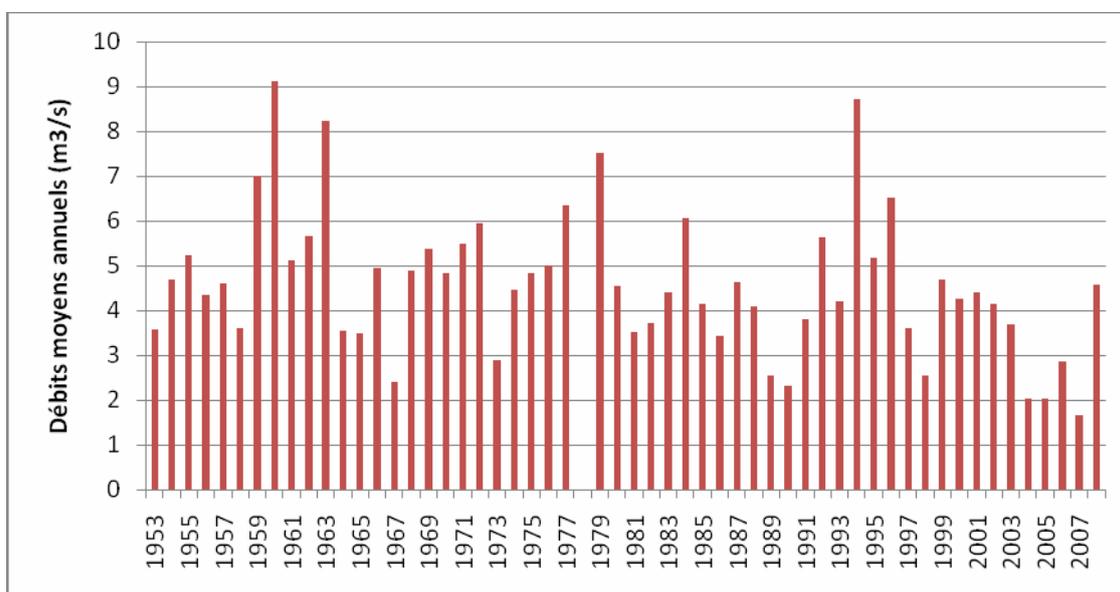


Illustration n°18 : Débits moyens annuels à la station de Chabrières sur la période 1953-2008

A partir des données des stations pluviométriques de Lambruisse, St André les Alpes, Barrême et Entrages, représentatives de la partie amont du bassin versant de l'Asse, sur la période 1968 – 2008, les précipitations moyennes représentant une lame d'eau globale de 875 mm/an pour une lame d'eau

écoulée de 426 mm/an (cumul des débits sur la période 1968 – 2008, excepté l'année 1978 non mesurée).

Le coefficient d'écoulement du bassin versant au droit de la clue de Chabrières est donc de 49% (lame d'eau écoulée/lame d'eau précipitée).

❑ *Qualité des données*

Les données fournies par la Banque Hydro sont validées à 93%, donc seuls 7% sont jugées incertaines (incluant l'absence de mesure pour l'année 1978).

La station de l'Asse à Chabrières a été l'objet de nombreuses mesures de débits afin de modifier la courbe de tarage de la station permettant de relier les hauteurs d'eau mesurées aux débits (5 depuis 1988). Le changement de courbe de tarage peut entraîner des modifications de quelques dizaines de litres par secondes sur les débits mesurés.

C.II.2 Campagnes de mesures complémentaires (DDT – CEREG)

➤ *Planche n°8 : Points de jaugeage*

❑ *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 l'Asse et ses affluents dans le cadre des :

- Deux campagnes de mesures CEREG prévus dans le cadre de la présente étude afin de mieux identifier le fonctionnement hydraulique de l'Asse et de ses affluents en période d'irrigation et d'apprécier l'utilisation des réseaux d'irrigation en période de prélèvement ;
- Mesures DDT prévus dans le cadre du Plan d'Action Sécheresse.

Les campagnes de mesures complémentaires CEREG consistent, sur l'Asse, à **deux campagnes de mesures comportant 15 jaugeages au total** dont 8 sur l'Asse, 3 sur les Trois Asses et 4 sur les affluents (Estoublaïsse, ravin de Taulanne et Riou Ourgeas).

Les points de mesures complémentaires CEREG ont été positionnés en concertation avec l'Agence de l'eau 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.

❑ *Résultats*

Les valeurs des jaugeages, sur l'Asse et ses affluents, lors des différentes campagnes sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Les campagnes 1 et 3 ont été réalisées avant la période d'étiage sévère et pendant la période d'irrigation et de fonctionnement des canaux. La campagne 2 a été réalisée au cours de la période d'étiage sévère et pendant la période d'utilisation des canaux. Une quatrième campagne devrait être réalisée après la prochaine période d'étiage.

N°	Nom	Cours d'eau	Distance exutoire (km)	Débits mesurés (l/s)				
				N°1 - DDT 18/06/2009	N°2 - DDT 04/08/2009	N°3 - CEREG 22/09/2009	N°4 - CEREG 29/12/2009	N°5 - CEREG 06/08/2010
6	Confluence trois Asses	Asse	53.9	-	-	610	-	
7	Chabrières		41.2	1170	528	821	11030	1110
8	Pont Mezel		34.3	1100	604	1540	11410	1056
9	Amont Estoublaïsse		28.3	1310	388	853	11890	1204
10	Pont Bras D'Asse		24	1430	404	1213	13420	1088
11	Pont Brunet		14.1	1164	503	1618	13350	1228
12	La Julienne		11.3	1560	505	1841	13480	1432
13	Pont d'Asse		3.5	1460	270	3090	13520	1056
1	Pont Mourelrière	Asse de Blieux	64.2	264	120	156	-	-
4	Asse Moriez	Asse de Moriez	56.6	100	43	160	1819	-
5	Pont Barrême	Asse de Clumanc	56.6	336	126	294	4084	-
15	Amont Pont Estoublon	Estoublaïsse	-	-	-	194	1573	-
14	Pont D'estoublon		-	72	180	743	1737	-
2	Taulanne	Ravin de Taulanne	-	31	21	21	-	-
3	Riou Ourgeas	Riou Ourgeas	-	95	55	-	-	-

Tableau n°7 : Synthèse des jaugeages complémentaires CEREG et DDT sur l'Asse et ses affluents

Le graphique suivant présente les résultats pour les campagnes de jaugeages réalisées en période d'étiage. D'après ces mesures, nous pouvons dire que :

- Au cours de la période d'étiage sévère (campagne 2), le débit de l'Asse n'augmente pas en fonction de la surface drainée, il se stabilise autour de 500 l/s ;
- Au cours de la période précédent l'étiage sévère (campagne 1), le débit de l'Asse est plus important que précédemment, l'augmentation en fonction de la surface drainée est plus visible mais peu marquée (débit stabilisé entre 1000 et 1500 l/s) ;
- Alors qu'au cours de la période postérieure à l'étiage sévère (campagne 3), l'inflexion des débits en fonction de la surface drainée est très marquée, alors que les débits sont quasiment identiques à la période précédemment décrite, excepté pour le débit à l'exutoire qui est bien supérieur ;
- Deux secteurs de prélèvements apparaissent, entre les kilomètres 30 et 40 et entre les kilomètres 10 et 20. Le premier secteur réagit apparemment plus pour les campagnes 2 et 3, donc en étiage sévère et étiage prolongé. Alors que le deuxième secteur est plus sensible pour la période précédent l'étiage sévère ;
- L'augmentation de débit n'est donc pas linéaire d'amont vers l'aval. Ce constat peut s'expliquer par les prélèvements et par les apports vers la nappe alluviale.

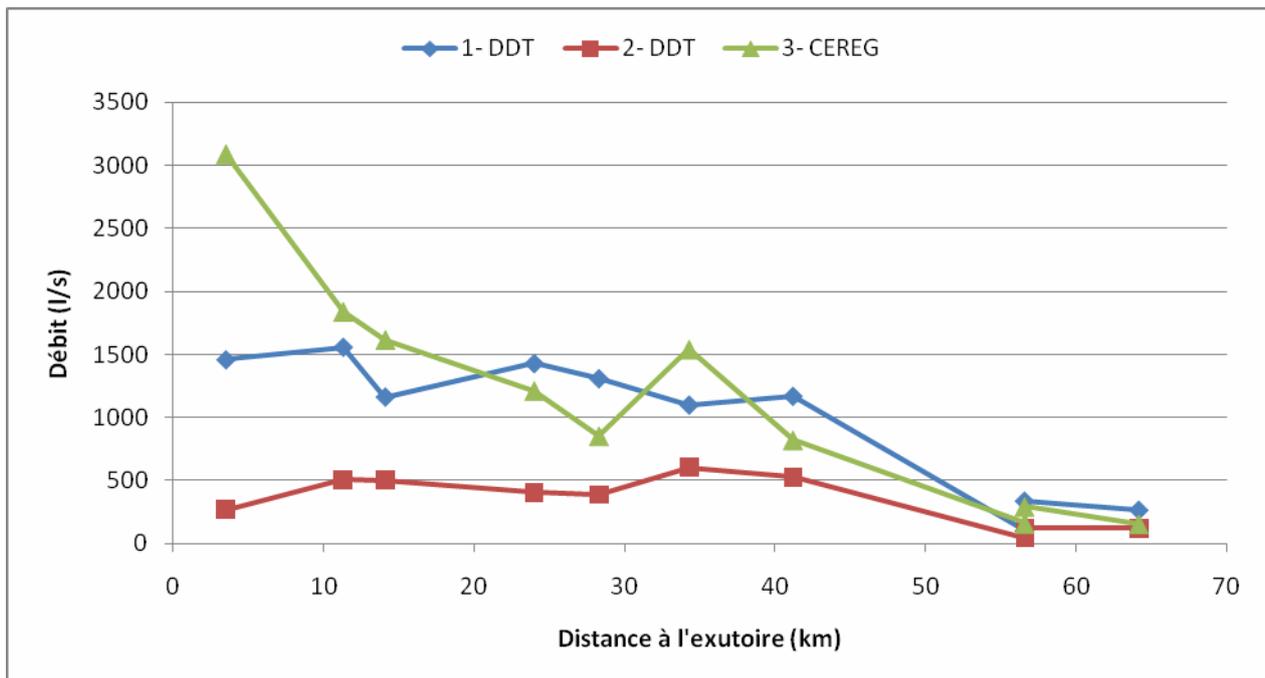


Illustration n°19 : Jaugeages complémentaires réalisés durant la période d'étiage

Le graphique suivant présente les résultats pour les campagnes de jaugeages réalisées en période hivernale. D'après ces mesures, nous pouvons dire que :

- Le débit de l'Asse augmente continuellement en fonction de la superficie drainée ;
- A partir du kilomètre 25, dans le secteur de Bras d'Asse, les débits se stabilisent autour de 13 m³/s, ce qui peut signifier un point d'apport continu vers la nappe ou un écoulement de sub-surface important.

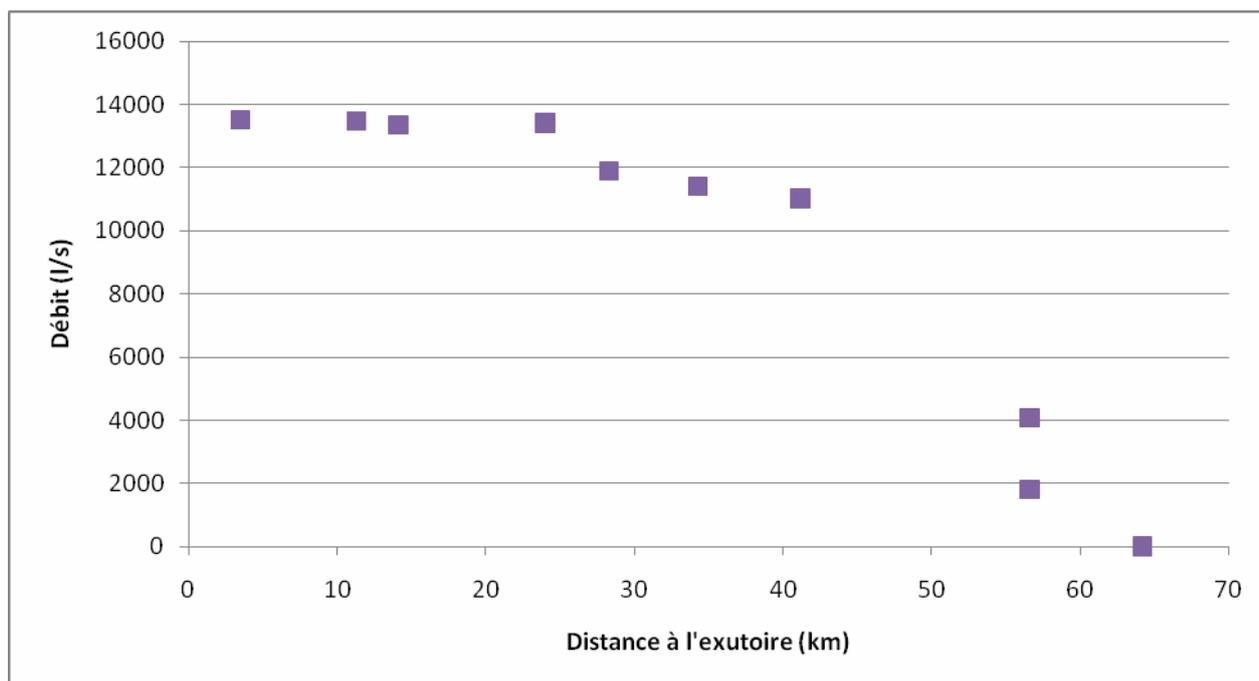


Illustration n°20 : Jaugeages complémentaires réalisés durant la période hivernale

En conclusion :

- Le fonctionnement hydrologique particulier de l'Asse est confirmé : **le débit en surface n'augmente pas linéairement entre l'amont et l'aval.**
- Des **échanges nappes-rivières sont pressentis** mais ceci devra être confirmé par l'étude hydrogéologique du paragraphe C.III.
- **Les prélèvements en période d'irrigation et les infiltrations dans la nappe alluviale ont un impact net sur les débits en surface** notamment à l'aval de Mézel.

C.III HYDROGEOLOGIE

Source : *Etude géologique et hydrogéologique de la vallée de l'Asse (GeoPlus, 2002).*

Au niveau du bassin versant de l'Asse, la nature géologique des roches n'a pas permis le développement de réservoir aquifère important. Les nappes alluviales constituent la principale ressource souterraine utilisable pour satisfaire les besoins en eau (Alimentation en eau potable, irrigation, ...).

Cependant, on constate que la nature du substratum conditionne l'alimentation du réservoir alluvial, ses dimensions et l'importance des apports latéraux.

Les nappes alluviales de l'Asse et de certains de ses affluents présentent toutefois une particularité géomorphologique. Par endroits, la présence d'un verrou rocheux au niveau du lit laisse supposer une

déconnexion du réservoir aquifère en amont avec la suite de l'aquifère en aval. Dès lors cela implique que la totalité du débit souterrain retourne à la rivière dans la traversée du verrou. Ces verrous sont parfois appelés « Clues » comme notamment celle de Chabrières sur l'Asse.

Après une description des principales nappes alluviales du bassin versant de l'Asse et une analyse des niveaux piézométriques disponibles, la nature des relations entre les nappes alluviales et les cours d'eaux superficielles sera détaillée notamment à partir de mesures de débit.

C.III.1 Nappe alluviale de l'Asse

En amont de la Clue de Chabrières, la présence d'une nappe alluviale n'est pas avérée du fait d'un écoulement en gorges depuis Norante, avec une section d'écoulement très resserrée. Entre Norante et Barrême, point de confluence des Trois Asses et départ de l'Asse, la section d'écoulement est plus large, ce qui peut laisser penser la présence d'une formation de nappe sur cette section.

La présence d'une nappe sur la partie amont de la Clue de Chabrières n'est pas certaine et son existence n'aurait qu'une influence minimale sur les écoulements de surface de l'Asse du fait de la faible capacité de la section d'écoulement. **Donc aucune nappe alluviale ne sera considérée dans cette étude en amont de la Clue de Chabrières.**

La nappe alluviale de l'Asse commence à se développer en aval de la clue de Chabrières, avec une épaisseur moyenne de 20 m au droit de Mézel et ce jusqu'à Brunet. En aval de Brunet, l'épaisseur moyenne de l'aquifère diminue progressivement pour atteindre 10 à 15 m sur le secteur de Les Blancs. Cette différence d'épaisseur n'altère pas la capacité d'écoulement de la nappe, puisqu'elle est compensée par des élargissements ou des rétrécissements de la plaine alluviale. En effet, **la surface de passage de la nappe est identique au droit de Mézel et au niveau de la connexion avec la nappe de la Durance (environ 8500 m²).**

Toutefois, cette surface n'est pas identique sur l'ensemble du tracé de la nappe, une brusque augmentation de 50% de la surface de passage est constatée entre Bras d'Asse et Brunet où celle-ci passe de 8500 m² à 12 000 m² environ.

Ces variations de géométrie n'influencent pas directement les capacités hydrodynamiques de la nappe, il est en effet nécessaire de prendre en compte la perméabilité du substrat et le gradient hydraulique pour définir précisément ses capacités d'écoulement. De Mézel à Brunet la capacité d'écoulement de la nappe est identique (débit d'environ 60 l/s), alors que la géométrie diffère. Ceci s'explique par la perméabilité du substrat qui est inférieure entre Bras d'Asse et Brunet à celle du secteur de Mézel.

A l'aval de Brunet, la capacité d'écoulement de la nappe augmente pour atteindre 138 l/s au droit de Val d'Asse et retombe à 100 l/s au niveau de la connexion avec la nappe de la Durance. Dans ces secteurs la surface de passage de la nappe est identique au secteur de Mézel, mais la perméabilité du substrat y est deux fois supérieure (1.10⁻³ m/s à Mézel et 2.10⁻³ m/s à Val d'Asse).

Le tableau suivant rassemble les principales caractéristiques physiques et hydrodynamiques de la nappe alluviale de l'Asse.

Les débits de la nappe ont été calculés à partir de la formule de Darcy :

$$Q = K \cdot L \cdot e \cdot i$$

Avec Q Débit de la nappe (l/s)
K Perméabilité (m/s)
L Largeur de la nappe alluviale
e Epaisseur de la nappe
i Gradient hydraulique de la nappe

<i>Paramètres</i>	<i>unités</i>	<i>Mézel</i>	<i>Bras d'Asse</i>	<i>Brunet</i>	<i>Les Blancs</i>	<i>Val d'Asse</i>	<i>Durance</i>
Epaisseur des alluvions	m	20	20	20	10 à 15	10 à 15	10 à 15
gradient hydraulique	-	0,007	0,0066	0,0066 à 0,01	0,008	0,0075	0,005
Surface de passage	m ²	8 800	12 250	11 000	8 600	9 200	8 600
Perméabilité	m/s	1.10 ⁻³	8.10 ⁻⁴	8.10 ⁻⁴	1.10 ⁻³	2.10 ⁻³	2,3.10 ⁻³
Porosité efficace	%	5	5	5	5	5	5
Débit de la section	l/s	62	65	59	69	138	100

Tableau n°8 : Caractéristiques physiques et hydrodynamiques de la nappe alluviale de l'Asse

En conclusion :

- La nappe d'accompagnement de l'Asse est localisée de Mézel à la confluence avec la Durance ;
- La capacité d'écoulement de la nappe d'accompagnement de l'Asse augmente d'amont en aval ;
- Cette capacité d'écoulement semble plutôt faible au regard de la géométrie de la basse vallée.

C.III.2 Nappe alluviale de l'Estoublaïsse

La présence d'une nappe alluviale sur l'Estoublaïsse n'est pas confirmée pas de précédentes études, il existe donc peu d'informations sur sa structure. Toutefois, au vu des caractéristiques géomorphologiques et hydrologiques de l'Estoublaïsse, la présence d'une nappe alluviale sur la partie aval ne peut être négligée dans le cadre de cette étude.

C.III.3 Autres affluents de l'Asse

Les rares informations existantes sur les principaux affluents de l'Asse (St Jeannet, Valbonette, ...) sont assez pauvres, et ne permettent pas de donner un aperçu général du réservoir alluvial correspondant.

Cependant, les différents aquifères restent très limités, aussi bien au niveau de leur capacité, que de leur exploitation actuelle ou de leur potentialité. Le manque d'informations les concernant ne représente donc pas un inconvénient majeur pour le déroulement de l'étude.

C.III.4 Evolution de la piézométrie de la nappe alluviale de l'Asse

Les données suivantes ont été utilisées pour caractériser l'évolution de la piézométrie de la nappe alluviale de l'Asse : trois piézomètres enregistreurs au pas de temps journalier, dont les données sont accessibles à partir de l'ADES (portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) :

- Piézomètre d'Estoublon situé au niveau de la station d'épuration, dont la chronique est disponible de 2002 à 2010 ;
- Piézomètre de Val d'Asse situé au niveau du hameau La Calèche, dont la chronique est disponible de 2002 à 2010 ;
- Piézomètre d'Oraison situé hors des limites du bassin versant hydrographique au niveau du hameau La Grande Bastide, dont la chronique est disponible de 2001 à 2010. Ce piézomètre est positionné sur la nappe alluviale de la Durance et a été retenu afin de caractériser les relations entre les aquifères.

L'analyse des différentes chroniques piézométriques disponibles doit permettre :

- D'identifier l'influence des précipitations sur la recharge de la nappe ;
- D'avoir une approche précise des variations de nappe sur un cycle piézométrique ;
- D'apporter des éléments pour la compréhension des relations nappe/rivière notamment en analysant les piézométries du bassin versant pour les hautes et basses eaux ;

C.III.4.1 Variations des niveaux de la nappe et influences des précipitations

Les graphiques suivants présentent les variations des niveaux piézométriques des piézomètres d'Estoublon et Val d'Asse.

Les variations notables de ces piézomètres sont :

- Pour le piézomètre d'Estoublon, une différence maximale de 2 m est constatée sur l'ensemble de la chronique. Au cours de la période estivale (juin à septembre) le niveau moyen de la nappe est 40 cm plus bas qu'au cours du reste de l'année. ;
- Pour le piézomètre de Val d'Asse, une variation maximale de 1,85 m est constatée sur l'ensemble de la chronique. Au cours de la période estivale (juin à septembre) le niveau moyen de la nappe est 50 cm plus bas qu'au cours du reste de l'année

A partir de ces données, les éléments suivants peuvent être avancés :

- Depuis 2005, il est constaté un abaissement du niveau piézométrique d'étiage de la nappe alluviale de l'Asse. Toutefois, cette constatation est à prendre à la mesure de la longueur de la chronique de valeurs observées, qui ne débute que depuis 2002 ;

- **Une alternance de deux régimes est constatée sur les deux piézomètres étudiés.** L'aquifère présente deux périodes de hautes eaux correspondant au printemps, marqué par la fonte des neiges, et à l'automne avec des précipitations importantes, et deux périodes de basses eaux, la première en hiver avec la formation d'un manteau neigeux limitant les infiltrations vers la nappe, et la deuxième en été, avec un déficit pluviométrique et de fortes températures entraînant une réduction des infiltrations au profit d'une évaporation importante ;
- Les variations des niveaux de la nappe alluviales observent la même tendance générale que l'évolution des débits de l'Asse, avec des basses eaux en hiver et en été et des hautes eaux au printemps et à l'automne ;
- Le temps de réaction entre les variations de débit de l'Asse et les variations des côtes piézométriques de la nappe alluviale est de l'ordre de la journée.

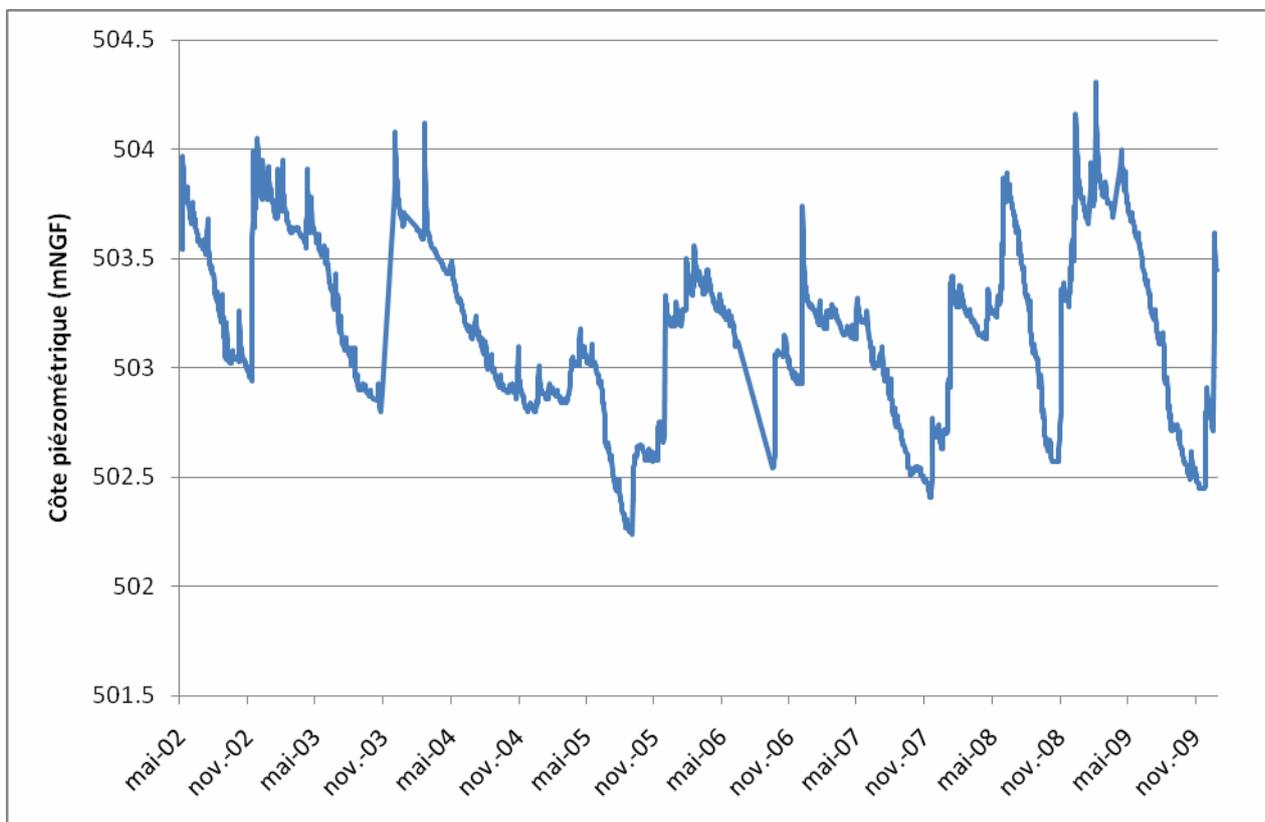


Illustration n°21 : Variations des côtes du piézomètre d'Estoublon

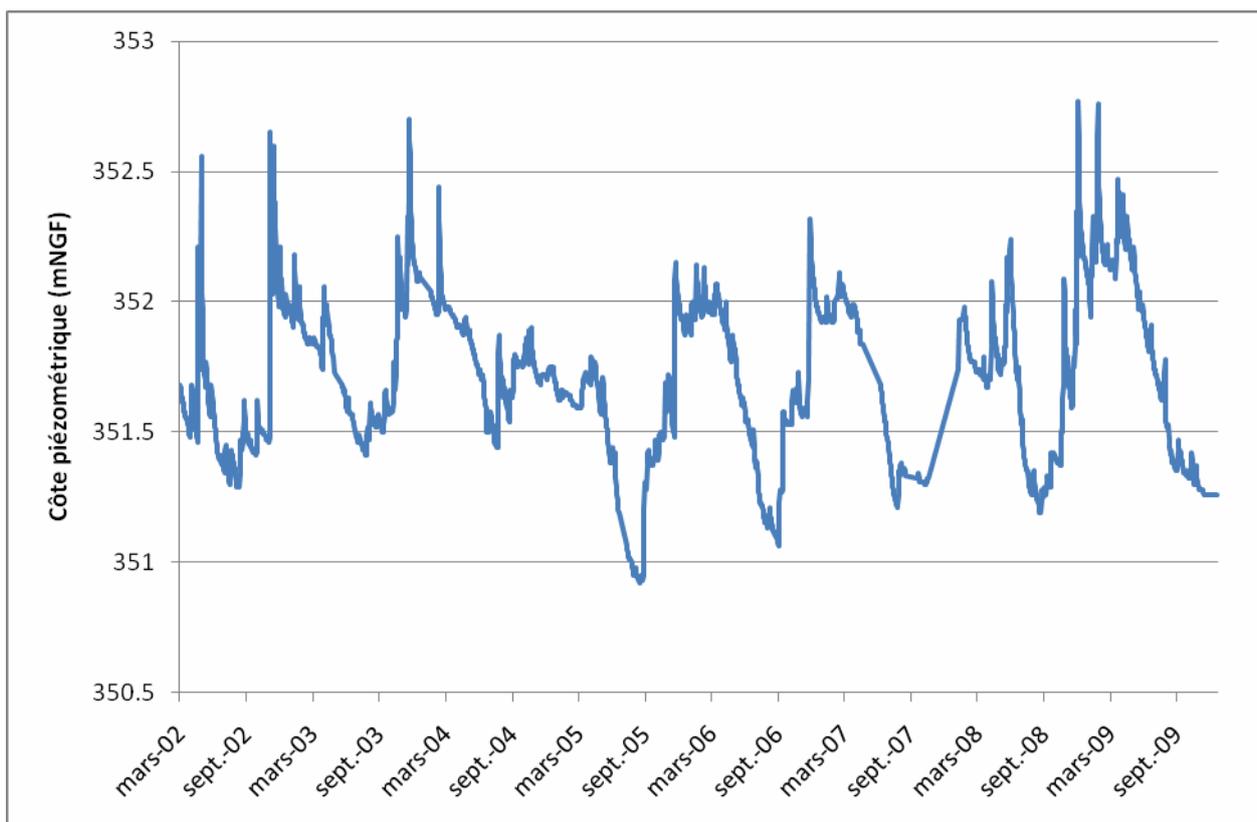


Illustration n°22 : Variations des côtes du piézomètre de Val d'Asse

En conclusion :

- Il n'est pas possible de dégager une tendance générale d'évolution de la piézométrie de l'Asse au vu de la courte durée des chroniques disponibles ;
- La piézométrie de la nappe est assez réactive aux précipitations et aux variations de débit de l'Asse avec un pas de temps de l'ordre de la journée.

C.III.4.2 Echanges nappe/rivière

L'étude des échanges nappe/Asse ont été décrits dans le rapport GEOPlus 2002. Une synthèse de cette analyse est présentée ci-après.

Le fonctionnement de l'Asse est structuré par une alternance de zones de pertes de la rivière et de drainage de la nappe. Cependant, **les échanges sont faibles** du fait de la faible perméabilité du lit de la rivière, contrairement aux alluvions de la nappe alluviale.

Les échanges nappe/rivière se font en quasi-totalité dans le sens rivière vers nappe du fait que la rivière est topographiquement perchée par rapport à la nappe d'accompagnement.

Les secteurs d'échanges allant de la nappe vers la rivière sont très ponctuels et sont localisés en aval de la plaine de Combadan (BV14) dans des zones où la rivière est encaissée dans la nappe alluviale. Ces zones d'échanges ne peuvent être considérées comme uniformes et permanentes sur l'ensemble de sous bassin versant.

D. MODELISATION DES DEBITS

D.I METHODOLOGIE GENERALE

La modélisation des débits, qu'ils soient de surface ou souterrains et influencés ou non par les prélèvements, se base sur plusieurs modules (cf. illustration suivante) :

- Un modèle hydrologique ATHYS ;
- Un modèle de prise en compte des échanges entre la nappe et les eaux superficielles ;
- Un module de prélèvements ;
- Un module d'analyse statistique des résultats.

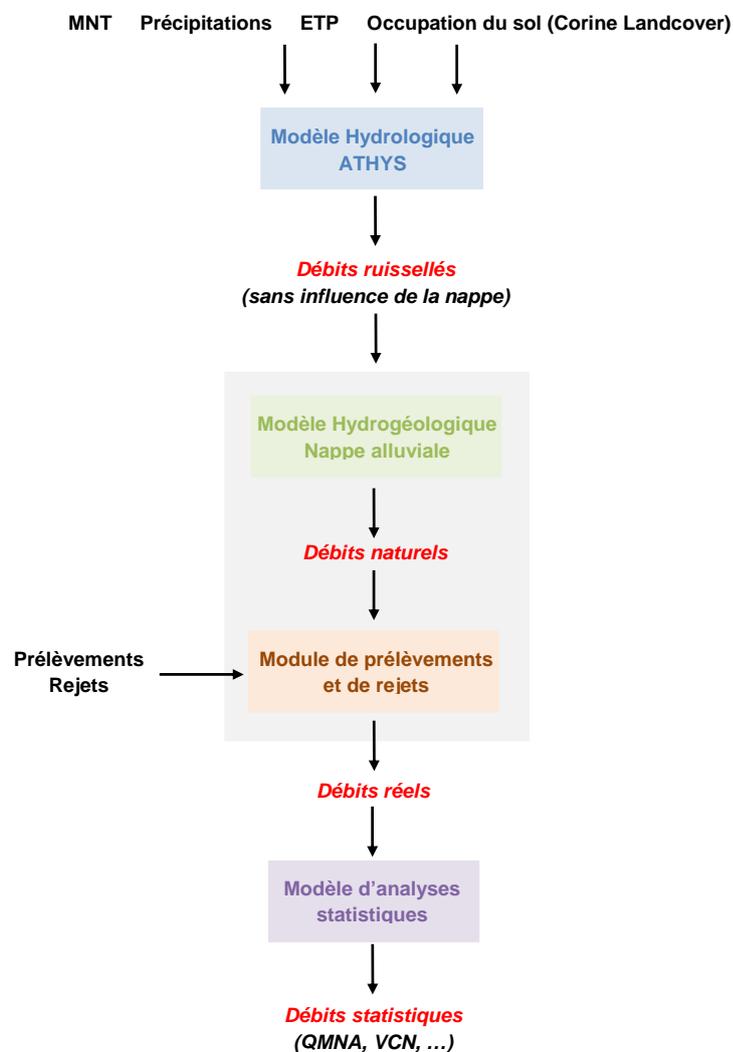


Illustration n°23 : Synoptique des différents modules utilisés pour la simulation des débits

A partir de données d'entrées (MNT, couverture végétale, nature géologique des sols et précipitations), le modèle hydrologique ATHYS permet de définir les **débits ruisselés** au pas de temps journalier en divers points du bassin versant. Ces débits ne prennent pas en compte l'influence de la nappe et les éventuels échanges entre les eaux superficielles et souterraines.

La durée de la chronique sera la plus longue possible (25 à 30 ans) pour que les quantiles dégagés de cette chronique aient un sens du point de vue statistique.

Afin de prendre en compte l'influence des prélèvements dans la nappe alluviale sur les débits de surface, un modèle sur EXCEL (composé de macro-commandes VISUAL-BASIC) a été développé. L'application de ce modèle suppose de connaître les informations de base de la nappe alluviale : perméabilité, coupes lithologiques et idéalement, une carte des isopièzes pour identifier les secteurs hydrogéologiques.

Ce modèle permet de caractériser, en divers points de référence du bassin versant, les débits de surface et les débits transitant dans la nappe alluviale. Les débits reconstitués sont des **débits naturels** (sans influence des prélèvements).

A partir des débits naturels, le module de prélèvements, intégré à la même feuille EXCEL que le modèle de la nappe alluviale, permet de simuler les **débits réels**. En effet, à partir de données d'entrées réelles ou issues de scénarios sur les prélèvements et les rejets dans les eaux souterraines et superficielles, il est possible de déterminer l'impact sur le régime hydrologique du bassin versant et le fonctionnement de la nappe alluviale.

A partir des débits réels, obtenus aux différents points stratégiques du bassin versant, les quantiles caractéristiques pourront être définis : QMNA, QMNA2, QMNA5, 1/10 du module, 1/20 du module ...

D.II MODELE HYDROLOGIQUE

D.II.1 Présentation du logiciel ATHYS

□ *Généralités*

Le logiciel ATHYS (ATelier HYdrologique Spatialisé) est un logiciel de transformation pluie-débit développé par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à Montpellier.

L'intérêt principal de ce logiciel en libre accès réside dans la possibilité de spatialiser la transformation pluie-débit. En effet, le modèle utilise pour entrant un modèle numérique de terrain (MNT) qui permet de calculer des apports au ruissellement maille par maille (généralement les mailles couvrent 10 000 m²). Ce principe est combiné à une spatialisation des données de pluies, qui permet sur de grands bassins versants de tenir compte de la variation spatiale des apports pluviométriques.

Le modèle est conçu pour travailler soit en mode continu à l'aide d'une chronique de pluies soit en mode événementiel à partir d'une pluie unique de projet ou réelle.

□ *Modèles de calcul*

Le débit généré pour chaque événement pluvieux (transformation pluie-débit) est calculé en trois étapes :

- Pour chaque maille, le modèle de production permet d'estimer la quantité de pluie qui va contribuer au ruissellement.
- Le modèle de transfert calcule l'hydrogramme produit par chaque maille à l'exutoire du bassin versant. Ce calcul est réalisé à partir du résultat obtenu en appliquant la fonction de production.
- Les apports de chaque maille sont sommés pour obtenir le débit à l'exutoire.

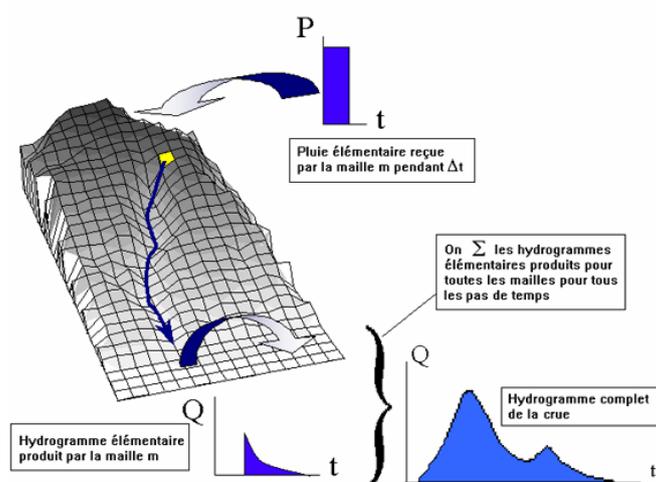


Illustration n°24 : Fonctionnement du modèle ATHYS (source : IRD)

Le logiciel met à disposition plusieurs modèles de production et de transfert. Les choix suivants ont été opérés :

- Pour la production, le modèle TopModel. C'est un modèle conceptuel à deux réservoirs particulièrement adapté pour les débits d'étiage. Le modèle est présenté en **annexe B.III** ;
- Pour le transfert, le modèle de l'hydrogramme unitaire, couramment utilisé en hydrologie. Le modèle est présenté en **annexe B.III**

D.II.2 Période de simulation

Le logiciel est utilisé pour simuler les débits sur deux périodes distinctes :

- De 1979 à 2008. Le calage du modèle est réalisé sur cette période par calcul du débit au droit de la station hydrométrique de l'Asse à la clue de Chabrières ;
- De 1969 à 2008. C'est sur cette période de simulation que le bilan ressources/besoins est réalisé.

Les hydrogrammes calculés par le modèle sont au pas de temps journalier. Ce pas de temps est particulièrement intéressant pour les problématiques de préservation du milieu aquatique : une non-satisfaction des besoins durant 1 journée suffit pour affecter la vie biologique. Une simulation au pas de

temps décadaire ne donne que des valeurs moyennes, qui peuvent occulter une partie des stress subis par le milieu.

D.II.3 Traitement des données

□ Traitement des données géographiques

Par l'intermédiaire de l'Agence de l'Eau Rhône - Méditerranée, le Modèle Numérique de Terrain a été obtenu (source : Bd Alti de l'Institut Géographique National (IGN)).

Le MNT est un ensemble de points altimétriques (trois coordonnées, x, y et z) situé tous les 100 m. L'assemblage des ces points permet de reconstituer la topographie du site (illustration ci-dessous à gauche). Le logiciel traite alors ces données pour obtenir le réseau hydrographique et les bassins versants (illustration ci-dessous à droite).

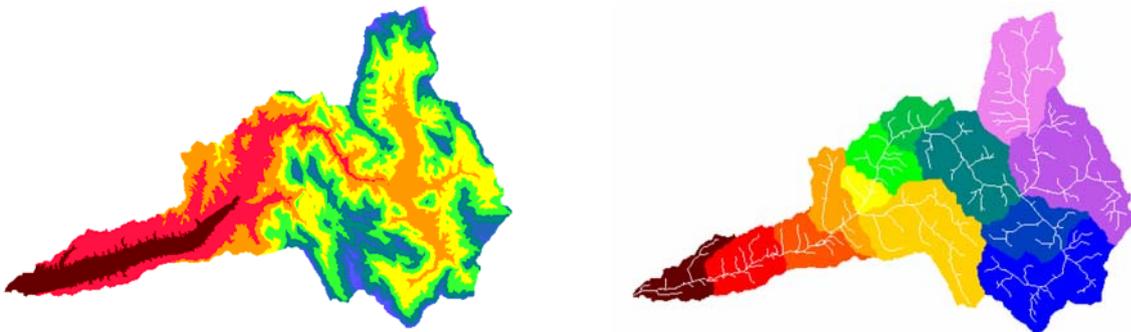


Illustration n°25 : Exemple de carte des altitudes (à gauche) et du réseau hydrographique (à droite)

□ Classe de production

Les ruissellements produits à partir des précipitations sont variables en fonction de nombreux paramètres : durée et/ou l'intensité des précipitations, nature géologique des sols, pentes des terrains, occupations des sols, etc.

Au niveau du bassin versant de l'Asse, trois classes de production différentes ont été identifiées à partir de l'occupation du sol (CORINE landcover) et de la topographie (pentes) (cf. illustration 21) :

- Zone de faible ruissellement qui correspond aux plaines avec de faibles pentes principalement situées en aval de la clue de Chabrières (hors estoublaisse) sur les bassins versants 7 à 9 et 11 à 14;
- Zone de fort ruissellement correspondant aux zones de sols nus et de pelouse et/ou de fortes pentes principalement sur les reliefs entourant le bassin versant de l'Asse au niveau des bassins versants 1 à 6 et 10 ;
- Zone intermédiaire avec des ruissellements moyens qui rassemble toute les classes d'occupation du sol de CORINE Landcover non citées précédemment.

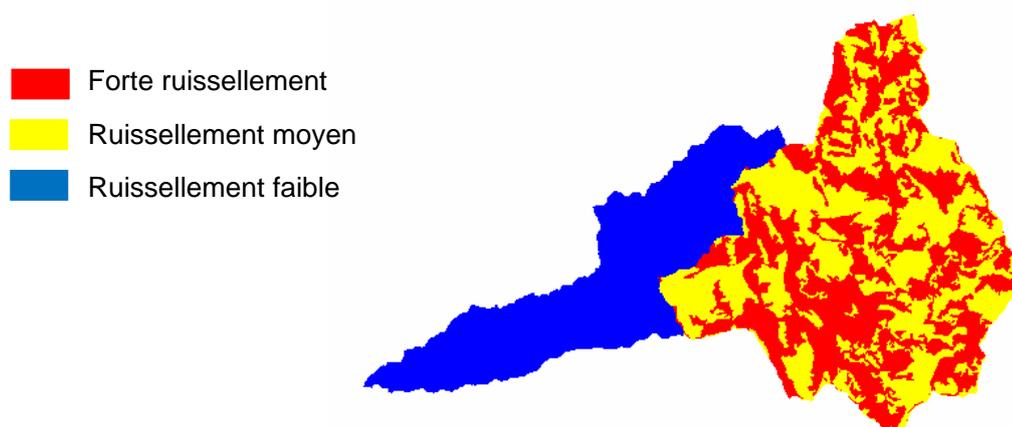


Illustration n°26 : Exemple de carte des altitudes (à gauche) et du réseau hydrographique (à droite)

A partir de la classification précédente concernant l'occupation des sols et les pentes, le tableau suivant présente la répartition des superficies du bassin versant de l'Asse en fonction des classes de production.

Classe de Production	Surface (km ²)	Importance
1 – fort ruissellement	236	34 %
2 – ruissellement moyen	227	33 %
3 – faible ruissellement	229	33 %
Total	692	100 %

Tableau n°9 : Répartition des superficies des classes de production au niveau du bassin versant de la Bléone

Sur une superficie totale de 692 km², les zones de fort ruissellement concerne 34% de la superficie du bassin versant (en rouge sur l'illustration n°26). Ces zones correspondent aux reliefs avec des sols nus et/ou à fortes pentes principalement concernées par des pâturages.

❑ *Traitement des données météorologiques*

Pour le calcul hydrologique nous avons utilisé les données météorologiques de 7 postes pluviométriques : La Brillanne, Le Castellet, Entrages, St Jurs, Barrême, St André les Alpes et Lambruisse.

Les durées d'observation sur ces postes ne sont pas identiques. En conséquence, les données manquantes ont été reconstituées (cf. Annexe B.III).

La méthodologie de reconstitution est détaillée en annexe B.IV. Les principes d'élaboration sont les suivants :

- Pour la pluviométrie, des corrélations linaires ont été déterminées entre toutes les stations utilisées par le modèle. La corrélation est estimée, lorsque les données sont disponibles, sur la période 1968 à 2008. Pour chaque poste nécessitant une reconstitution de données, un choix de

postes semblables est opéré à partir de ces corrélations. Ce choix effectué, les données manquantes sont reconstituées à partir de tendances issues de valeurs connues sur chaque poste au cours d'une période identique.

Poste	Période d'observation	Périodes reconstituées
St Jurs	1968 à 2008	-
Barrême	1968 à 2006	Juin 2007 à Dec 2008 / Fev 1986 / Fev 1983 / Jan 1985
Le Castellet	1968 à 2008	Nov 1969 à Jan 1970 / Juin 1971
Entrages	1968 à 1996	1997 à 2008
Lambruisse	1968 à 2008	-
St André les Alpes	1968 à 2004	Juillet 2005 à Dec 2008 / Dec 1976
La Brillanne	2002 à 2008	1968 à 2001

Tableau n°10 : Données pluviométriques reconstituées

- Pour la température, un gradient (décroissant) de température de 0.6 °C par dénivelé de 100 m a été appliqué à partir de la station de Saint-Auban pour obtenir les températures sur les autres stations.
- Pour l'ETP, à partir de la station de Saint-Auban, une corrélation (fonction exponentielle) entre la température et l'ETP a été estimée. Cette corrélation a ensuite été appliquée sur les températures reconstituées des autres stations utilisées dans le modèle pour obtenir leurs valeurs de l'ETP.
- La neige est estimée à partir des précipitations et des températures dans un modèle simplifié à un réservoir. Si la température est négative, les précipitations sont intégralement neigeuses. La fonte des neiges est amorcée pour une température positive à partir d'une relation linéaire. Le modèle de neige n'est appliqué qu'aux stations situées en altitude (St André les Alpes, St Jurs, Barrême et Lambruisse).

□ *Calcul de la lame d'eau précipitée*

Les informations climatologiques sont connues ponctuellement au droit de chaque station. Ces informations doivent être spatialisées de façon à être étendues à l'ensemble de la surface du bassin versant.

Station	Surface (km ²)	Importance
La Brillanne	11,8	1,7
Le Castellet	65	9,4
Entrages	123,2	17,8
St Jurs	132,9	19,2
Barrême	208,3	30,1
St André les Alpes	58,1	8,4
Lambruisse	92,7	13,4

Tableau n°11 : Influence comparée des stations pluviométriques sur le bassin versant de la Bléone

La méthode des polygones de Thiessen a été utilisée pour définir la zone d'influence de chaque station.

□ **Chaîne de calcul pour déterminer les débits ruisselés**

Le schéma ci-après précise la chaîne de calcul du modèle hydrologique ATHYS. Les données de pluie entrées dans le modèle tiennent compte des pertes par évapotranspiration et du module neige. Le module neige n'est appliqué qu'aux stations d'altitudes (St André les Alpes, St Jurs, Barrême et Lambruisse) car ce sont les seules à avoir des précipitations neigeuses importantes.

A partir des pluies efficaces, la fonction de production TopModel définit la lame ruisselée, qui représente la proportion des précipitations qui va ruisseler, puis la fonction de transfert de l'hydrogramme unitaire calcule les débits à l'exutoire des bassins versants identifiés comme des nœuds de calcul.

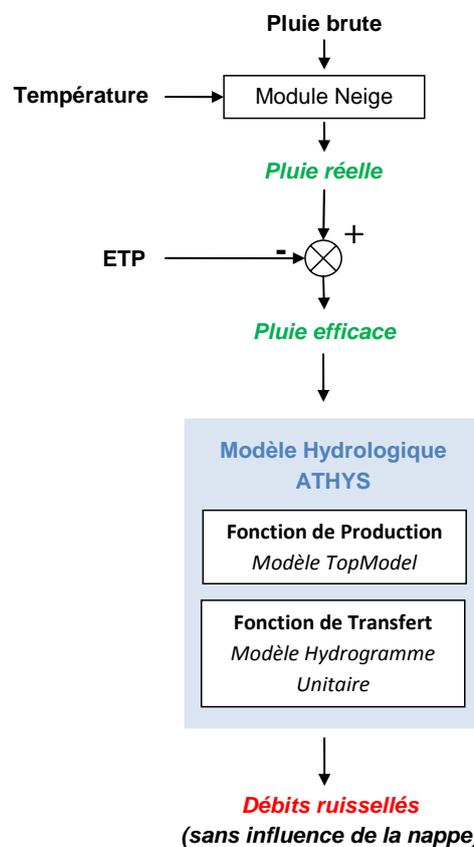


Illustration n°27 : Détails de la chaîne de calcul du modèle hydrologique ATHYS

D.II.4 Calage

Disposant des mesures de débit de l'Asse à la clue de Chabrières, le calage du modèle a été réalisé en deux étapes :

- Un calage de l'amont du bassin versant jusqu'à la clue de Chabrières (390 km² environ) ;

- Une validation du calage du modèle sur l'ensemble du bassin versant en fonction des données de topographie, géologie et occupation du sol, ainsi que d'éléments fournis par EDF.

□ *Calage des paramètres sur les débits de l'Asse à la clue de Chabrières*

Le calage à été réalisé manuellement et par optimisation numérique (le modèle ATHYS possède un module de calage automatique). Le critère de calage est l'écart quadratique moyen (EQM) sur les débits inférieurs à 5 m³/s.

Compte tenu que trois classes de production ont été créées, il a fallu définir des valeurs différentes des paramètres du modèle ATHYS liés à la fonction de production pour chacune des classes. Concernant les paramètres de la fonction de transfert, ils sont identiques sur la totalité du bassin versant de l'Asse.

Les paramètres retenus sont indiqués dans le tableau ci-dessous. Les significations de ces paramètres sont décrits en annexe B.III.

Fonction de production	Fonction de Production	Classe de production 1	Classe de production 2	Classe de production 3
		<i>SCS</i>	<i>Top Model</i>	<i>Top Model</i>
	<i>STO [mm]</i>	300	5	5
	<i>INF [mm.h⁻¹]</i>	0	0.33	3
	<i>F [m⁻¹]</i>	0.5	20.2	25
	<i>Ds [j⁻¹]</i>	0.2	0.55	0.55
Fonction de Transfert	Fonction de transfert	<i>Lag & Route</i>		
	<i>V0 [m.s⁻¹]</i>	2.5		
	<i>Alfa [ad]</i>	0.45		
	<i>K0 [ad]</i>	0.2		
	<i>K1 [mn]</i>	0.5		

Tableau n°12 : Valeurs des paramètres de modélisation après calage

Le graphique ci-après présente un hydrogramme simulé et mesuré.

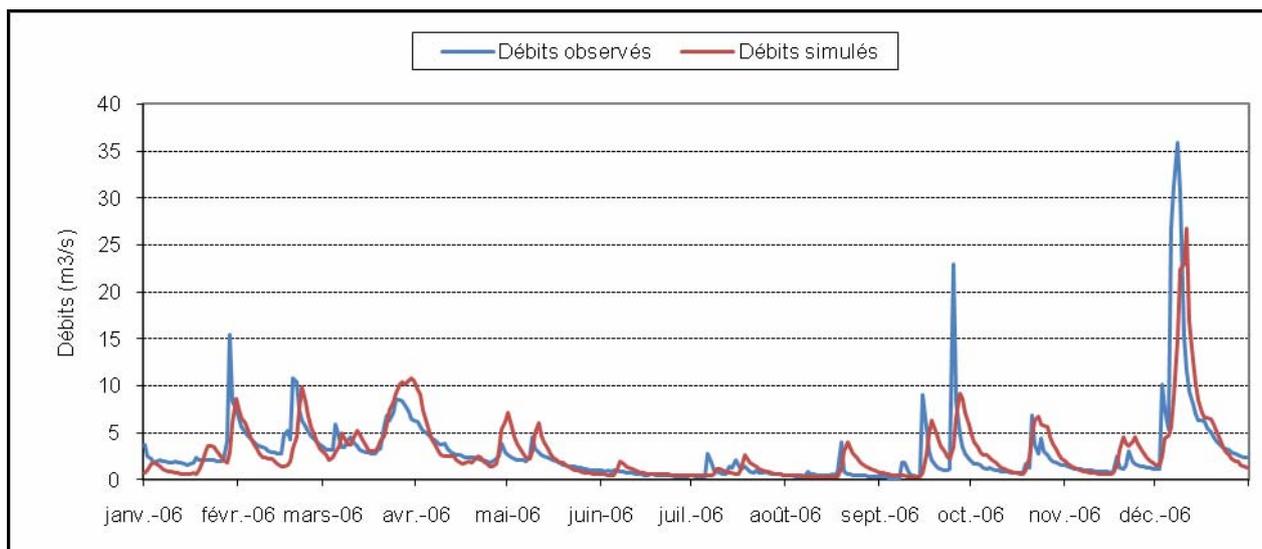


Illustration n°28 : Débits observés et simulés à la clue de Chabrières pour l'année 2006

Pour rappel, le modèle hydrologique ATHYS ne tient pas compte dans la présente simulation :

- des divers prélèvements de sorte qu'il ne fournit que les débits naturels non influencés. Les prélèvements de surface à l'amont de la clue de Chabrières représentent un total de 655 l/s en tenant compte des débits maximums prélevables, qui correspond à un débit plus réaliste de 150 l/s en termes de besoin;
- des zones d'infiltration et de résurgence dans les lits des cours d'eau. Dans la mesure où une partie des écoulements peut se faire dans l'épaisseur de cailloutis en sub-surface, les débits réellement observés sont inférieurs aux débits simulés. En effet, le débit simulé est une estimation de **l'ensemble de l'écoulement** sans tenir compte des infiltrations/résurgences éventuelles.

Le tableau ci-dessous indique les valeurs simulées et observées ainsi que la différence.

	Mesuré	Simulé
<i>Module (l/s)</i>	4300	4430
<i>Débit minimal (l/s)</i>	90	320
<i>Débit mensuel minimal de période de retour 5 ans (QMNA5) (l/s)</i>	440	510
<i>Débit minimum annuel sur 10 jours consécutifs de période de retour 5 ans (VCN10) (l/s)</i>	330	410

Tableau n°13 : Caractéristiques du débit de l'Asse à la clue de Chabrières entre 1968 et 2008

Le modèle ainsi calé présente les avantages/inconvénients suivants :

- Les débits de pointe sont sous estimés ;
- Les débits après un événement pluvieux, en période de ressuyage des sols, sont surestimés ;
- Les périodes d'étéage sont correctement simulées.

A noter que les années 1978 et 1979 n'ont pas été observés, mais elles ont été reconstituées par le modèle. Ces deux années ne sont pas intégrées dans les calculs des débits caractéristiques du tableau n° 13.

En comparant les débits moyens mensuels (cf. illustration ci-dessous), les valeurs observées et simulées sont très proches 9 mois sur 12, notamment une différence de moins de 150 l/s au mois d'août, différence du fait que les prélèvements ne sont pas pris en compte dans la simulation.

Les mois de Mars et Avril correspondent à la fonte des neiges qui est sous-estimée. L'impact de cette sous estimation ne se fait ressentir que sur ces deux mois et n'a aucune influence sur la période d'étéage.

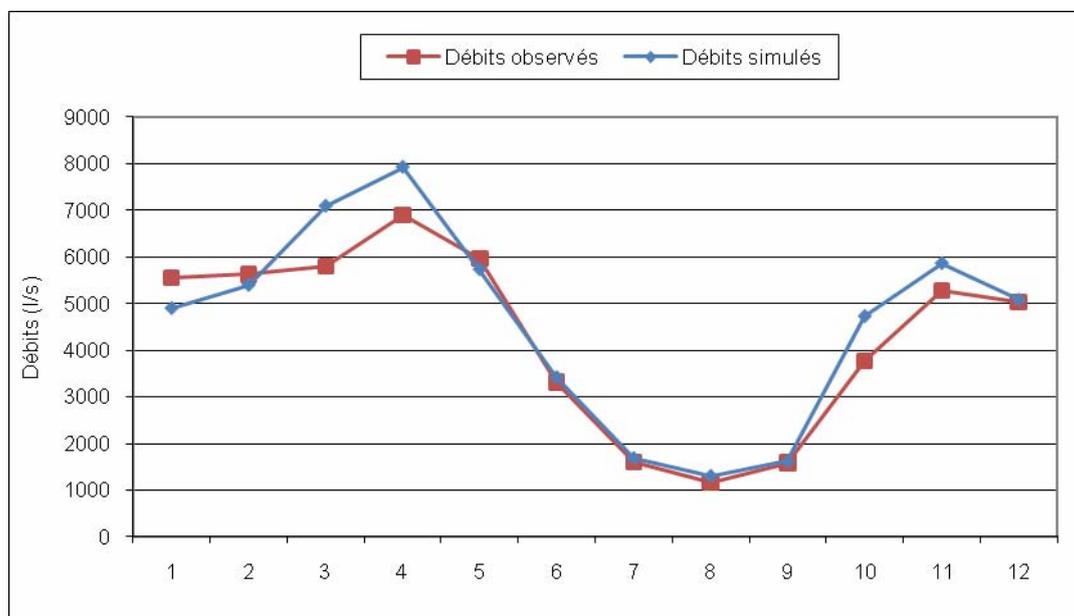


Illustration n°29 : Débits moyens mensuels observés et simulés de l'Asse à la clue de Chabrières sur la période 1968-2008

En comparant les modules annuels (cf. illustration ci-dessous), les différences entre les valeurs observées et simulées sont parfois très proches comme dans les années 1970 ou 2001 et parfois très éloignés comme dans les années 1969 et 1994. Ce phénomène n'est pas explicable par une évolution naturelle du bassin versant (changement de pratiques culturales ou de prélèvements) ou par une dérive du modèle car les paramètres sont identiques sur toute la période de simulation.

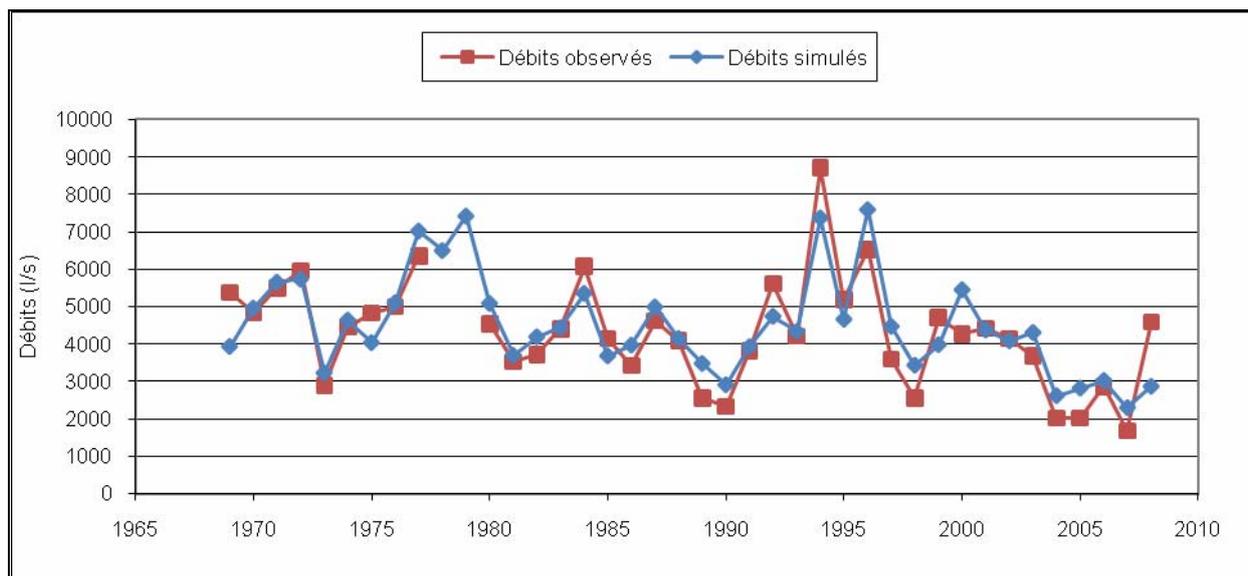


Illustration n°30 : Modules annuels des débits observés et simulés de l'Asse à la clue de Chabrières entre 1968 et 2008

Compte tenu des observations ci-dessus, des valeurs de débits non validées (5 % des valeurs en moyenne) et des fréquents détarages de la station de l'Asse à la clue de Chabrières, le calage du modèle est donc satisfaisant pour les débits d'étiage et la période correspondant à l'irrigation (juin à septembre), ce qui correspond à l'utilisation ultérieure du modèle.

En conclusion :

- **En regardant les modules, les débits mensuels et les débits d'étiages (QMNA5 et VCN10) des valeurs observés et simulés, le calage du modèle est satisfaisant;**
- **La station hydrométriques de l'Asse à la clue de Chabrières est sujette à des détarages, ce qui pourrait expliquer une partie des écarts entre la mesure et les simulations sur les années non satisfaisantes ;**
- **Les données météorologiques permettent de prendre en compte que de façon partielle l'influence de la neige sur les débits du fait du manque de données sur la couverture nivale au-dessus de 1 300 m. Ceci n'a pas d'influence sur la simulation des débits d'étiage.**

□ *Validation des débits ruisselés sur les débits estimés de l'Asse à l'exutoire*

A partir des paramètres des fonctions de production et de transfert calés sur le bassin versant en amont de la clue de Chabrières, les débits ruisselés obtenus ont été validés par rapport aux débits reconstitués de l'Asse à son exutoire.

EDF d'après sa propre connaissance du régime de l'Asse estime que le débit de à l'exutoire est égal à 1,45 fois le débit mesuré à la clue de Chabrières. En appliquant ce facteur 1,45 aux débits observés à la clue de Chabrières, l'hydrogramme du graphique suivant est obtenu et comparé aux débits simulés.

Les décalages entre les débits observés et simulés sont d'ordre temporel du fait du temps de propagation entre la clue de Chabrières et l'exutoire du bassin versant.

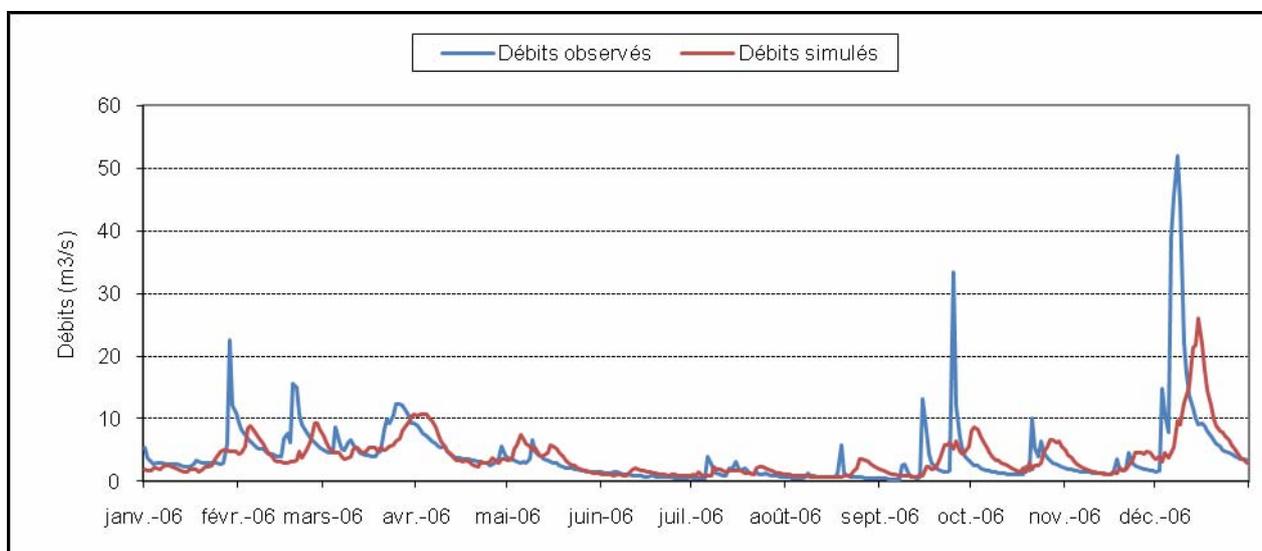


Illustration n°31 : Débits observés et simulés de l'Asse à l'exutoire en 2006

De la même manière que pour la modélisation de la partie amont du bassin versant, le modèle hydrologique ATHYS ne tient pas compte dans la présente simulation :

- des divers prélèvements de sorte qu'il ne fournit que les débits naturels non influencés ; Toutefois, sur le bassin versant de l'Asse au niveau de la confluence avec la Durance, les **consommations d'eau par les prélèvements peuvent représenter des débits compris entre 380 l/s et 900 l/s pour le seul mois d'août (prélèvements moins rejets)**. Il est donc normal que les débits d'étiage simulés soient supérieurs aux débits observés;
- de l'influence de la nappe alluviale ainsi le débit simulé est une estimation de **l'ensemble de l'écoulement** sans tenir compte des infiltrations/résurgences éventuelles.

Le tableau ci-dessous indique les valeurs simulées et observées.

	Reconstitué	Simulé
Module (l/s)	6 230	7 040
Débit minimal (l/s)	130	700
Débit maximal (m³/s)	220	90
Débit mensuel minimal de période de retour 5 ans (QMNA5)	-	1 400
Débit minimum annuel sur 10 jours consécutifs (VCN10)	-	980

Tableau n°14 : Caractéristiques du débit de l'Asse à l'exutoire entre 1968 et 2008

En conclusion sur la modélisation hydrologique, les débits ruisselés modélisés par ATHYS sur le bassin versant de l'Asse sont satisfaisants pour les débits d'étiage et la période correspondant à l'irrigation (juin à septembre).

Dans la suite de la modélisation en vue de la définition des volumes prélevables, les débits ruisselés issus des simulations seront utilisés comme des données d'entrée du modèle de nappe alluviale.

D.III MODELE DE NAPPE ALLUVIALE

D.III.1 Présentation du modèle

□ Généralités

Le modèle de nappe doit permettre, en divers points de référence du bassin versant de l'Asse, de partager les débits ruisselés issus d'ATHYS en deux parties : les débits de surface de l'Asse et les débits transitant dans sa nappe alluviale (cf. illustration ci-dessous).

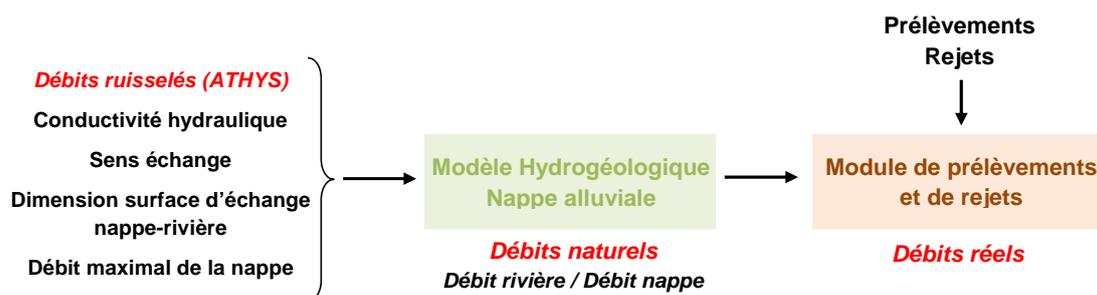


Illustration n°32 : Synoptique du modèle hydrogéologique des échanges nappes-rivières

Le modèle de nappe a été réalisé sur EXCEL (composé de macro-commandes VISUAL-BASIC). En plus du traitement des échanges nappe-rivière, le modèle permet de prendre en compte l'influence des prélèvements sur les débits de la nappe alluviale, sur les débits de surface et sur leurs échanges.

Les données d'entrée du modèle hydrogéologique sont les débits de ruissellement obtenus par le modèle hydrologique ATHYS en plusieurs points de références. Ensuite de l'amont vers l'aval à partir de la zone d'influence de la nappe alluviale du cours d'eau principal (ou des affluents), celui-ci est découpé en tronçons hydrogéologiquement cohérents : secteur d'infiltration, secteur de résurgence de la nappe, secteur de nappe indépendante.

Le calcul des débits de surface et de nappe est alors réalisé en cascade des tronçons amont aux tronçons aval, en fonction du type de tronçons :

- Sur les tronçons d'infiltration, le débit infiltré calculé sur la base de la loi de Darcy est retranché au débit de surface. La nappe alluviale voit alors son débit augmenté du débit perdu en surface. Si la nappe est saturée, le débit reste en surface.
- Sur les tronçons de résurgence (caractérisés par des secteurs où le débit capable de nappe alluviale est limité par des verrous rocheux, une hauteur d'alluvion réduite ou une faible

perméabilité), la capacité maximale de la nappe à l'aval du tronçon est retenu et le débit ne pouvant transiter par la nappe est redistribué en surface ;

- Sur les tronçons où la nappe est indépendante de la rivière, il n'y a aucun échange entre les deux ressources en eaux.

Le résultat de ces calculs en cascade est une représentation du débit circulant en surface ou dans la nappe alluviale à l'exutoire de chaque tronçon.

Lorsque des prélèvements (ou des rejets) sont pris en compte, ils sont sectorisés pour déterminer le tronçon et la ressource (surface ou nappe) auxquels ils s'appliquent. Le prélèvement (ou le rejet) est ensuite appliqué au calcul des débits tronçon par tronçon. Ils interviennent donc sans la détermination des débits échangés entre la nappe et la rivière.

Dès lors, il est possible de voir que, sur des secteurs d'infiltration, les prélèvements en nappe vont tendre à limiter les débits de surface, alors que dans des secteurs de non échange nappe rivière, ils n'auront pas d'impact sur le débit de surface.

L'application du modèle hydrogéologique suppose de connaître les informations de base de la nappe alluviale : perméabilité, coupes lithologiques pour évaluer la dimension de la nappe et idéalement une carte des isopièzes pour identifier les secteurs homogènes du point de vue hydrogéologique.

De plus, l'existence de chroniques de données sur des piézomètres permet de valider le modèle.

□ *Découpage en secteurs hydrogéologiques homogènes de l'Asse*

A partir des éléments concernant les relations nappe/riivière (cf. paragraphe C.III.3.2), la nappe alluviale de l'Asse a été découpée en tronçons hydrogéologiques homogènes. Le découpage se base principalement sur le sens des échanges entre la rivière et la nappe.

Sachant que les caractéristiques de la nappe alluviale ont été prises en compte lors du découpage des sous-bassins versants de l'Asse, les tronçons homogènes sont communs avec les sous bassins versants.

Toutes les données du modèle sont issues des coupes-types de l'étude géologique et hydrogéologique de la vallée de l'Asse (GéoPlus) notamment :

- La géométrie de la nappe alluviale avec son extension latérale et son épaisseur ;
- Les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe alluviale : perméabilité, gradient de la nappe.

En tenant compte des caractéristiques hydrogéologiques, les secteurs homogènes pour la prise en compte des nappes alluviales sur le bassin versant de l'Asse sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Compte tenu des informations sur les extensions des nappes alluviales et les propriétés hydrodynamiques des terrains en contact avec les cours d'eau, les bassins versants BV1 (Asse de Clumanc amont), BV2 (Asse de Clumanc aval), BV3 (Asse de Moriez), BV4 (Asse de Blioux amont), BV5 (Asse de Blioux aval) et BV6 (Asse de Barrême à Chabrières) présentent des nappes alluviales négligeables pour les modélisations hydrologique et hydrogéologique à l'échelle du bassin versant de la Asse.

Bassin versant	Nappe alluviale	Perméabilité Min / max (m/s)	Epaisseur (m)	Largeur (m)	Gradient (%)	Sens d'échange (1 – nappe/rivière ; -1 – rivière/nappe)
BV7	Asse	0,001	20	20	0,8	-1
BV8	Asse	0,001	20	20	0,7	-1
BV9	Asse	0,001	20	30	0,9	-1
BV10	Estoublaïsse	0,001	20	7	1,6	-1
BV11	Asse	0,0008	18	20	0,6	-1
BV12	Asse	0,001	18	31	0,7	-1
BV13	Asse	0,002	12	35	0,65	-1
BV14	Asse	0,0023	10	32	0,6	-1

Tableau n°15 : Secteurs homogènes de nappe alluviale sur le bassin de l'Asse

D.III.2 Calage

Le calage du module de nappe a été réalisé sans prise en compte des prélèvements et avec prise en compte des adoux. Il a consisté à caler les débits de surface et souterrains en fonction des caractéristiques d'écoulement de la nappe alluviale.

En effet, un débit maximum d'écoulement de la nappe estimé trop important, peut entraîner un assèchement total des débits de surface, dans des secteurs où ce phénomène est inconnu. A contrario un débit maximum de la nappe trop faible va maximiser les débits de surface.

Cette étape a donc consisté à ajuster les paramètres d'écoulement de la nappe, afin de caler les débits de surface de la basse vallée de l'Asse (en aval de la clue de Chabrières) par rapport aux campagnes de jaugeage disponibles. Seules les campagnes de jaugeage ayant été intégralement effectuées sur la même journée ont été retenues. Le calage se faisant sans prise en compte des prélèvements, le principe ici a été de caler les tendances d'évolution des débits de surface sur le profil en long.

D.III.3 Modifications suite aux ateliers

Au cours de la deuxième série d'ateliers, les participants ont indiqué sur les premiers résultats que l'augmentation des QMNA5 simulés ne correspondait pas aux observations et aux ressentis des riverains. En effet, pour eux, en aval de la confluence avec l'Estoublaïsse et en période estivale, le débit de surface de l'Asse doit diminuer ou au mieux se stabiliser jusqu'au pont d'Oraison. .

Il a été alors repris les données existantes sur cette partie aval de l'Asse (jaugeages). Il ressort de cette analyse :

- Une augmentation limité débit entre l'aval de la confluence avec l'Estoublaïsse et la Julienne, à la fois en période hivernale et estivale ;
- Une diminution de débit de l'ordre de 100 à 200 l/s, en période estivale entre la Julienne et le pont d'Oraison. Néanmoins, ce secteur est fortement influencé par les prélèvements donc il est délicat de savoir si cette diminution est due à l'hydrologie du cours d'eau ou aux prélèvements.

Notre simulation, mettait initialement une augmentation du QMNA5 naturel de 340 l/s entre l'amont de l'Estoubaïsse et l'aval de l'Asse. Ces augmentations visiblement trop importantes peuvent être dus à :

- Une sur-estimation des apports par ruissellement sur ce secteur. Mais, les résultats des simulations sur les petits affluents de cette partie de l'Asse semblent cohérents. Il n'a donc pas été repris le calcul du ruissellement.
- Une sous-estimation de la nappe alluviale qui capte une partie du ruissellement. A partir d'une comparaison des capacités de nappe d'autres bassins versants similaires (Bléone et Sasse), il apparaît que la nappe alluviale de l'Asse soit sous estimée dans l'étude GEOplus de 2002 qui était notre référence. Nous avons donc augmenté les débits capables de la nappe alluviale et réduit, de fait, les débits en surface.

D.III.4 Résultats

Le tableau suivant présente les débits maximums de la nappe pour chaque sous bassin versant. Les débits maximums de la nappe de l'Asse sont croissants de l'amont vers l'aval. Il est à noter que ces débits ont été estimés, dans cette étude, plus importants que dans l'étude GEOPlus 2002.

En effet, au regard des débits de surface simulés et des caractéristiques physiques de la basse vallée de l'Asse (en particulier les sections de passage dans les alluvions), les débits estimés dans le cadre de cette étude paraissent trop faibles (estimation de 100 l/s maximum au niveau du pont d'Asse à Oraison par exemple).

	BV7	BV8	BV9	BV10	BV11	BV12	BV13	BV14
Débit maximal de la nappe (l/s)	62	62	100	100	160	200	240	300
Débit maximal de la nappe (l/s) après ateliers	62	62	100	60	200	290	330	480

Tableau n°16 : Débits maximums de la nappe de l'Asse

La figure suivante illustre la comparaison entre une campagne de jaugeage de la DDT et les résultats de la simulation pour la journée du 28 mars 2008.

On constate qu'en période de hautes eaux, au cours de laquelle le débit de l'Asse est le plus proche du débit naturel (les prélèvements sont minimales), la reconstitution du débit de surface de l'Asse est bonne avec des écarts maximums de 20% par rapport aux débits jaugés.

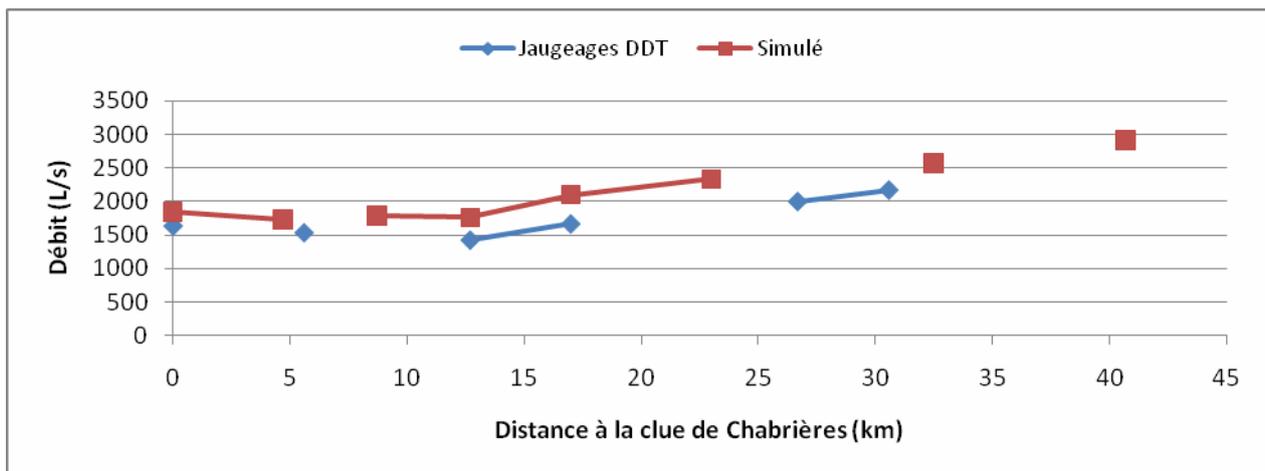


Illustration n°33 : Calage du module nappe non influencé pour la campagne de jaugeage du 28/03/2008

D.III.5 Vision globale de l'hydrologie du bassin versant de l'Asse

Une synthèse de l'hydrologie du bassin versant de l'Asse est présentée ci-après. Elle se structure en deux parties :

- une première étudiant les débits caractéristiques par sous bassins versants ;
- une deuxième analysant les volumes caractéristiques en deux points du bassin versant, la clue de Chabrières et l'exutoire.

□ Analyse des débits caractéristiques

Le tableau suivant rassemble les débits caractéristiques pour chaque sous bassin versant en sortie du module nappe sans prise en compte des prélèvements (non influencé).

La progression des débits médian et moyen est linéaire sur la basse vallée de l'Asse, mis à part au niveau des apports des deux affluents majeurs, l'Estoublaisse et le ravin de St Jeannet, qui créent une rupture de pente.

Il est constaté une forte différence entre les débits médians et moyens, allant de 40% à la clue de Chabrières et diminuant linéairement jusqu'à l'exutoire pour atteindre 30%.

De plus, l'évolution des débits médians et moyens sur le profil en long présentent une différence de pente : elle est plus accentuée pour les débits moyens que pour les débits médians. Ce qui signifie que comparativement les débits médians évoluent moins rapidement que les débits moyens.

Pour ce qui est du QMNA5, l'évolution de celui-ci au long de l'Asse est linéaire et présente une rupture de pente équivalente à celles constatées précédemment, au niveau de la contribution des deux affluents majeurs (Estoublaisse et ravin de St Jeannet).

La pente d'évolution des QMNA5 traduit le caractère des débits de basses eaux de l'Asse :

- Une pente faible d'évolution sur le profil en long, les débits restent faibles de la clue à l'exutoire du fait des apports limités dans la basse vallée ;

- Une évolution plus lente des débits à partir de Bras d'Asse, marquant l'arrêt des apports majeurs de la basse vallée.

BV	Distance à l'exutoire (km)	Débit Médian (l/s)	QMNA5 (l/s)	Module (l/s)
1	62.8	670	120	1260
2	54.2	1320	260	2300
3	56.2	350	80	620
4	62.0	740	140	1390
5	54.2	1030	180	1780
6	40.7	2760	510	4510
7	36.0	2890	550	4680
8	32.0	3140	650	5000
9	28.0	3280	680	5110
10	28.0	400	60	720
11	23.7	4000	760	6070
12	17.7	4300	820	6350
13	8.2	4540	890	6600
14	0.0	4600	810	6640

Tableau n°17 : Débits caractéristiques non influencés de l'Asse en sortie du module nappe

Le graphique suivant représente les différents débits caractéristiques non influencés de l'Asse par sous bassins versants.

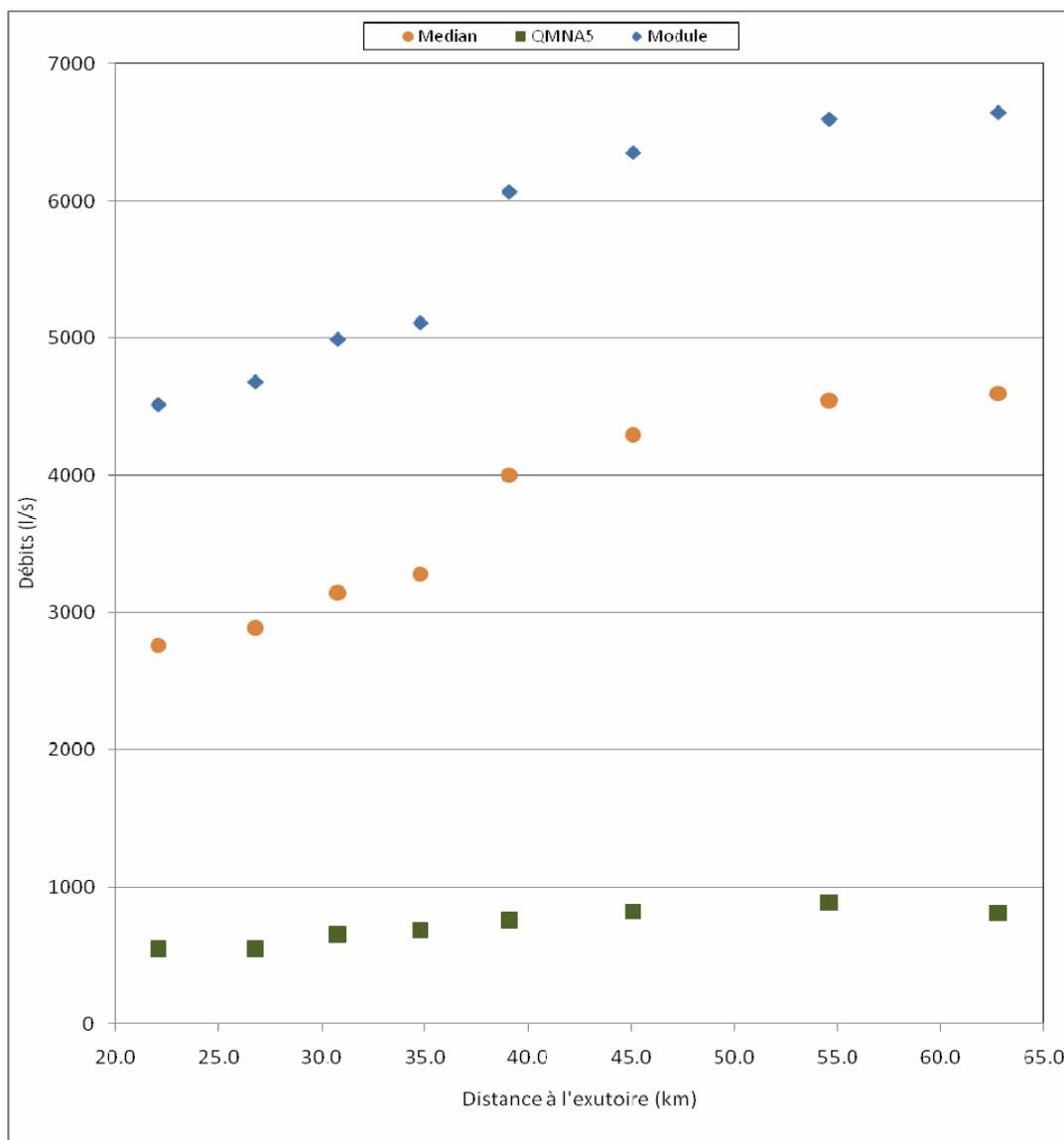


Illustration n°34 : Débits caractéristiques non influencés de l'Asse en sortie du module nappe

□ Analyse des volumes naturels écoulés

Les tableaux suivant présentent une synthèse des volumes naturels (non influencés) écoulés à la clue de Chabrières et à l'exutoire du bassin versant en sortie du module nappe calé.

Le volume naturel écoulé est observé :

- en moyenne annuelle ;
- en moyenne mensuelle pour les mois de juillet, août et septembre.

Le volume naturel écoulé le plus faible est constaté au mois d'août.

	Volume écoulé annuel moyen (millions de m3)	Coefficient d'écoulement	Juillet		Août		Septembre	
			Volume écoulé moyen (millions de m3)	%	Volume écoulé moyen (millions de m3)	%	Volume écoulé moyen (millions de m3)	%
Clue de Chabrières	142	0.50	4,5	3.1%	3,5	2.4%	4,2	2.9%
Exutoire	209	0,37	8,1	3.9%	5,3	2.5%	6,2	3.0%

Tableau n°18 : Volumes naturels écoulés moyens de l'Asse en sortie du module nappe

Les volumes écoulés en année sèche correspondent aux volumes minimums mensuels de période de retour quinquennale.

Au cours des mois de la période estivale, les volumes minimums mensuels écoulés de période de retour quinquennale sont deux fois moins importants que les volumes moyens écoulés.

Au cours du mois d'août, les prélèvements sont estimés au maximum à 3 millions de m³ et au minimum à 1,5 millions de m³, ce encadre le volume naturel minimal de période de retour quinquennale écoulé sur la même période.

	Volume écoulé annuel en année sèche (millions de m3)	Juillet	Août	Septembre
		Volume écoulé en années sèches (millions de m3)	Volume écoulé en années sèches (millions de m3)	Volume écoulé en années sèches (millions de m3)
Clue de Chabrières	108	2,4	1,5	1,7
Exutoire	158	3.9	2.4	2.8

Tableau n°19 : Volumes naturels écoulés de l'Asse en année sèche en sortie du module nappe

Au cours du mois d'août, la marge de manœuvre entre le volume moyen écoulé et le volume écoulé en année sèche est d'environ 3 millions de m³. Il apparaît alors que dans le cadre de la définition des volumes prélevables, la limite tracée par les années sèches (1 années sur 5) viendra limiter le potentiel de prélèvements en année moyenne.

En conclusion

- **L'écoulement moyen entre juillet et septembre est de 19.6 millions de m3 à l'exutoire du bassin versant avec un minimum mensuel de 5.3 millions de m3 au mois d'août**
- **Lors d'années sèches (sécheresse de période de retour de 5 ans), le volume écoulé est réduit de plus de moitié à l'exutoire avec 9.1 millions de m3**

Ce volume ne correspond pas aux volumes prélevables à l'échelle du bassin versant puisque les débits minimums biologiques restent à définir

E. ANALYSE DES RESULTATS

E.I RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA MODELISATION

Dans le cadre de l'étude, la modélisation sert à analyser la dynamique de fonctionnement des hydrosystèmes, qu'ils soient influencés ou non, avec :

- La reconstitution de l'hydrologie avec les débits des cours d'eau ;
- La reconstitution du fonctionnement des nappes alluviales (Asse et estoublaïsse) par tronçon homogène ;

La modélisation mise en place dans cette étude avec l'utilisation d'un module hydrologique ATHYS et d'un module hydrogéologique, permet la prise en compte de façon couplée des écoulements souterrains et superficiels.

Le **pas de temps de la modélisation est journalier** afin de mieux appréhender le comportement hydrologique du bassin versant, notamment les évolutions rapides des débits suite à des orages estivaux. L'utilisation du pas de temps journalier permet également de comparer les débits modélisés avec les jaugeages ponctuels réalisés par la DDT sur les cours d'eau.

En outre, **l'objectif de la présente étude est de définir le volume prélevable**. Ce dernier doit être entendu comme le volume total prélevable statistiquement 8 années sur 10 dans le milieu durant une période donnée. Il représente donc, pour une période donnée, la différence entre les débits naturels sans prélèvements et le débit minimum biologique.

Compte tenu de l'objectif de l'étude, **les résultats des modèles hydrologiques et hydrogéologiques seront traités statistiquement** afin de reconstituer des chroniques de débits naturels dont les caractéristiques statistiques (QMNA5, VCN, Module) sont semblables aux valeurs observées sans l'influence des prélèvements.

A partir des statistiques sur les débits naturels des cours d'eau et des débits biologiques, dont la valeur est constante pour un lieu donné, il sera possible de définir les volumes prélevables en chacun des points nécessaires.

E.II COMPARAISON AVEC LES DONNEES INFLUENCEES

Sur le bassin versant de l'Asse, les seules données observées disponibles (station hydrométrique et jaugeages) sont influencées par des prélèvements amont.

Néanmoins, jusqu'à la cluë de Chabrières, les prélèvements sont peu importants, donc le débit observé est assez proche du débit naturel, en particulier hors de la période estivale.

E.II.1 Méthodologie

Afin d'encadrer au plus près la réalité des volumes s'écoulant dans l'Asse, deux scénarios de prélèvements sont mis en place, un maximaliste et un minimaliste.

E.II.1.1 Définition du scénario de prélèvement maximum

Dans le cadre de ce scénario, les prélèvements pour l'eau potable sont ajustés sur les déclarations ou les estimations.

La marge de manœuvre sur ce prélèvement se fait au niveau des fuites et pertes du réseau qui sont considérées ici comme nulles. Il n'y a donc pas de retour au milieu de ces prélèvements mis à part les rejets des stations d'épuration.

Les prélèvements des irrigants individuels sont pris en compte en estimant le débit à partir des volumes réellement consommés ramenés sur 10h.

Les prélèvements collectifs sont pris en compte au maximum de leurs débits autorisés. La part de débit non consommé par l'activité agricole et revenant au cours d'eau (écoulement de surface) est estimée à 50%.

E.II.1.2 Définition du scénario de prélèvement minimum

Le scénario de prélèvement minimum considère les prélèvements pour l'eau potable à l'identique du scénario maximum, en y ajoutant les pertes de réseau, retournant à l'écoulement de surface et estimée à 30% du débit de prélèvement.

Les prélèvements des irrigants individuels sont pris en compte en estimant le débit à partir des volumes réellement consommés ramenés sur 24h.

Les prélèvements des structures collectives d'irrigation sont considérés selon le débit moyen de prélèvement mensuel. La variation avec le scénario précédent se fait au niveau des retours au milieu qui sont estimés à 50% pour l'écoulement de surface et 35% pour l'écoulement souterrain.

E.II.2 Comparaison avec les données instantanées

Les données en sortie du module nappe sont comparées avec les jaugeages effectués par la DDT les années précédentes.

La figure suivante illustre cette comparaison entre les campagnes de jaugeage et les résultats de la simulation pour la journée du 28 mars 2008.

En période de hautes eaux, les résultats des scénarios de prélèvements minimums et maximums sont sensiblement les mêmes, période presque non influencée. La figure n'illustre alors qu'une seule de ces chroniques, à savoir le scénario maximisant.

On constate que pour ce scénario de prélèvements, la reconstitution du débit de surface de l'Asse est bonne, avec des écarts maximums de 20% par rapport aux débits jaugés.

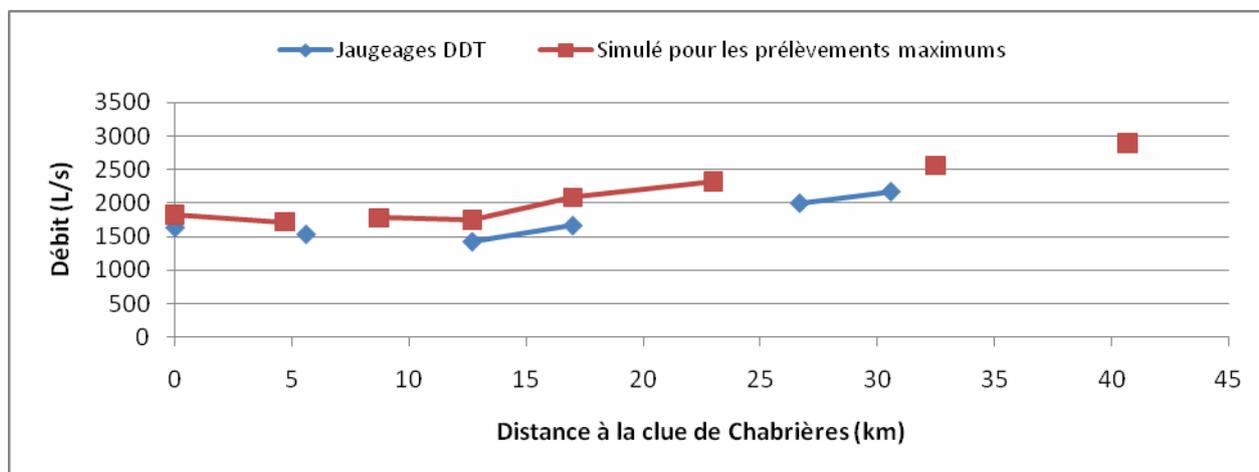


Illustration n°35 : Scénario de prélèvements maximum comparé à la campagne de jaugeage du 28/03/2008

Pour ce qui est de la période de basses eaux, la difficulté de comparaison de la seule campagne de jaugeages disponible est la même que précédemment, à savoir une série de jaugeages effectuée lors d'une phase de décrue de l'Asse.

Il n'est donc pas possible d'effectuer une comparaison des résultats de la simulation et de débits instantanés en période de basses eaux.

E.II.1 Comparaison des données statistiques

Le tableau suivant rassemble les débits statistiques caractéristiques à la clue de Chabrières pour les scénarios minimums et maximums, ainsi que pour les données observées.

On constate que les scénarios encadrent les valeurs issues de l'observation, ce qui signifie que **le modèle mis en place a la capacité de reproduire les débits observés selon les scénarios de prélèvement définis.**

	Module (l/s)	Débit moyen mensuel d'août (l/s)	QMNA5 (l/s)	VCN10 (l/s)
Scénario minimum	4350	1200	464	341
Observé	4265	1130	500	334
Scénario maximum	4255	980	246	141

Tableau n°20 : Débits statistiques caractéristiques à la clue de Chabrières

Le graphique suivant présente la comparaison des modules simulés et observés à la station hydrométrique de la clue de Chabrières pour **un scénario de prélèvements intermédiaire, se rapprochant donc des valeurs observées.**

Ce graphique, et le suivant, s'organisent autour de trois axes :

- L'axe de couleur noire représentant une erreur nulle entre les deux séries comparées ;
- L'axe de couleur orange représentant de part et d'autre de l'axe précédent une erreur de 10% entre les deux séries comparées ;
- L'axe de couleur rouge représentant de part et d'autre de l'axe précédent une erreur de 20% entre les deux séries comparées.

Il est constaté que la simulation des débits moyens annuels est très bonne pour les valeurs moyennes. Pour les valeurs extrêmes l'erreur est plus importante, en particulier pour les années sèches, pour lesquelles le modèle surestime le module.

De plus, il est constaté pour la comparaison des modules que les scénarios minimums, maximums et intermédiaires donnent des résultats très proches.

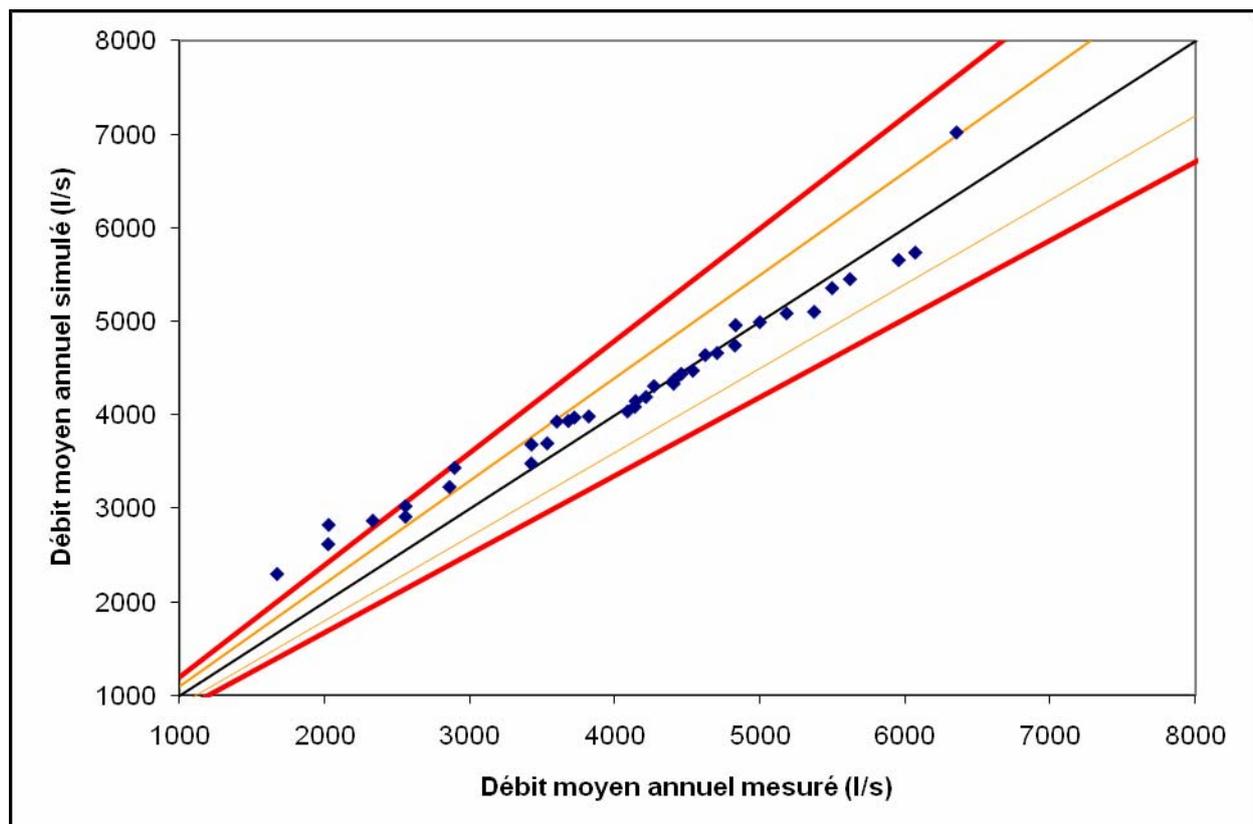


Illustration n°36 : Comparaison modules observés et modules simulés

Le graphique suivant présente la comparaison des débits moyens mensuels du mois d'août simulés et observés à la station hydrométrique de la clue de Chabrières pour les scénarios de prélèvements minimums et maximums.

Il est constaté que :

- ces deux scénarios encadrent correctement les débits mesurés à la clue de Chabrières ;
- pour des débits inférieurs à 2 fois le QMNA5 (1000 l/s), le modèle reproduit correctement le débit écoulé pour le scénario de prélèvement minimum, et sous estime le débit pour le scénario de prélèvement maximum.

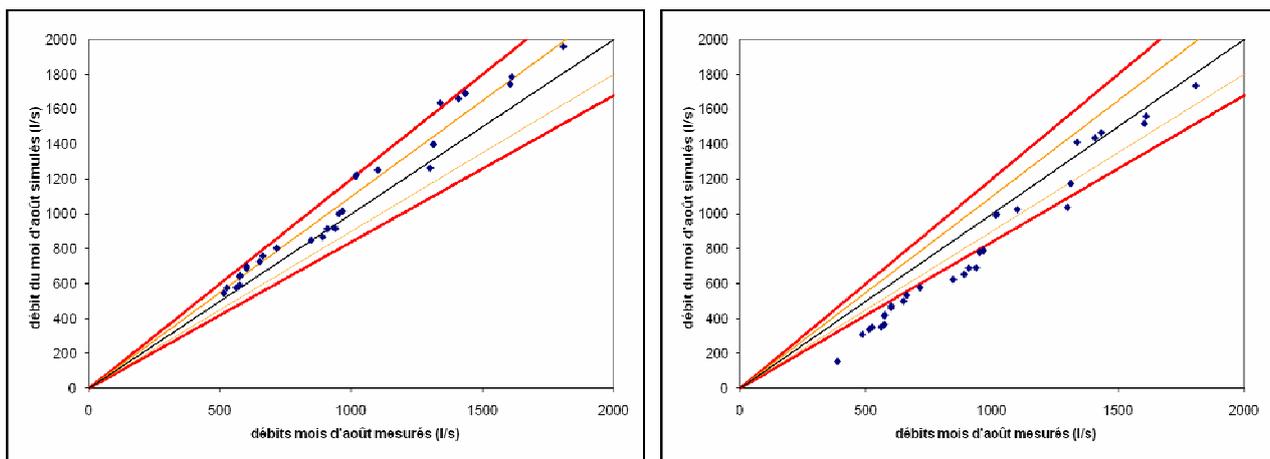


Illustration n°37 : Comparaison des débits du mois d'août simulés et observés pour les scénarios minimums et maximums

En conclusion de cette comparaison des données observées et simulées à la clue de Chabrières les éléments suivants sont à retenir :

- Statistiquement, le modèle reproduit correctement les débits observés pour des débits proches du QMNA5 ;
- En moyenne annuelle, le modèle reproduit très fidèlement les débits observés ;
- En fonction des scénarios de prélèvements, le modèle encadre correctement la réalité des débits observés, ce qui signifie qu'il est correctement construit et calé.

F. CONCLUSION

F.I QUALITE DU MODELE

La qualité du modèle global (Athys et module nappe) mis en place est satisfaisante au regard des résultats statistiques.

Toutefois, il est à préciser que des incertitudes sont présentes :

- Prise en compte exact de la neige, du fait du manque de données observées ;
- Couverture pluviométrique trop lâche et d'une représentation pas tout à fait exacte, en particulier sur la partie amont du bassin versant ;
- Manque de données hydrométriques sur la basse vallée de l'Asse.

F.II LIMITES ET INCERTITUDES SUR LES RESULTATS

La principale limite sur les résultats provient du fait qu'une seule station de calage des débits a été utilisée, même si celle-ci représente plus de la moitié de la superficie du bassin versant.

Il y a donc une incertitude sur les résultats, due à ce manque de connaissances dans la partie aval. Il a été évalué les incertitudes suivantes (par ordre croissant) :

- + ou - 5% sur les moyennes annuelles
- + ou - 10 % sur les débits mensuels (débit moyen, QMNA...)
- + ou - 20 % sur les débits moyens sur plus de 3 jours ;
- + ou - 25 % sur les débits journaliers d'étiages ;
- Très fortes sur les débits de crue.

Il faut noter que ces incertitudes sont aussi évolutives en fonction de la localisation géographique :

- Autour de la clue de Chabrières (Barème à Estoublon), les erreurs sont plus faibles que celle indiquées précédemment.
- Sur le reste de l'Asse et l'Estoublaïsse, les incertitudes sont celles indiquées.
- Sur les autres affluents, aucun élément ne permet de connaître notre incertitude.

F.III INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

Trois types d'investigations complémentaires seraient à mettre en œuvre :

- Une meilleure connaissance de la nappe alluviale de l'Asse, de l'Estoublaisse et du ravin de St Jeannet (à ce jour non étudiée), passant par des analyses de conductivité, de perméabilité et un suivi piézométrique au moins durant la période estivale. Trois sites sont intéressants : l'estoublaisse en amont du bourg d'Estoublon, le ravin de Saint jannet en amont du bourg de Bras d'Asse et l'Asse au droit de Brunet ;
- Une analyse particulière à mener au niveau de l'interaction entre la nappe de la Durance et la nappe de l'Asse. Il pourrait être envisagé l'instrumentation de la nappe de l'Asse entre la Julienne et Oraison pour détecter en période d'étiage un abaissement net du niveau de la nappe. Le suivi de la nappe serait accompagné d'une ou plusieurs campagnes de jaugeages. Il faudrait disposer de 4 piézomètres répartis uniformément entre la confluence avec la Durance et la commune du Castelet ;
- L'amélioration la connaissance au niveau des débits de l'Asse à son exutoire. Pour être utile à l'étude de volume prélevable, il faut mesurer le débit en continu durant 2 ou 3 ans. Deux sites paraissent intéressants : le pont de Brunet ou le pont d'Oraison sur l'Asse.

F.IV PROPOSITION DE POINTS NODEAUX

L'orientation n°7 du SDAGE prévoit l'implantation de plusieurs points nodaux de suivi des débits d'étiage sur l'ensemble du territoire. **Pour l'Asse, un unique point est prévu au niveau de la commune de Brunet.**

A court terme, **la station hydrométrique de la clue de Chabrière peut aussi être utilisée.** Cette station située au milieu du bassin versant marque le début du secteur de prélèvement important et il n'y a pas de nappe alluviale dans ce secteur. Cette station est donc intéressante car elle contrôle la ressource disponible en surface et en nappe dans tout le secteur de l'Asse aval.

A plus long terme, il pourrait être équipé tout les affluents importants de l'Asse : chacun des trois Asses, l'estoublaisse, le ravin de Saint Jannet. Ces stations peuvent être intéressantes pour suivre d'éventuelle situation d'assec sur ces affluents, mais l'absence de prélèvements importants ne rend pas prioritaire l'équipement de ces points



**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 :

• Agence de l'eau
Rhône-Méditerranée & Corse

Financeurs :

• Agence de l'eau
Rhône-Méditerranée & Corse

Bureau d'études :

CEREG Ingénierie