



L'évaluation de la qualité physico-chimique du Woigot et du Ruisseau de la Vallée par le modèle PEGASE

Février 2007



L'évaluation de la qualité physico-chimique du Woigot et du Ruisseau de la Vallée par le modèle PEGASE

**C. Conan
C. Bernat
J.-C. Auer**

Février 2007

Éditeur : Agence de l'eau Rhin-Meuse

Mots clés : modèle, numérique, hydrologique, qualité, physico-chimique, Woigot, Ruisseau de la Vallée, débit, soutien, étiage, simulation, scénarios, assainissement.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Conan C., Bernat C. et Auer J.-C. (2007). L'évaluation de la qualité physico-chimique du Woigot et du Ruisseau de la Vallée par le modèle PÉGASE. Rapport Agence de l'eau Rhin-Meuse, 39p..

©AERM 2007. Ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse de l'AERM.

Synthèse

Pour les cours d'eau du Woigot et du Ruisseau de la Vallée, la possibilité d'atteindre l'objectif de bon état visé par la Directive Cadre européenne sur l'Eau 2000/60/CE à l'horizon 2015, peut dépendre de la mise en œuvre d'un soutien de débit.

Le logiciel PEGASE (Smitz *et al.*, 1997) a été utilisé afin d'évaluer la qualité de ces cours d'eau vis-à-vis des éléments physico-chimiques soutenant la biologie, une des composantes de l'état écologique des cours d'eau, dans différentes conditions de soutien de débit. Pour établir des scénarios, des données d'entrée concernant les débits à simuler et les rejets des différents acteurs (principalement les collectivités) en 2006 (situation actuelle), en 2009 et en 2015, ont été définies pour les bassins du Woigot et du Ruisseau de la Vallée.

La pertinence des simulations réalisées avec le logiciel PEGASE a été démontrée tant dans la représentativité des débits simulés que dans l'estimation des rejets domestiques et leurs impacts sur la qualité physico-chimique des cours d'eau.

Les résultats des simulations fournissent des éléments d'appréciation utiles à la détermination des conditions minimales d'écoulement compatibles avec une qualité physico-chimique répondant aux critères de bon état des masses d'eau. Les conclusions de la modélisation sont les suivantes :

- En l'absence de soutien, les situations d'assec observées en amont d'Avril sur le Ruisseau de la Vallée et en amont de Mancieulles sur le Woigot, conduiraient en 2015 à des situations très dégradées sur ces tronçons même après achèvement de toutes les actions d'assainissement envisagées. Le bon état ne pourrait être obtenu sur le Woigot à l'aval de Briey. Ainsi, la mise en œuvre d'un soutien d'étiage est nécessaire à l'obtention d'une qualité conforme au bon état sur ces deux cours d'eau.
- L'atteinte du bon état des eaux superficielles en 2015 apparaît possible, pour la composante physico-chimique, sur la quasi totalité du linéaire des deux cours d'eau, avec un débit minimum de soutien de 40 L.s^{-1} sur le ruisseau de la Vallée et de 50 L.s^{-1} sur le ruisseau des Froides Fontaines, affluent du Woigot.

Pour la détermination des débits de soutien effectifs à mettre en œuvre à partir de 2007, il conviendrait d'intégrer une certaine marge de sécurité en raison des limites de précision du modèle, et des incertitudes qui subsistent sur l'évolution réelle des pressions de pollution (tendance assez forte à l'augmentation de la population sur le secteur), et sur le comportement hydrologique des cours d'eau en situation de sécheresse prolongée.

Les résultats de cette étude fournissent des éléments qui pourront être pris en compte pour définir les objectifs à fixer pour ces cours d'eau dans le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) et le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) en cours d'élaboration.

Sommaire

SYNTHESE	3
SOMMAIRE	5
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX	8
LE CONTEXTE.....	9
1 LES HYPOTHESES DE SIMULATION.....	11
1.1 Les débits utilisés	11
Le Woigot	11
Le Ruisseau de la Vallée	12
Les débits simulés	14
1.2 Les hypothèses concernant les rejets des collectivités	15
1.3 Les hypothèses concernant les autres rejets	16
2 LES RESULTATS DES SIMULATIONS	17
2.1 L’appréciation de la qualité physico-chimique des cours d’eau	17
2.2 La situation actuelle	18
Le Woigot	18
Le Ruisseau de la Vallée	21
2.3 La situation intermédiaire 2009.....	23
2.4 La situation à l’horizon 2015	26
Le Woigot	26
Le Ruisseau de la Vallée	27
3 LES CONCLUSIONS.....	29
4 LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	31
LES ANNEXES	33
Les profils du Woigot	34
Les profils du Ruisseau de la Vallée.....	34

Liste des figures

Figure 1 : Représentation des profils de débits mesurés et fictifs du Woigot. La surface grisée correspond aux apports du bassin versant du Ruisseau de la Vallée.	12
Figure 2 : Représentation des différents profils de débits du Ruisseau de la Vallée.....	13
Figure 3 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Woigot en l'état actuel de l'assainissement, selon les différentes conditions hydrologiques.	19
Figure 4 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Woigot en l'état actuel de l'assainissement, selon les différentes conditions hydrologiques.	19
Figure 5 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Ruisseau de la Vallée en l'état actuel de l'assainissement, selon les différentes conditions hydrologiques.	22
Figure 6 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Ruisseau de la Vallée en l'état actuel de l'assainissement, selon les différentes conditions hydrologiques.	22
Figure 7 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Woigot à l'horizon 2009, selon les différentes conditions hydrologiques.	24
Figure 8 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Woigot à l'horizon 2009, selon les différentes conditions hydrologiques.	24
Figure 9 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Ruisseau de la Vallée à l'horizon 2009, selon les différentes conditions hydrologiques.....	25
Figure 10 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Ruisseau de la Vallée à l'horizon 2009, selon les différentes conditions hydrologiques.	25
Figure 11 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Woigot à l'horizon 2015, selon les différentes conditions hydrologiques.	26
Figure 12 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Woigot à l'horizon 2015, selon les différentes conditions hydrologiques.	27
Figure 13 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Ruisseau de la Vallée à l'horizon 2015, selon les différentes conditions hydrologiques.....	28
Figure 14 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Ruisseau de la Vallée à l'horizon 2015, selon les différentes conditions hydrologiques.	28
Figure 15 : Localisation des points de mesure des débits du Woigot et du Ruisseau de la Vallée (GEREEA, 2006b).	33
Figure 16 : Représentation des profils des débits mesurés le 21 septembre 2006 du Woigot et du Ruisseau de la Vallée et des débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions.	35

Figure 17 : Représentation des profils des débits mesurés le 8 septembre 2003 du Woigot et du Ruisseau de la Vallée et des débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions.	36
Figure 18 : Représentation des profils fictifs du Woigot avec les débits mesurés le 8 septembre 2003 en ôtant 25 L.s ⁻¹ ou 50 L.s ⁻¹ et les débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions.	37
Figure 19 : Représentation des profils des débits du Ruisseau de la Vallée mesurés le 18 juillet 2006 et des débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions. ..	38
Figure 20 : Représentation des profils des débits du Ruisseau de la Vallée mesurés le 14 septembre 2005 et des débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions.	38
Figure 21 : Représentation des débits caractéristiques d'étiage du Woigot et du Ruisseau de la Vallée sans soutien (Freyermuth, 2004) et débits simulés par PEGASE pour représenter le QMNA 5.	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Profils hydrologiques et débits de soutien.	12
Tableau 2 : Profils hydrologiques et débits de soutien.	13
Tableau 3 : Coefficients d'efficacité selon les différents profils hydrologiques simulés. ...	14
Tableau 4 : Hypothèses sur les rejets des collectivités (population, raccordement à une station d'épuration) pour les simulations 2006, 2009 et 2015. (SE=station d'épuration).....	15
Tableau 5 : Hypothèses concernant les stations d'épuration pour les différentes simulations.	16

Le contexte

L'exploitation puis la fermeture des mines de fer lorraines du Bassin de Briey ont eu des répercussions tant sur le régime hydrologique et hydrogéologique, que sur la qualité des eaux superficielles et souterraines. L'arrêt des exhaures destinées à maintenir les travaux miniers hors d'eau, a pour conséquence l'assèchement de certains tronçons de cours d'eau s'écoulant et s'infiltrant au-dessus du niveau d'affaissement piézométrique de la nappe des calcaires du Dogger. Un soutien des cours d'eau par pompage dans la nappe a été maintenu notamment à Tucquegnieux (Woigot) et à Anderny (Ruisseau de la Vallée) depuis la fermeture des mines, dans le but de garantir et d'assurer la salubrité des cours d'eau.

Des objectifs de qualité doivent être fixés pour l'ensemble des cours d'eau dans les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion Des Eaux (SDAGE) des bassins du Rhin et de la Meuse, en cours d'élaboration. La possibilité d'atteindre l'objectif de bon état visé par la Directive Cadre européenne sur l'Eau 2000/60/CE et qui doit être repris dans les SDAGE, sauf dérogation à justifier, peut dépendre, pour le Woigot et le Ruisseau de la Vallée, du soutien d'étiage.

Une estimation de la qualité de l'eau obtenue avec des hypothèses spécifiques concernant les débits a été faite en utilisant le logiciel PEGASE (Smitz *et al.*, 1997). Ce modèle de simulations permet d'évaluer une composante de l'état écologique des cours d'eau, notamment les éléments physico-chimiques soutenant la biologie. Des critères provisoires (paramètres et seuils) sont définis dans la circulaire relative au « bon état » (MEDD, 2005).

En effet, le modèle calcule les concentrations en carbone, azote, phosphore sous différentes formes - voir encadré - et oxygène dissous sur le linéaire des cours d'eau à partir des renseignements fournis sur l'assainissement des collectivités, les rejets industriels, les rejets des élevages, l'occupation du sol et les conditions hydro-climatiques.

Les variables représentant la qualité physico-chimique des eaux de surface dans le logiciel PEGASE sont les suivantes :

- les concentrations en carbone, azote et phosphore associées à la matière organique dégradable, particulaire et dissoute,
- la concentration en carbone associée à la matière organique non dégradable, particulaire et dissoute,
- les concentrations en carbone, azote et phosphore associées à la matière organique particulaire dégradable sédimentée (concentration surfacique du fond),
- les concentrations en ammoniacque, nitrates et orthophosphates.

Dans un premier temps, les hypothèses prises pour effectuer les simulations sont présentées, notamment les conditions hydrologiques et les situations d'assainissement des collectivités. Ensuite l'analyse des résultats des simulations est exposée.

1 Les hypothèses de simulation

Pour modéliser la qualité physico-chimique des cours d'eau, le logiciel PEGASE nécessite des données d'entrée concernant les débits à simuler et les rejets des différents acteurs (dont principalement les collectivités) des bassins du Woigot et du Ruisseau de la Vallée.

La pertinence des simulations réalisées avec le logiciel PEGASE dépend ainsi de la représentativité des débits simulés et de l'estimation des rejets domestiques.

1.1 Les débits utilisés

L'ensemble des données hydrologiques utiles à la réalisation des simulations et des analyses de ce rapport, sont issues d'études financées et suivies par l'Agence de l'eau Rhin-Meuse. Cinq profils hydrologiques du Woigot et cinq profils du Ruisseau de la Vallée ont été utilisés dans les modélisations afin de représenter différentes situations de débits.

Le Woigot

Les cinq profils de débits utilisés pour représenter le Woigot sont :

- le profil réel du 21 septembre 2006 représentant une situation actuelle avec un soutien¹ de 160 L.s⁻¹ vers le ruisseau des Froides Fontaines (GEREEA, 2006a) ;
- le profil réel du 8 septembre 2003 caractérisant un étiage avec un soutien de 100 L.s⁻¹ (GEREEA, 2006b);
- un profil fictif du 8 septembre 2003 obtenu en « ôtant » 25 L.s⁻¹ tout le long du profil, ce qui équivaut à un soutien de 75 L.s⁻¹ vers le ruisseau des Froides Fontaines ;
- un profil fictif du 8 septembre 2003 obtenu en « ôtant » 50 L.s⁻¹ tout le long du profil, ce qui équivaut à un soutien de 50 L.s⁻¹;
- un profil calculé statistiquement représentant la situation d'étiage quinquennal QMNA 5 sans pompage de soutien et un écoulement gravitaire de 50 L.s⁻¹ par la galerie de Mancieulles vers le Woigot (Freyermuth, 2004).

Les informations concernant ces profils sont résumées dans le Tableau 1 et représentées sur la Figure 1. L'utilisation de profils de débits fictifs requiert des précautions d'usage. En effet, en cas de changement de débits de soutien (de 100 à 75 voire 50 L.s⁻¹), les apports souterrains des calcaires du Dogger peuvent changer du fait de différences de niveau piézométrique. Il est donc peu probable que le profil réagisse de manière linéaire à une telle variation.

¹ Le débit mesuré en WO11 pour le Woigot (ou VAL1 pour le Ruisseau de la Vallée) représente le débit de soutien pompé en amont. La localisation de ces stations de mesures se trouve en Annexe.

Tableau 1 : Profils hydrologiques et débits de soutien.

Profil hydrologique	Type de profil	Soutien de la mine de Tucquegnieux	Ecoulement gravitaire de la mine de St Pierremont
21/09/06	mesuré	160 L.s ⁻¹	-
08/09/03	mesuré	100 L.s ⁻¹	-
débits_08/09/03 - 25 L.s ⁻¹	fictif	75 L.s ⁻¹	-
débits_08/09/03 - 50 L.s ⁻¹	fictif	50 L.s ⁻¹	-
QMNA 5 sans soutien	calculé statistiquement	0 L.s ⁻¹	50 L.s ⁻¹

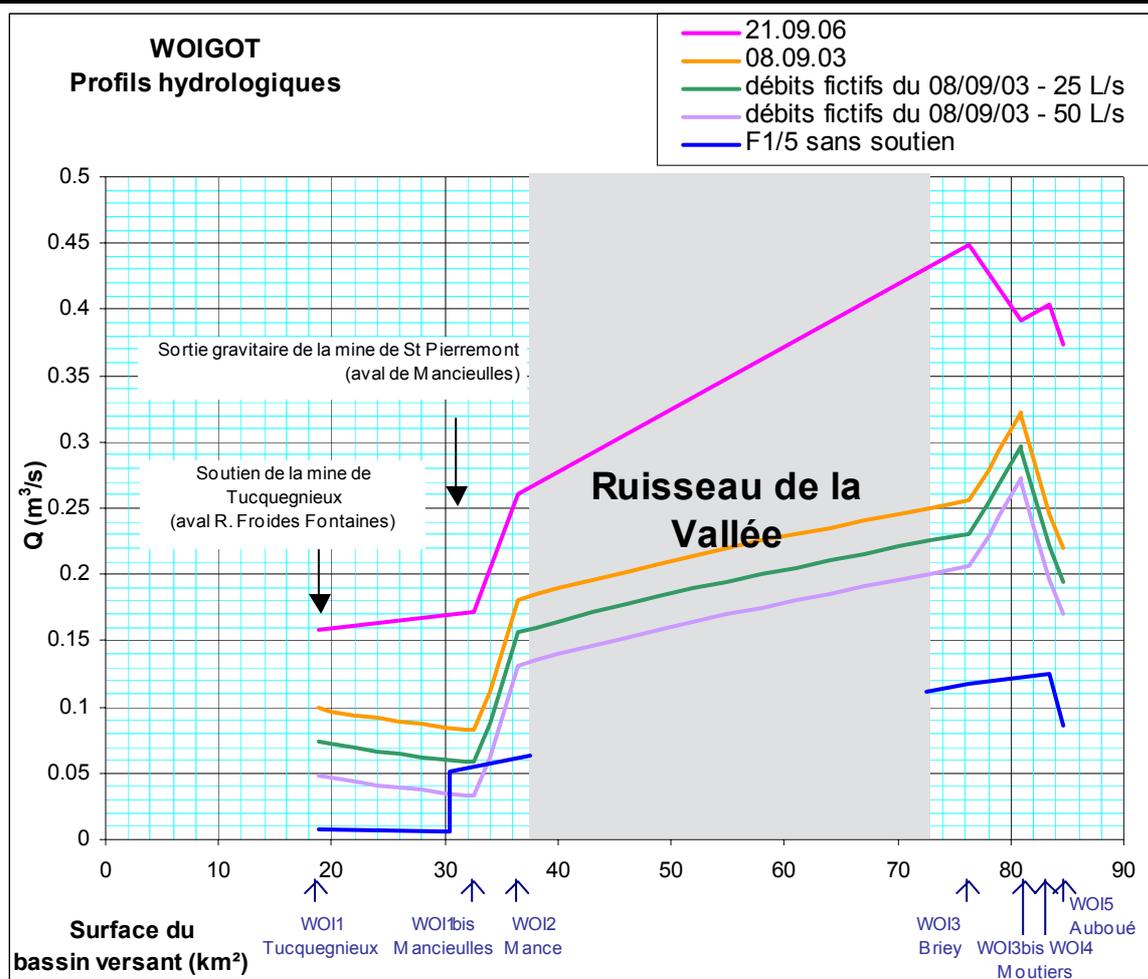


Figure 1 : Représentation des profils de débits mesurés et fictifs du Woigot. La surface grisée correspond aux apports du bassin versant du Ruisseau de la Vallée.

Le Ruisseau de la Vallée

Les profils de débits utilisés pour représenter le Ruisseau de la Vallée sont :

- le profil du 21 septembre 2006 représentant une situation actuelle avec un soutien de 115 L.s⁻¹ (GEREEA, 2006a) ;
- le profil du 8 septembre 2003 caractérisant un étiage avec un soutien de 90 L.s⁻¹ (GEREEA, 2006b) ;

- le profil du 18 juillet 2006 représentant une situation particulière de reprise d'un pompage à Anderny avec un soutien de 60 L.s^{-1} après une période d'arrêt de la pompe pendant plusieurs jours (GEREEA, 2006a) ;
- le profil du 14 septembre 2005 caractérisant un étiage avec un soutien de 40 L.s^{-1} (GEREEA, 2006b) ;
- un profil calculé statistiquement représentant la situation d'étiage quinquennal QMNA 5 sans pompage de soutien (Freyermuth, 2004).

Les informations sur ces profils du Ruisseau de la Vallée sont présentées dans le Tableau 2 et illustrées sur la Figure 2.

Tableau 2 : Profils hydrologiques et débits de soutien.

Profil hydrologique	Type de profil	Soutien de la mine d'Anderny
21/09/06	mesuré	115 L.s^{-1}
08/09/03	mesuré	90 L.s^{-1}
18/07/06	mesuré	60 L.s^{-1}
14/09/05	mesuré	40 L.s^{-1}
QMNA 5 sans soutien	calculé statistiquement	0 L.s^{-1}

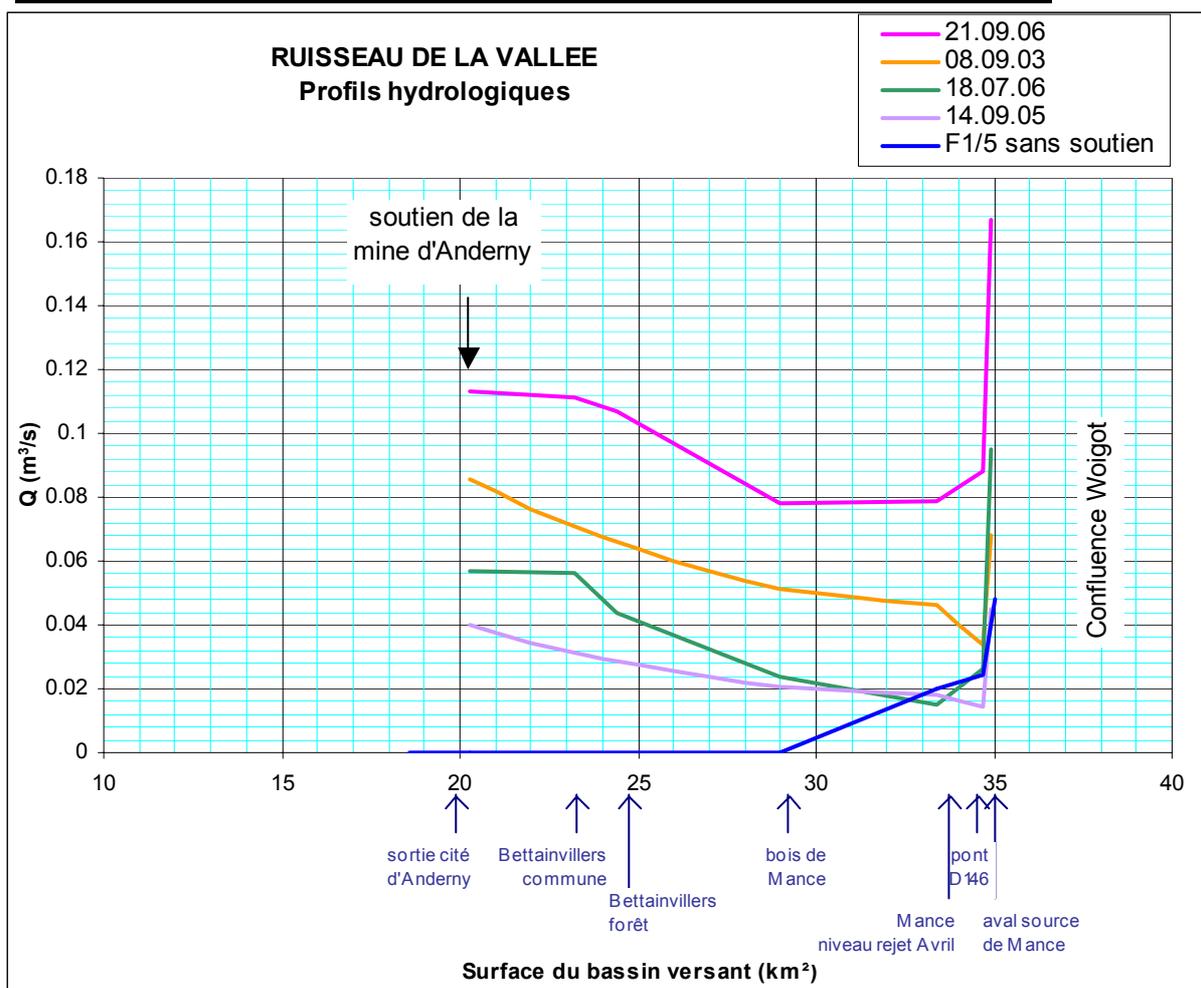


Figure 2 : Représentation des différents profils de débits du Ruisseau de la Vallée.

Les débits simulés

Les simulations hydrologiques avec le modèle PEGASE cherchent à reproduire au mieux les profils de débits présentés précédemment.

La qualité des simulations hydrologiques est jugée en premier lieu sur des critères graphiques en superposant les courbes de débits mesurés et simulés. Ensuite des critères numériques sont calculés, notamment le coefficient modifié de Nash-Sutcliffe (voir encadré). Ce coefficient E_m témoigne de l'ajustement des débits mesurés et prédits.

Le coefficient de **Nash-Sutcliffe** E et le coefficient modifié E_m sont définis par les formules suivantes (Legates et McCabe, 1999) :

$$E = 1 - \frac{\sum (obs - sim)^2}{\sum (obs - moy)^2}$$

$$E_m = 1 - \frac{\sum |obs - sim|}{\sum |obs - moy|}$$

avec *obs* la valeur observée, *sim* la valeur simulée et *moy* la moyenne des valeurs observées. Les coefficients sont compris entre +1 et $-\infty$, avec **1 la valeur optimale**.

Les graphiques des débits mesurés et simulés par PEGASE, présentés dans les annexes, montrent un très bon ajustement. Les coefficients modifiés de Nash-Sutcliffe sont également remarquables. Ils se situent entre 0,87 et 0,97 pour le Woigot, et entre 0,81 et 0,94 pour le Ruisseau de la Vallée (Tableau 3). Étant donné que les estimations graphiques et numériques montrent que l'efficacité du modèle semble très satisfaisante, on considère que le modèle PEGASE représente de façon adéquate l'hydrologie du Woigot et du Ruisseau de la Vallée. **Les simulations hydrologiques sont ainsi validées**. Il convient désormais d'examiner les hypothèses sur les rejets des collectivités et des autres acteurs du bassin.

Tableau 3 : Coefficients d'efficacité selon les différents profils hydrologiques simulés.

Cours d'eau	Profil hydrologique	Soutien de la mine de Tucquegnieux ou d'Anderny	coefficient modifié de Nash-Sutcliffe
Woigot	21/09/06	160 L.s ⁻¹	0,97
	08/09/03	100 L.s ⁻¹	0,91
	débits _{08/09/03} - 25 L.s ⁻¹	75 L.s ⁻¹	0,87
	débits _{08/09/03} - 50 L.s ⁻¹	50 L.s ⁻¹	0,87
	QMNA 5 sans soutien	0 L.s ⁻¹	0,91
Ruisseau de la Vallée	21/09/06	115 L.s ⁻¹	0,84
	08/09/03	90 L.s ⁻¹	0,81
	18/07/06	60 L.s ⁻¹	0,83
	14/09/05	40 L.s ⁻¹	0,84
	QMNA 5 sans soutien	0 L.s ⁻¹	0,94

1.2 Les hypothèses concernant les rejets des collectivités

Les rejets des collectivités tiennent compte de leur population et de leur éventuel raccordement à un ouvrage d'épuration collectif. Trois situations ont été envisagées :

- le stade actuel de l'assainissement à savoir les données de l'année 2006,
- une situation future en 2015 pour représenter l'effet des évolutions prévisibles de l'assainissement des collectivités sur la qualité physico-chimique des cours d'eau,
- et une situation 2009 comme étape intermédiaire des deux précédentes, en fonction des projets d'assainissement déjà identifiés.

Le Tableau 4 présente les hypothèses retenues pour les différentes simulations. Pour les situations 2006 et 2009, la population communale sans double compte du recensement de l'Insee de 1999 est retenue comme étant la population des communes du bassin du Woigot et du Ruisseau de la Vallée. Pour 2015, certaines communes voient leur population augmenter. Le raccordement à une station d'épuration et le taux de raccordement peuvent également évoluer avec le temps. Ces évolutions sont établies en fonction des programmes de travaux en cours et projetés par les collectivités.

Tableau 4 : Hypothèses sur les rejets des collectivités (population, raccordement à une station d'épuration) pour les simulations 2006, 2009 et 2015. (SE=station d'épuration)

Code INSEE	Nom de la Commune	Population 2006 et 2009	Population 2015	SE en 2006	Taux de raccordement en 2006	SE en 2009	Taux de raccordement en 2009	SE en 2015	Taux de raccordement en 2015
54015	Anderny	222	222		0.00		0.00	SE Anderny	1.00
54036	Avril	579	850	SE Briey	0.00	SE Briey	0.93	SE Briey	1.00
54066	Bettainvillers	155	200	SE Briey	0.93	SE Briey	0.93	SE Briey	1.00
54084	Mont-Bonvillers	955	955		0.00		0.00	SE Briey	1.00
54099	Briey	4858	5137	SE Briey	1.00	SE Briey	1.00	SE Briey	1.00
54302	Lantefontaine	685	707	SE Briey	0.85	SE Briey	0.85	SE Briey	1.00
54334	Mairy-Mainville	479	500	SE Briey	0.00	SE Briey	0.50	SE Briey	1.00
54337	Malavillers	134	134		0.00		0.00	Traitement approprié	0.00
54341	Mance	583	700	SE Briey	0.93	SE Briey	0.93	SE Briey	1.00
54342	Mancieulles	1419	1654	SE Briey	0.45	SE Briey	0.45	SE Briey	1.00
54391	Moutiers	1923	1923	SE Moyeuivre Grande	1.00	SE Moyeuivre Grande	1.00	SE Moyeuivre Grande	1.00
54533	Trieux	1853	1954	SE Briey	0.30	SE Briey	0.80	SE Briey	1.00
54536	Tucquegnieux	2726	2726	SE Briey	0.30	SE Briey	0.75	SE Briey	1.00

Les hypothèses concernant les types de station d'épuration, leurs capacités et leurs rendements sont renseignées dans le Tableau 5. Certains taux de collecte augmentent avec les années, tandis que les rendements restent identiques.

Tableau 5 : Hypothèses concernant les stations d'épuration pour les différentes simulations.

Code	Nom de la station	Capacité (en équivalent -habitants)	Type	Année de mise en service	Taux de collecte			Rendements (%)		
					2006	2009	2015	DCO	NTK	P
1483	SE Briey	16000	BA+N+P	2003	0.70	0.75	0.80	94	94	88
1599	SE Moyeuvre Grande	43500	BA+N+P	2005	0.70	0.70	0.80	92	90	81
2004	SE Anderny	250	FILTR	2010	0	0	0.80	75	68	21

1.3 Les hypothèses concernant les autres rejets

Dans le bassin du Woigot, aucun site industriel avec des rejets de pollution classique² n'est référencé dans la base GERE 2004 (déclaration annuelle des émissions polluantes - fournie par les DRIRE) concernant les sites industriels les plus polluants.

L'évaluation des rejets issus des élevages s'appuie sur une estimation du cheptel (Recensement Agricole 2000 de Agreste) et des mises aux normes évaluées en octobre 2005³ pour les simulations actuelles (soit 47 %). La totalité des élevages sont mis aux normes pour les simulations en 2009 et 2015.

Les apports diffus sont estimés à partir de l'occupation des sols CORINE land cover (IFEN, 2005) et des hydro-écorégions du bassin Rhin-Meuse, et sont considérés comme invariables.

² La pollution classique regroupe les matières organiques, l'azote et le phosphore.

³ Il s'agit d'une extraction de la base Interventions de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse réalisée le 20/09/05 pour les UGB mis aux normes.

2 Les résultats des simulations

Dix profils hydrologiques ont été établis précédemment à partir des données d'observations de débits, ou des représentations fictives de situation de soutien d'étiage, afin de disposer de situations hydrologiques correspondant à différents débits de soutien. À ces différentes conditions de débits peuvent être combinées trois situations d'assainissement. Cela génère quinze scénarios possibles par cours d'eau.

2.1 L'appréciation de la qualité physico-chimique des cours d'eau

Le modèle calcule les concentrations en carbone, azote, phosphore sur 188 points dans le bassin du Woigot et du Ruisseau de la Vallée et restitue une valeur journalière. Ces données sont alors exploitées et mises en relation avec les valeurs seuil de la circulaire relative au « bon état » (MEDD, 2005) en application de la Directive Cadre sur l'Eau. Pour la pollution classique, les seuils du « bon état » correspondent au seuil « Eau de bonne qualité » du SEQ-Eau (voir ci-dessous). Cet outil sera donc utilisé pour évaluer la qualité physico-chimique des cours d'eau.

Les concentrations en matières organiques et nutriments sont regroupées en altérations (Matières Organiques et Oxydables, Matières Azotées et Matières Phosphorées) et représentées sur des graphiques par un indice variant de 0 à 100. Le bon état se situe à 60 points d'indice, pour des valeurs inférieures le bon état n'est pas atteint. Pour l'examen des résultats, seuls les indices obtenus pour les Matières Azotées et Phosphorées seront présentés car ces paramètres sont les plus pénalisants sur les cours d'eau concernés.

Le Système d'Évaluation de la Qualité de l'Eau SEQ-Eau (Simonet, 2001)

Le principe général de cet outil est d'évaluer une eau selon sa qualité physico-chimique ou selon l'aptitude de l'eau aux usages (ex. production d'eau potable, etc.) ainsi qu'à la biologie.

Les concentrations mesurées sont confrontées à des limites de classes notamment établies sur la base de recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et converties en **indices de qualité**. Ces indices permettent de juger de la qualité de l'eau pour un paramètre, une altération (en retenant l'indice le plus faible obtenu pour l'ensemble des paramètres de l'altération) ou un ensemble d'altérations (en retenant l'indice le plus faible obtenu pour l'ensemble des altérations considérées).

Classe	Indice de qualité	Définition de la classe de qualité
Bleu	80 à 100	Eau de très bonne qualité
Vert	60 à 79	Eau de bonne qualité
Jaune	40 à 59	Eau de qualité moyenne
Orange	20 à 39	Eau de qualité médiocre
Rouge	0 à 19	Eau de mauvaise qualité

Quatre systèmes d'évaluation ont été développés ou sont en cours de développement afin d'apprécier la qualité de l'eau en fonction du milieu étudié (Eaux souterraines, Cours d'eau, Plans d'eau, Littoral). Le SEQ-Cours d'eau se décline quant à lui en 3 volets dont le **SEQ-«Eau»** qui évalue la qualité physico-chimique des eaux courantes.

Les **matières organiques et oxydables** (MOOX) sont des matières organiques d'origine biologique qui proviennent principalement des eaux usées domestiques ou industrielles, mais aussi agricoles. Elles sont indicatrices du bilan en oxygène des eaux. Leur dégradation consomme de l'oxygène, la teneur des MOOX dans l'eau traduit ainsi la disponibilité de l'oxygène pour la vie aquatique.

Les **matières azotées** proviennent des eaux usées domestiques et industrielles, et dans une moindre mesure des contaminations agricoles ; elles contribuent à l'eutrophisation des cours d'eau. Elles caractérisent le niveau d'enrichissement des eaux en azote. Les polluants suivis dans le SEQ-Eau correspondent aux formes réduites de l'azote issues de la dégradation des matières organiques dans les milieux aquatiques comme l'ammoniac ou encore les nitrites.

Les **matières phosphorées** proviennent essentiellement des eaux usées domestiques et des activités agricoles (élevages, viticulture). Un excès de phosphore entraîne une eutrophisation des cours d'eau. Cette altération permet donc d'identifier les secteurs à risque vis-à-vis de l'eutrophisation.

2.2 La situation actuelle

Les résultats des simulations avec les hypothèses d'assainissement actuel peuvent être comparés aux résultats des réseaux de mesures du Réseau de suivi de la qualité des eaux superficielles du bassin Rhin-Meuse (RNB), et du Réseau des Bassins Miniers nord-lorrains de suivi de la qualité des eaux (RBM) pour des sites voisins à des dates comparables.

Le Woigot

LA VALIDATION AVEC LES DONNEES MESUREES

Les mesures du 26 août 2003 et du 2 septembre 2003 peuvent être confrontées à la simulation réalisée avec le profil hydrologique du Woigot du 8 septembre 2003 caractérisant un étiage avec un soutien de 100 L.s^{-1} (« soutien de 100 L.s^{-1} » sur la Figure 3 et la Figure 4).

La qualité mesurée au point RNB de Briey (mesures du 2 septembre 2003) est très bien représentée par la simulation, tant pour les matières azotées que les matières phosphorées. Les matières phosphorées à Tucquegnieux et à Mance sont reproduites convenablement (Figure 4). Par contre, à Tucquegnieux et à Mance, les mesures en azote du 26 août 2003 correspondent moins bien aux simulations réalisées avec le profil du 8 septembre 2003 (Figure 3). Deux épisodes pluvieux ont eu lieu entre les deux périodes et ont pu modifier les conditions de débits, ce qui expliquerait une qualité observée inférieure à la qualité simulée.

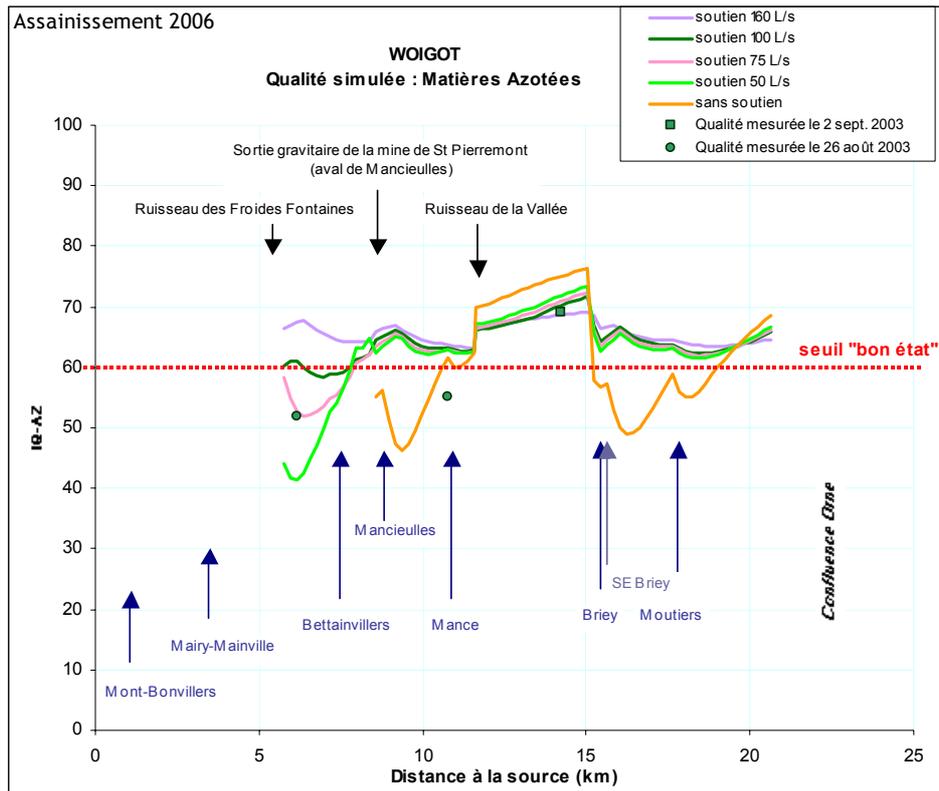


Figure 3 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Woigot en l'état actuel de l'assainissement, selon les différentes conditions hydrologiques.

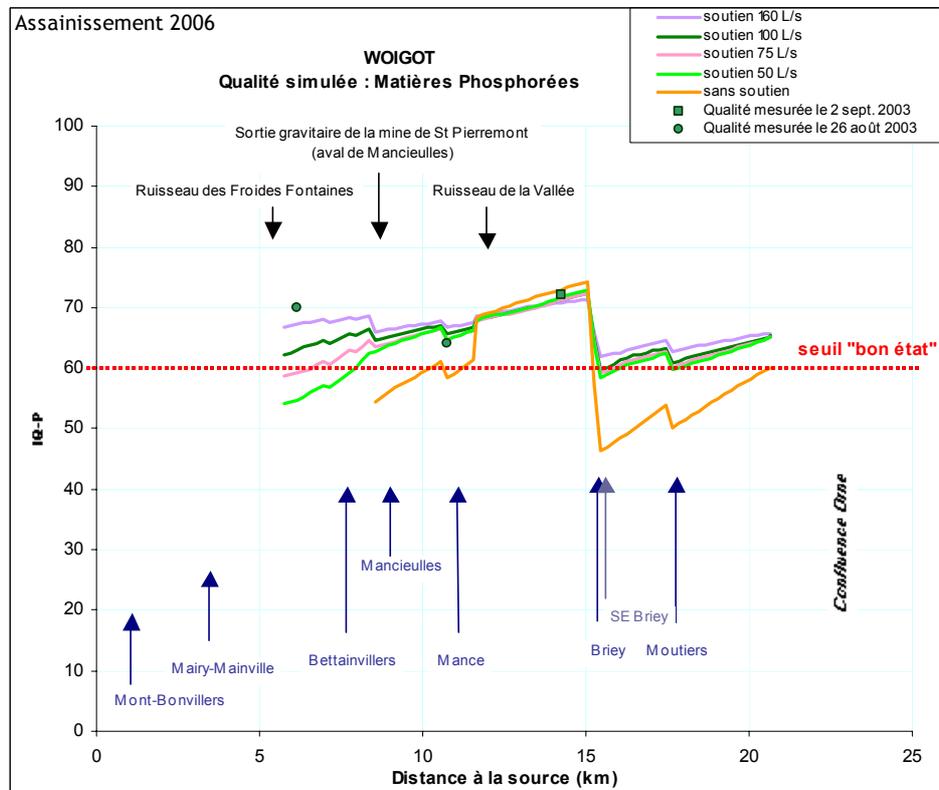


Figure 4 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Woigot en l'état actuel de l'assainissement, selon les différentes conditions hydrologiques.

L'ANALYSE DES RESULTATS POUR LE WOIGOT

En observant la Figure 3, on remarque qu'après la confluence avec le Ruisseau de la Vallée, l'indice Matières Azotées de la simulation « sans soutien » est de trois à quatre points supérieur aux indices des autres simulations avec soutien. Du fait de l'assec de la partie amont, les rejets des communes de Mont-Bonvillers, Mairy-Mainville et Bettainvillers s'infiltrent dans le sous-sol et ne sont pas pris en compte par le modèle dans les eaux de surface, alors qu'ils le sont dans les autres situations. Le même phénomène se reproduit pour les matières phosphorées (Figure 4). Cela se traduit (dans le modèle) par un indice légèrement plus élevé dans le cas de l'absence de soutien.

Dans des conditions d'assainissement reflétant la situation actuelle, les rejets domestiques des différentes communes dans le Woigot dégradent la qualité physico-chimique de ce cours d'eau.

En l'absence de soutien d'étiage, le tronçon entre Tucquenieux et Mancieulles (2,5 km) est à sec, et de fortes dégradations de la qualité peuvent être observées en amont du recoupement de la surface piézométrique de la nappe du Dogger (entre Mancieulles et Mance) et plus en aval après les rejets de la commune de Briey et de sa station d'épuration.

En présence de soutien, le bon état n'est atteint à l'amont de Mancieulles que lorsque le débit de soutien est supérieur à $100 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ pour les matières azotées et $75 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ pour les matières phosphorées.

Le Ruisseau de la Vallée

LA VALIDATION AVEC LES DONNEES MESUREES

La simulation réalisée avec le profil du 14 septembre 2005 caractérisant un étiage avec un soutien de 40 L.s^{-1} correspond très bien aux mesures réalisées le 6 septembre 2005, tant pour les matières azotées (Figure 5) que pour les matières phosphorées (Figure 6).

Les mesures du 26 août 2003 et du 23 septembre 2003 peuvent être comparées à la simulation réalisée avec le profil du 8 septembre 2003 caractérisant un étiage avec un soutien de la mine d'Anderny de 90 L.s^{-1} . Les matières azotées mesurées sont en très bonne corrélation avec les simulations. Par contre, juste avant la confluence avec le Woigot, la correspondance est moins marquée pour les matières phosphorées. Les hypothèses concernant l'assainissement peuvent être à l'origine de cette différence : la simulation est réalisée avec des données d'assainissement de 2006, tandis que les mesures de terrain sont réalisées en 2003. Notamment le raccordement en 2005 d'une partie de Tucquegnieux à la station d'épuration de Briey pourrait expliquer ces différences qui se poursuivent vers l'aval.

L'ANALYSE DES RESULTATS POUR LE RUISSEAU DE LA VALLEE

En l'absence de soutien, un assec est observé sur 5 km jusqu'au niveau de la commune d'Avril. Dans des conditions d'assainissement reflétant la situation actuelle, de fortes dégradations de la qualité peuvent ensuite être observées à l'aval.

Avec un soutien d'étiage, un indice de qualité physico-chimique médiocre à moyen peut être observé sur le Ruisseau de la Vallée, quel que soit le débit de soutien de la mine d'Anderny. Cette dégradation est d'autant plus forte que le soutien est faible.

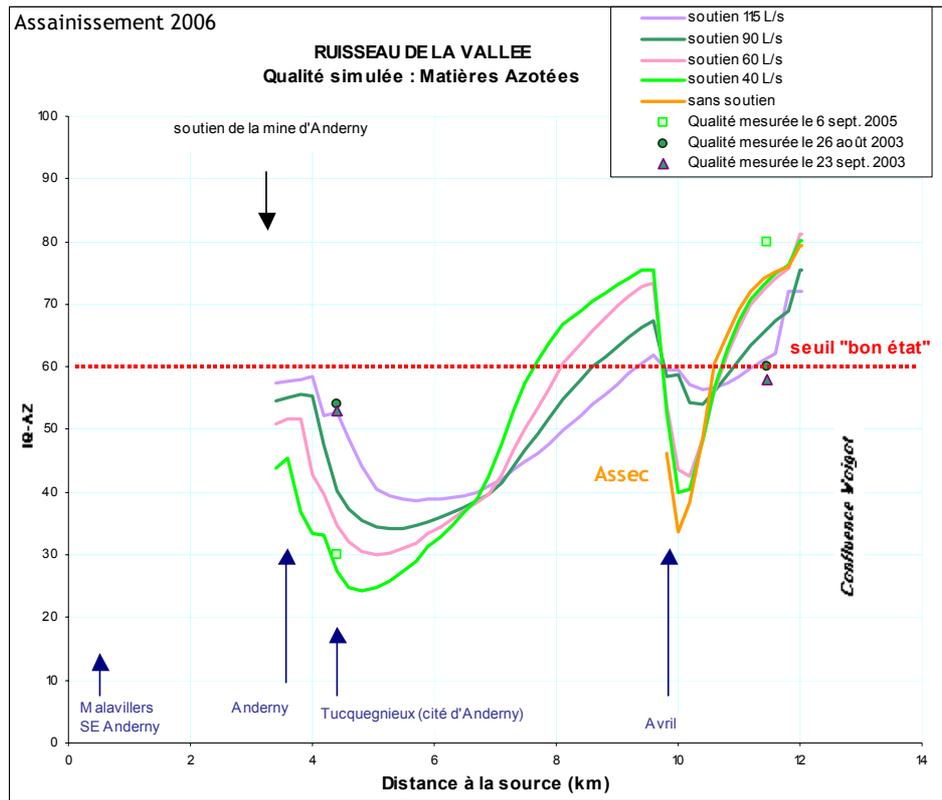


Figure 5 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Ruisseau de la Vallée en l'état actuel de l'assainissement, selon les différentes conditions hydrologiques.

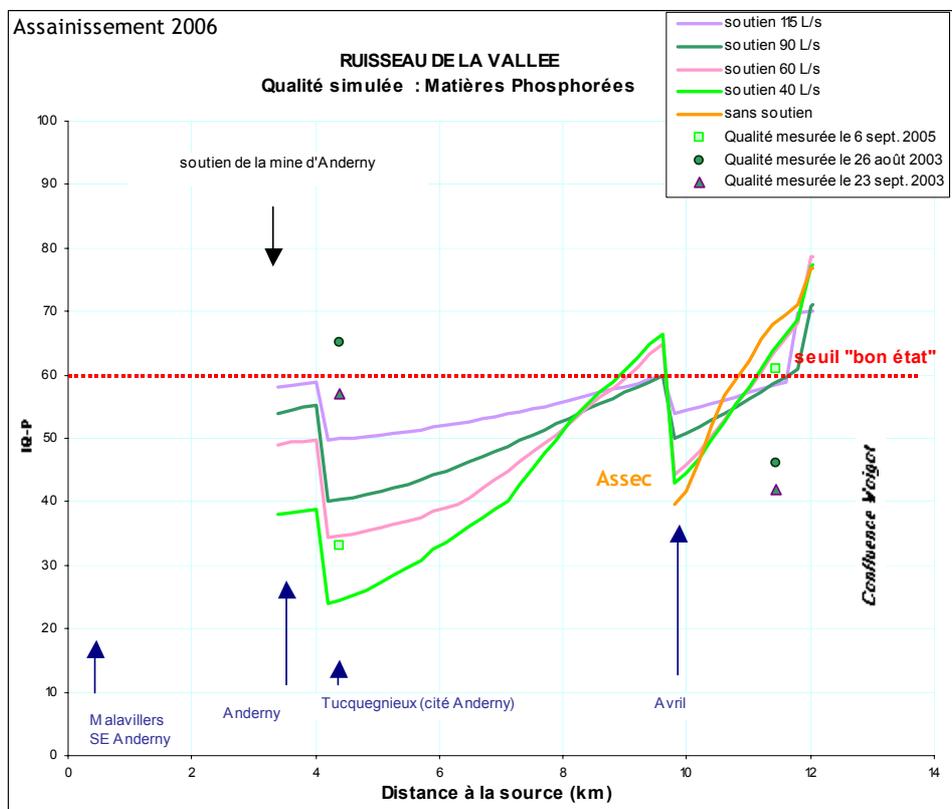


Figure 6 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Ruisseau de la Vallée en l'état actuel de l'assainissement, selon les différentes conditions hydrologiques.

2.3 La situation intermédiaire 2009

Une situation intermédiaire entre l'état actuel et l'horizon 2015 a été simulée afin d'examiner l'évolution de la qualité des eaux de surface par rapport à la situation actuelle. L'assainissement en 2009 se caractérise par de nouveaux raccordements des communes d'Avril et Mairy-Mainville vers la station d'épuration de Briey ainsi que par l'amélioration de son taux de collecte, et l'augmentation du raccordement de Tucquegnieux vers cette même station d'épuration.

En l'absence de soutien, les conditions d'assec restent identiques à celles observées en 2006, puisque les débits utilisés sont inchangés.

Lorsqu'un soutien de débit est mis en œuvre, les nouvelles conditions d'assainissement produisent une amélioration significative de la qualité des deux cours d'eau, sans permettre toutefois l'atteinte du bon état sur l'ensemble du linéaire.

Sur le Woigot, on observe un indice de bonne qualité en amont de Briey mais à l'aval le seuil « bon état » est tout juste atteint pour les matières phosphorées sur un tronçon de 1 km (Figure 7 et Figure 8). Sur le Ruisseau de la Vallée, la qualité simulée reste moyenne sur un tronçon de 2 km en amont, dans les situations de soutien inférieur à $115 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, tandis qu'à l'aval le seuil de bon état est respecté (Figure 9 et Figure 10).

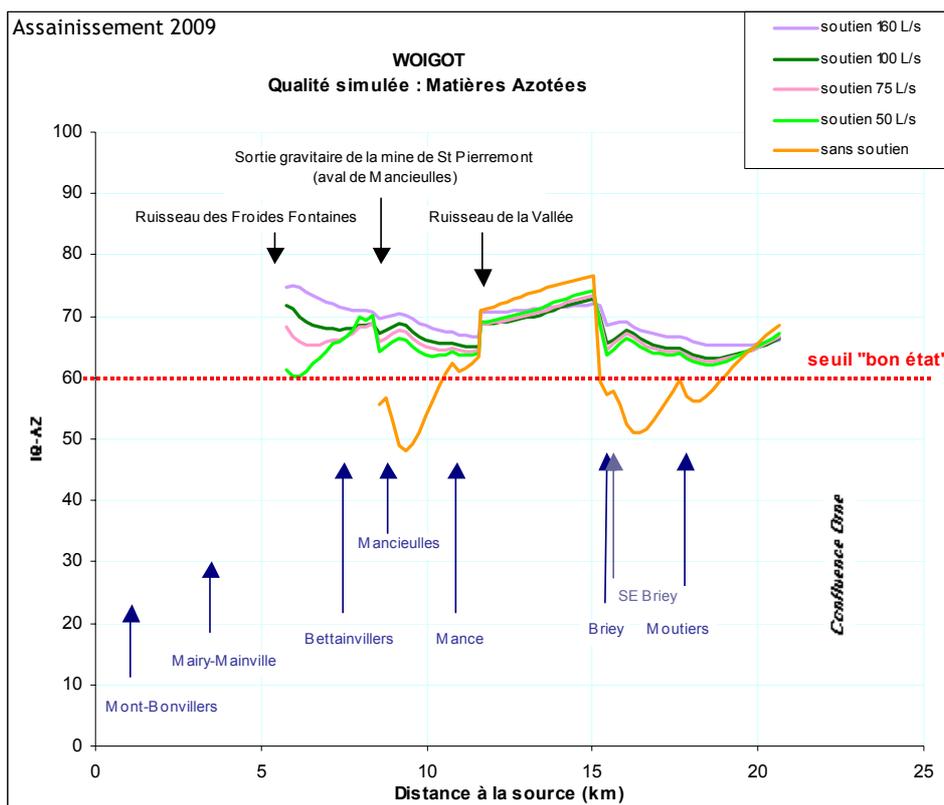


Figure 7 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Woigot à l'horizon 2009, selon les différentes conditions hydrologiques.

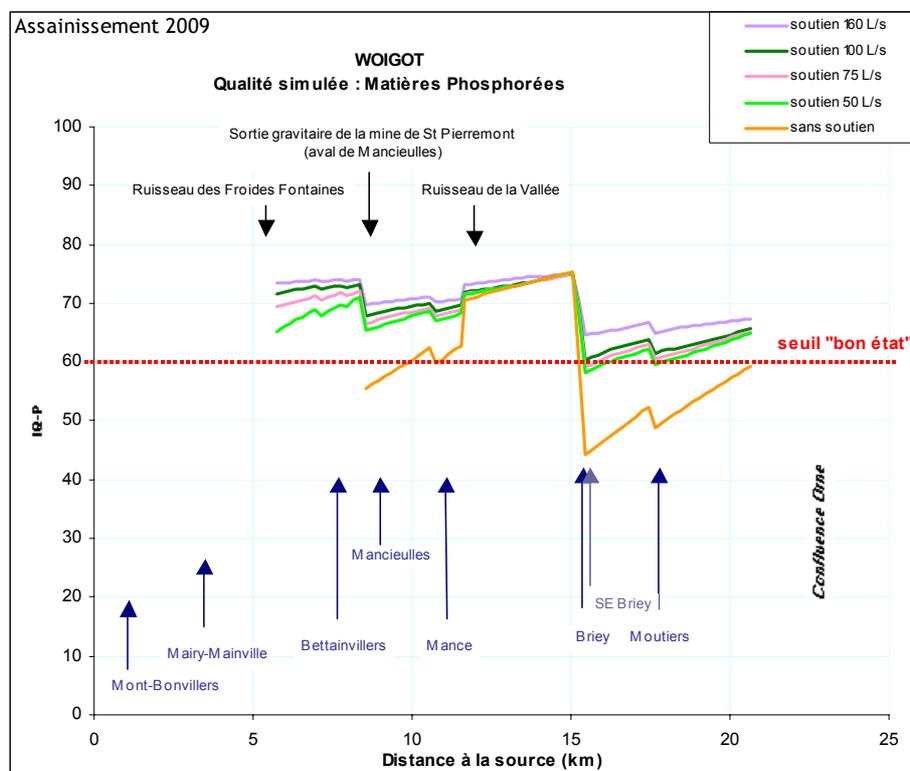


Figure 8 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Woigot à l'horizon 2009, selon les différentes conditions hydrologiques.

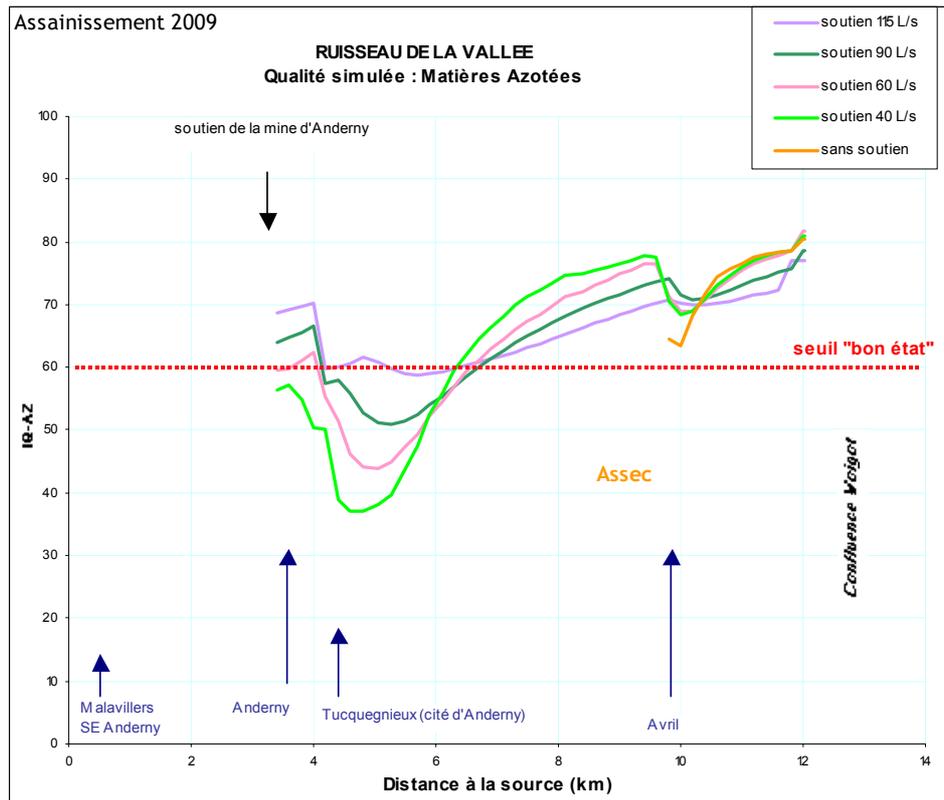


Figure 9 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Ruisseau de la Vallée à l'horizon 2009, selon les différentes conditions hydrologiques.

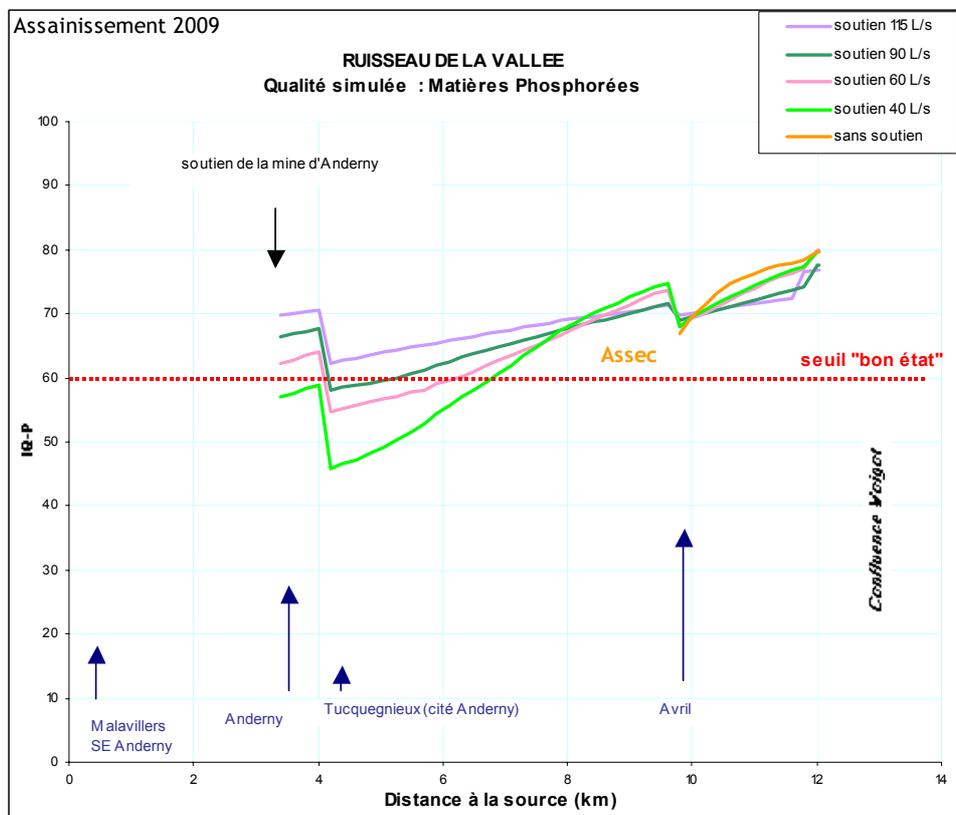


Figure 10 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Ruisseau de la Vallée à l'horizon 2009, selon les différentes conditions hydrologiques.

2.4 La situation à l'horizon 2015

Le Woigot

Dans les conditions d'assainissement projetées en 2015, les rejets domestiques des différentes communes vers le Woigot dégradent moins la qualité physico-chimique de ce cours d'eau (Figure 11 et Figure 12). Toutefois, une forte diminution de l'indice de qualité peut être observée en aval des rejets de la commune de Briey et de sa station d'épuration.

En l'absence de soutien, il subsiste un tronçon à sec sur 2,5 km à l'amont de Mancieulles, et la qualité est inférieure au seuil de bon état à l'aval de Briey sur 3 km.

En présence de soutien, un indice de bonne qualité est observé jusqu'à Briey. À l'aval, sur un petit tronçon inférieur à 2 km, la qualité vis-à-vis des matières phosphorées est très proche du seuil de bon état pour un soutien inférieur à 100 L.s⁻¹. Compte tenu des marges d'incertitudes du modèle, le bon état peut être considéré comme globalement atteint sur l'ensemble du linéaire avec un soutien compris entre 50 et 100 L.s⁻¹.

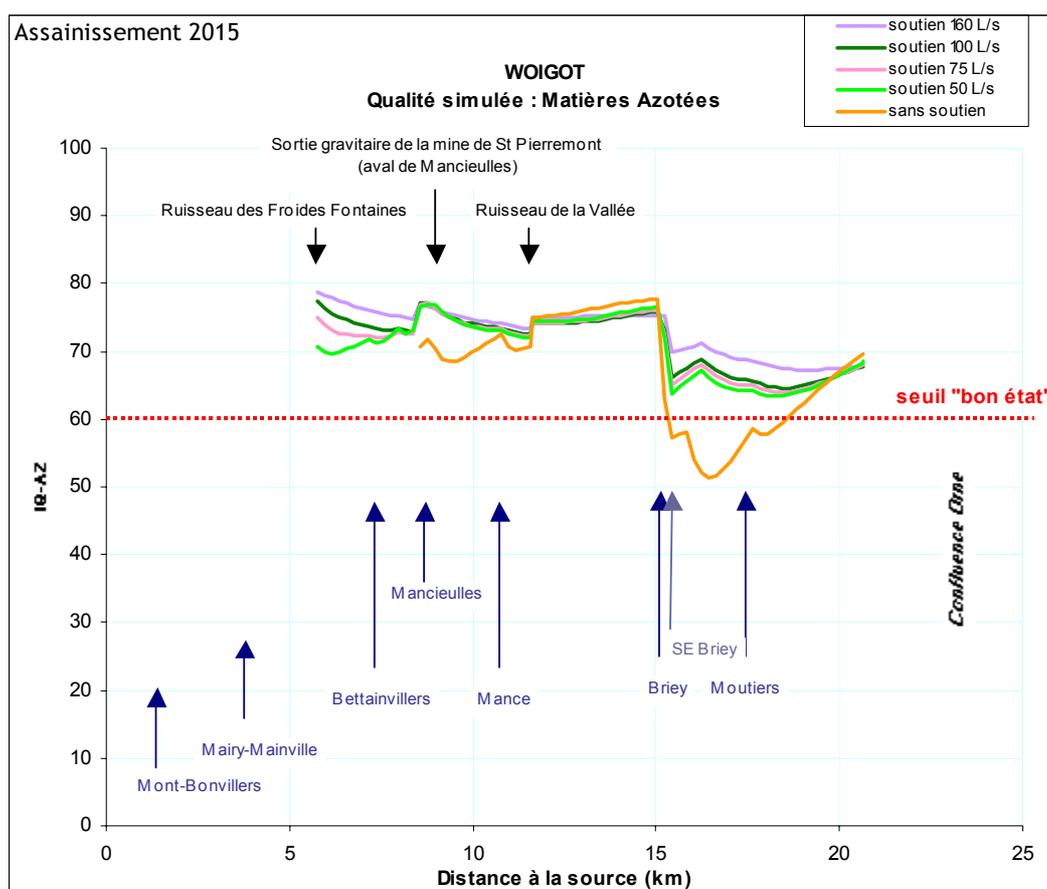


Figure 11 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Azotées du Woigot à l'horizon 2015, selon les différentes conditions hydrologiques.

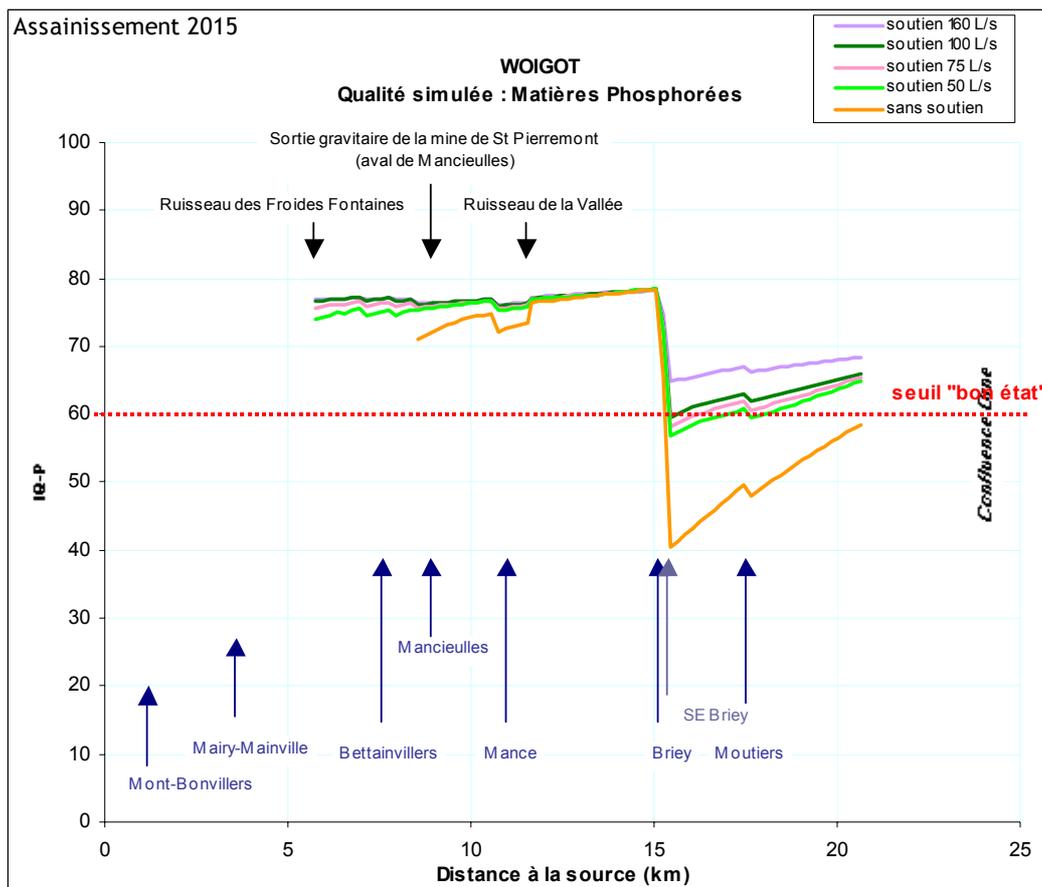


Figure 12 : Profil des indices de qualité de l'altération Matières Phosphorées du Woigot à l'horizon 2015, selon les différentes conditions hydrologiques.

Le Ruisseau de la Vallée

En 2015, si les conditions d'assainissement présentées précédemment sont respectées, les rejets domestiques des différentes communes du Ruisseau de la Vallée impactent moins la qualité physico-chimique de ce cours d'eau (Figure 13 et Figure 14).

Toutefois, en l'absence de soutien, il subsiste un assec sur 5 km en amont d'Avril.

En présence de soutien, une bonne qualité du ruisseau peut être observée sur la totalité de son linéaire avec un soutien à $60 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$. Dans le cas d'un soutien à $40 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, le seuil du bon état est globalement respecté à l'exception d'un tronçon de 1 km pour les matières azotées.

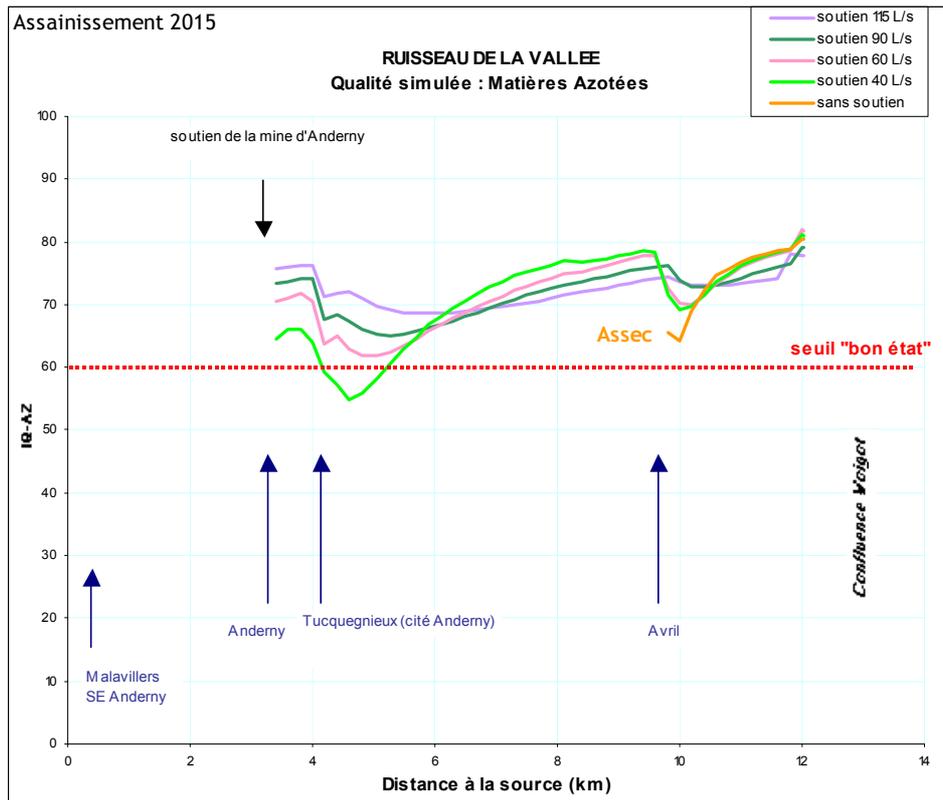


Figure 13 : Profil des indices de qualité de l'altération Matière Azotées du Ruisseau de la Vallée à l'horizon 2015, selon les différentes conditions hydrologiques.

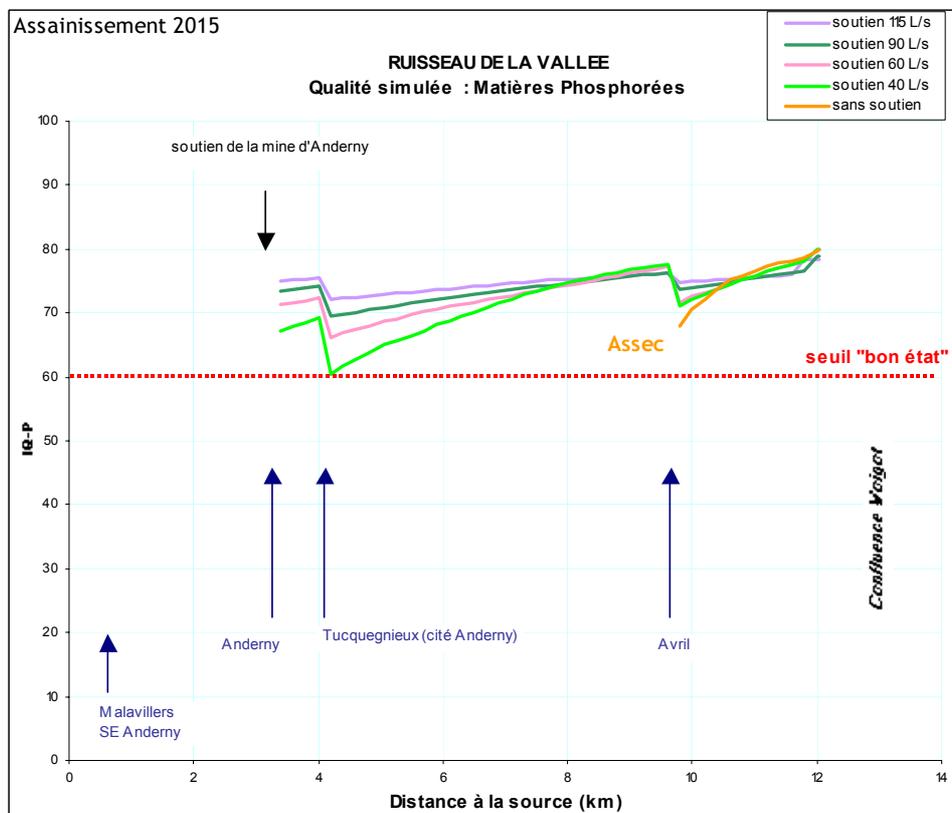


Figure 14 : Profil des indices de qualité de l'altération Matière Phosphorées du Ruisseau de la Vallée à l'horizon 2015, selon les différentes conditions hydrologiques.

3 Les conclusions

Le logiciel PEGASE (Smitz *et al.*, 1997) a été utilisé afin d'évaluer la qualité du Woigot et du Ruisseau de la Vallée vis-à-vis des éléments physico-chimiques soutenant la biologie, c'est-à-dire une des composantes de l'état écologique des cours d'eau au sens de la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE.

Divers profils hydrologiques ont été simulés afin de reproduire des conditions différentes de soutien d'étiage. La qualité de ces simulations hydrologiques a été évaluée dans un premier temps sur des critères graphiques en superposant les courbes de débits mesurés et simulés, puis ensuite sur des critères numériques (coefficients modifiés de Nash-Sutcliffe entre 0,87 et 0,97 pour le Woigot et entre 0,81 et 0,94 pour le Ruisseau de la Vallée). Ainsi les estimations graphiques et les estimations numériques montrent la très bonne efficacité du modèle PEGASE dans la représentation de l'hydrologie du bassin du Woigot et du Ruisseau de la Vallée.

Des simulations ont été réalisées pour différentes conditions de soutien d'étiage, en 2006 (situation actuelle), en 2009 et en 2015, afin d'examiner les effets de l'évolution prévisible de l'assainissement des collectivités sur la qualité des eaux de surface. Une validation des résultats du modèle a été effectuée en comparant les simulations des conditions actuelles de l'assainissement avec des données mesurées dans le cadre des réseaux de mesures du Réseau de suivi de la qualité des eaux superficielles du bassin Rhin-Meuse (RNB), et du Réseau des Bassins Miniers nord-lorrains de suivi de la qualité des eaux (RBM). La convergence des résultats a montré l'efficacité du modèle à reproduire la qualité des eaux superficielles.

Les scénarios d'assainissement ont été définis sur la base d'hypothèses réalistes fondées sur les programmes en cours et sur les projets envisagés par les collectivités. Ainsi à l'horizon 2015, il est supposé que l'ensemble des communes du bassin sont raccordées à une station d'épuration (Briey, Moyeuvre Grande ou Anderny), avec un taux de collecte de 80 %, ou ont mis en place un traitement approprié (cas de Malavillers).

Les simulations réalisées fournissent des éléments d'appréciation utiles à la détermination des conditions minimales d'écoulement compatibles avec une qualité physico-chimique répondant aux critères de bon état des masses d'eau. Les conclusions de la modélisation sont les suivantes :

- En l'absence de soutien, les situations d'assec observées autant sur le Woigot en amont de Mancieulles que sur le Ruisseau de la Vallée en amont d'Avril, conduiraient à des situations très dégradées sur ces tronçons même après achèvement de toutes les actions d'assainissement envisagées, et le bon état ne pourrait être obtenu sur le Woigot à l'aval de Briey. Ainsi, la mise en œuvre d'un soutien d'étiage est nécessaire à l'obtention d'une qualité conforme au bon état sur le Woigot et sur le ruisseau de la Vallée ;
- L'atteinte du bon état des eaux superficielles en 2015 apparaît possible, pour la composante physico-chimique, sur la quasi totalité du linéaire des deux cours d'eau, avec un débit minimum de soutien de 50 L.s^{-1} sur le ruisseau des Froides Fontaines, affluent du Woigot, et de 40 L.s^{-1} sur le ruisseau de la Vallée.

En période intermédiaire et dans l'attente de l'achèvement des actions d'assainissement nécessaires, un soutien à un débit plus élevé permet d'améliorer significativement la situation.

Pour la détermination des débits de soutien effectifs à mettre en œuvre à partir de 2007, il conviendrait d'intégrer par ailleurs une certaine marge de sécurité en raison des limites de précision du modèle, et des incertitudes qui subsistent sur l'évolution réelle des pressions de pollution (tendance assez forte à l'augmentation de la population sur le secteur), et sur le comportement hydrologique des cours d'eau en situation de sécheresse prolongée. En effet, les phénomènes de pertes sont mal connus notamment sur le Woigot pour un soutien inférieur à 100 L.s^{-1} . Par contre sur le Ruisseau de la Vallée, les situations de faible débit ont été observées à plusieurs reprises et sont donc mieux connues sur des périodes de courtes durées.

Les résultats de cette étude fournissent des éléments qui pourront être pris en compte pour définir les objectifs à fixer pour ces cours d'eau dans le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) et le SDAGE en cours d'élaboration.

4 Les références bibliographiques

AGRESTE, 2000. Recensement agricole 2000.

Freyermuth Aline, 2004. Réactualisation des débits caractéristiques d'étiage des cours d'eau du bassin ferrifère : Le bassin versant de l'Orne. Rapport de stage du DESS Gestion Intégrée des Ressources en Eaux Continentales, Mention Hydrologie - Hydrogéologie, 61 p. et annexes.

GEREEA, 2006a. Suivi de l'évolution des débits d'étiage des principaux cours d'eau d'eau du bassin ferrifère et élaboration des profils hydrologiques lissés des cours d'eau mesurés. Rapport 2006. Agence de l'Eau Rhin-Meuse. 17 p. et annexes.

GEREEA, 2006b. Synthèse de l'exploitation des résultats des campagnes d'étiage du Bassin Ferrifère effectuées en 2003, 2004 et 2005. Agence de l'Eau Rhin-Meuse. 71 p.

IFEN, 2005. L'utilisation de CORINE land cover 2000. Département des méthodes données et transfert. Unité administration et traitement des données. N° réf DMDS/UATD/FB/05-026.

Legates D. R. et McCabe G. J. J., 1999. Evaluating the use of "goodness-of-fit" measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. Water Resources Research, n° 35(1), p. 233-241.

MEDD, 2005. Circulaire DCE n° 2005-12 du 28 juillet 2005 relative à la définition du « bon état » et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau, plans d'eau), en application de la directive européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000, ainsi qu'à la démarche à adopter pendant la phase transitoire (2005-2007). BOMEDD n° 05/19 du 15 octobre 2005.

Simonet F., 2001. Le nouveau système d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières : le SEQ-EAU. Adour Garonne Revue de l'Agence de l'Eau, n° 81, p. 7-9.

Smitz J., Everbecq E., Deliège J.-F., Descy J.-P., Wollast R., Vanderborcht J.-P. (1997). PÉGASE, une méthodologie et un outil de simulation prévisionnelle pour la gestion de la qualité des eaux de surface. Tribune de l'Eau, vol 50 (588), p. 73-82.

x soutien du Ruisseau de la Vallée

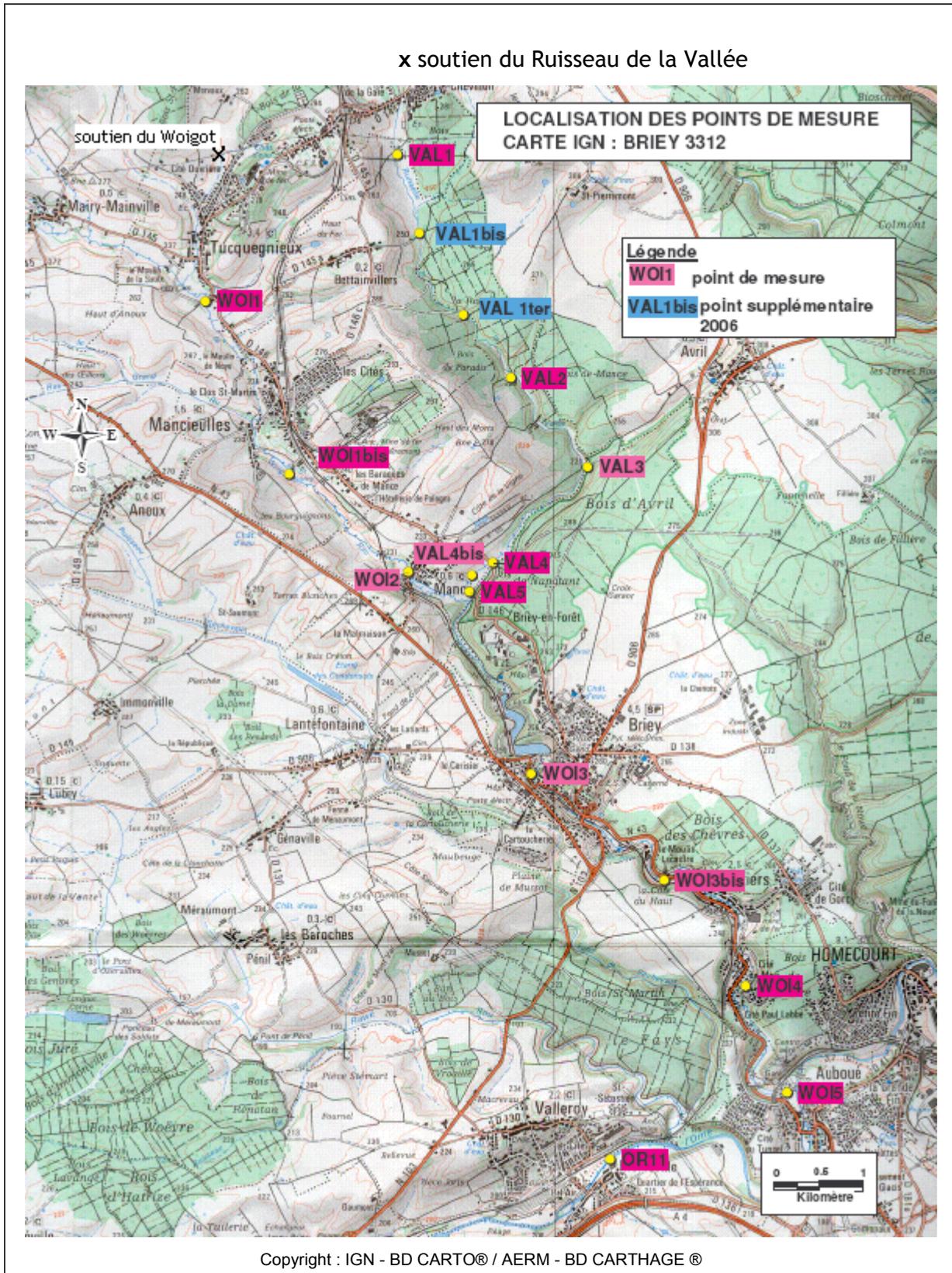


Figure 15 : Localisation des points de mesure des débits du Woigot et du Ruisseau de la Vallée (GEREEA, 2006b).

Les profils du Woigot

Les profils de débits mesurés et simulés, qui ont été utilisés pour modéliser la qualité des eaux superficielles du Woigot avec différentes conditions de soutien d'étiage, sont représentés sur :

- Figure 16 : profil du 21 septembre 2006 représentant une situation actuelle avec un soutien de 160 L.s^{-1} vers le ruisseau des Froides Fontaines (GEREEA, 2006a) ;
- Figure 17 : profil du 8 septembre 2003 caractérisant un étiage avec un soutien de 100 L.s^{-1} (GEREEA, 2006b);
- Figure 18 : profil fictif du 8 septembre 2003 obtenu en ôtant 25 L.s^{-1} tout le long du profil, ce qui équivaut à un soutien de 75 L.s^{-1} vers le ruisseau des Froides Fontaines ;
- Figure 18 : profil fictif du 8 septembre 2003 obtenu en ôtant 50 L.s^{-1} tout le long du profil, ce qui équivaut à un soutien de 50 L.s^{-1} ;
- Figure 21 : profil représentant la situation d'étiage QMNA 5 avec un arrêt des exhaures et un écoulement gravitaire de 50 L.s^{-1} vers le Woigot (Freyermuth, 2004).

Les profils du Ruisseau de la Vallée

Les profils de débits utilisés mesurés et simulés, qui ont été utilisés pour modéliser la qualité des eaux superficielles du Ruisseau de la Vallée avec différentes conditions de soutien d'étiage, sont représentés sur :

- Figure 16 : profil du 21 septembre 2006 représentant une situation actuelle avec un soutien de 115 L.s^{-1} (GEREEA, 2006a) ;
- Figure 17 : profil du 8 septembre 2003 caractérisant un étiage avec un soutien de 90 L.s^{-1} (GEREEA, 2006b) ;
- Figure 19 : profil du 18 juillet 2006 représentant une situation particulière de reprise d'un pompage à Anderny avec un soutien de 60 L.s^{-1} après une période d'arrêt de la pompe pendant plusieurs jours (GEREEA, 2006a) ;
- Figure 20 : profil du 14 septembre 2005 caractérisant un étiage avec un soutien de 40 L.s^{-1} (GEREEA, 2006b) ;
- Figure 21 : profil représentant la situation d'étiage QMNA 5 avec un arrêt des exhaures (Freyermuth, 2004).

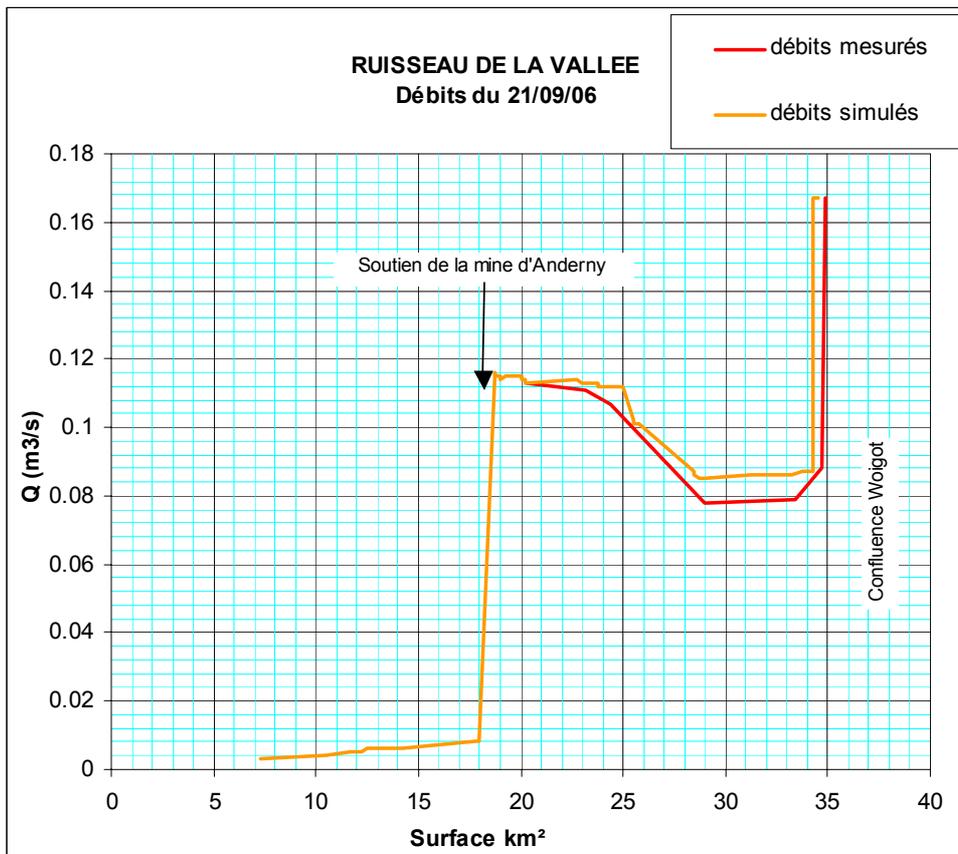
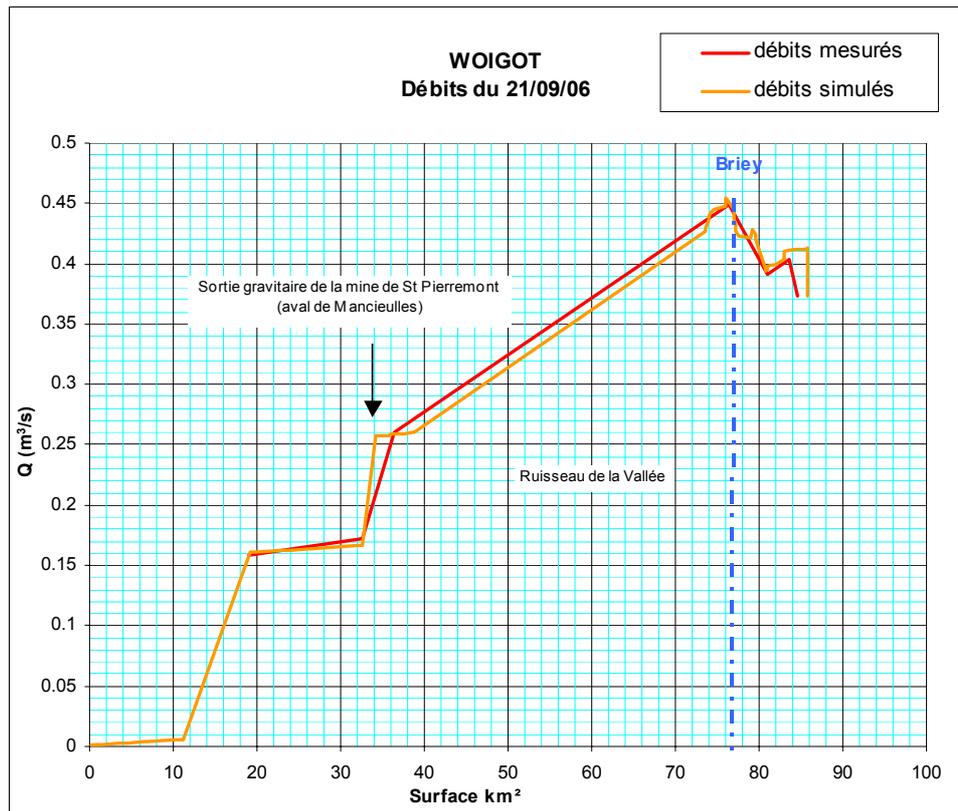


Figure 16 : Représentation des profils des débits mesurés le 21 septembre 2006 du Woigot et du Ruisseau de la Vallée et des débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions.

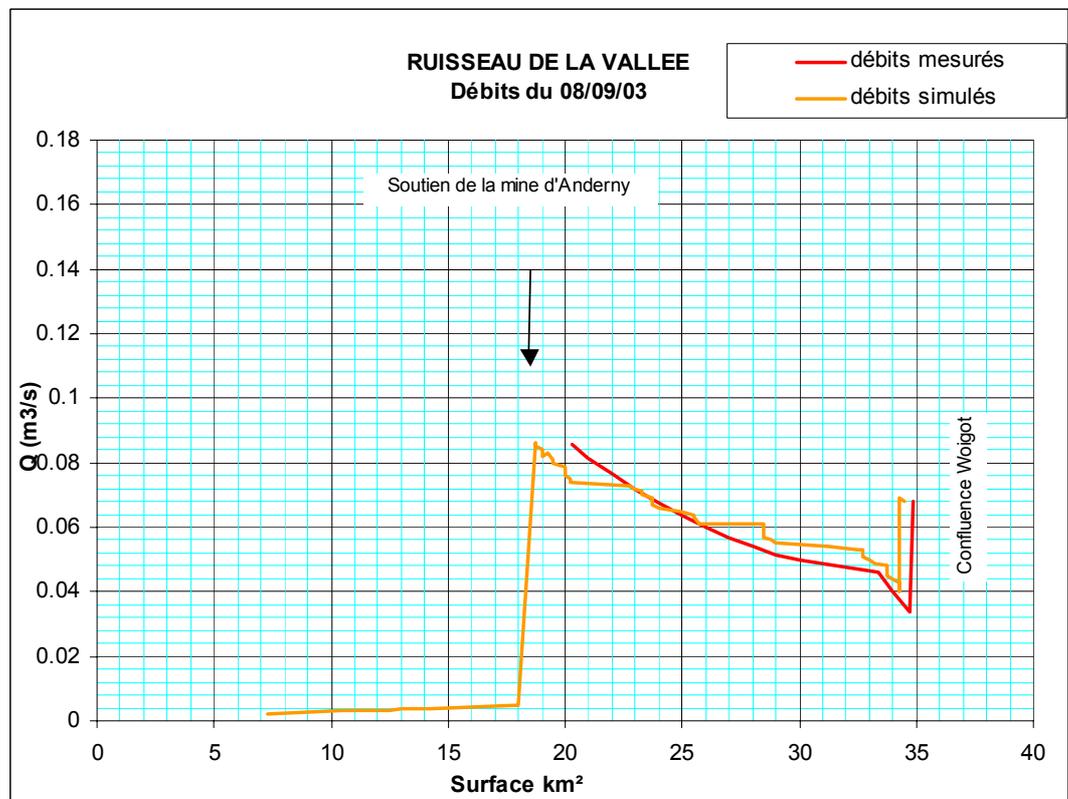
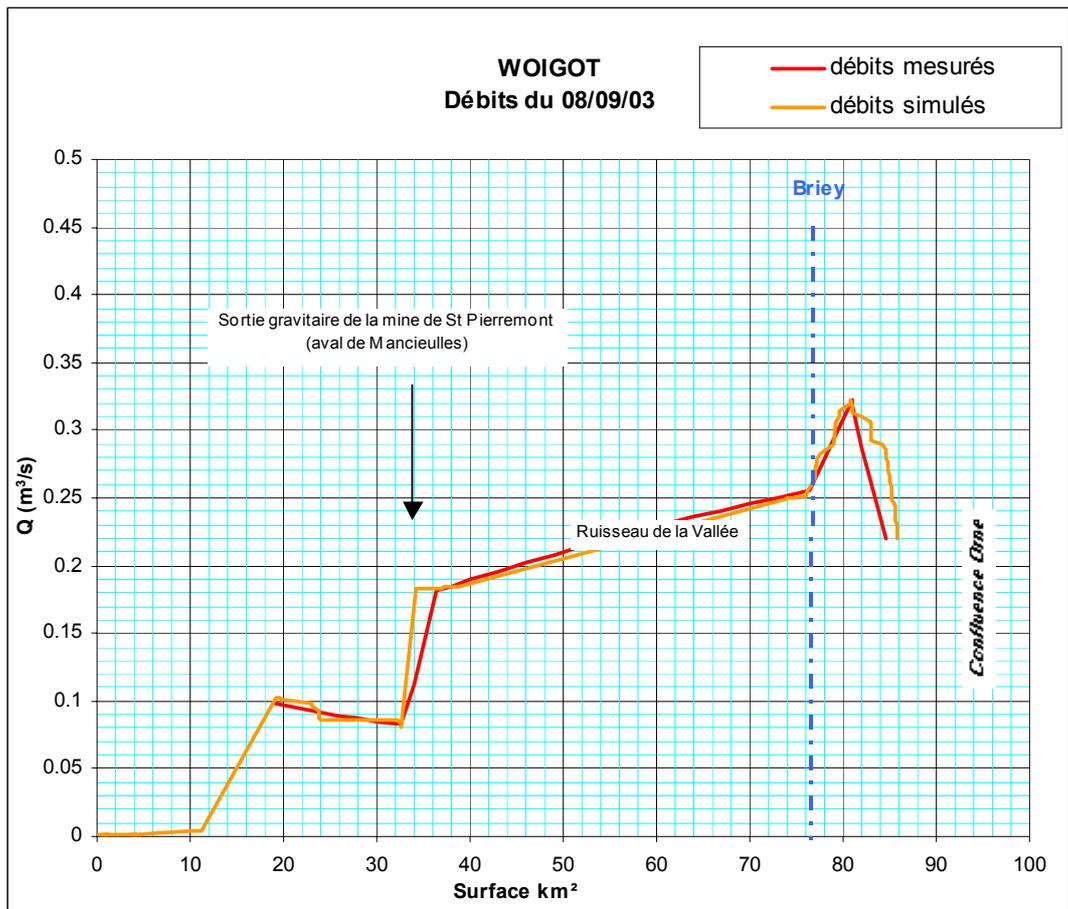


Figure 17 : Représentation des profils des débits mesurés le 8 septembre 2003 du Woigot et du Ruisseau de la Vallée et des débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions.

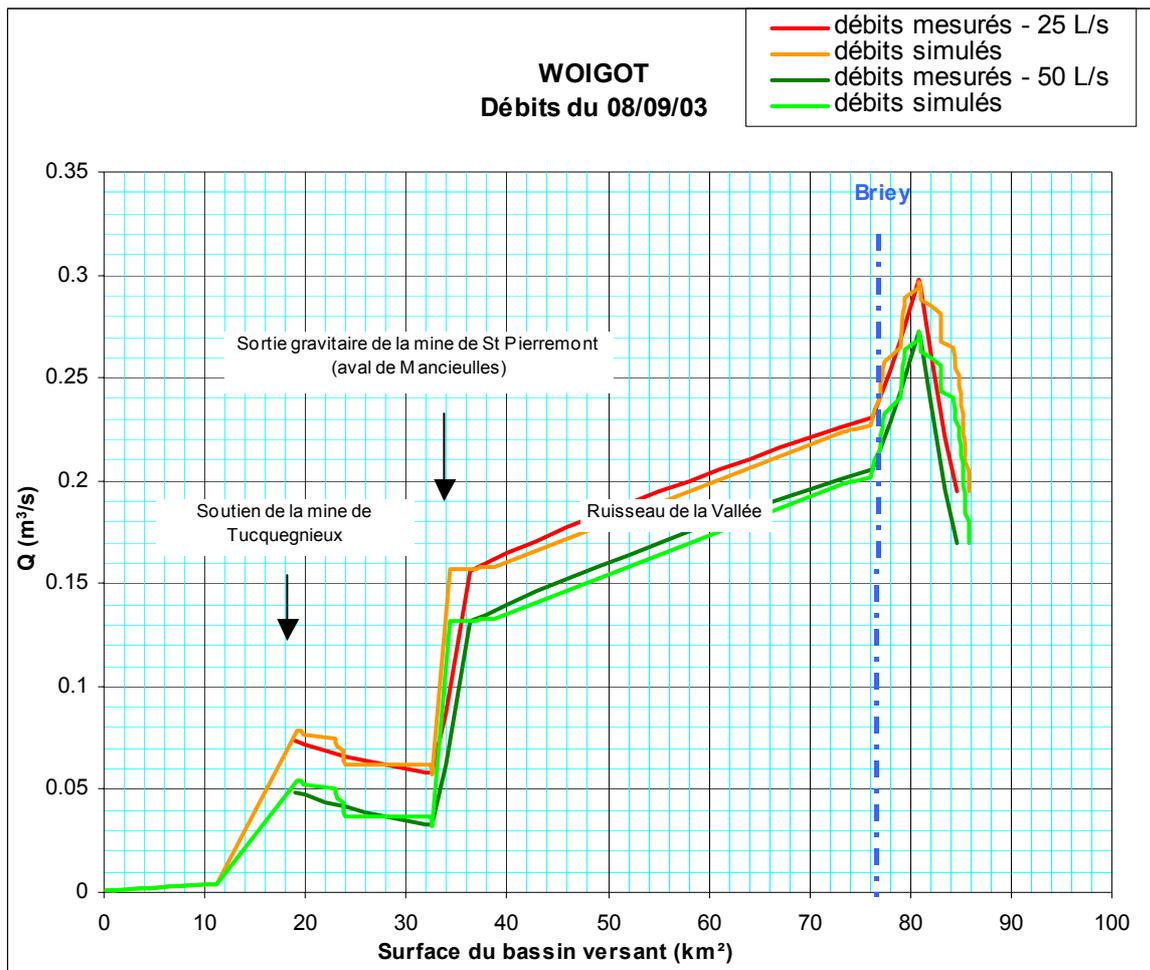


Figure 18 : Représentation des profils fictifs du Woigot avec les débits mesurés le 8 septembre 2003 en ôtant $25 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ ou $50 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ et les débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions.

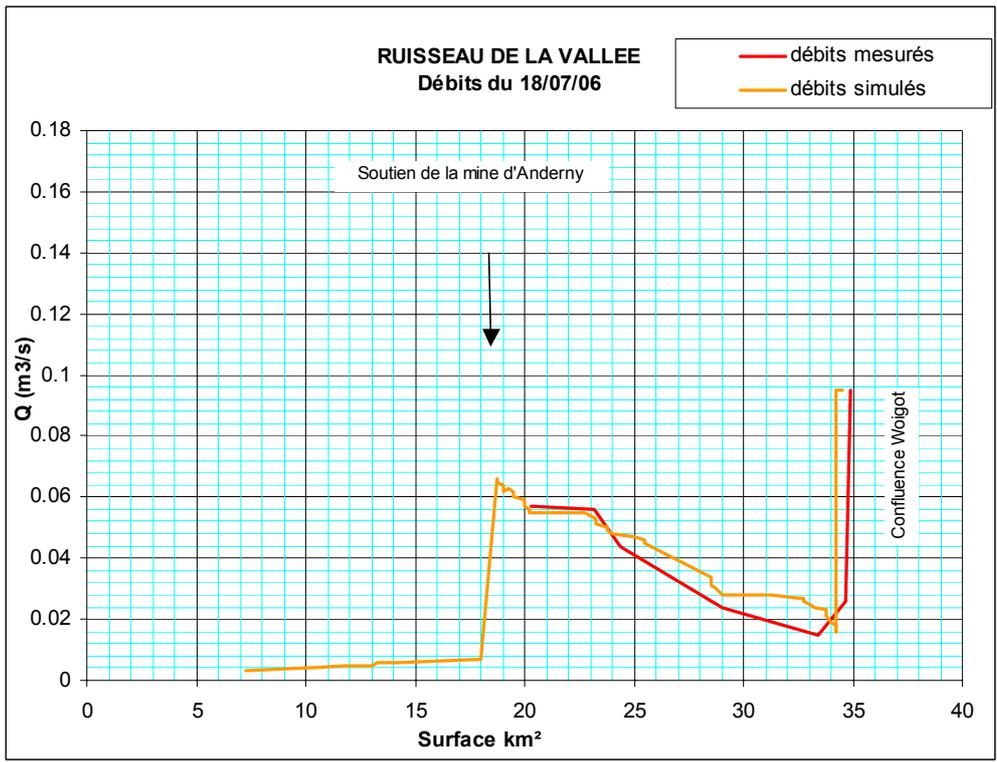


Figure 19 : Représentation des profils des débits du Ruisseau de la Vallée mesurés le 18 juillet 2006 et des débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions.

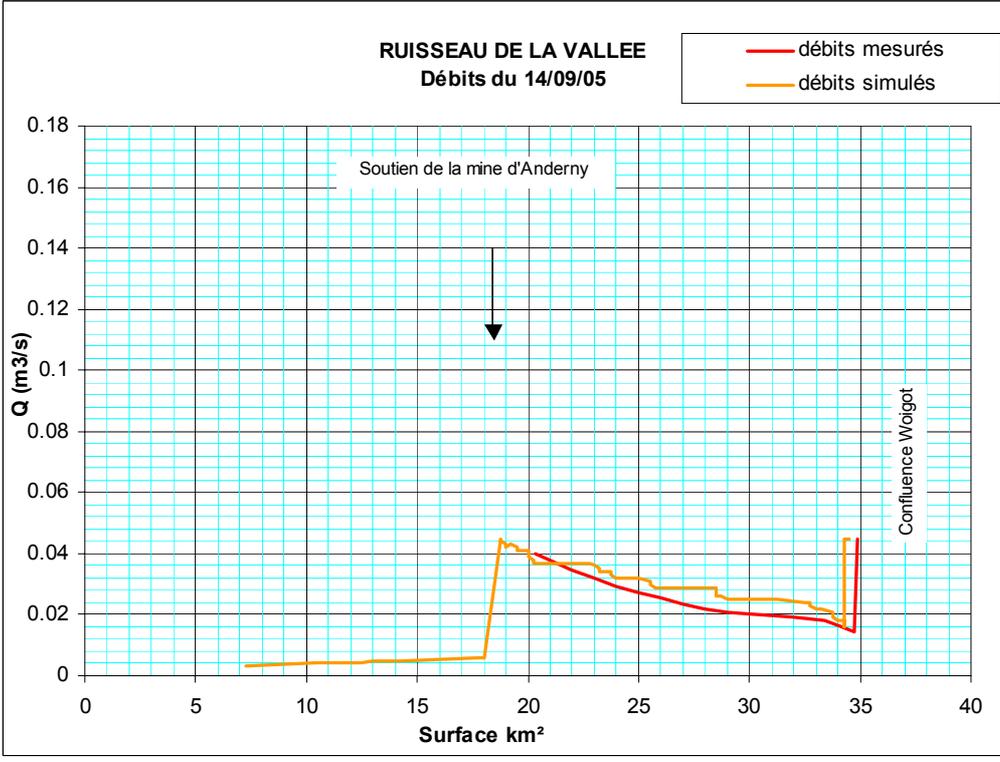


Figure 20 : Représentation des profils des débits du Ruisseau de la Vallée mesurés le 14 septembre 2005 et des débits simulés par PEGASE dans les mêmes conditions.

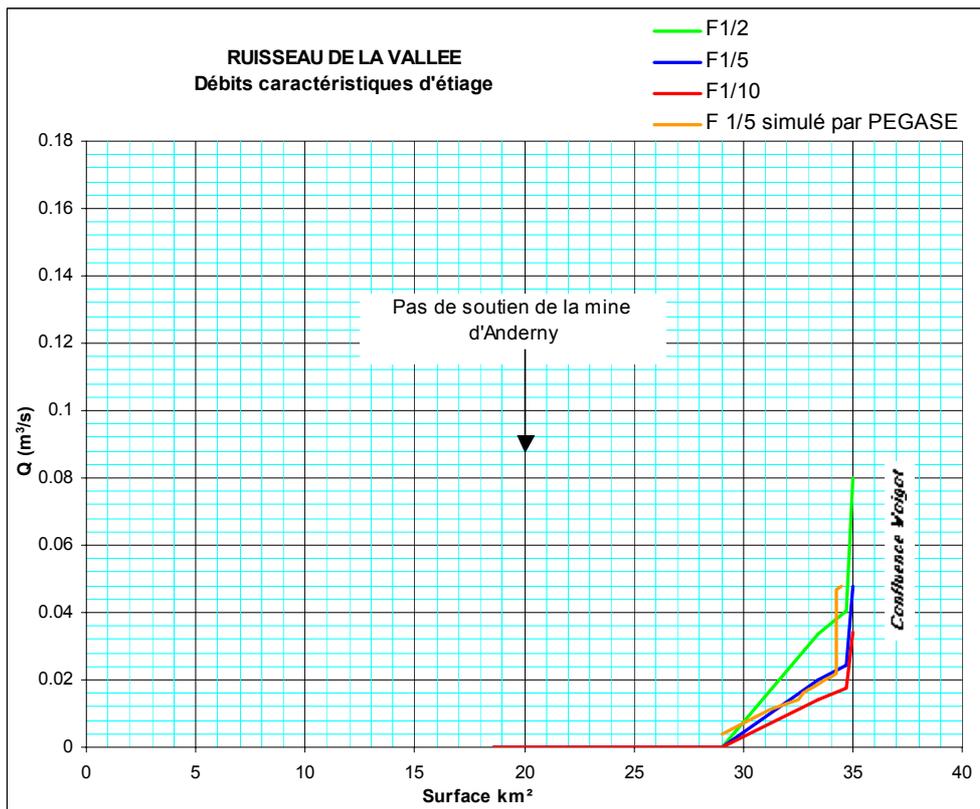
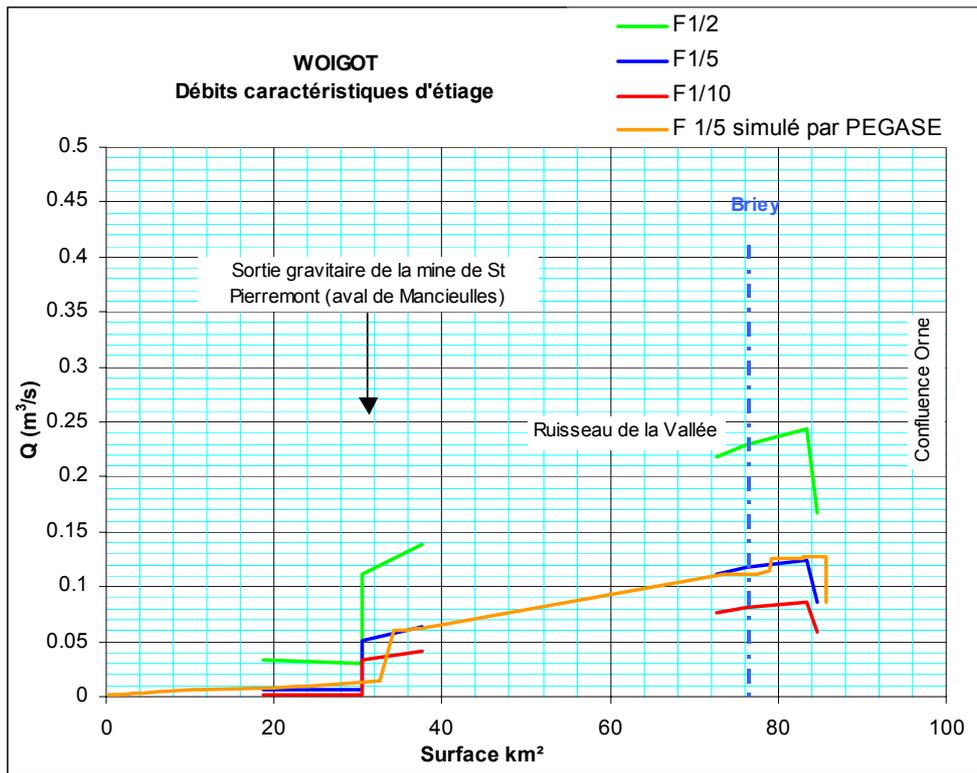


Figure 21 : Représentation des débits caractéristiques d'étéage du Woigot et du Ruisseau de la Vallée sans soutien (Freyermuth, 2004) et débits simulés par PEGASE pour représenter le QMNA 5.