

Mastère Spécialisé en Hydraulique

Rapport de stage



Mars - Août 2012



ESTIMATION DE LA CONTRIBUTION DES MARAIS ALLUVIAUX AU DEBIT DE LA SEUDRE

DAUMAS Florence

Responsable Scientifique : **Denis DARTUS**

Maître de stage : **Jean-Philippe DAVID**



Syndicat Mixte d'Accompagnement du SAGE de la Seudre
107 avenue de Rochefort
17201 ROYAN Cedex
sageseudre@gmail.com

Page laissée blanche intentionnellement

REMERCIEMENTS

Avant de commencer ce rapport, je tiens à remercier mon maître de stage, Jean-Philippe DAVID, animateur du SAGE de la Seudre, pour m'avoir recrutée sur candidature spontanée et pour m'avoir accordé sa confiance sur ce sujet passionnant et complexe au cœur de la gestion de la ressource en eau. Les nombreuses réunions auxquelles il m'a permis de participer m'ont aidée à comprendre et appréhender les problématiques liées à un SAGE et les articulations autour de toutes les thématiques qu'un tel outil de planification doit prendre en compte. Cette première expérience me conforte dans mon choix de reconversion dans le domaine de l'eau et l'environnement, et m'a donné une vision affinée des structures porteuses de projet et de la délégation d'études à des prestataires de services.

Je remercie aussi singulièrement Elisabeth LEMOINE, technicienne de rivière au SIAH Seudre, pour le partage de ses connaissances, sa grande disponibilité, sa bonne humeur et ses nombreux encouragements. Dominique TANTIN, président de l'AAPPMA de Saujon, a su lui aussi partager sa large connaissance de la rivière avec tout autant d'entrain, et m'a permis de saisir son fonctionnement par de longues promenades à travers le bassin et dans les ronces des marais.

J'apporte une reconnaissance toute particulière à mon maître de stage à l'ENSEEIH et responsable du mastère, Denis DARTUS, pour nos échanges de mails fructueux, pour la disponibilité qu'ils ont demandée, et pour m'avoir fait partager une nouvelle expérience d'enseignement. Toute ma gratitude va aussi à Timothée LEURENT, ingénieur agronome chez Eaucéa, à qui je dois le choix de mon orientation dans ce vaste domaine qu'est « l'eau » par le partage de ses expériences passées et présentes, et grâce à ses précieux conseils.

Il m'aurait été difficile de traiter ce sujet si complexe sans le concours des acteurs locaux qui ont participé à me faire découvrir chaque secteur de la gestion de l'eau : Messieurs Pascal VILLENAVE et Gilles LE BORGNE, du Service Prévision des Crues Littoral Atlantique de la DDTM 17, pour leurs conseils avisés, pour le partage de leurs données et de leur savoir, et pour un jaugeage à St André-de-Lidon très instructif ; Monsieur Jacques LEPINE, du Syndicat des Eaux 17, pour m'avoir fait comprendre l'hydrogéologie du bassin et fait assister à un forage d'eau potable assez « pluvieux » ; Messieurs Jean-Claude PITARD, agriculteur et propriétaire du Moulin de Charloteau, Mickaël SEGUINEAUD, agriculteur à Grézac et Francis BONIN, agriculteur à Rioux, pour le partage de leur connaissance, de leur pratique et de leur vision sur l'agriculture, l'irrigation, les tourbes et la gestion de la rivière.

Enfin, parallèlement à l'aspect scientifique et professionnel de ce stage, je remercie toute l'équipe du Pôle « Politique de la Ville » de la CARA dont le directeur, Vincent DELMAS, a accepté d'aménager la table ronde du bureau en poste de travail permanent dédié à mon étude. De tout cœur, merci à Vincent DELMAS, Frédéric KHADAoui, responsable du Pôle « Jeunesse-Prévention-Médiation », Sylvie LEGROS, chargée de mission « Action Sociale », pour leurs conseils avisés sur le monde du management, du recrutement, de la communication et de la gestion des ressources humaines ; sans oublier Fanny DEVIENNE, Muriel BOIRIE, Mario ALLARD, Sylvain MIROUZE et Sylvain CHABANE du Pôle « Gens du Voyage » pour leur sens de l'humour et de la dérision, pour leur entrain et leur gaieté, et pour m'avoir intégrée si naturellement au sein de leur groupe. Je remercie également tous ceux qui m'ont fait découvrir le monde des collectivités territoriales, en particulier Patricia VAURY et Nicolas JACQUEL pour m'avoir accordé du temps sur le Code de l'Urbanisme et les interactions des SAGE avec les SCoT et autres PLU, et Frankie PLAQUET pour m'avoir expliqué si habilement le Code des Marchés Publics.

Je remercie tous ces gens et tous ceux de la CARA qui ont fait de ce stage un moment privilégié de rencontres et d'échanges qui m'ont enrichie bien au-delà de l'aspect professionnel.

ACRONYMES

AAPPMA	: Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques
AEAG	: Agence de l'Eau Adour-Garonne
AEP	: Alimentation en Eau Potable
BV	: Bassin Versant
CARA	: Communauté d'Agglomération Royan Atlantique
CLE	: Commission Locale de l'Eau
DDTM 17	: Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Charente-Maritime
DCR	: Débit de CRise
DOE	: Débit Objectif d'Etiage
EPCI	: Etablissement Public de Coopération Intercommunale
EPIDOR	: Etablissement Public Territorial du Bassin de la Dordogne
EPTB	: Etablissement Public Territorial de Bassin
ETP	: Evapotranspiration Potentielle
ETR	: Evapotranspiration Réelle
IIBSN	: Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise
IPR	: Indice Poisson Rivière
LEMA	: Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
MNT	: Modèle Numérique de Terrain
PAC	: Politique Agricole Commune
PAGD	: Plan d'Aménagement et de Gestion Durable de la ressource en eau
PAPI	: Programme d'Action de Prévention des Inondations
PDM	: Programme de Mesures
PLU	: Plan Local d'Urbanisme
PCR	: Piézométrie de CRise
POE	: Piézométrie Objectif d'Etiage
QCN10	: Débits seuils minimaux sur 10 jours consécutifs
QMJ	: Débit Mesuré Journalier
QMNA	: Débit mensuel minimum mesuré
SAGE	: Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SCoT	: Schéma de Cohérence Territoriale
SDAGE	: Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIAH	: Syndicat Intercommunal d'Aménagement Hydraulique
SIG	: Système d'Information Géographique
SMASS	: Syndicat Mixte d'Accompagnement du SAGE de la Seudre
SMIDDEST	: Syndicat Mixte pour le Développement Durable de l'Estuaire de la Gironde
SPC DDTM 17	: Service de Prévision des Crues Littoral Atlantique de la DDTM 17
SYMBO	: Syndicat Mixte d'études pour la gestion et l'aménagement du bassin de la Boutonne

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION	1
2 - LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU EN FRANCE.....	2
2.1 L'eau : un bien public	2
2.1.1 La politique nationale de l'eau fixée par les Agences de l'Eau	2
2.1.2 Le SAGE, outil de planification local	2
2.1.3 Un secteur d'activité mal connu aux moyens limités.....	3
2.2 La gestion de l'eau sur le bassin de la Seudre	4
2.2.1 Le SAGE de la Seudre, fruit d'un engagement local	4
2.2.2 La CLE confie la maîtrise d'ouvrage au SMASS	4
2.2.3 2015 : objectif de mise en application du SAGE	4
3 - AU SEIN DE LA STRUCTURE PORTEUSE DU SAGE DE LA SEUDRE.....	5
3.1 Le syndicat mixte, une forme de coopération intercommunale.....	5
3.2 Le bureau du SMASS dans les locaux de la CARA	5
4 - UNE ETUDE COMPLEXE SUR LES MARAIS TOURBEUX DE LA SEUDRE	6
4.1 Evolutions géologiques et anthropiques de la zone d'étude	6
4.1.1 Le bassin de la Seudre entre Charente et Gironde	6
4.1.2 Le paysage géologique au gré des transgressions et régressions marines.....	7
4.1.3 Les marais tourbeux, définition et conditions de formation	8
4.1.3.1 Qu'est-ce qu'une tourbière ?.....	8
4.1.3.2 Une tourbière de type fluviogène.....	8
4.1.4 Un réseau hydrographique façonné par l'Homme	9
4.1.4.1 La Seudre canalisée et les marais asséchés.....	9
4.1.4.2 Les ouvrages d'étagement pour la mise en culture des bords de Seudre.....	10
4.1.4.3 Une gestion non-coordonnée des clapets.....	11
4.1.5 La gestion des étiages comme enjeu prioritaire du SAGE.....	11
4.2 Mobiliser la donnée existante et nécessaire	12
4.2.1 Une synthèse bibliographique essentielle.....	12
4.2.2 Les processus hydrologiques sur la zone d'étude	12
4.2.2.1 Des précipitations stables depuis 40 ans	12
4.2.2.2 Deux stations de mesure de débit sur la Seudre.....	13
4.2.2.3 Le suivi du niveau des nappes d'accompagnement.....	14
4.2.2.4 L'évapotranspiration potentielle et réelle	15
4.2.2.5 La Réserve Utile du sol calculée à partir de la pluie efficace.....	15
4.2.2.6 Courbes d'évolution juxtaposées des processus.....	16

4.2.3	Un relevé de la côte du fond du lit au niveau des clapets	17
4.2.4	Une estimation de 6Mm ³ d'eau mobilisable dans les marais	17
4.3	D'où vient l'eau contenue dans les tourbes ?	18
4.3.1	Un sondage sur trois révèle un horizon argileux sous la tourbe	19
4.3.2	Un manque d'apport des nappes dans les bilans hydrologiques	19
4.3.2.1	Principe d'équilibre des entrées/sorties d'eau d'un système	19
4.3.2.2	Des bilans annuels déséquilibrés 4 années sur 5	21
4.3.2.3	Un apport essentiel des nappes en période hivernale	22
4.3.3	D'autres éléments de réponse issus de la littérature et des observations	23
4.4	La contribution actuelle des marais en période d'étiage	23
4.4.1	La restitution des tourbes se cumule avec la vidange de la nappe.....	23
4.4.2	Le ressuyage actuel des parcelles	27
4.5	Cahier des charges pour la définition d'un protocole de gestion des ouvrages.....	27
4.5.1	Des moyens à mettre en œuvre sur le terrain	27
4.5.2	Modéliser la ligne d'eau entre St André-de-Lidon et Corme-Ecluse	28
4.5.3	Un protocole de gestion en fonction des objectifs à atteindre.....	28
5	CONCLUSION	29
	BIBLIOGRAPHIE.....	30
	ANNEXES	31
	ANNEXE 1 - Cadre Institutionnel du Syndicat Mixte d'Accompagnement du SAGE de la Seudre.....	32
	ANNEXE 2 - Liste chronologique des rapports d'études menées sur le bassin de la Seudre.....	34
	ANNEXE 3 - Synthèse bibliographique des données disponibles sur le bassin de la Seudre moyenne..	36
	ANNEXE 4 - Reconstitution de données pluviométriques à SAUJON	39
	ANNEXE 5 - Cohérence des débits mesurés journaliers à St André-de-Lidon et à Corme-Ecluse	41
	ANNEXE 6 - Analyse du débit caractéristique d'étiage de la Seudre de 1970 à 2011 par la méthode des débits classés.....	43
	ANNEXE 7 - Estimation de l'évapotranspiration potentielle sur le bassin de la Seudre.....	45
	ANNEXE 8 - Estimation de la pluie efficace et de la Réserve Utile du sol par GR4J	49
	ANNEXE 9 - Chronique complète des processus hydrologiques sur la Seudre de 2006 à 2009.....	51
	ANNEXE 10 - Bilans des eaux de ruissellement et des eaux souterraines à CORME-ECLUSE	52
	ANNEXE 11 - Tableau présentant la méthode de cubature du substrat tourbeux dans la zone de Chadeniers à Corme-Ecluse	55
	ANNEXE 12 - Tableau de résultats des prélèvements effectués en zone tourbeuse.....	56
	ANNEXE 13 - Données utilisées dans les bilans hydrologiques et tableaux de résultats.....	58
	ANNEXE 14 - Résultats et analyse des courbes de tarissement de la Seudre.....	62

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 : Les étapes principales de l'élaboration d'un SAGE	3
Figure 4-1 : Coupes géologiques synthétiques du bassin de la Seudre	7
Figure 4-2 : Coupe schématique d'une tourbière de type fluviogène	9
Figure 4-3 : Le cycle de l'eau	12
Figure 4-4 : Précipitations annuelles sur le bassin de la Seudre de 1970 à 2011	13
Figure 4-5 : Evolution de la côte piézométrique des nappes d'accompagnement depuis 1994	14
Figure 4-6 : Evolution annuelle de plusieurs estimations de l'ETP sur le bassin de la Seudre	15
Figure 4-7 : Années 2010 & 2011 – Chronique de pluie/débits/piézomètres sur la Seudre	16
Figure 4-8 : Evolution annuelle des bilans d'eaux de surface et d'eaux souterraines	16
Figure 4-9 : Profil en long de la Seudre et ligne d'eau moyenne de juin 2011 à juin 2012	17
Figure 4-10 : Zone d'étude et processus hydrologiques	20
Figure 4-11 : Histogrammes des entrées/sorties d'eau annuelles sur les marais tourbeux	21
Figure 4-12 : Histogrammes des entrées/sorties d'eau mensuelles sur les marais tourbeux	22
Figure 4-13 : 2006 - Courbe de tarissement de la Seudre à St André-de-Lidon	24
Figure 4-14 : 2006 - Courbe de tarissement de la Seudre à Corme-Ecluse	25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4-1 : Superficie des bassins versants aux stations de mesure	13
Tableau 4-2 : Valeurs de référence des DOE/POE et DCR/PCR	14
Tableau 4-3 : Valeurs des seuils d'alerte et de coupure sur la Seudre	14
Tableau 4-4 : Volume d'eau mobilisable dans les tourbes	17
Tableau 4-5 : Estimation des débits saisonniers des affluents de la Seudre	20
Tableau 4-6 : Sensibilités sur les différents processus mis en jeu dans les bilans	21
Tableau 4-7 : Variables d'étiage de la Seudre à St André-de-Lidon	24
Tableau 4-8 : Estimation de la contribution des tourbes et des paramètres de tarissement	25
Tableau 4-9 : Sensibilités sur la durée et la hauteur du ressuyage des tourbes	27

LISTE DES CARTOGRAPHIES

Cartographie 2-1 : Localisation et découpage administratif du SAGE de la Seudre	4
Cartographie 4-1 : Périmètre du SAGE et sous-bassins de la Seudre	6
Cartographie 4-2 : Carte géologique du bassin de la Seudre	7
Cartographie 4-3 : Marais alluviaux de la Seudre continentale	9
Cartographie 4-4 : Ouvrages d'étagement de plans d'eau recensés sur la section continentale	10
Cartographie 4-5 : Localisation des différentes stations de mesure sur le bassin	12
Cartographie 4-6 : Localisation des sondages dans la zone d'étude	18
Cartographie 4-7 : Etat des écoulements de la Seudre continentale – Eté 2011	26

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 4-1 : Ecluse de Ribérou à Saujon	6
Photographie 4-2 : Exemple d'un secteur à dominance tourbeuse, drainé	10
Photographie 4-3 : Bief du Moulin de Charlotteau	10
Photographie 4-4 : Clapets mobiles sur la Seudre	10
Photographie 4-5 : Prélèvements d'argile et de tourbe lors de la campagne de sondages	19

SAGE SEUDRE

Estimation de la contribution des marais alluviaux au débit de la Seudre

Page laissée blanche intentionnellement

1 - INTRODUCTION

Les marais alluviaux de la Seudre continentale, fleuve de Charente-Maritime qui connaît de sévères étiages, forment une zone humide tourbeuse qui a la réputation de restituer de l'eau à la rivière en période de basses-eaux. Cette contribution, non quantifiée, peut être estimée en l'état actuel des usages (ressuyage des parcelles au printemps), mais aussi en simulant des orientations futures de gestion afin de mesurer leur influence sur le débit du cours d'eau.

C'est dans le cadre de cet enjeu prioritaire autour des marais tourbeux que le Syndicat Mixte d'Accompagnement du SAGE de la Seudre a recruté une stagiaire, ayant déjà une expérience professionnelle, pour être autonome sur un sujet complexe et rarement traité. En effet, la phase stratégique du choix des orientations du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Seudre a soulevé le besoin de mener une étude sur la capacité de stockage et de restitution des marais tourbeux afin de définir des objectifs de gestion.

La première partie de ce document traite du secteur de la gestion de la ressource en eau en France, secteur aux multiples acteurs soumis à une réglementation assez récente, qui vise à concilier les usages pour le bien-être économique et social de tous, tout en préservant les milieux aquatiques.

Le Syndicat dans lequel j'ai évolué pendant six mois, s'inscrit dans ce réseau d'acteurs connectés autour de la gestion de l'eau, et fait l'objet de la deuxième partie de ce rapport afin de mieux cerner le fonctionnement des collectivités territoriales.

La troisième et dernière partie concerne l'étude en elle-même, sur la zone des marais tourbeux en bord de Seudre, entre Chadeniers et Corne-Ecluse, sur lesquels se pose la question de la contribution à la rivière. La démarche adoptée a consisté à récupérer tout d'abord la donnée existante sur le bassin et à trier celle nécessaire, avant d'estimer le volume d'eau mobilisable et d'apprendre à cerner le fonctionnement hydrologique de la tourbière en sondant le terrain et en analysant des bilans sur les cinq dernières années. Puis, si les tourbes assurent un soutien d'étiage à la rivière, cette restitution vient alors se cumuler à la vidange de la nappe d'accompagnement lors du tarissement de la Seudre en période de basses-eaux, cette analyse permettant de s'affranchir de la complexité du réseau hydrographique (et de drainage). Enfin, la capacité de restitution des marais a été estimée à partir des actuels ressuyages de printemps suite aux rencontres avec les agriculteurs. Les moyens à mettre en œuvre pour une étude approfondie du sujet sont décrits en fin de rapport dans le cahier des charges pour la mise en place d'un protocole de gestion des ouvrages, qui dépend largement des objectifs que le SAGE se fixera sur les marais tourbeux de la Seudre continentale.

2 - LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU EN FRANCE

2.1 L'EAU : UN BIEN PUBLIC

2.1.1 La politique nationale de l'eau fixée par les Agences de l'Eau

La loi sur l'eau du 16 décembre 1964 institue les Agences de l'Eau, établissements publics administratifs de l'Etat, placées sous la tutelle du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie. Il existe six agences en France, une par grand bassin hydrographique français métropolitain.

Ces Agences perçoivent des redevances sur la pollution de l'eau et sur les prélèvements d'eau. Grâce au produit de ces redevances, elles attribuent des aides aux collectivités locales, industriels, agriculteurs, réalisant des actions de dépollution, de gestion quantitative de la ressource ou de restauration et de mise en valeur des milieux aquatiques.

La loi du 03 janvier 1992 définit l'eau comme « patrimoine commun de la nation » et impose aux Agences de décliner les grands axes de leur politique de l'eau dans un document de planification : le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE).

Depuis janvier 2007, les Agences sont entrées dans leur 9ème programme d'interventions. A travers ces programmes quinquennaux, elles doivent mettre en œuvre la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 qui intègre les objectifs de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) d'octobre 2000, dont l'une des finalités majeures est l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau d'ici 2015 (dont l'échéance de certaines a été décalée à 2021 ou 2027). En particulier, pour atteindre le bon état des eaux en prenant en compte les besoins de la faune et de la flore aquatiques et pour satisfaire les besoins de tous les usagers et des milieux situés en aval (estuaires), le SDAGE fixe, aux points clefs du bassin, des débits/piézométrie objectif d'étiage (DOE/POE) et des débits/piézométrie de crise (DCR/PCR). Le milieu est considéré en équilibre dans la mesure où ces valeurs sont respectées huit années sur dix.

2.1.2 Le SAGE, outil de planification local

Les SDAGE sont développés aujourd'hui sur le terrain au travers des Programmes De Mesures (PDM) qui se traduisent, parmi d'autres actions, par la mise en œuvre de Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) à l'échelle de territoires hydrographiques pertinents.

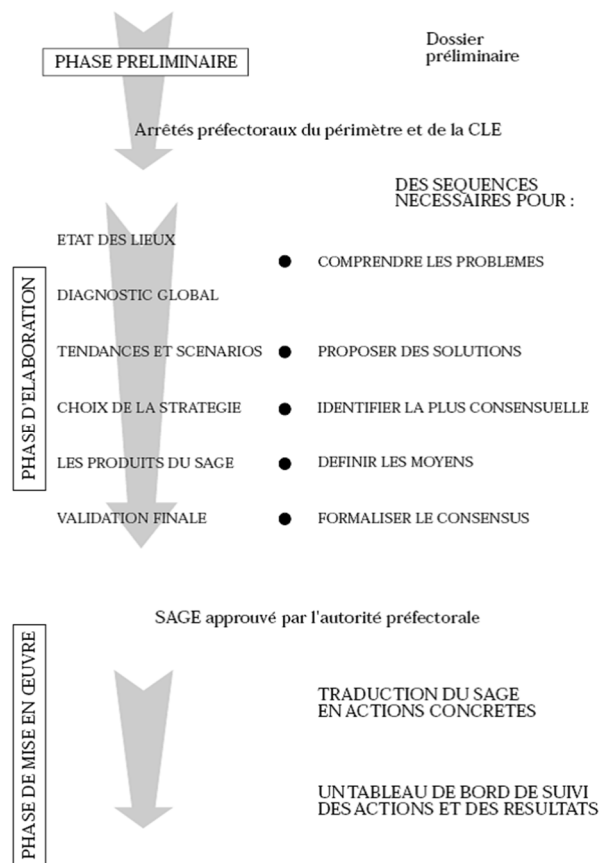
Le SAGE est un document d'orientation de la politique de l'eau au niveau local et a une portée juridique. Il est constitué :

- du plan d'aménagement et de gestion durable de la ressource en eau et des milieux aquatiques (PAGD), opposable aux décisions administratives, dans lequel sont définis les objectifs partagés par les acteurs locaux,
- d'un règlement, opposable aux tiers, fixant les règles permettant d'atteindre ces objectifs. Le non-respect du règlement peut conduire à des sanctions pénales (le SAGE est de ce fait, soumis à enquête publique avant son adoption),
- d'un rapport environnemental.

Ces documents sont élaborés par les acteurs locaux (élus, usagers, services de l'Etat,...) réunis au sein de la Commission Locale de l'Eau (CLE) qui est l'organe décisionnel du SAGE.

La CLE a le statut d'une commission administrative sans personnalité juridique propre. Elle organise et gère l'ensemble de la procédure d'élaboration, de consultation puis de mise en œuvre du SAGE. Elle est responsable du déroulement et de la validation de chacune des étapes de la phase d'élaboration. Par ailleurs, elle constitue un lieu privilégié de concertation, de débat, de mobilisation et de prise de décision

Le SAGE suit plusieurs étapes de son émergence à son application :



Source : SDAGE Rhône Méditerranée Corse

Figure 2-1 : Les étapes principales de l'élaboration d'un SAGE

2.1.3 Un secteur d'activité mal connu aux moyens limités

Ces dernières années, la sensibilité environnementale s'est accrue mais peine encore à se traduire par un engagement de masse pour la protection de la ressource en eau. Ce secteur est un domaine d'activités qui ne génère pas de profits immédiats (comme la potabilisation de l'eau ou l'assainissement qui peuvent compter sur un retour sur investissement par le paiement des prélèvements et des services et dégager ainsi des bénéfices). La gestion intégrée de la ressource en eau est basée sur la concertation et la recherche d'un équilibre entre les usages de l'eau et le respect du milieu, et ses gestionnaires, mal connus du grand public, ont un important travail d'information et de communication à mener.

Les structures porteuses de projet sont très nombreuses¹ et sont dépendantes financièrement des orientations fixées par les programmes d'interventions des Agences de l'Eau. Les subventions dont elles bénéficient pour leur fonctionnement sont limitées et elles comptent assez peu d'équivalents temps plein. Pouvant mobiliser des subventions supplémentaires pour des projets menés en externe, elles délèguent la plupart des études techniques à des bureaux d'études où se concentre la compétence, surtout en ingénierie hydraulique, très peu présente chez les maîtres d'ouvrage.

¹ Le territoire français comptait 171 SAGE en 2011, 236 contrats de milieu en 2010 et presque autant de structures territoriales porteuses de ces projets. Pour exemple, la Charente-Maritime est concernée par 6 SAGE (Seudre, Charente, Isle-Dronne, Boutonne, Estuaire de la Gironde et Milieux associés, Sèvre Niortaise et Marais Poitevin) portés par 6 structures distinctes (SMASS, EPTB Charente, EPIDOR, SYMBO, SMIDDEST, IIBSN).

Source : <http://gesteau.eaufrance.fr>

2.2 LA GESTION DE L'EAU SUR LE BASSIN DE LA SEUDRE

2.2.1 Le SAGE de la Seudre, fruit d'un engagement local

Le bassin versant de la Seudre est situé en Charente-Maritime, au nord de l'estuaire de la Gironde. En 1998, le Syndicat Intercommunal d'Aménagement Hydraulique (SIAH) de la Seudre, en charge de la partie continentale du bassin, s'engage sur la mise en œuvre d'un programme de gestion de l'eau et des milieux aquatiques. La connexion avec la partie estuarienne et la prise en compte de l'enjeu conchylicole ont initié une démarche de concertation, élargie à tous les acteurs concernés, pour doter le territoire d'un outil de gestion intégrée de la ressource en eau. Emerge alors l'idée d'élaborer un SAGE ; la succession d'années sèches 2003, 2005, 2006 ravive les conflits d'usages entre les différents secteurs d'activité tributaires de la ressource en eau, catalysant ainsi le démarrage du projet SAGE Seudre.

2.2.2 La CLE confie la maîtrise d'ouvrage au SMASS

Comme la CLE ne peut pas, juridiquement, assurer la maîtrise d’ouvrage d’études, d’animation ou de travaux, elle doit donc s’appuyer sur une structure porteuse. Le Syndicat Mixte d’Accompagnement du SAGE de la Seudre (SMASS) est officialisé en 2007 pour être le maître d’ouvrage du projet. Il assure le suivi des études d’élaboration et de mise en œuvre du SAGE ainsi que son portage administratif et financier, et le secrétariat de la CLE, créée par arrêté préfectoral en 2009.

2.2.3 2015 : objectif de mise en application du SAGE



Depuis 2009, le SAGE de la Seudre est doté d'un périmètre d'application, conforme au bassin topographique et intégrant une extension sur le pertuis jusqu'à la côte de l'île d'Oléron, qui réunit tout ou partie de 67 communes (cf. Cartographie 2-1). Il englobe un territoire de 776 km² entre le bassin de la Charente au nord et le bassin de la Gironde au sud.

L'état initial de ce territoire a été approuvé par la CLE du 14 septembre 2010, et le diagnostic global par la CLE du 13 juillet 2011. L'élaboration des scénarios, le choix de la stratégie globale et l'appui à la rédaction du SAGE ont été confiés à un bureau d'études qui doit rendre ses résultats pour février 2014. L'objectif marqué du SMASS est d'obtenir la mise en œuvre du SAGE dès 2015.

Parallèlement, un chargé de mission a été recruté pour élaborer le volet submersion du SAGE, qui fera l'objet d'une labellisation PAPI (Programme d'Action de Prévention des Inondations). Le recensement et la caractérisation des ouvrages de protection représentent une information nécessaire à la maîtrise de l'aménagement du territoire intégrant la prévention des inondations, connaissance préconisée par le SDAGE Adour-Garonne 2010-2015.

Cartographie 2-1 : Localisation et découpage administratif du SAGE de la Seudre

3 - AU SEIN DE LA STRUCTURE PORTEUSE DU SAGE DE LA SEUDRE

3.1 LE SYNDICAT MIXTE, UNE FORME DE COOPERATION INTERCOMMUNALE

Le Syndicat Mixte d'Accompagnement du SAGE de la Seudre (SMASS), comme son nom l'indique, est un Syndicat Mixte dont le cadre institutionnel est développé en ANNEXE 1.

Le SMASS a été créé par arrêté préfectoral le 10 juillet 2007 et son siège social est fixé au siège de la Communauté d'Agglomération Royan Atlantique (CARA). Il est constitué des 5 Etablissements Publics de Coopération Intercommunale suivants :

- Communauté de Communes des Bassins de Seudre et Arnoult,
- Communauté de Communes du Canton de Gémovac et de la Saintonge Viticole,
- Communauté de Communes du bassin de Marennes,
- Communauté d'Agglomération Royan Atlantique,
- Communauté de Communes de Haute Saintonge.

Le Comité Syndical du SMASS est composé de 32 délégués représentatifs du territoire (16 délégués titulaires et 16 suppléants) désignés par les communautés membres du Syndicat. Ce Comité est l'assemblée plénière et délibérante du Syndicat. Il se réunit plusieurs fois par an pour prendre des décisions concernant la gestion du Syndicat Mixte, l'avancement du projet et le suivi des compétences. Le président du Comité syndical est un élu, M. Pascal FERCHAUD, maire de Saujon, depuis le 20 septembre 2007. Il est aussi président de la CLE du SAGE de la Seudre.

Le SMASS emploie un seul salarié, M. Jean-Philippe DAVID, animateur du SAGE Seudre. C'est dans le cadre de l'élaboration de ce SAGE sur la problématique des marais alluviaux de la Seudre continentale que le Syndicat m'a recrutée en tant que stagiaire.

3.2 LE BUREAU DU SMASS DANS LES LOCAUX DE LA CARA

Par délibération du 03/12/2007 et pour permettre la continuité du travail entrepris, la CARA a mis à disposition du SMASS l'un des bureaux de son siège lui donnant ainsi accès à tous les services dispensés par une grande structure :

- les services Gestion du Personne et Ressources Humaines,
- les services Informatique et SIG,
- les services des Marchés Publics et des Affaires Générales,
- ...

et les moyens matériels nécessaires à toute activité (ordinateurs, téléphone, copieurs, courrier, salles de réunion,...). Par ailleurs, le SMASS se retrouve en collaboration directe avec les services de l'agglomération (dont celui de l'urbanisme) pour rendre cohérents les outils de planification territoriaux comme les PLU et les SCoT avec le SAGE en cours d'élaboration.

C'est dans les locaux de cette communauté d'agglomération que j'ai effectué mes 6 mois de stage, dans le bureau de la Politique de la Ville au milieu des médiateurs « Gens du Voyage » et des Responsables « Action Sociale » et Pôle « Jeunesse – Prévention – Médiation ».

Mon profil professionnel particulier a favorisé mon recrutement sur ce poste qui demandait une grande autonomie de travail et des notions en gestion de projet, l'animateur SAGE ne pouvant assurer un suivi quotidien de l'avancement de mon stage.

4 - UNE ETUDE COMPLEXE SUR LES MARAIS TOURBEUX DE LA SEUDRE

Pour mener à bien cette étude, une bonne connaissance du territoire et du substrat s'est avérée indispensable. La consultation et la synthèse des principales études menées sur le bassin en relation avec la gestion de l'eau ainsi que la littérature scientifique traitant de la tourbe m'ont aidée à acquérir cette connaissance, m'ont permis d'identifier la donnée à récupérer concernant le bassin continental et ont orienté mes choix sur la démarche scientifique à suivre pour l'étude de cette zone si particulière que sont les marais alluviaux tourbeux de la Seudre.

4.1 EVOLUTIONS GEOLOGIQUES ET ANTHROPIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

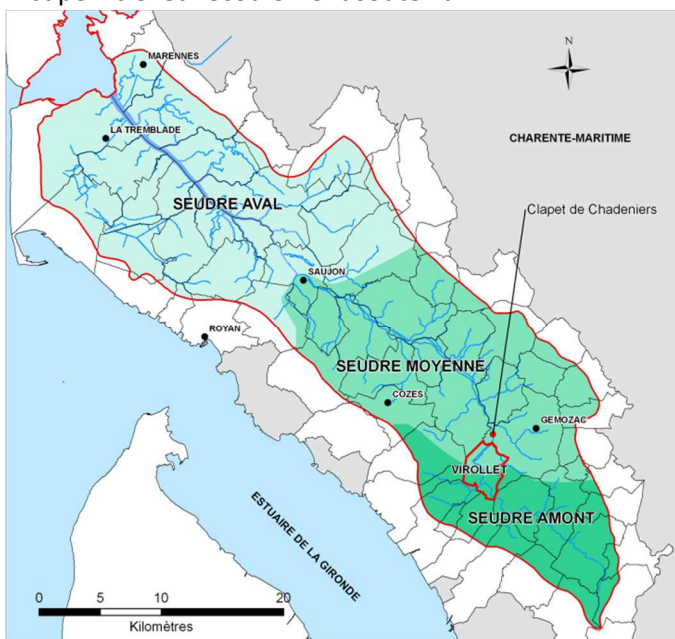
4.1.1 Le bassin de la Seudre entre Charente et Gironde

La Seudre est un fleuve côtier de 77 km de long qui prend sa source à St Genis-de-Saintonge au lieu-dit Le Vivier à une altitude de 35 m NGF et se jette dans la baie de Marennes-Oléron à la Pointe du Mus du Loup. Sa pente est faible, de l'ordre de 0,5 ‰.

Le bassin présente un régime hydrologique de type pluvial connaissant une période de hautes-eaux en hiver, suite aux pluies, et une période de basses-eaux à partir du printemps, la fin de l'été correspondant aux plus forts étiages. De plus, il se caractérise par trois fonctionnements d'écoulement distincts, ce qui le divise en trois sous-bassins (cf. Cartographie 4-1) :

- **La Seudre amont**, où la rivière capte les eaux de l'aquifère Turo-Coniacien (cf. Cartographie 4-2), s'étend de la tête de bassin à un point situé autour de Virollet, en amont duquel l'écoulement est intermittent. En effet, en basses et moyennes eaux, la piézométrie du toit de la nappe passe en-dessous de la cote du fond du lit du fleuve qui se retrouve perché et qui n'est plus alimenté,
- **La Seudre moyenne**, où la rivière capte principalement les eaux de l'aquifère Cénomaniens (cf. Cartographie 4-2) s'étend de Virollet à l'écluse de Ribérou à Saujon (cf. Photographie 4-1). Le toit de la nappe est toujours au-dessus de la cote du fond du lit, assurant un écoulement permanent du fleuve sur ce tronçon. L'écluse de Ribérou marque la séparation entre l'eau douce de la partie continentale drainée par le bassin amont et l'eau salée de la partie estuarienne.
- **La Seudre aval ou estuarienne** s'étend de Saujon à l'embouchure. Elle est soumise à la marée et fonctionne comme un bras de mer.

Les écoulements souterrains reliés à l'écoulement de surface sont appelés « nappe d'accompagnement » de la rivière. La section continentale de la rivière fonctionne en trop-plein phréatique. L'exploitation des nappes influe sur la relation hydrogéologique entre l'écoulement superficiel et l'écoulement souterrain.



Cartographie 4-1 : Périmètre du SAGE et sous-bassins de la Seudre

Eau salée à l'aval de l'écluse



Eau douce en amont de l'écluse

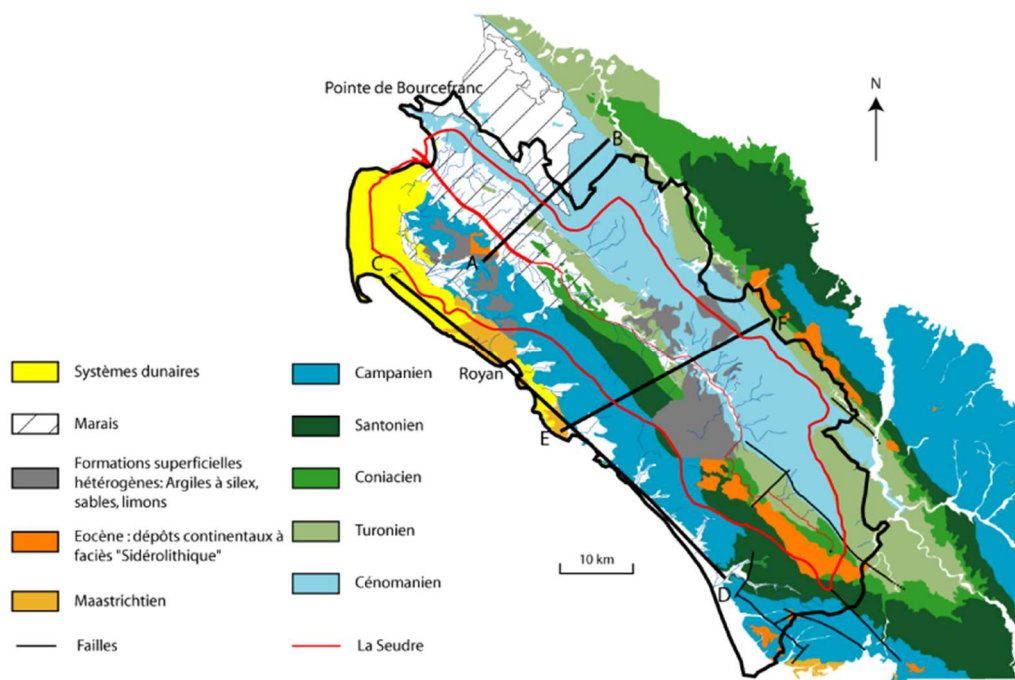


Photographie 4-1 : Ecluse de Ribérou à Saujon

4.1.2 Le paysage géologique au gré des transgressions et régressions marines

L'actuel paysage géologique du bassin de la Seudre (cf. Cartographie 4-2) a été formé par la succession de transgressions et régressions marines du début du secondaire (-180 Ma) au début du Crétacé Supérieur (-100 Ma). L'intense sédimentation du début du Secondaire forma les calcaires du Trias et du Jurassique qui, lorsque la mer s'est retirée durant le Crétacé Inférieur (-150 Ma à -100 Ma), subirent une forte érosion accompagnée d'une karstification. Une nouvelle sédimentation au début du Crétacé Supérieur (-100 Ma) suite à la remontée du niveau de la mer, donna lieu à la formation des calcaires du Cénomanien, du Turonien, du Coniacien, du Santonien et du Campanien qui sont les couches affleurant actuellement. La disposition nord-ouest / sud-est de ces bandes parallèles découle de l'érosion du dôme de l'anticlinal saintongeais (appelé aussi anticlinal de Jonzac, cf. Figure 4-1) qui date du début du Tertiaire (-65 Ma) suite à une phase de plissement liée à la formation de la chaîne des Pyrénées.

Survenue il y a plus de 10 000 ans, la dernière phase de glaciation würmienne a surcreusé et encaissé les vallées suite à un abaissement important du niveau de la mer. La Seudre semble s'être installée à cette époque, en suivant une ligne de faille nord-ouest / sud-est.



Cartographie 4-2 : Carte géologique du bassin de la Seudre

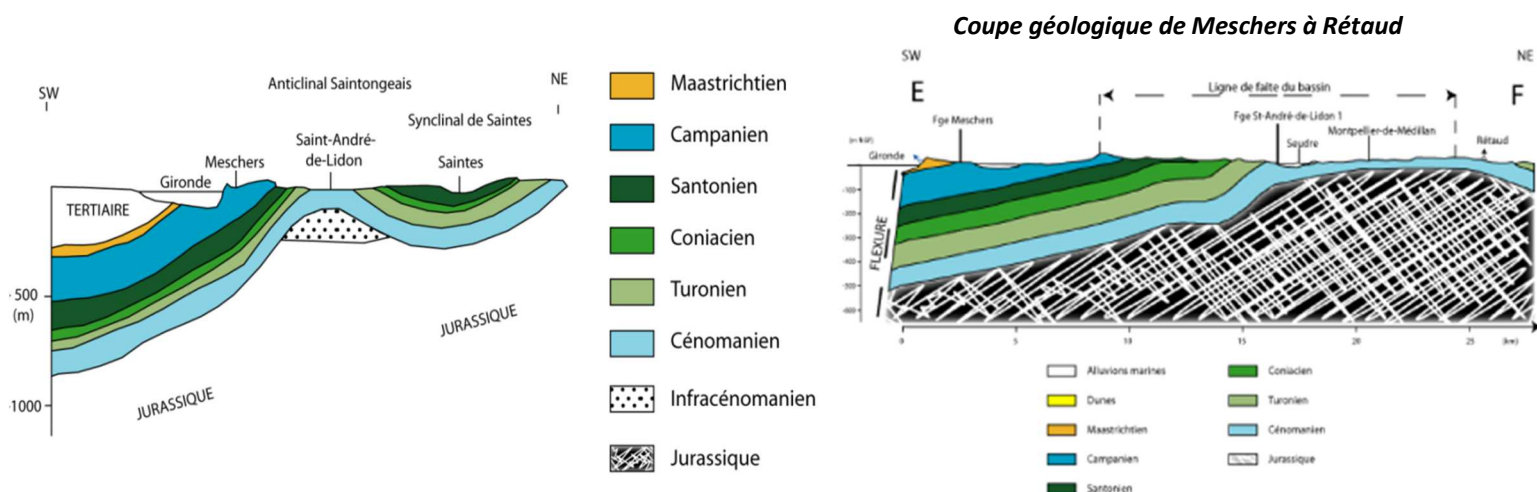


Figure 4-1 : Coupes géologiques synthétiques du bassin de la Seudre

4.1.3 Les marais tourbeux, définition et conditions de formation²

4.1.3.1 Qu'est-ce qu'une tourbière ?

Une tourbière est un milieu humide colonisé par la végétation qui se développe sur un sol peu perméable formé de tourbe. La production biologique y est importante grâce aux apports réguliers de substances minérales par les crues et à une température estivale favorable. Ce sont les végétaux eux-mêmes qui créent, par l'accumulation de leurs débris, le matériau constitutif de la tourbière : la tourbe.

La tourbe est constituée de 20 à 30% de matière organique mal dégradée, teneur qui peut monter à 97%. Cette matière organique provient de l'accumulation, sur de longues périodes, de résidus végétaux dans un environnement toujours humide, voire franchement aquatique. De cette eau stagnante appauvrie en oxygène, résulte la dégradation ralentie des débris végétaux. La formation de la tourbe découle de leur accumulation et de leur dégradation incomplète, sous la condition que la production de biomasse soit supérieure à la décomposition.

Les marais tourbeux de la Seudre continentale sont composés de tourbe noire qui contient des particules minérales ou organiques fines, du carbone et des cendres. Il y a plus d'eau que de matière solide (teneur en eau à 87%), ce qui se traduit, lors d'un sondage à la tarière, par une impossibilité de remonter quoi que ce soit, le liquide noir s'écoulant très rapidement.

L'intérêt principal d'une zone tourbeuse repose sur la régulation climatique en atténuant les périodes de sécheresse grâce à l'évapotranspiration, ainsi que l'étalement des crues et des étiages (principe du vase d'expansion). Le drainage agricole des marais et le travail de la tourbe pour la mise en culture provoque un assèchement de surface prolongé de plusieurs mois dans l'année. Cela modifie la structure de la tourbe, coupant la chaîne de capillarité allant du fond vers la surface et provoque un début de décomposition chimique du substrat tourbeux. La tourbe se minéralise, se rétracte et se tasse très fortement à cause de la disparition des pores. Cette transformation est le plus souvent irréversible. L'affaissement des tourbes est avéré sur le territoire. De plus, la manœuvre actuelle des ouvrages ne permet pas une optimisation fonctionnelle du potentiel des zones humides en termes de stockage et de soutien d'étiage, et d'étalement de crue.

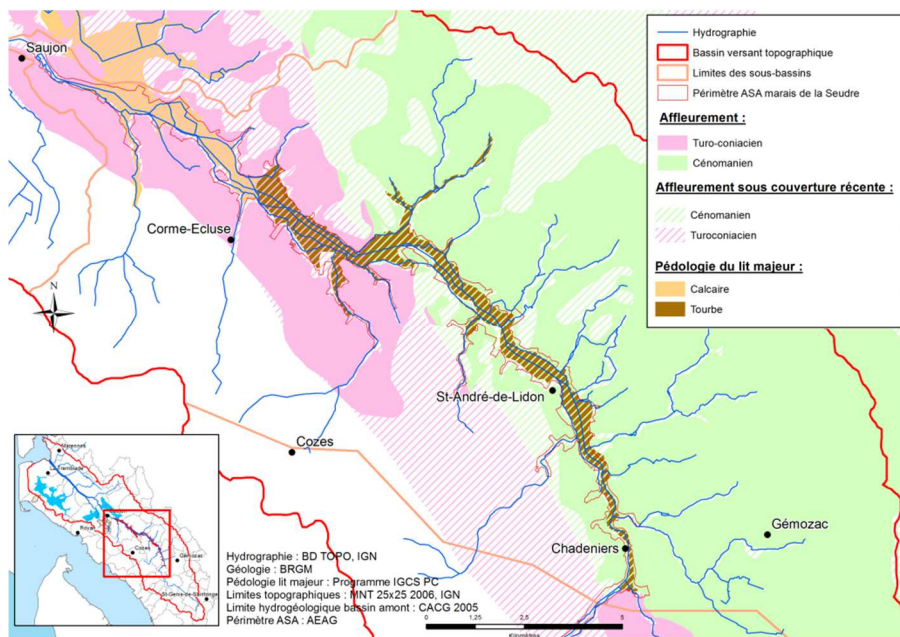
4.1.3.2 Une tourbière de type fluviogène

Les marais tourbeux de bord de Seudre couvrent 850 ha de l'amont de Chadeniers (Gémozac) à Corme-Ecluse (cf. Cartographie 4-3). Ils correspondent à de larges dépressions dans la vallée fluviale.

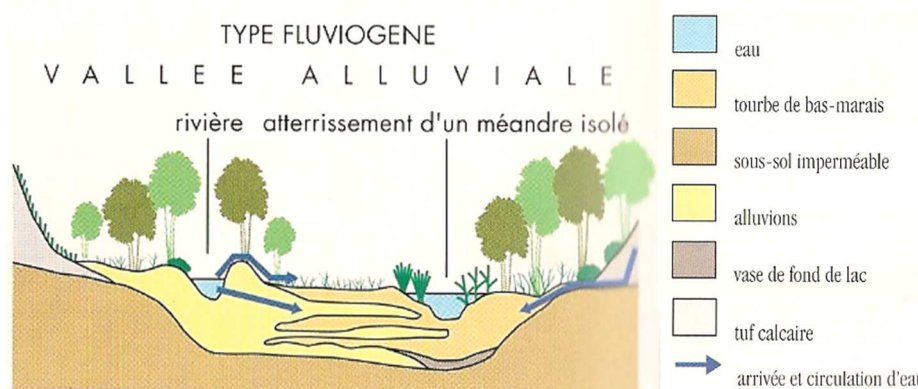
Postérieurs à la dernière glaciation würmienne (- 11 000 ans), leur formation est liée elle aussi aux mouvements de transgression et de régression marines. Au cours des glaciations, le niveau de la mer ayant fortement baissé, des vallées plus ou moins larges et ramifiées se sont creusées. Lors de la transgression flandrienne (- 10 000 à - 4 500 ans), le niveau de la mer est remonté et a envahi ces dépressions. Cette remontée a ralenti les écoulements d'eau venant de l'amont du bassin en construisant des obstacles sédimentaires à l'aval de Corme-Ecluse (présence de vallées calcaires), ce qui a transformé la zone en un grand marécage presque totalement inondé en hiver et pénétrant loin dans les terres jusqu'à Chadeniers, limite de l'affleurement du Cénomanien (cf. Cartographie 4-3). Ce type de tourbière est appelée tourbière fluviogène (cf. Figure 4-2).

Ces formations n'étaient pas possibles en amont du bassin car la Seudre traverse une zone karstique perméable (aquifère du Turo-Coniacien) qui crée des assecs naturels et des pertes vers l'estuaire de la Gironde.

² Définitions et formation des tourbières issues principalement du livre « Le monde des tourbières et des marais » d'O. Manneville, V. Vergne, O. Villepoux et le Groupe d'Etude des Tourbières, éditions Delachaux et Niestlé, 1999



Cartographie 4-3 : Marais alluviaux de la Seudre continentale



Source : « Le monde des tourbières et des marais », O. Manneville, V. Vergne, O. Villepoux, 1999

Figure 4-2 : Coupe schématique d'une tourbière de type fluviogène

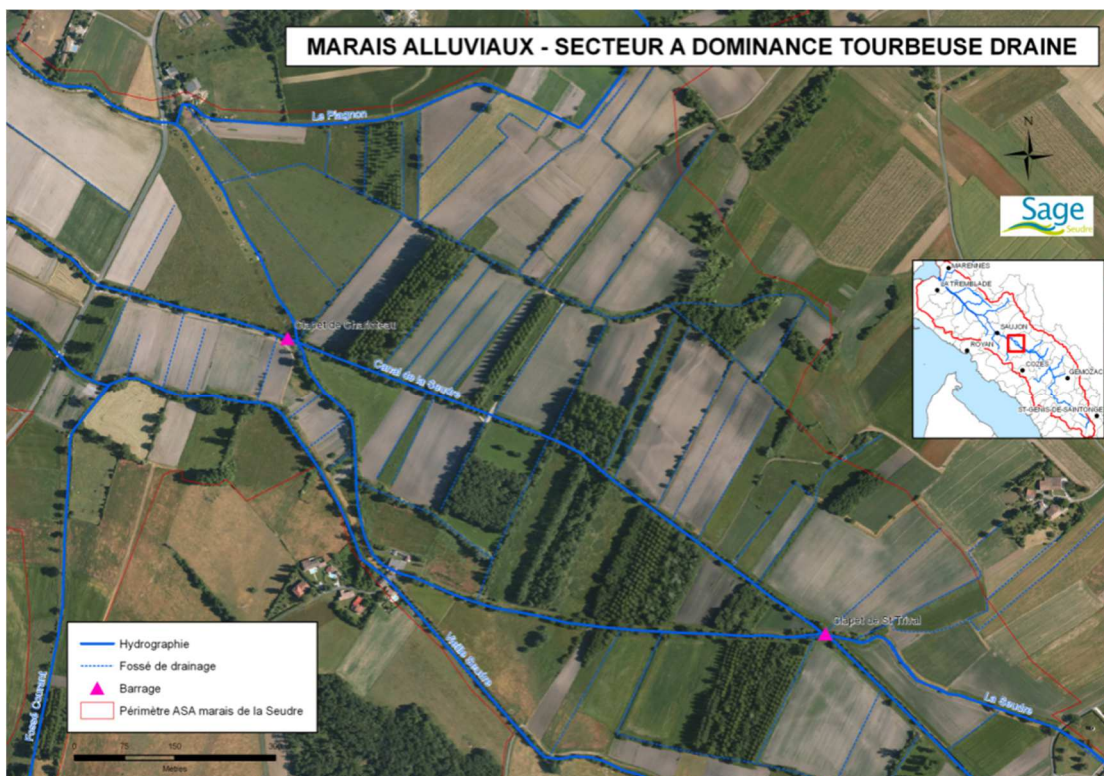
4.1.4 Un réseau hydrographique façonné par l'Homme

4.1.4.1 La Seudre canalisée et les marais asséchés

La Seudre est un fleuve totalement anthropisé qui a été recalibré, canalisé, curé depuis de nombreuses années, surtout en amont de Chadeniers (Gémézac).

Après St André de Lidon, la rivière se compose de plusieurs chenaux dont le principal est le Canal de la Seudre, creusé au XIX^e siècle pour assainir la vallée aux eaux stagnantes. Des biefs ont été aménagés pour alimenter en eau les moulins du bord de Seudre (cf. Photographie 4-3) et un large réseau de fossés drainants quadrille les marais tourbeux pour les assécher et mettre en culture les terres basses (cf. Photographie 4-2).

Sa section moyenne est surdimensionnée, diminuant de ce fait les vitesses d'écoulement. La côte du fond du lit se retrouve à une altitude inférieure à celle de l'ancien tracé appelé « la vieille Seudre » qui s'en trouve asséchée localement, l'eau s'écoulant préférentiellement dans la partie canalisée. La dynamique fluviale est inexistante du fait d'un déficit chronique de débit, les faibles vitesses favorisant le dépôt des particules fines. La canalisation de l'écoulement de la tête de bassin à l'écluse de Ribérou, coupant la plupart des méandres et aménagée d'ouvrages hydrauliques transversaux, a stoppé l'évolution morphologique du cours d'eau qui ne connaît que rarement des crues annuelles morphogènes et dont le fonctionnement s'apparente à celui de plans d'eau successifs sans dynamique sédimentaire (le charriage n'est plus possible par manque de vitesses suffisantes).



Photographie 4-2 : Exemple d'un secteur à dominance tourbeuse, drainé

Bief en amont du Moulin de Charlotteau



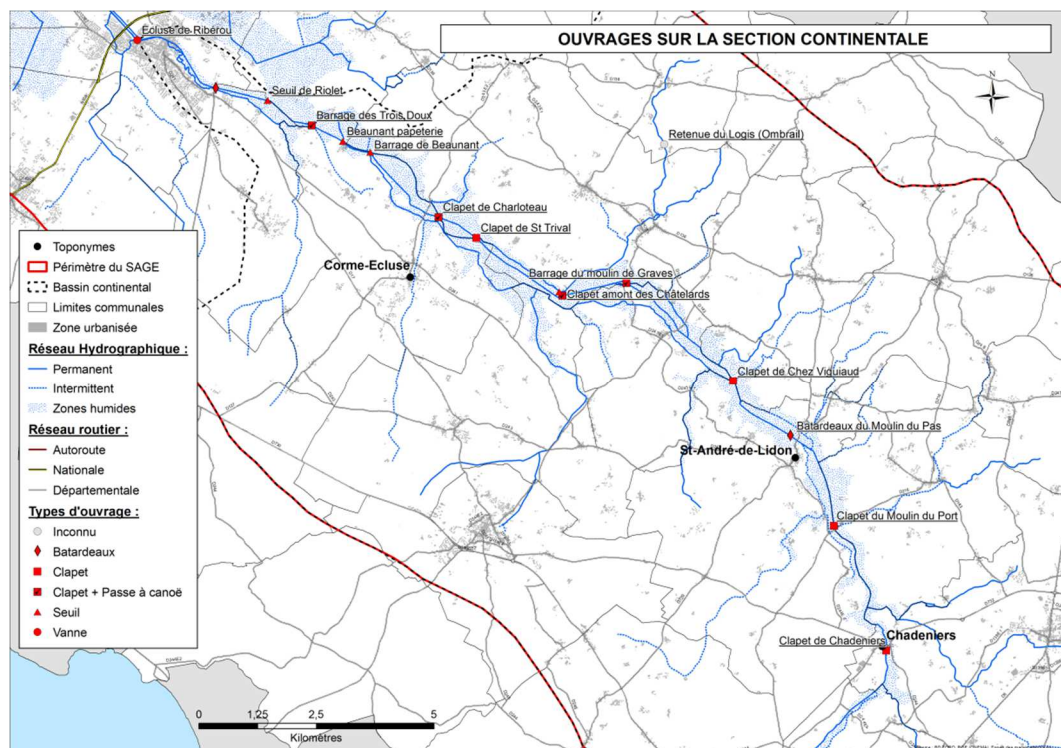
Passage du Moulin de Charlotteau



Photographie 4-3 : Bief du Moulin de Charlotteau

4.1.4.2 Les ouvrages d'étagement pour la mise en culture des bords de Seudre

Des clapets mobiles jalonnent le linéaire de la rivière de Chadeniers jusqu'à Saujon (cf. Cartographie 4-4 et Photographie 4-4). Ils sont au nombre de 8 et ont été installés pour remplacer les anciens ouvrages, créés lors de la mise en culture des bords de Seudre. Leur fonction est de contrôler la ligne d'eau amont au gré des activités économiques et leur manœuvre permet un effacement total en cas de besoin.



Cartographie 4-4 : Ouvrages d'étagement de plans d'eau recensés sur la section continentale

Clapet de Châtelards



Clapet de Moulin du Port



Photographie 4-4 : Clapets mobiles sur la Seudre

4.1.4.3 Une gestion non-coordonnée des clapets

Les clapets servent essentiellement à réguler le niveau d'eau dans les marais alluviaux du bassin, exploités principalement pour la culture du maïs et la populiculture. Ils sont la propriété du SIAH de la Seudre et de ses Affluents qui, par usage tacite et historique, en laisse la manœuvre aux propriétaires riverains. Un suivi de la position des clapets et de la hauteur d'eau en amont et en aval de chaque ouvrage est assuré de façon hebdomadaire par la technicienne de rivière du SIAH de la Seudre et de ses Affluents depuis 2011.

Ces clapets sont abaissés et remontés manuellement « à la demande » des agriculteurs et propriétaires des terres agricoles. Le mois d'avril marque le début de la campagne de maïs qui nécessite de rentrer sur les parcelles pour semer. A cette période, les marais sont en général saturés en eau ce qui amène les cultivateurs à abaisser les ouvrages afin de ressuyer les champs, drainés par un réseau de fossés assez bien entretenu et efficace.

Les décisions préfectorales imposent l'arrêt des manœuvres en mai-juin afin de prévenir la période d'étiage de la rivière et de stocker le maximum d'eau. Ces arrêtés, même s'ils s'avèrent indispensables, paraissent tardifs compte-tenu des quantités d'eau déstockées quelques mois auparavant et ne sont pas toujours respectés.

4.1.5 La gestion des étiages comme enjeu prioritaire du SAGE

Le bassin de la Seudre moyenne est une vallée artificialisée qui a connu un tournant dans les années 80. La polyculture élevage/vignes/céréales prédominait avec des prairies en fond de vallée. La crise du Cognac dans les années 70 a suscité un abandon de la vigne et une recherche de culture nouvelle, génératrice de revenus : la maïsiculture s'est installée, couvrant 14 000 ha dans les années 80 contre 7 000 ha aujourd'hui. Un déficit hydrologique est constaté sur la Seudre depuis quelques années puisqu'elle ne déborde plus. Le Châtelards est un affluent particulièrement représentatif : son écoulement, permanent tout au long de l'année, s'est interrompu lors de la sécheresse de 2005 puis a recoulé suite à l'arrêt de l'irrigation. Depuis cette période, une dégradation du peuplement piscicole a été constatée par la fédération de pêche, caractérisée notamment par la raréfaction des brochets, une des espèces entrant dans le calcul de l'Indice Poisson Rivière (IPR).

Le diagnostic du SAGE a identifié la restauration d'un débit d'étiage assurant le bon fonctionnement des écosystèmes comme un enjeu prioritaire sur le bassin autour de 3 axes³ :

- La diminution de la pression des prélèvements sur les aquifères : plus de 80% des prélèvements en nappe affectant le débit de la rivière ont lieu entre juin et octobre, accroissant l'étiage du cours d'eau,
- La révision de l'actuel mode de gestion des niveaux d'eau dans les marais : une gestion coordonnée et concertée des ouvrages pourrait améliorer la capacité de rétention des tourbes et étaler dans le temps leur capacité de restitution,
- La validation d'une 2^{ème} station de mesure de débit pertinente pour la gestion quantitative de la ressource à Corme-Ecluse.

L'objectif de cette étude est de quantifier le soutien d'étiage qu'assurent actuellement les marais tourbeux et d'estimer leur potentiel avec une gestion optimisée des clapets, la finalité étant de trouver des solutions pour remobiliser le lit majeur en permettant au cours d'eau de reconquérir les terres basses temporairement, tout en préservant l'activité économique sur le secteur. Une réflexion sur la restauration en zones humides des secteurs les plus favorables au stockage n'est pas exclue.

³ Cf. « Diagnostic du SAGE de la Seudre » approuvé par la CLE du 13 juillet 2011

4.2 MOBILISER LA DONNEE EXISTANTE ET NECESSAIRE

4.2.1 Une synthèse bibliographique essentielle

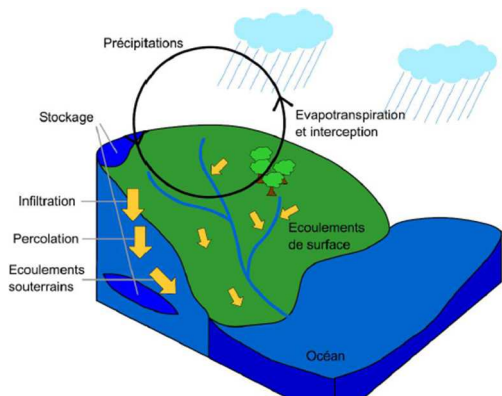
Les documents compulsés m'ont permis de me familiariser avec le territoire et de faire le point sur les données existantes (cf. liste des rapports en ANNEXE 2). La plupart des données disponibles au Syndicat sont sous format SIG :

- SCAN 25, Orthophoto 2010, MNT 10mx10m du bassin de la Seudre, BD TOPO et Cadastre,
- Réseau hydrographique avec fossés drainants, localisation des ouvrages,
- Registre Parcellaire Graphique 2009 : recensement des cultures dans le cadre de la PAC,
- Affleurements géologiques et cartes pédologiques,
- Délimitation précise des zones humides dont marais tourbeux.

Pour cette étude, le SIAH a mis à disposition du SMASS les plans et projets de réhabilitation des ouvrages ainsi que les relevés limnimétriques et des manœuvres de clapets effectués depuis juin 2011. Toutes les données identifiées ont été regroupées dans un classeur Excel (cf. ANNEXE 3).

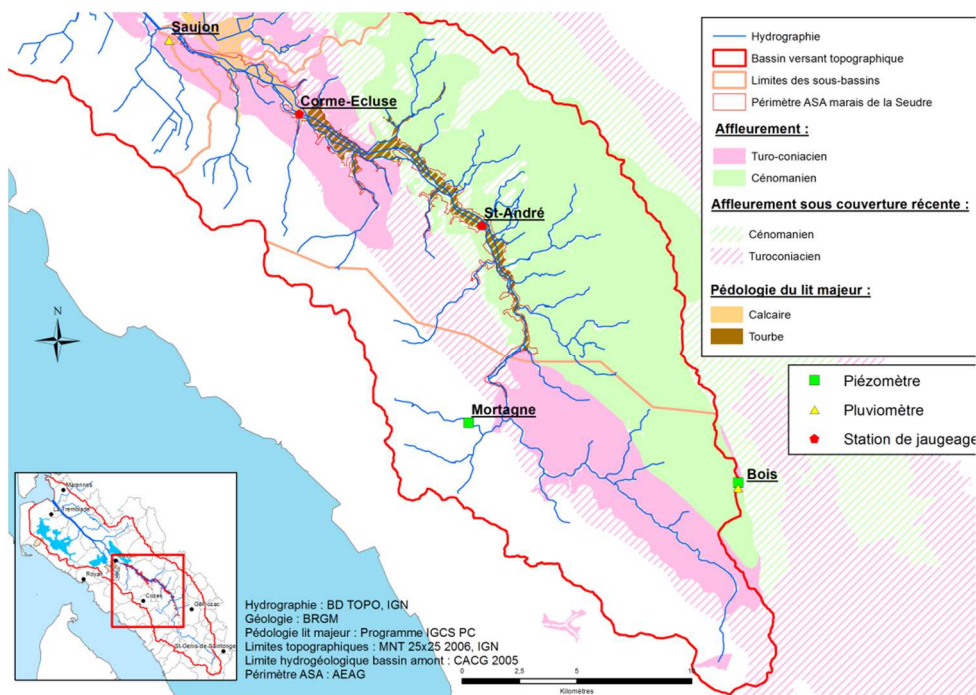
4.2.2 Les processus hydrologiques sur la zone d'étude

Aucune donnée hydrologique n'étant disponible au Syndicat, il a fallu identifier et récupérer tout ce que cette étude requerrait comme mesures de terrain aux stations représentatives de la zone d'étude (cf. Cartographie 4-5), liées aux processus hydrologiques constituant la base du cycle de l'eau⁴ (cf. Figure 4-3) :



Source : Pr. A. Musy, Cours d'hydrologie générale, <http://echo.epf.ch/e-drologie/>

Figure 4-3 : Le cycle de l'eau



Cartographie 4-5 : Localisation des différentes stations de mesure sur le bassin

4.2.2.1 Des précipitations stables depuis 40 ans

Elles sont présentées sous forme de chroniques de pluies décennales, acquises auprès de **Météo-France**, à **SAUJON** du **1^{er} janvier 1970 au 31 décembre 2009**, et à **BOIS** du **1^{er} janvier 1970 au 31 décembre 2011**. Les données manquantes à SAUJON ont été reconstituées par corrélation avec les valeurs relevées à BOIS (cf. ANNEXE 4, fiabilité < 70% sur les mois de juillet et août). Les précipitations moyennes annuelles sur la zone d'étude sont de **870 mm**. Leur évolution est stable depuis 40 ans.

⁴ Le phénomène d'interception a été négligé, sa contribution au cycle de l'eau étant faible. En effet, la zone d'étude est principalement couverte de sol nu en automne-hiver, et de maïs en printemps-été.

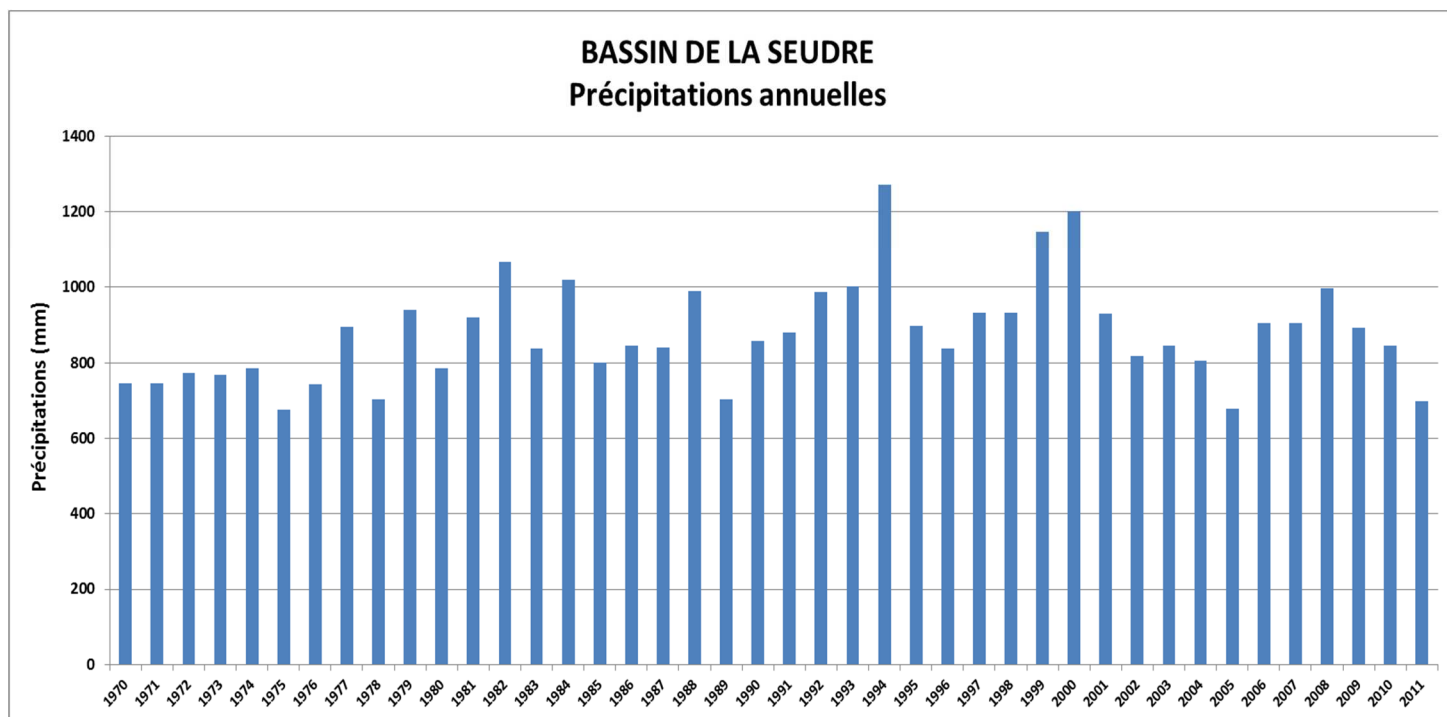


Figure 4-4 : Précipitations annuelles sur le bassin de la Seudre de 1970 à 2011

4.2.2.2 Deux stations de mesure de débit sur la Seudre

Ce sont des chroniques de débits journaliers (QMJ), mises à disposition par la **DDTM17**, à **SAINT ANDRE-DE-LIDON** du **1^{er} janvier 1970 au 31 décembre 2011** (station de **référence** pour la gestion quantitative du bassin de la Seudre) et à **CORME-ECLUSE** du **1^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2011** (station en cours de validation⁵). Les superficies de bassins drainés à chaque station sont les suivantes :

Station	St André-de-Lidon	Corme-Ecluse
Superficie BV (km²)	236	345

Tableau 4-1 : Superficie des bassins versants aux stations de mesure

Ces mesures de débit présentent un intérêt particulier puisque les stations se situent en entrée et en sortie de la zone d'étude (d'où l'intérêt des valeurs relevées à Corme-Ecluse malgré leur incertitude et le peu de recul sur les données) mais l'étendue limitée des chroniques restreint l'étude entre le 1^{er} janvier 2006 et le 31 décembre 2011. Sur cette période, les années 2006 à 2008 présentent moins d'incohérence au niveau des mesures entre les deux stations que les années 2009 à 2011 pour lesquelles les débits n'évoluent pas toujours suivant la même courbe (cf. analyse des cohérences en ANNEXE 5), années pour lesquelles l'incertitude sur les mesures sera considérée comme importante.

Présentons quelques débits caractéristiques de la Seudre, en particulier ceux relatifs à l'étiage qui concerne cette étude :

- le **module** : établi à **0.923 m³/s** par la Banque Hydro sur 40 ans, ce débit passe à 0.44 m³/s sur les 10 dernières années,
- le **débit spécifique moyen** : en considérant une superficie de bassin à St André-de-Lidon de 236 km², ce débit est d'environ **4 l/s/km²**,
- la **crue morphogène** : crue de « plein bord » avant débordement, définie par une période de retour de 2 ans, la Banque Hydro l'établit à **3.9 m³/s**,
- la **plus grande crue connue** : survenue en décembre 1982, son débit atteignit **23.2 m³/s**,

⁵ Les débits mesurés à Corme-Ecluse sont en cours de validation et sont considérés comme douteux par la DDTM17. Ces valeurs, sur lesquelles cette étude repose en partie, comportent donc un degré d'incertitude.

- Le **débit caractéristique d'été** : débit dépassé 355 jours/an, il est égal à **15 l/s** sur 40 années de chronique. L'analyse de l'évolution de ce débit est très instructive sur l'évolution du bassin (cf. méthode de calcul et résultats en ANNEXE 6) : elle montre que ce débit était beaucoup plus élevé avant 1985 et a fortement baissé ensuite pour remonter sur les 5 dernières années. Une analyse comparative avec les bassins voisins de la Seudre montre que l'écoulement de ce fleuve bénéficie d'un soutien d'été particulièrement faible.

Sur la Seudre, les seuils de référence pour l'atteinte du bon état de la rivière tout en respectant le besoin des usagers sont les suivants :

Points de référence	DOE/POE	DCR/PCR
Station de Saint-André-de-Lidon	100 l/s	25 l/s
Station piézométrique de Mortagne-sur-Gironde	- 16 m (11.8 m NGF)	- 17,5m (10.3 m NGF)

Tableau 4-2 : Valeurs de référence des DOE/POE et DCR/PCR

La DDTM 17, quant à elle, a orientée la gestion quantitative de la ressource et le contrôle de l'irrigation autour de seuils de printemps et de seuils d'été qui sont les suivants :

Point de référence	Seuils de printemps		Seuils d'été		
	Seuil d'alerte	Seuil de coupure	Seuil d'alerte	Seuil d'alerte renforcée	Seuil de coupure
Station Saint-André-de-Lidon	380 l/s	130 l/s	170 l/s	80 l/s	30 l/s

Source : Arrêté Préfectoral AP_no12-_800_conjoncturel_du_2_avril_2012

Tableau 4-3 : Valeurs des seuils d'alerte et de coupure sur la Seudre

4.2.2.3 Le suivi du niveau des nappes d'accompagnement

Présentées sous forme de chroniques de mesures piézométriques journalières, elles sont mises à disposition par l'Observatoire Régional de l'Environnement de Poitou-Charentes (ORE PC), à **MORTAGNE-SUR-GIRONDE** pour le niveau de la nappe du Turo-Coniacien (station de **référence** pour la gestion quantitative du bassin de la Seudre) du **6 avril 1993 au 31 décembre 2011**, et à **BOIS** pour le niveau de la nappe du Cénomanien du **30 décembre 1991 au 31 décembre 2011**, exprimées en m NGF (altitude normalisée).

Le niveau moyen des nappes est en diminution depuis ces dix dernières années, l'année 2005 ayant été la plus critique enregistrée.

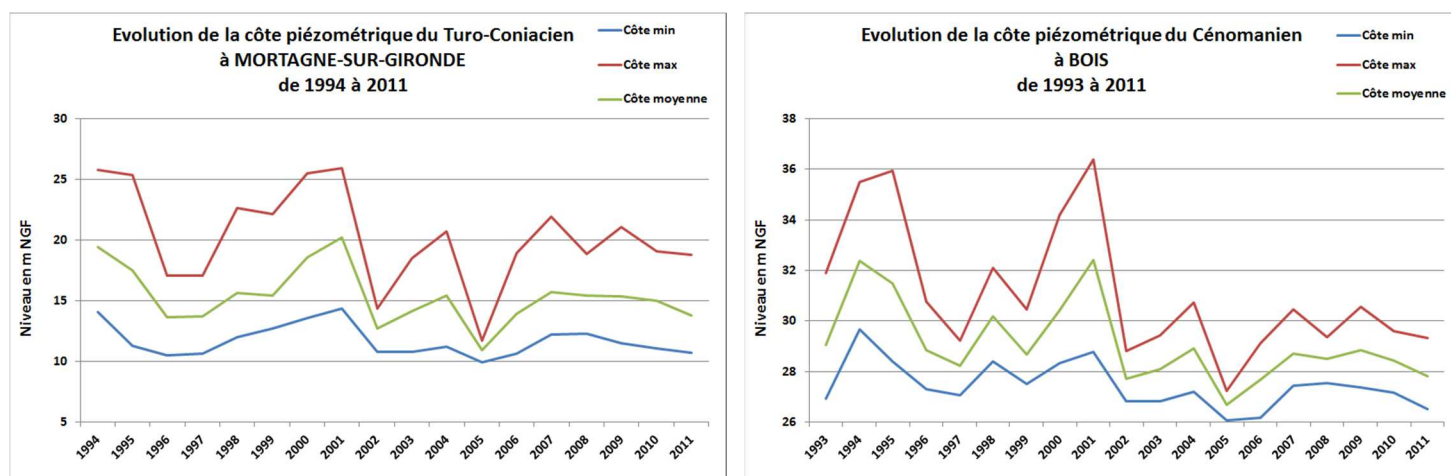


Figure 4-5 : Evolution de la côte piézométrique des nappes d'accompagnement depuis 1994

4.2.2.4 L'évapotranspiration potentielle et réelle

C'est un processus primordial dans le cycle de l'eau qui représente la quantité d'eau s'évaporant du sol et des plantes sous un climat donné. Une distinction doit être faite entre évapotranspiration potentielle (ETP) et évapotranspiration réelle (ETR) :

- ⇒ l'**ETP** est la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée sous un climat donné par un couvert végétal continu bien alimenté en eau,
- ⇒ l'**ETR** est la quantité totale d'eau qui s'évapore effectivement du sol et des plantes lorsque le sol est à son taux d'humidité naturel, ce qui nécessite un suivi de l'évolution de l'humidité des sols et, en particulier de la **Réserve Utile**, qui est l'eau contenue dans le sol utilisable par la plante.

Pour quantifier ce processus difficile à appréhender, plusieurs approches ont été étudiées :

- ETP mensuelle relevée à Cognac récupérée d'un rapport⁶,
- ETP mensuelle estimée selon la formule de Turc,
- ETP mensuelle estimée selon la formule de Thornthwaite,
- ETP mensuelle considérée comme une fonction périodique et décomposée en série de Fourier (estimée par le Service de Prévision des Crues de la DDTM17).

Le détail de ces calculs et des méthodes associées est présenté en ANNEXE 7. Sur l'année, l'ETP est faible pendant les mois d'hiver (peu d'ensoleillement) ; elle est maximale en été (températures et ensoleillement maximaux) (cf. Figure 4-6).

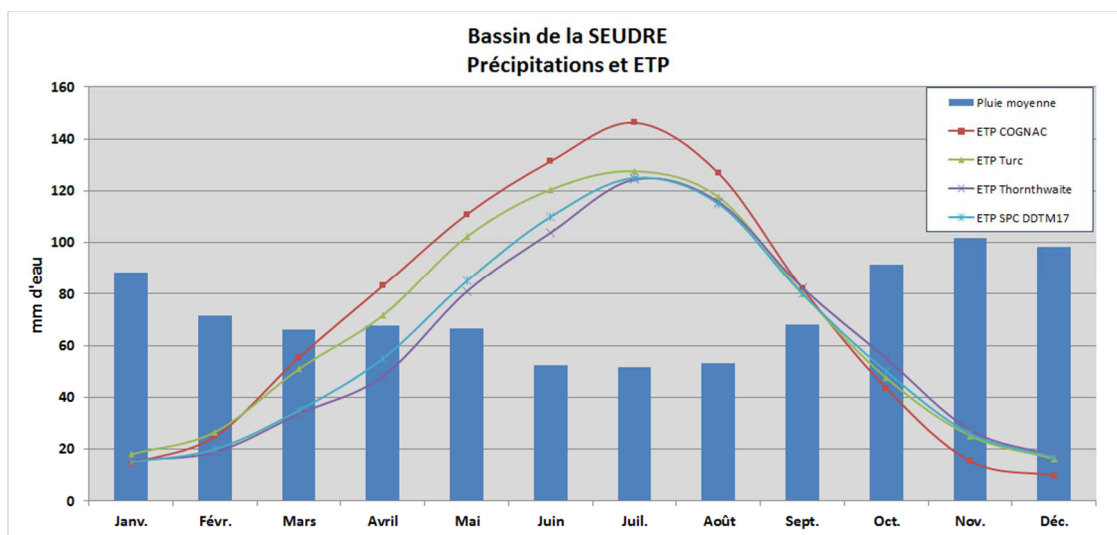


Figure 4-6 : Evolution annuelle de plusieurs estimations de l'ETP sur le bassin de la Seudre

Pour établir les bilans hydrologiques sur les marais tourbeux, il sera plus intéressant de considérer une ETP qui maximise l'assèchement des sols ; ce sera donc l'ETP calculée par la formule de Turc qui sera utilisée.

4.2.2.5 La Réserve Utile du sol calculée à partir de la pluie efficace

La pluie efficace est la différence entre l'eau précipitée et l'évapotranspiration ; elle représente la quantité d'eau précipitée qui contribue effectivement au ruissellement et à l'infiltration. Afin d'estimer l'évolution de l'humidité des sols tourbeux, un calcul de pluie efficace a été nécessaire. Pour cela, les définitions du modèle GR4J⁷ ont été appliquées, seulement sur la zone d'étude en considérant une **Réserve Utile maximale** de **120 mm**⁸ (cf. détails du calcul en ANNEXE 8).

⁶ Rapport de 2005 de la CACG « Etudes hydrauliques pour l'amélioration de l'étiage – Bassin de la Seudre »

⁷ Le modèle GR4J est un modèle pluie-débit à réservoirs développé par Perrin et al. en 1993. Il ne contient que 4 paramètres et permet d'obtenir rapidement les débits à partir des précipitations.

⁸ Quantité d'eau maximale mobilisable pour les plantes. Valeur pour un horizon tourbeux sous 20 cm de terre agricole

http://www.agri02.com/ Documents/Outil/ru_calcul.htm

4.2.2.6 Courbes d'évolution juxtaposées des processus

Une chronique du 1^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2011, faisant apparaître tous les processus préalablement cités, a été construite pour faciliter la compréhension des relations nappes/rivière et constater les temps de réponse de la rivière et des nappes à chaque épisode pluvieux. Seule la chronique de 2010 à 2011 est présentée pour plus de lisibilité, la chronique complète est disponible en ANNEXE 9 :

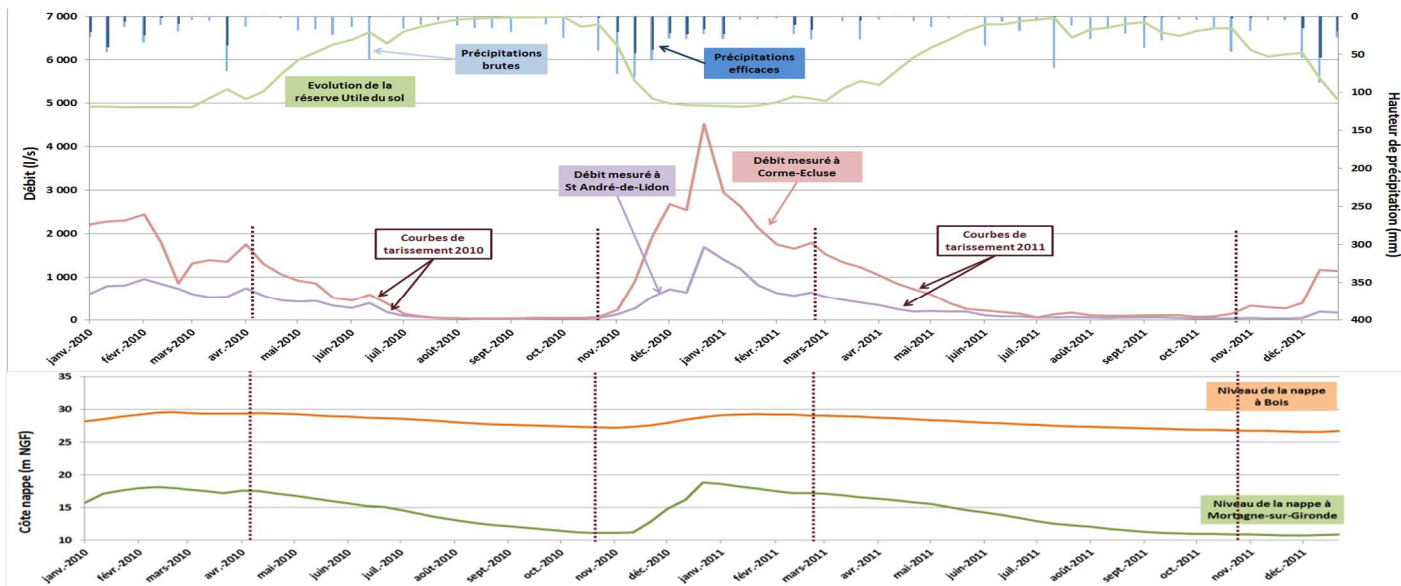


Figure 4-7 : Années 2010 & 2011 – Chronique de pluie/débits/piézomètres sur la Seudre

Le fonctionnement de la Seudre en trop-plein phréatique est bien visible : dès que le niveau des nappes remonte, les débits mesurés présentent des pentes de crue importantes ; inversement, la vidange des nappes s'accompagne d'un tarissement marqué de la rivière.

Ce fonctionnement est étayé par la superposition du bilan des eaux de ruissellement et du bilan des eaux souterraines, rapportés sur une année, à la station de Corme-Ecluse (cf. Figure 4-8. Le détail de ces bilans est présenté en ANNEXE 10). Ce graphique montre que :

- ✓ Les nappes du Cénomanien et du Turo-coniacien sont en continuité hydraulique : leur évolution est parfaitement corrélée,
- ✓ La rivière est excédentaire (apport d'eau) lorsque les nappes se rechargent ; elle est déficitaire (perte d'eau) lorsque les nappes se vidangent, les courbes suivant la même tendance tout au long de l'année⁹.

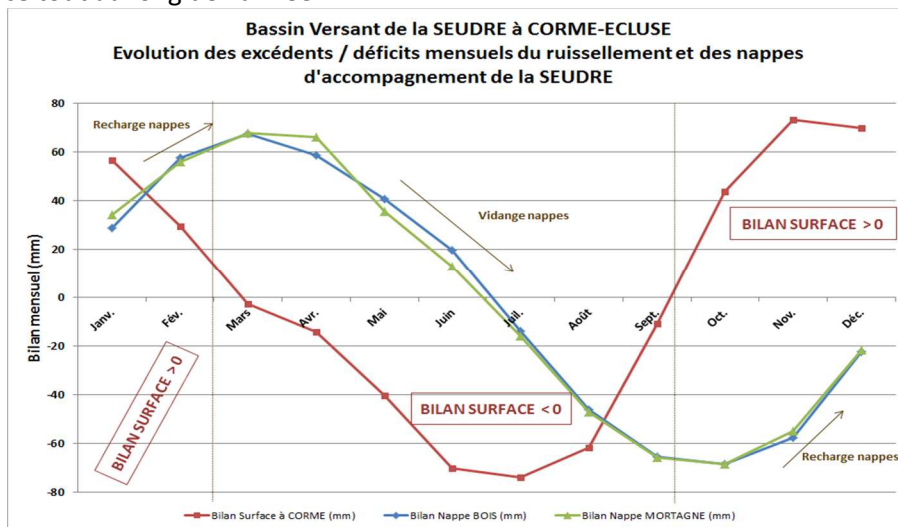


Figure 4-8 : Evolution annuelle des bilans d'eaux de surface et d'eaux souterraines

⁹ Ce thème a été traité en sujet de Bilan Hydrologique de 2^{ème} année Parcours Environnement à l'ENSEEIH lors de la séance d'évaluation avec le Professeur Denis DARTUS. Le sujet est présenté en ANNEXE 10.

4.2.3 Un relevé de la côte du fond du lit au niveau des clapets

Parce que connaître le profil en long de la rivière permet de mieux analyser les relevés de hauteurs d'eau effectués toutes les semaines en amont/aval des clapets et afin d'anticiper sur une possible modélisation 1D de la Seudre entre St André-de-Lidon et Corme-Ecluse, un relevé de la côte du fond du lit à la mire a été mené en collaboration avec la technicienne de rivière du SIAH de la Seudre et de ses Affluents. Ces relevés n'ont été possibles qu'au niveau des clapets, munis d'échelles récemment calées en altitude normalisée. Le résultat de ces mesures a été superposé à la ligne d'eau moyenne mesurée entre juin 2011 et juin 2012 de Chadeniers jusqu'à Saujon :

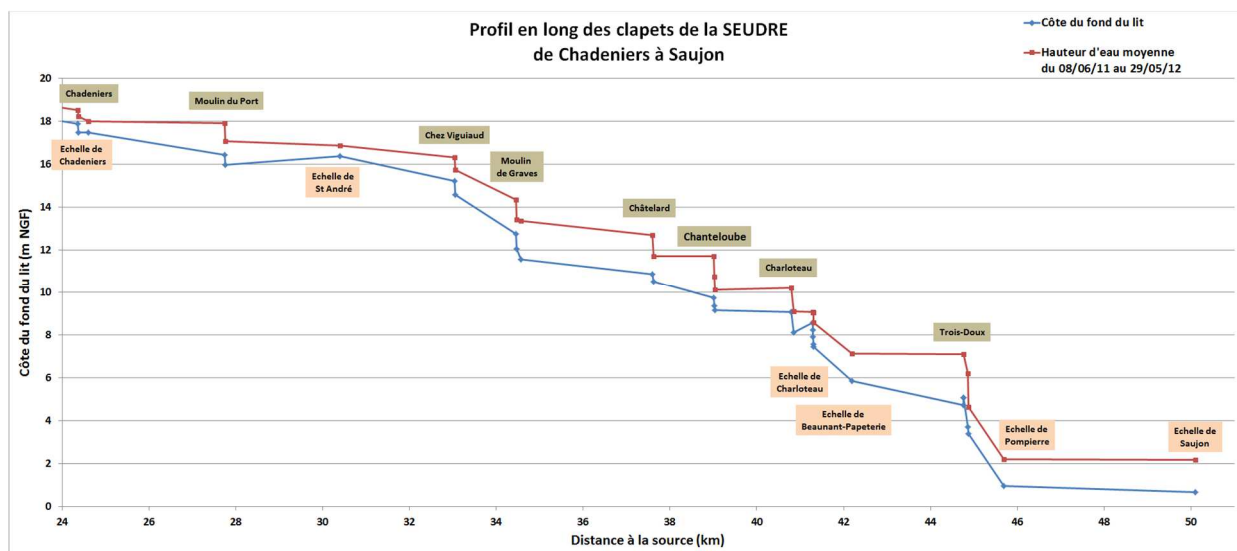


Figure 4-9 : Profil en long de la Seudre et ligne d'eau moyenne de juin 2011 à juin 2012

Ce profil en long est la base d'analyse des retenues d'eau formées par les ouvrages. Il permet aussi de comprendre le phénomène de restitution des tourbes, facilité par une pente plus ou moins importante selon la position des clapets (attention toutefois : la pente moyenne de ce tronçon est de 0.7‰, variant de 0.1‰ à l'échelle de Saujon à 3‰ après le clapet de Trois-Doux).

4.2.4 Une estimation de 6Mm³ d'eau mobilisable dans les marais

Une campagne de 5 jours de sondages à la tarière dans la zone tourbeuse a été préparée et organisée au mois de Mars 2012 au tout début de cette étude. L'objectif de cette campagne était de pouvoir identifier l'horizon sous-jacent à la tourbe. Elle a aussi permis une estimation du volume d'eau mobilisable dans les tourbes pour la rivière à partir des relevés de profondeur de tourbe.

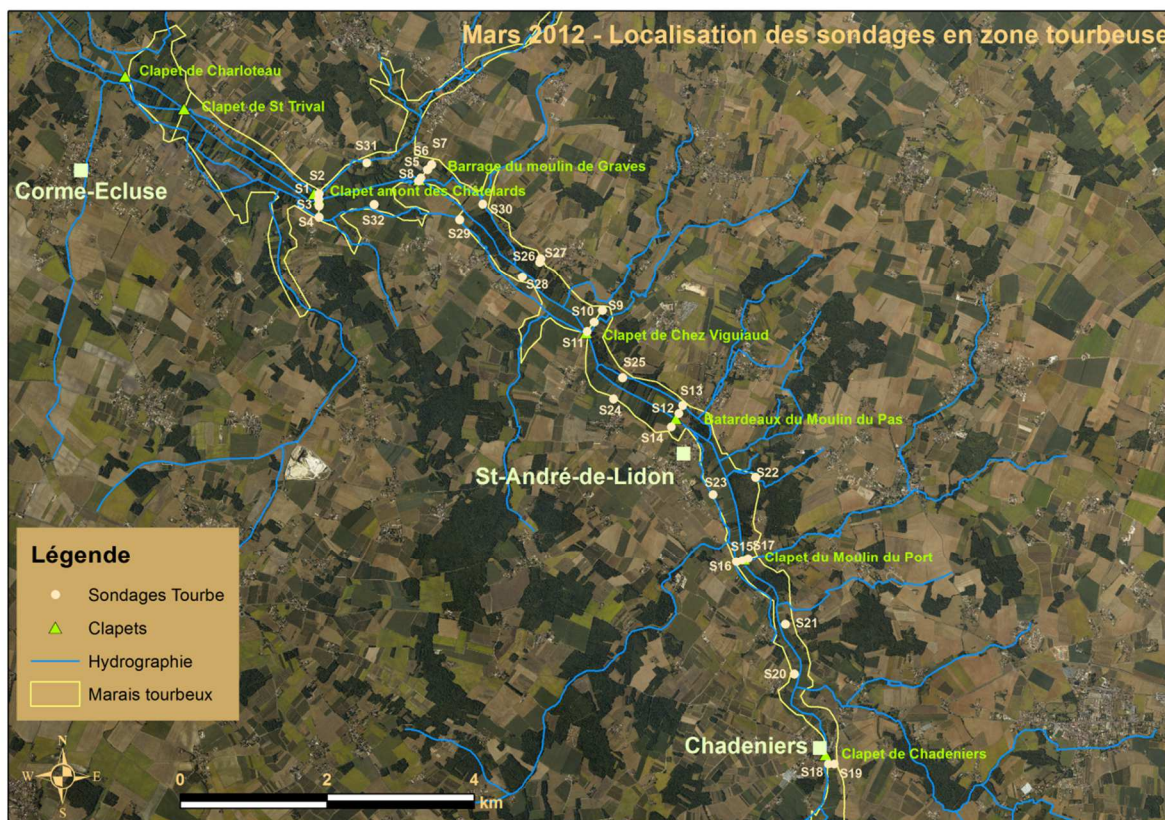
Les points de prélèvements ont été déterminés et géo-localisés par l'animateur du SAGE avant mon arrivée. 32 sondages ont été pratiqués au droit des clapets et sur des sections de tourbe particulièrement larges (cf. Cartographie 4-6).

Certaines sections transversales ont fait l'objet de plusieurs sondages, ce qui permet d'avoir plusieurs relevés de profondeur sur une même section. Ces relevés ont permis de définir un profil d'épaisseur de tourbe et une cubature du substrat (les relevés et les graphiques ayant servi au calcul sont présentés en ANNEXE 11). De plus, la **porosité** du substrat étant inconnue, elle a été posée à **60% ± 50%**. Le **volume d'eau mobilisable** dans les tourbes est estimé à **6 Mm³ ± 50%**.

		Seudre amont	St André - Corme
Surface de tourbe (en km ²)		8.5	6.3
Volume de tourbe au-dessus du fond du lit (en Mm ³) ¹⁰		10.4	7.7
Capacité de stockage (en Mm ³)	Porosité à 90%	9.3	6.9
	Porosité à 60%	6.2	4.6
	Porosité à 30%	3.1	2.3

Tableau 4-4 : Volume d'eau mobilisable dans les tourbes

¹⁰ L'utilisation de l'unité Mm³ pour représenter 1 000 000 m³ est un abus de langage dû à une habitude d'usage chez les acteurs de l'eau, l'unité scientifique qui devrait être employée étant hm³.



Cartographie 4-6 : Localisation des sondages dans la zone d'étude

N.B. : La porosité de la tourbe est une propriété difficile à connaître tant qu'elle n'est pas mesurée. La littérature scientifique prête à ce substrat une porosité intrinsèque de l'ordre de 90% mais l'eau piégée dans les pores et donc non disponible pour l'écoulement serait importante et ramènerait la porosité (dite « efficace ») de la tourbe à 30%¹¹. De plus, l'influence du travail de la terre et de l'assèchement des tourbes sur la zone d'étude a modifié les propriétés de celles-ci, les terres agricoles riches en matière organique pouvant atteindre 60% de porosité¹². Des mesures de terrain prenant en compte l'hétérogénéité de la tourbe entre le niveau du sol et 1m50 de profondeur n'ont pu être menées pendant la durée de cette étude.

4.3 D'OU VIENT L'EAU CONTENUE DANS LES TOURBES ?

La première approche mise en œuvre pour étudier la contribution des marais, dans un milieu si fortement anthropisé, a été de définir le mode d'alimentation en eau des tourbes : d'où vient l'eau qu'elles contiennent ? En effet, parler de potentiel de restitution d'un milieu revient à considérer qu'il a un potentiel de stockage et qu'il se comporte :

- soit comme une zone de transit de la nappe avec un ralentissement de l'écoulement souterrain qui confère un temps de séjour plus long de l'eau dans la tourbe,
- soit comme un réservoir, avec accumulation et conservation d'eau en période de hautes-eaux, et restitution au milieu en période de basses-eaux.

La première possibilité est difficile à vérifier sans un relevé piézométrique sur la zone pour suivre l'évolution simultanée des niveaux d'eau dans la nappe et dans les tourbes. La deuxième, quant à elle, peut être vérifiée plus rapidement par une campagne de sondages à la tarière dans la zone d'étude couplée à l'analyse de bilans hydrologiques à différentes échelles de temps.

¹¹ Valeurs issues du rapport de Jérôme PORTERET, Université St Etienne, Octobre 2005

« Etude du fonctionnement d'une tourbière basse du Nord-Est du Massif central français »

¹² Valeur issue du cours de Physique des Sols disponible sous :

http://echangetv.levantin.free.fr/Cours/Agronomie/cours_agro/C.Chapitre_1_Physique_Sol.pdf

4.3.1 Un sondage sur trois révèle un horizon argileux sous la tourbe

La campagne de 5 jours de sondages à la tarière dans la zone tourbeuse effectuée au mois de Mars 2012 (cf. Cartographie 4-6) avait pour objectif d'identifier l'horizon sous-jacent à la tourbe : argile ou calcaire ? Couche imperméable isolant la tourbe ou roche-mère perméable permettant l'infiltration ?

Ces sondages ont révélé un horizon argileux sous la couche de tourbe pour un prélèvement sur trois (11 sondages). Pour 9 sondages, la tarière s'est avérée trop courte pour atteindre l'horizon inférieur, révélant ainsi une épaisseur de tourbe d'au moins 4 m par endroit. Les 12 prélèvements restants ont réagi positivement à l'application d'acide chlorhydrique, démontrant la présence de calcaire mais ne permettant pas de conclure sur la nature exacte de l'horizon sous-jacent. Le tableau de résultats complet est consultable en ANNEXE 12. Ces sondages vérifient une partie de l'hypothèse selon laquelle la tourbe serait isolée de la nappe par une couche imperméable mais ne la confirment pas de façon certaine. Une étude géotechnique menée par un bureau d'études professionnel permettrait de lever le doute sur ces conclusions approximatives.

Type d'argile trouvée à 2.6 m de profondeur
Sondage n°18 à Chadeniers



Tourbe noire trouvée à 2.5 m de profondeur
Sondage n°15 à Moulin du Port



Photographie 4-5 : Prélèvements d'argile et de tourbe lors de la campagne de sondages

4.3.2 Un manque d'apport des nappes dans les bilans hydrologiques

4.3.2.1 Principe d'équilibre des entrées/sorties d'eau d'un système

Toute précipitation (**P**) sur une zone donnée et pendant un laps de temps donné, soit s'écoule (**Q**), soit repart dans l'atmosphère par évapotranspiration (**ETR**), soit participe à la recharge des réserves en eau du sol (**RU** = réserve utile) ou du sous-sol (**RH** = réserve hydrologique) (cf. Figure 4-10) :

$$P = Q + ETR + \Delta(RU + RH)$$

P : précipitations

Q : débit d'écoulement

ETR : évapotranspiration réelle

$\Delta(RU + RH)$: variation du stockage (sol et sous-sol)

Dresser un tel bilan n'a d'intérêt que s'il est utilisé sur un intervalle de temps ayant une signification hydrologique (année hydrologique, saison d'étiage, épisode de crue). Les bilans présentés ci-après ont d'abord été établis sur une année hydrologique puis sur des périodes représentatives de l'année dont l'étiage.

La **zone d'étude** considérée pour ces bilans est la surface de marais tourbeux qui s'étend sur 650 ha de part et d'autre de la Seudre, entre St André-de-Lidon (dont la station de mesure est située à l'amont) et Corme-Ecluse (dont la station de mesure est située à l'exutoire) (cf. Figure 4-10).

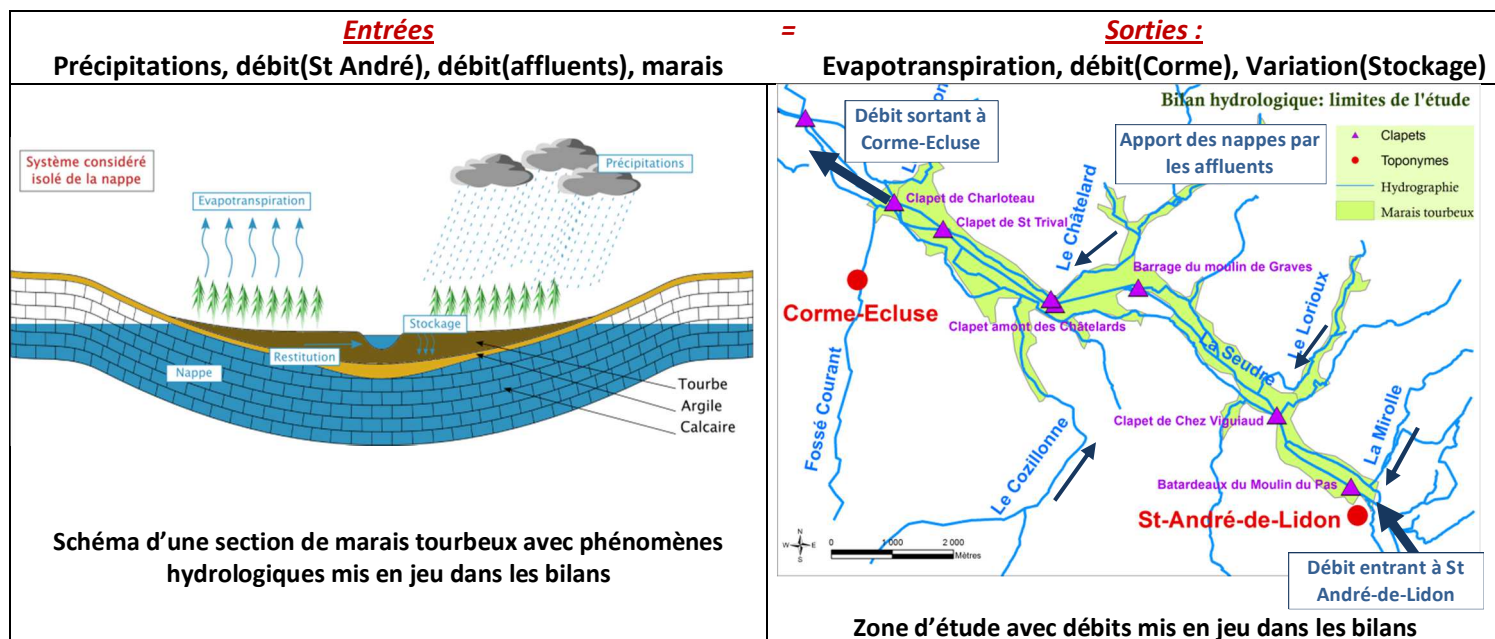


Figure 4-10 : Zone d'étude et processus hydrologiques

Les **précipitations** disponibles sont celles présentées au §4.2.2 sur la période allant du 1^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2011.

Les **débits** (données d'écoulement) disponibles sont les suivants :

- Les débits mesurés journaliers (QMJ) à la station de St André-de-Lidon du 1^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2011. Ces débits seront considérés comme « entrant » dans la zone d'étude,
- Les débits mesurés journaliers (QMJ) à la station de Corme-Ecluse du 1^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2011. Ces débits seront considérés comme « sortant » de la zone d'étude,
- Les débits estimés des 5 affluents de la Seudre qui traversent la zone, dont les valeurs saisonnières sont présentées dans le tableau suivant¹³. Ces débits seront considérés comme « entrant » dans la zone d'étude.

	Automne - Hiver	Printemps	Eté
La Mirole (Largeur ≈ 1m)	25 l/s Hauteur d'eau=20 cm vitesse=1m en 8s	10 l/s Hauteur d'eau=10 cm vitesse=1m en 10s	En assec
Le Lorient (Largeur ≈ 1m)	40 l/s Hauteur d'eau=20 cm vitesse=1m en 5s	17 l/s Hauteur d'eau=10 cm vitesse=1m en 6s	En assec
Le Châtellards (Largeur ≈ 1m)	75 l/s Hauteur d'eau=30 cm vitesse=1m en 4s	17 l/s Hauteur d'eau=20 cm vitesse=1m en 6s	10 l/s Hauteur d'eau=10 cm vitesse=1m en 10s
L'Aubardie	Confluence avec la Seudre en amont de la station de St André		
Le Cozillon (Combe-Ecure)	Ecoulement dû essentiellement à un rejet ponctuel de la carrière de Grézac. Non pris en compte dans les bilans.		

Tableau 4-5 : Estimation des débits saisonniers des affluents de la Seudre

Les données relatives à la variation de la **réserve utile** du sol ont été calculées à partir des précipitations (cf. §4.2.2). Quant à la **réserve hydrologique**, l'hypothèse de déconnexion des tourbes et de la nappe fait de la zone d'étude un système isolé pour lequel le phénomène d'infiltration est négligé.

Enfin, l'évapotranspiration réelle est le processus le plus difficile à estimer. Pour les bilans annuels, la formule de Turc a été appliquée (cf. ANNEXE 7); pour les autres bilans, une estimation à partir de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et de la réserve utile du sol (RU) a été considérée¹⁴, les valeurs de l'ETP et de la RU étant disponibles (cf. §4.2.2) :

¹³ Cette estimation a été possible grâce au concours de M. Dominique TANTIN, président de l'AAPPMA de Saujon

¹⁴ Estimation recueillie dans « Calcul du bilan hydrique » sur http://ued.univ-lemans.fr/Grain-1_Kit_1-Bilan/co/grain_Exo_04.html

$$ETR = ETP \times \frac{RU}{RU_{max}} \text{ où } RU_{max} = 120mm$$

ETR : évapotranspiration réelle
ETP : évapotranspiration potentielle
RU : Réserve Utile
RU_{max} : Réserve Utile maximale

Au final, le bilan sur la zone d'étude s'écrit :

$$P_{tourbe} + Q_{StAndré} + Q_{affluents} + Q_{tourbe} = ETR + Q_{Corme} + \Delta RU$$

P_{tourbe} : précipitations sur les marais
Q_{StAndré} : débit à St André-de-Lidon
Q_{affluents} : débit des affluents
Q_{tourbe} : contribution des tourbes
ETR : évapotranspiration réelle
Q_{Corme} : débit à Corme-Ecluse
ΔRU : variation du stockage sol

L'erreur calculée sur ces bilans a été calculée de la façon suivante : $Erreur = \frac{\sum Sorties - \sum Entrées}{\sum Sorties + \sum Entrées}$

4.3.2.2 Des bilans annuels déséquilibrés 4 années sur 5

Des bilans ont été établis sur une année hydrologique, allant d'octobre à octobre sur le bassin de la Seudre, de 2006 à 2011, sur 650 ha de marais tourbeux. La variation de stockage dans le sol est considérée comme nulle d'une année à l'autre.

N.B. : les volumes prélevés pour l'irrigation (< 500 000 m³) ont été négligés au vu des autres volumes d'eau mis en jeu. Cependant, l'estimation de ces volumes pour les années 2006 à 2011 est présentée en ANNEXE 13).

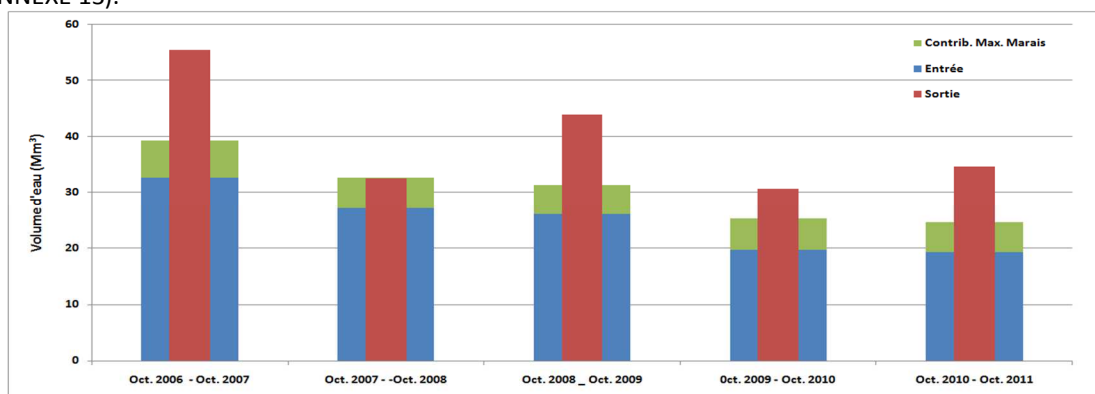


Figure 4-11 : Histogrammes des entrées/sorties d'eau annuelles sur les marais tourbeux

Ces résultats montrent la prépondérance du ruissellement principal devant les autres phénomènes. Sans apport ni des nappes, ni des tourbes, il manque plus de 20% d'eau, 4 années sur 5, pour équilibrer les bilans. Même en considérant que les tourbes restituent toute l'eau précipitée sur la zone (ce qui n'est pas réaliste puisqu'une partie au moins s'évapore), il manque un apport de plus de 10%. Seule l'année 2008 s'équilibre par le faible écart entre les débits à Corme-Ecluse et à St André-de-Lidon, écart qui pourrait s'expliquer par un bon niveau de l'aquifère Turo-coniacien cette année-là en amont du bassin. Des sensibilités ont été faites pour montrer l'influence de chacun des processus (cf. Tableau 4-6).

	Ecart bilan de référence	ETR	Débit affluents		Contribution des marais	
		±20%	x2	/2	-20%	-50%
Oct. 2006 - Oct. 2007	-17%	±1%	+3%	-2%	-2%	-4%
Oct. 2007 - Oct. 2008	+0%	±1%	+4%	-2%	-2%	-4%
Oct. 2008 - Oct. 2009	-17%	±1%	+4%	-2%	-1%	-4%
Oct. 2009 - Oct. 2010	-10%	±2%	+5%	-2%	-2%	-6%
Oct. 2010 - Oct. 2011	-17%	±1%	+5%	-3%	-2%	-6%

Tableau 4-6 : Sensibilités sur les différents processus mis en jeu dans les bilans

Il en ressort qu'une variation de ±20% de l'ETR ne change rien sur l'équilibre des bilans. Par contre, le débit des affluents a une influence importante ainsi que la contribution des marais qui est forcément moindre que celle supposée dans les bilans de référence (les tableaux détaillés de ces sensibilités sont présentés en ANNEXE 13). Ces sensibilités confirment que les incertitudes ont une place importante dans cette étude.

4.3.2.3 Un apport essentiel des nappes en période hivernale

Une fois les bilans annuels réalisés, il est intéressant de comprendre ce qui se passe à une échelle de temps plus restreinte et qui reste cohérente sur la zone d'étude : l'année hydrologique est découpée en 4 sous-périodes :

- octobre - décembre : sortie d'étiage avec les premières pluies de recharge des réserves,
- décembre - mars : épisodes de crues morphogènes, nappes rechargées,
- avril - juin : ressuyage des parcelles puis semis dans les champs,
- juillet - septembre : étiage de la Seudre.

Sans contribution ni des nappes, ni des marais tourbeux, les sorties d'eau du système sont plus importantes que les entrées (cf. Figure 4-12). Ceci étant, en période d'étiage, les volumes mis en jeu sont si faibles que les incertitudes dominent, montrant dans le même temps qu'en l'état, la contribution des tourbes, si elle existe, est minime. Le ressuyage des champs ayant lieu en mars - avril, la restitution des tourbes sur cette période (et seulement sur cette période) a été calculée pour équilibrer les bilans et les volumes mis en jeu sont acceptables et réalistes par rapport au volume d'eau mobilisable estimé précédemment. L'analyse de ces bilans, comme celle des bilans annuels, fait ressortir le manque d'une contribution de la nappe en hautes-eaux pour équilibrer les bilans. Mais **l'incertitude sur l'apport des affluents et sur l'évapotranspiration réelle** est trop importante pour conclure formellement sur ce point (les tableaux de résultats sont consultables en ANNEXE 13).



Figure 4-12 : Histogrammes des entrées/sorties d'eau mensuelles sur les marais tourbeux

4.3.3 D'autres éléments de réponse issus de la littérature et des observations

Selon l'ouvrage « Le monde des tourbières et des marais » déjà cité dans ce rapport, les tourbières de type fluviogène reposent en général sur un substratum perméable permettant les relations aquifères/tourbe. La régulation des niveaux d'eau de la tourbière se fait par l'alimentation des aquifères et ce substrat a une réponse très rapide aux précipitations directes, description qui paraît adaptée au type de tourbière qui borde la Seudre.

De plus, les observations de terrain montrent que la piézométrie du toit de la nappe, affleurant sur la zone d'étude (aquifère Cénomani), est toujours plus importante que la cote du fond du lit : en effet, les résurgences en rive droite de la Seudre qui constituent les affluents du cours d'eau assurent un apport conséquent d'eau en surface. La relation sous-jacente aquifère/tourbe, si elle assure une régulation du niveau d'eau dans les tourbes sur l'année, doit s'opérer en profondeur. Les vitesses de transit y sont diminuées et confère à cette zone une fonction de zone tampon (les vitesses suivent la loi de Darcy avec une perméabilité très faible, la conductivité hydraulique de la tourbe étant estimée entre 2.10^8 m/s et $2,5.10^6$ m/s¹⁵). Le marnage qui s'opère entre ce niveau régulé par la nappe et la surface est dû à la réponse rapide de la tourbe aux précipitations directes qui s'accumulent. Le travail de la terre, son oxygénation et la multiplication des fossés drainants confère à cet horizon une vidange rapide par accroissement de la perméabilité, accélérée par le ressuyage précoce des parcelles.

Cette analyse est corroborée en mai 2012 : suite aux précipitations continues du mois d'avril, de nombreuses parcelles ont été saturées en eau, empêchant la mise en culture de certaines et faisant moisir les graines de maïs déjà semées dans d'autres. Le niveau de la nappe du Cénomani était à un niveau très faible (-20 m), démontrant ainsi l'engorgement de l'eau de pluie dans la tourbe jusqu'à saturation.

4.4 LA CONTRIBUTION ACTUELLE DES MARAIS EN PERIODE D'ETIAGE

4.4.1 La restitution des tourbes se cumule avec la vidange de la nappe

Les sondages et les bilans hydrologiques ne fournissant que des conclusions approximatives sur la déconnexion des tourbes et de la nappe, une nouvelle piste a été suivie : en régime de basses-eaux, la Seudre est essentiellement alimentée par ses nappes d'accompagnement ; ainsi la courbe de tarissement de la rivière correspond-elle à la vidange desdites nappes. Si les tourbes assurent un soutien d'étiage au cours d'eau, la restitution des marais devrait se superposer à la vidange de ces nappes, restitution actuellement minimisée par le ressuyage de printemps.

A cette période, le niveau du toit de la nappe du Turo-Coniacien devient inférieur à la cote du fond du lit de la rivière et l'écoulement se déconnecte en amont de Chadeniers, toute la tête de bassin passant alors en assec, récurrent chaque année (cf. cartes des états hydrauliques en ANNEXE 14). A partir de Chadeniers, la Seudre capte les eaux du Cénomani dont la piézométrie reste supérieure à la cote du fond du lit et assure un écoulement permanent sur le tronçon en aval. Le tarissement de la rivière se visualise sur les chroniques de débit (cf. Figure 4-7) comme une chute brutale du débit, due à la déconnexion de l'aquifère Turo-Coniacien en amont, et à un régime non influencé par les précipitations ni par les manœuvres de clapets. Cette courbe de tarissement correspond à la vidange du Cénomani s'exprimant sous la forme d'une loi exponentielle :

Loi de Maillet:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

Q_0 [m³] : débit en début de tarissement

Q_t [m³] : débit en fin de tarissement

α : coefficient de tarissement

t [jour] : durée du tarissement

¹⁵ Conductivité hydraulique $K_H = 2.10^8$ m/s dans Cours d'Hydrogéologie de l'Ecole des Mines de Nancy

(<http://www.mines.inpl-nancy.fr/geoingenierie/T153/T153/6-PorositePermeabilite/HYDROGEOLOGIE.pdf>)

et $K_H = 2,5.10^6$ m/s dans un rapport de Jérôme PORTERET, Université St Etienne, Octobre 2005 « Etude du fonctionnement d'une tourbière basse du Nord-Est du Massif central français »

La durée de tarissement définie à St André-de-Lidon est la même qu'à Corme-Ecluse. Le calcul du coefficient de tarissement se déduit de la relation précédente et dépend de l'écart des débits mesurés en début et fin de la période de tarissement. Ils feront l'objet de comparaison entre St André-de-Lidon et Corme-Ecluse, afin d'estimer la contribution des tourbes qui bordent la zone.

Les étiages de la Seudre ont généralement lieu entre fin août et début octobre, le début de cette période étant caractérisé par une forte baisse des débits. Les dates associées aux valeurs les plus faibles sur l'année (référence aux QCN10 qui sont les débits seuils minimaux sur 10 jours consécutifs) de la Banque Hydro à St André-de-Lidon seront considérées comme étant les dates de fin de tarissement de la rivière :

Année	Etiage annuel (l/s)	DC _E (l/s)	QCN10 (l/s)	QMNA (l/s)
2006	27 11/09/2006	25	27 02/09 - 11/09	33 Août
2007	61 26/09/2007	52	61 11/09 - 26/09	61 Sept.
2008	102 01/10/2008	88	102 23/09 - 02/10	102 Oct.
2009	17 31/08/2009	18	17 22/08 - 31/08	28 Sept.
2010	22 22/08/2010	19	22 13/08 - 22/08	24 Sept.
2011	28 25/10/2011	28	28 15/10 - 25/10	29 Oct.

Source : Banque Hydro

Tableau 4-7 : Variables d'étiage de la Seudre à St André-de-Lidon

Pour illustrer la méthode de définition de ces lois de vidange¹⁶, les figures ci-dessous présentent la courbe de tarissement de la Seudre en 2006 à St André-de-Lidon et à Corme-Ecluse, en respectant les mêmes dates d'étiage, avec les débits d'apparition et de disparition de la vidange du Cénomani (la vidange du Turo-coniacien à St André-de-Lidon figure à titre informatif pour montrer la différence de niveau).

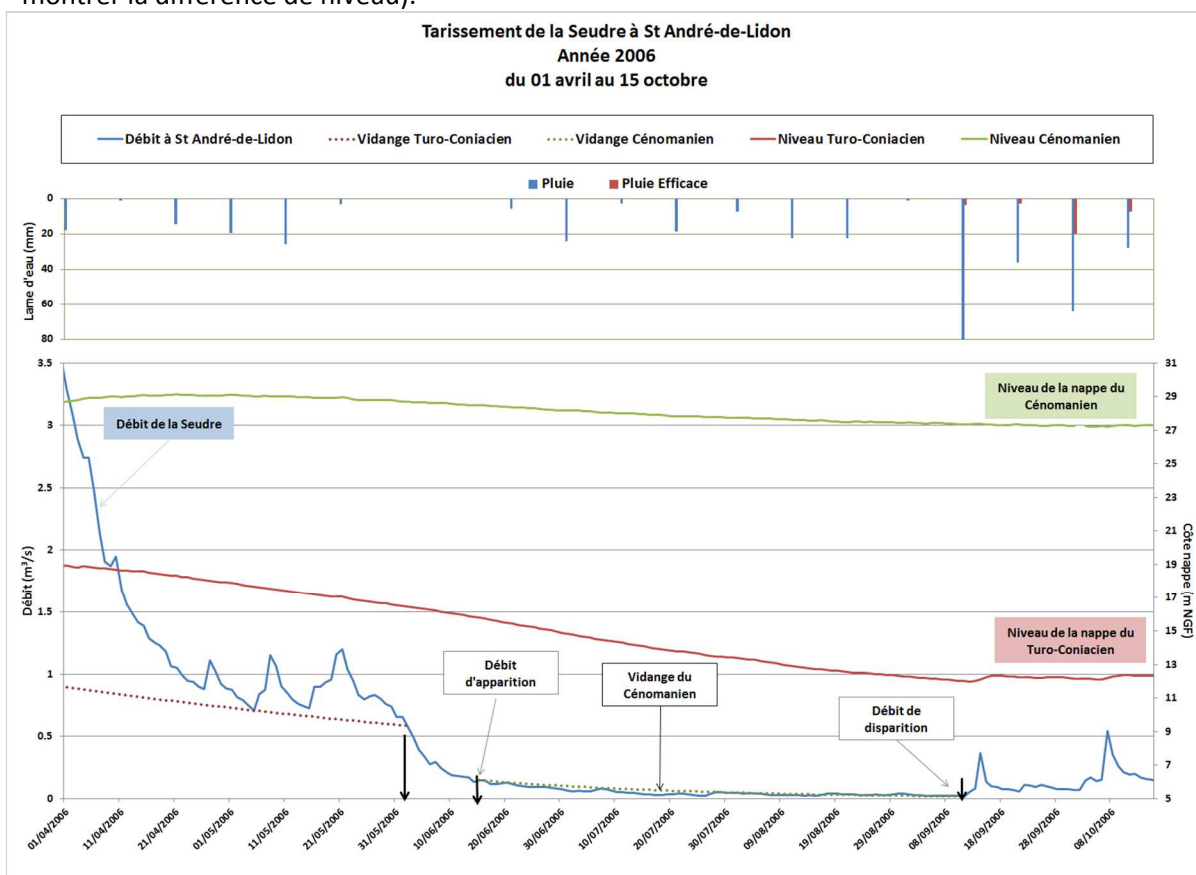


Figure 4-13 : 2006 - Courbe de tarissement de la Seudre à St André-de-Lidon

¹⁶ Cette méthode est inspirée de l'étude menée en 1993 par Mohammed EL-OUAFI, Laboratoire de climatologie et d'hydrologie, UST Lille : « Tarissement et vidange des réservoirs de la Liane (Nord de la France) »

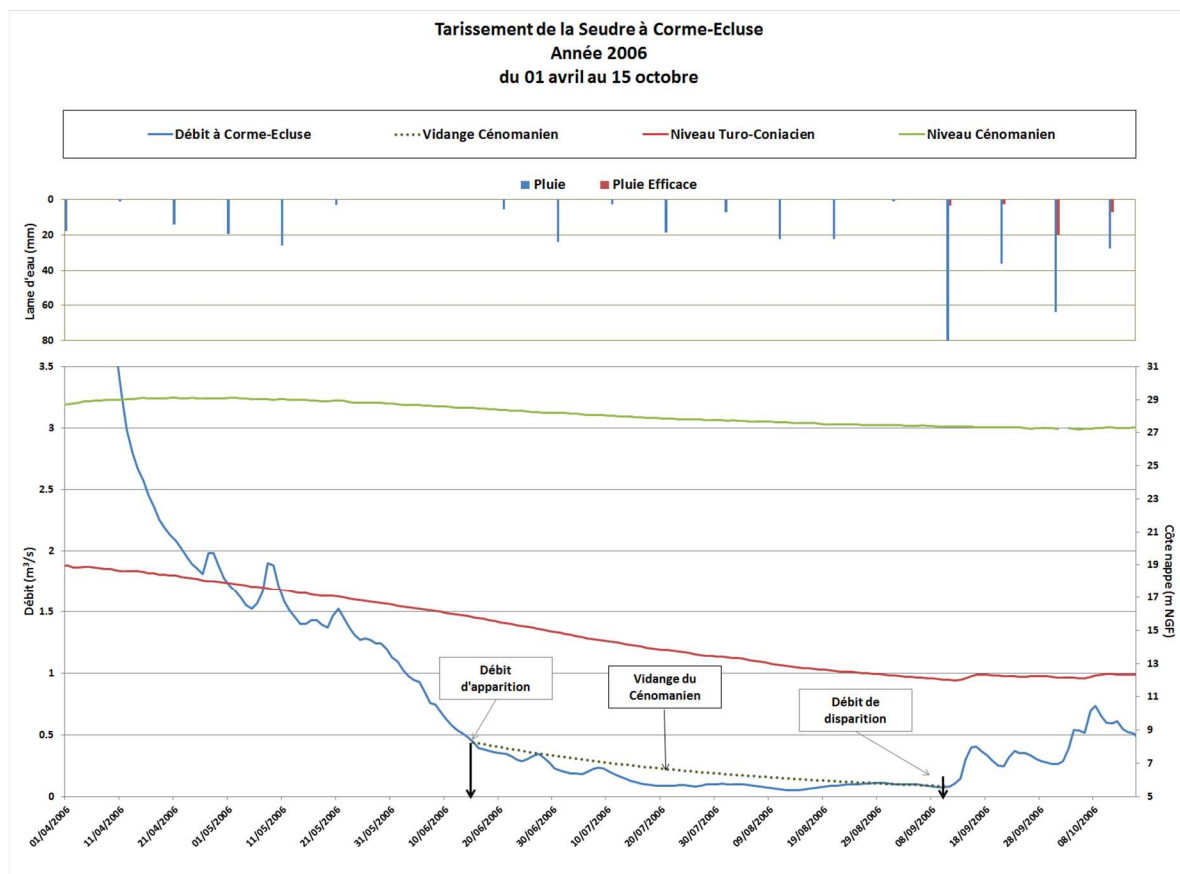


Figure 4-14 : 2006 - Courbe de tarissement de la Seudre à Corme-Ecluse

La définition de ces calendriers d'étiage et des débits d'apparition et de disparition de la vidange de la nappe fournit les résultats présentés Tableau 4-8.

Afin de comparer la vidange du Cénomanién à St André-de-Lidon et à Corme-Ecluse, il est intéressant de définir les quantités d'eau récupérées à ces deux stations de jaugeage. Ces quantités correspondent au **volume dynamique** mobilisé par la nappe sur le bassin. Ce volume s'exprime de la façon suivante :

$$Q_w = \int_0^t Q_0 e^{-\alpha \tau} d\tau$$

ce qui donne, en m³ :

$$Q_w = \frac{Q_0}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t}) \times 86400$$

Q_w : volume dynamique écoulé

Q_0 : débit de début de tarissement

α : coefficient de tarissement

t : durée du tarissement

Le volume dynamique ramené à la superficie du bassin drainé pour chaque station (S_{BV}) est appelé **volume dynamique spécifique** Q_{w_spec} . C'est sur ce volume que portera la comparaison :

$$Q_{w_spec} = \frac{Q_w}{S_{BV}}$$

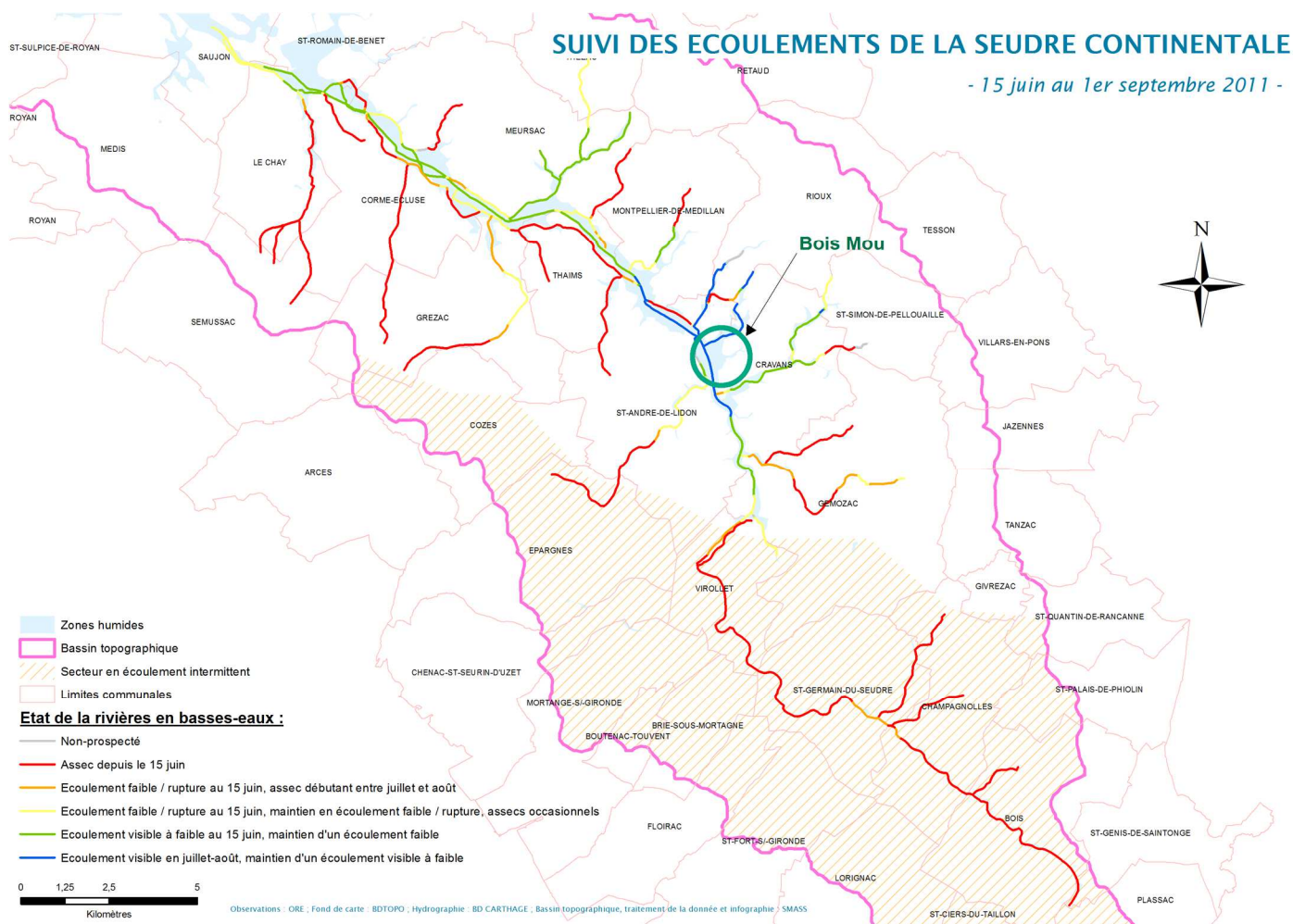
Tous les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

INFLUENCE CENOMANIENNE

			SAINT ANDRE-DE-LIDON						CORME-ECLUSE							
	Date Début vidange	Date Fin vidange	Durée vidange (jour)	Q_0 (m ³ /s)	Q_t (m ³ /s)	Coeff. tarissement α	Volume dynamique Q_w (Mm ³)	Volume dynamique spécifique Q_{w_spec} (m ³ /km ²)	Q_0 (m ³ /s)	Q_t (m ³ /s)	Coeff. tarissement α	Volume dynamique Q_w (Mm ³)	Volume dynamique spécifique Q_{w_spec} (m ³ /km ²)	Volume écoulé Corme - St André (Mm ³)	Volume spécifique Corme - St André (m ³ /km ²)	Apport Tourbes (m ³ /s)
2006	15/06/2006	11/09/2006	89	0.148	0.017	2.41E-02	0.47	2 223	0.438	0.0805	1.90E-02	1.62	4 704	+1.15	+2481	0.111
2007	21/07/2007	26/09/2007	68	0.269	0.058	2.27E-02	0.81	3 819	0.578	0.318	8.79E-03	2.56	7 410	+1.75	+3591	0.211
2008	21/07/2008	01/10/2008	73	0.218	0.074	1.48E-02	0.84	3 982	0.361	0.145	1.25E-02	1.49	4 329	+0.65	+347	0.019
2009	29/06/2009	31/08/2009	64	0.121	0.017	3.07E-02	0.29	1 389	0.128	0.057	1.26E-02	0.49	1 407	+0.19	+18	0.001
2010	28/06/2010	22/08/2010	56	0.122	0.022	3.06E-02	0.28	1 339	0.298	0.034	3.88E-02	0.59	1 706	+0.31	+367	0.026
2011	10/04/2011	25/10/2011	199	0.289	0.028	1.17E-02	1.92	9 111	0.931	0.142	9.45E-03	7.21	20 911	+5.29	+11799	0.237

Tableau 4-8 : Estimation de la contribution des tourbes et des paramètres de tarissement

L'analyse de ces résultats montre que les coefficients de tarissement calculés à St André-de-Lidon et à Corme-Ecluse sont du même ordre, autour de $2 \cdot 10^{-2}$, la vidange du Cénomaniens suivant la même loi aux deux stations. Cependant, les différences d'une année et d'une station à l'autre proviennent de la fluctuation permanente du niveau de la nappe due à l'irrigation sur la période, ce qui modifie ponctuellement la loi de vidange. De plus, les volumes dynamiques spécifiques calculés sont plus importants à Corme qu'à St André-de-Lidon ce qui prouve qu'une contribution d'eau entre en jeu entre les deux stations : elle peut provenir des résurgences de la nappe en surface (affluents et sources) et des tourbes. Les cartes d'état hydraulique de la Seudre (cf. un exemple Cartographie 4-7) montrent que l'écoulement est maintenu dans les zones tourbeuses, surtout dans le secteur de marais de Bois Mou, boisement et roselière dont les niveaux d'eau ne sont pas régulés (linéaire en bleu sur la carte), lorsque les affluents et une grande partie du linéaire sont en rupture ou en assec, prouvant ainsi qu'il y a bien un apport des tourbes. Les résultats du Tableau 4-8 permettent de quantifier leur **contribution** entre **200 000 m³** et **2 000 000 m³**, l'année 2011 présentant une période de tarissement bien plus longue que les autres à l'apport équivalent.



Cartographie 4-7 : Etat des écoulements de la Seudre continentale – Eté 2011

Tous les résultats de 2006 à 2011 accompagnés de leur analyse détaillée sont présentés sous forme de tableaux récapitulatifs en ANNEXE 14, ainsi que l'évolution de la nappe à Bois et les cartes des états hydrauliques depuis 2006.

Il ressort de cette analyse que les tourbes assurent une contribution au cours d'eau en période d'étiage. Ceci étant, cet apport demeure difficilement quantifiable, d'une part, en raison de l'absence de mesures du débit des affluents et d'autre part, à cause de la faiblesse des débits considérés à cette période dont les mesures comportent des incertitudes.

4.4.2 Le ressuyage actuel des parcelles

Suite à des rencontres avec les agriculteurs et les acteurs de l'eau sur le terrain, tous s'accordent à dire qu'une parcelle se ressuie en 10-15 jours en abaissant les clapets de 30 cm (le relevé 2012 de la manœuvre des clapets indique que les clapets sont baissés en moyenne de 9 crans de crémaillère). Ces informations sont suffisantes pour estimer une plage de conductivité hydraulique dans les tourbes.

La loi de Darcy est utilisée pour déterminer un écoulement qui traverse un milieu poreux : le débit d'eau Q [m^3/s] qui traverse un milieu est égal au produit du gradient hydraulique¹⁷ $\frac{\Delta P}{L}$ par la conductivité hydraulique K_H , par unité de surface A :

$$\text{Loi de Darcy: } Q = K_H A \frac{\Delta P}{L}$$

Pour une parcelle de 2 ha, de largeur 150 m, ressuyant sur 40 cm de tourbe en 11 jours et en considérant une porosité du substrat à 60%, le **volume ressuyé** est de **4 800 m³** (soit **2400 m³/ha**), le **débit** est de **5 l/s** et la conductivité hydraulique horizontale est de **10⁻⁴ m/s**, valeur en général 100 à 1000 fois plus élevée que la conductivité verticale, estimée donc entre 10⁻⁷ et 10⁻⁶ m/s. Ce résultat est supérieur aux valeurs de conductivités établies à 10⁻⁸ m/s dans la littérature, prouvant que la tourbe travaillée en surface voit sa perméabilité augmenter.

Des sensibilités sur la durée et la hauteur de ressuyage ont été réalisées et sont présentées dans les tableaux suivants. A hauteur de ressuyage égale, le débit varie de 1 l/s sur 3 jours ; et à durée de ressuyage égale, le débit varie de 0.6 l/s par 10 cm ressuyés.

Variation du temps de ressuyage				Variation de la hauteur de ressuyage				
t (jour)	ΔP (m)	Q (l/s)	K _H (m/s)		t (jour)	ΔP (m)	Q (l/s)	K _H (m/s)
11	0.4	2.53	6.31E-05	A = 1ha n = 0.6 L = 100 m	11	0.3	1.89	6.31E-05
8	0.4	3.47	8.68E-05		11	0.4	2.53	6.31E-05
14	0.4	1.98	4.96E-05		11	0.5	3.16	6.31E-05

Tableau 4-9 : Sensibilités sur la durée et la hauteur du ressuyage des tourbes

Si ces 2 ha de parcelle restituant un débit de 5 l/s à la rivière (ou indirectement par les fossés drainants alentours, la distinction ne pouvant être faite vu l'important réseau de drainage) sont ramenés aux **850 ha de marais tourbeux**, le débit résultant avoisinerait les 2 m³/s et le **volume total ressuyé** atteindrait **2 Mm³**. Il est évident que cette approche est sommaire, considérant que toutes les parcelles ne ressuient pas le même volume en même temps ni sur la même durée et qu'il faudrait prendre en compte l'écoulement dans le réseau de fossés avant l'arrivée à la rivière. Cependant, cette estimation donne une première idée de la possible restitution des tourbes si la manœuvre des clapets était maîtrisée et retardée.

4.5 CAHIER DES CHARGES POUR LA DEFINITION D'UN PROTOCOLE DE GESTION DES OUVRAGES

L'étude menée jusqu'ici représente la base de travail nécessaire à la mise en place d'un outil d'analyse de différents scénarios de gestion des ouvrages hydrauliques de la Seudre. Ce paragraphe développe les étapes constitutives de la poursuite de cette étude afin de parvenir à un résultat scientifique étayant les orientations de gestion des marais tourbeux.

4.5.1 Des moyens à mettre en œuvre sur le terrain

Tout d'abord, il paraît essentiel d'étudier la réserve d'eau que peuvent constituer les tourbes de manière dynamique en s'intéressant aux variations du niveau d'eau dans les marais. Pour cela, des suivis de terrain sont indispensables, tant au niveau des caractéristiques du substrat qu'au niveau piézométrique et bathymétrique.

¹⁷ Le gradient hydraulique est la pente du profil des niveaux statiques d'un système hydraulique.

La détermination des caractéristiques physiques du sol des marais par des sondages géotechniques apporterait toutes les informations nécessaires sur les tourbes de la Seudre : profondeur, composition et analyse du sol, détermination de la porosité, de la perméabilité et de la conductivité hydraulique à saturation des différents horizons identifiés. Cette connaissance des propriétés permettrait de déterminer le volume de tourbe ainsi que le volume d'eau mobilisable avec plus de précision. De même, l'estimation de la contribution des marais s'en trouverait affinée.

Au niveau piézométrique, la relation nappe/tourbe est primordiale pour la régulation du niveau d'eau des marais. Elle pourrait être précisée par un suivi piézométrique de la nappe du Cénomaniens et du niveau d'eau dans les tourbes :

- Instrumentation du forage d'eau potable désaffecté des Parpaillons à Gémovac,
- Installation de 12 piézomètres en PVC : 2 sur chaque secteur délimité par les clapets (7 clapets délimitant 6 secteurs). 1 tube serait implanté dans un endroit choisi dans la tourbe (hors parcelle cultivée et peupleraie) et 1 tube serait implanté sur le pourtour de la tourbière (endroit à déterminer),
- Relevés bimensuels ou hebdomadaires des niveaux d'eau,
- La fréquence des relevés pourrait être augmentée pour mieux rendre compte d'épisodes particuliers (crue, baisse des clapets,...) par la mise en place d'un ou deux piézomètres équipés de codeurs piézométriques à flotteur permettant une analyse des niveaux d'eau à des pas de temps plus courts mais représentant un investissement supplémentaire.

Au niveau bathymétrique, une campagne de relevés topographiques du lit mineur de la Seudre est indispensable pour la modélisation de la ligne d'eau et l'analyse de différents scénarios de gestion des clapets. En effet, ce relevé permettrait de connaître les principales singularités présentes sur le cours d'eau, en termes d'obstacles à l'écoulement, de variation de berges ou d'évolution de pente.

4.5.2 Modéliser la ligne d'eau entre St André-de-Lidon et Corme-Ecluse

La modélisation de la ligne d'eau de la Seudre dans le sens de l'écoulement (dit modèle 1D) est possible avec un logiciel en téléchargement gratuit HEC-RAS. Cette modélisation nécessite les données suivantes :

- Un relevé bathymétrique du lit mineur (et du lit majeur si le débordement veut être étudié mais ce n'est pas l'objectif de cette étude qui est centrée sur la période de basses-eaux) afin de décrire le profil en long du cours d'eau et certaines sections en travers,
- Des mesures de débits et de hauteurs d'eau en entrée et en sortie de la zone d'étude, qui ne peut se cantonner qu'aux stations de mesure de St André-de-Lidon et de Corme-Ecluse, la zone de Chadeniers à St André-de-Lidon ne pouvant être prise en compte.
- Des apports latéraux à estimer pour être représentatif de l'écoulement de la Seudre,
- Une description des barrages avec partie fixe et mobile des clapets et détermination de la perte de charge au déversement,
- Chroniques de débits et de hauteurs pour le calage et la validation du modèle en régime permanent (une étude en régime transitoire ne s'avère pas utile pour cette étude), les relevés des échelles et de la position des clapets depuis juin 2011 pouvant servir pour la validation.

4.5.3 Un protocole de gestion en fonction des objectifs à atteindre

Une fois la ligne d'eau modélisée pour des débits entrants connus, différentes positions des clapets peuvent alors être étudiées afin d'analyser l'impact qu'elles opèrent sur la ligne d'eau et le niveau qu'elles maintiennent dans les marais. Les scénarios étudiés dépendront des objectifs de gestion proposés par la CLE : maintien d'une certaine hauteur d'eau sur des secteurs identifiés ? Gestion haute de certains ouvrages ? Restauration de secteurs en zones humides ?

5 - CONCLUSION

La Seudre est un fleuve fortement anthropisé, connaissant des étiages sévères de juillet à octobre, et dont les marais alluviaux de fond de vallée ont été drainés, asséchés et équipés d'ouvrages d'étagement, facilitant ainsi leur mise en culture. Ces marais, essentiellement composés de tourbe, entre Chadeniers (Gémozac) et Corme-Ecluse, forment un système complexe et fragile de 850 ha le long du cours d'eau, et voient leur fonction de soutien d'étiage altérée par les ressuyages précoces des parcelles au printemps. Une étude sur leur capacité réelle de stockage et de restitution s'est avérée nécessaire pour orienter la révision de l'actuelle gestion des ouvrages, préconisée dans la synthèse de l'état des lieux du SAGE de la Seudre afin de contribuer à la restauration d'un débit d'étiage suffisant à la rivière.

De la connaissance du bassin à la mobilisation des données hydrologiques, de riches échanges avec les acteurs de terrain ont permis la synthèse des nombreuses données existantes et nécessaires pour mener à bien ce travail. Désormais, le SAGE de la Seudre se dote d'une analyse détaillée des processus hydrologiques sur son territoire et de leur évolution ces dernières années. Il en ressort que la Seudre fonctionne en **trop-plein phréatique**, selon le niveau des aquifères turo-coniacien en amont de Chadeniers, et cénomanien jusqu'en amont de Corme-Ecluse. En période de basses-eaux, seule la piézométrie du toit de la nappe cénomaniennne reste supérieure à la côte du fond du lit, assurant ainsi un écoulement permanent à la Seudre sur la zone des marais.

La relation de ces marais tourbeux avec la nappe affleurante est complexe : des analyses de bilans hydrologiques en recoupement avec des observations de terrain et la littérature scientifique, semblent établir que la tourbe, à près de 90% de porosité intrinsèque et à faible perméabilité, fait office de zone tampon à l'écoulement souterrain, ralentissant les vitesses de transit de la nappe, qui assure ainsi une régulation du niveau d'eau dans les marais. Le marnage qui s'opère en surface, à moins de 1 m de profondeur, est dû aux réponses rapides de la tourbe aux précipitations. Gorgée d'eau, elle se ressuie rapidement grâce à une perméabilité accrue par le travail de la terre et un large réseau de fossés drainants. Des sondages à la tarière sur la zone ont permis d'**estimer le volume d'eau mobilisable pour la Seudre à 6 Mm³, pour une porosité efficace de 60%.**

De cette compréhension du système et de la loi de vidange de la nappe cénomaniennne, **la contribution actuelle des marais tourbeux a pu être estimée entre 0.2 et 2 Mm³ sur deux mois d'étiage** pour les années 2006 à 2011, résultats à modérer par l'importance des incertitudes de mesures de débit à la station de Corme-Ecluse. En parallèle, les informations recueillies sur le ressuyage printanier des parcelles ont permis d'évaluer leur restitution à 2 400 m³/ha en 11 jours, extrapolée à 2 Mm³ pour 850 ha de marais saturés en eau se vidangeant simultanément (cas extrême envisagé).

Faute de temps, l'étude n'a pas permis de déterminer l'impact d'une gestion coordonnée et optimisée des clapets, impliquant le maintien d'un niveau d'eau dans les tourbes, sur le volume supplémentaire restitué au cours d'eau ni sur le nombre de jours gagnés sur la durée de l'étiage. Un **modèle mathématique de la rivière**, calé et validé par des mesures de terrain, est nécessaire pour apporter des conclusions étayées sur cet impact. De plus, une **caractérisation des propriétés physiques** de l'horizon tourbeux permettraient d'affiner l'estimation des volumes d'eau mis en jeu ; un **suivi piézométrique des tourbes et de la nappe** préciserait leur relation hydrogéologique. **Une telle étude, par les enjeux socio-économiques et environnementaux qu'elle implique, requiert un approfondissement pour la mise en place de ces outils de mesures et d'aide à la décision**, indispensables à la conduite d'une concertation structurée et argumentée avec les acteurs concernés.

BIBLIOGRAPHIE

- **« Le monde des tourbières et des marais »**
O. Manneville, V. Vergne, O. Villepoux et le Groupe d'Etude des Tourbières
Editions Delachaux et Niestlé, **1999**

- **« Etudes hydrauliques pour l'amélioration de l'étiage – Bassin de la Seudre »**
Rapport d'étude CACG, **2005**

- **« Etude du fonctionnement d'une tourbière basse du Nord-Est du Massif central français »**
Rapport de Jérôme PORTERET, Université St Etienne, **Octobre 2005**

- **« Tariessement et vidange des réservoirs de la Liane (Nord de la France) »**
Rapport de Mohammed EL-OUAFI, Laboratoire de climatologie et d'hydrologie, UST Lille, **1993**

- **« SAGE de la Seudre – Etat initial »**
Septembre 2010

- **« SAGE de la Seudre – Diagnostic »**
Juillet 2011

- Cours d'Hydrologie Générale et d'Hydrologie Approfondie
ENSEEIH, **2012**

- Cours de Physique des Sols disponible sous
http://echangetv.levantin.free.fr/Cours/Agronomie/cours_agro/C.Chapitre_1_Physique_Sol.pdf

- Cours d'Hydrogéologie de l'Ecole des Mines de Nancy
<http://www.mines.inpl-nancy.fr/geoingenierie/T153/T153/6-PorositePermeabilite/HYDROGEOLOGIE.pdf>

ANNEXES

Page laissée blanche intentionnellement

ANNEXE 1 - Cadre Institutionnel du Syndicat Mixte d'Accompagnement du SAGE de la Seudre

Cadre institutionnel issu du guide pratique de l'intercommunalité de décembre 2006, Direction générale des collectivités locales.

Titre 1 : Le cadre institutionnel de l'intercommunalité

Chapitre 2 : Les autres formes de coopération intercommunale

FICHE N°121 - LES SYNDICATS MIXTES « FERMES »

« Les syndicats mixtes ont été créés par le décret-loi du 30 octobre 1935 dont l'article 1^{er} disposait que « les départements, communes, chambres de commerce et établissements publics peuvent se regrouper sous forme de syndicats pour l'exploitation, par voie de concession, de services publics représentant un intérêt pour chacune des personnes morales en cause ».

Bien que soumis aux règles applicables aux établissements publics de coopération intercommunale et aux syndicats de communes, les syndicats mixtes ne sont pas, au sens propre, des établissements publics de coopération intercommunale, ces derniers ayant vocation à regrouper exclusivement des communes. Les syndicats mixtes sont des établissements publics locaux sans fiscalité propre. Leurs ressources sont constituées de participations des membres adhérents déterminées suivant une clé de répartition librement arrêtée.

Les syndicats mixtes sont des structures de type associatif, pour lesquelles la loi n'impose aucune compétence obligatoire. »

Page laissée blanche intentionnellement

ANNEXE 2 - Liste chronologique des rapports d'études menées sur le bassin de la Seudre

- Thèse de **Nathalie MOURAGUES**, Université Bordeaux I, **avril 2000** :
« Caractérisation et vulnérabilité d'un hydrosystème complexe sub-profond associé à la structure anticlinale de Jonzac (Charente-Maritime) »
- **Société HYDRO-INVEST**, **juin 2000**
« Etude des nappes d'accompagnement de la Seudre »
- **S.I.A.H. de la Seudre et de ses affluents (Syndicat Intercommunal d'Aménagement Hydraulique)**, **1999 - 2005**
Projets d'aménagements hydrauliques réalisés par l'UNIMA (Union des Marais de la Charente-Maritime)
- **Société CACG(Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne)**, **2005**
« Etudes hydrauliques pour l'amélioration de l'étiage – Bassin de la Seudre »
- **BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières)**, **décembre 2005**
« Synthèse hydrogéologique par bassins versants de la région Poitou-Charente – Relations nappes-rivières »
- **BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières)**, **septembre 2007**
« Recherche d'indicateurs piézométriques pour la gestion des prélèvements en nappe – Phase1 »
- **Société CACG (Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne)**, **2009**
« Détermination des volumes prélevables initiaux dans les cours d'eau et nappes d'accompagnement des unités de gestion en zone de répartition des eaux du bassin Adour-Garonne – Bassin de la Seudre »
- **Institut EGID (Environnement Géo-Ingénierie et Développement)**, Université Bordeaux 3, **novembre 2009**
« Bilan des connaissances sur les interactions eaux de surface/eaux souterraines du bassin de la Seudre »
- **S.M.A.S.S. (Syndicat Mixte d'Accompagnement du SAGE de la Seudre)**
« Etat initial approuvé », **janvier 2011**
« Diagnostic », **juin 2011**
« Synthèse de l'état des lieux », **juillet 2011** (en cours de mise à jour)
« Réflexion sur la planification de la gestion quantitative sur le bassin de la Seudre », **septembre 2012** (document interne)

Page laissée blanche intentionnellement

ANNEXE 3 - Synthèse bibliographique des données disponibles sur le bassin de la Seudre moyenne

Les 8 onglets du classeur ne seront pas présentés ici, leur contenu ne présentant pas un grand intérêt pour la compréhension de l'étude puisque toutes les données utiles seront présentées au fur et à mesure. En voilà la page de présentation :

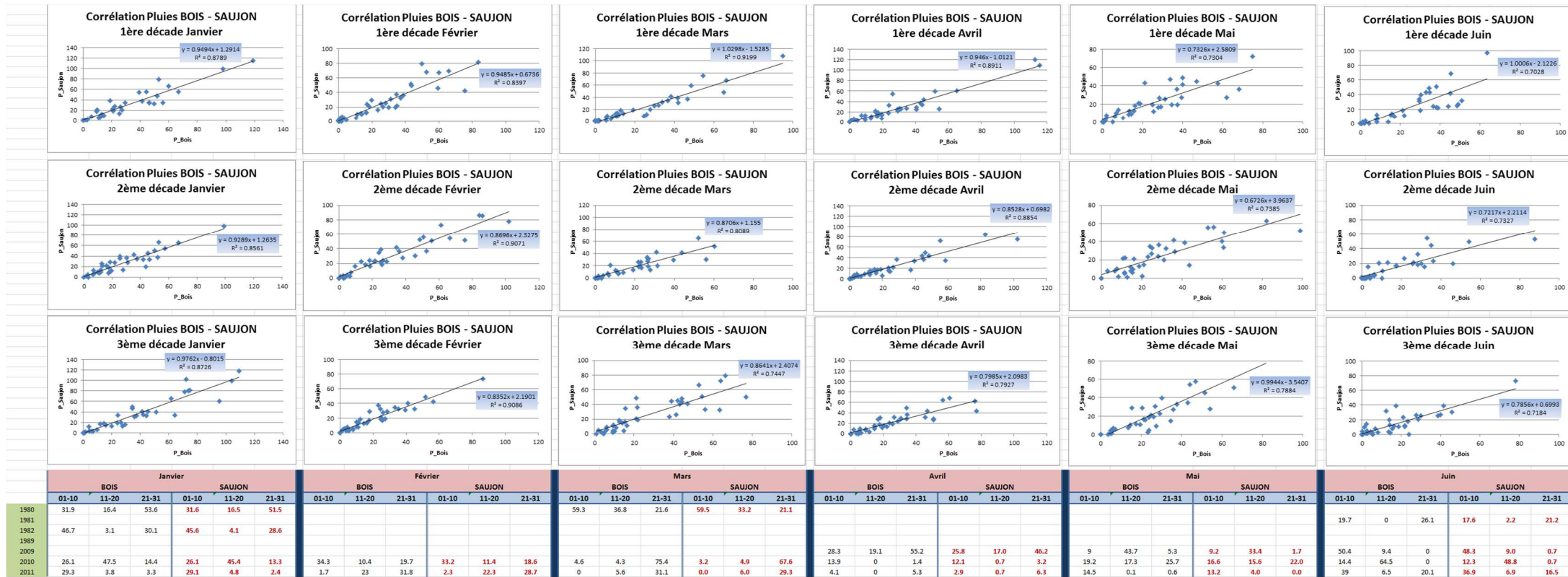
N.B. : Ce classeur est disponible auprès du SMASS.

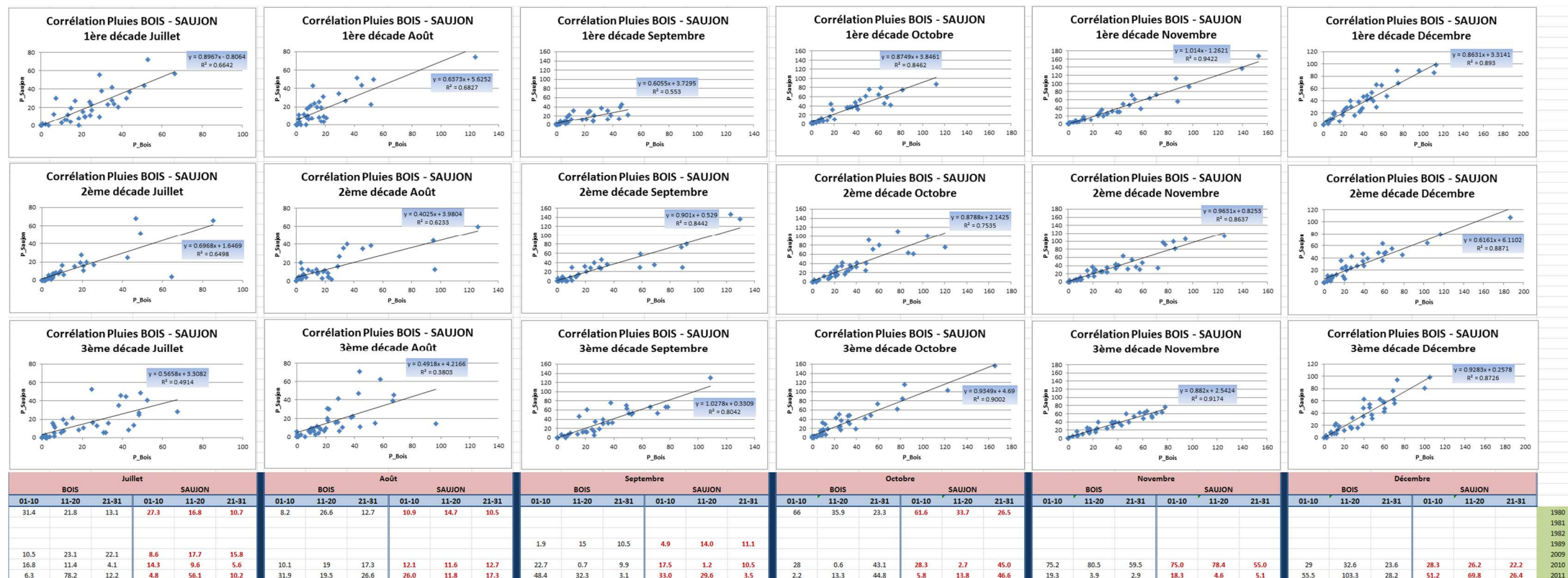
PRESENTATION DU CLASSEUR			CODE COULEUR		
Ce classeur est une synthèse de toutes les données nécessaires à l'étude:			Dans les tableaux présentés dans les différents onglets, les colonnes ci-dessous peuvent être remplies de 3 couleurs différentes:		
"Estimation de la contribution des marais alluviaux au débit de la Seudre"			Contenu	Document d'origine	
Stage effectué par Florence DAUMAS de mars à août 2012					: Donnée non disponible / manquante
Ce classeur est composé de 7 onglets :					: Donnée en cours d'acquisition et/ou à traiter
<u>N.B.</u> : 1- tous les tableaux présentés à chaque onglet se composent des mêmes entrées-colonnes 2- les entrées-lignes sont, elles, différentes					: Donnée acquise et disponible
Nom onglet	Contenu	Commentaires			
"Topographie"	Tableau synthétisant les données nécessaires en termes de topographie	Toutes les données nécessaires sont disponibles, surtout sous forme SIG			
"Météo"	<u>Composante du cycle de l'eau:</u> Tableau synthétisant les données nécessaires en termes de pluviométrie	1- Les chroniques de pluie sont en cours d'acquisition auprès de Météo-France 2- L'intensité de pluie reste une donnée manquante (lots supplémentaires auprès de Météo-France)			
"Stockage"	<u>Composante du cycle de l'eau:</u> Tableau synthétisant les données nécessaires en termes d'infiltration (nature du sol et hydrogéologie)	1- La plupart des données nécessaires est disponible 2- Traitement des sondages effectués dans la tourbe + cohérence de toutes les caracs-sols à vérifier + mesures piézo Bois à traiter			
"Interception"	<u>Composante du cycle de l'eau:</u> Tableau synthétisant les données nécessaires en termes d'interception par les plantes	1- Dans le cadre de notre étude, la plante considérée sera principalement du maïs (de mai à octobre) 2- L'équation de Horton suffira comme approximation 3- Toutes les données nécessaires à l'application de cette formule sont disponibles			
"ETP"	<u>Composante du cycle de l'eau:</u> Tableau synthétisant les données nécessaires en termes d'évapo-transpiration	1- ETP sera calculée car données payantes auprès de Météo-France 2- 3 formules seront appliquées et comparées à celles de Cognac (données à extraire du rapport CACG 2005) 3- extraire les ETP Cognac du rapport CACG 2005 + récupérer données nécessaires à l'application de la formule Penman-Monteith + faire les calculs et analyser les résultats			
"Ruissellement"	<u>Composante du cycle de l'eau:</u> Tableau synthétisant les données nécessaires en termes d'écoulement direct de surface	1- les débits mesurés seront disponibles à St André de Lidon et à Corme-Ecluse mais pas à Saujon (exutoire du BV étudié) 2- le réseau hydrographique est disponible sous forme SIG 3- construire profil en long (côtes fond du lit) + sections en travers au niveau des ouvrages + débits/hauteurs à traiter			
"Prélèvements/Rejets"	<u>Composante à prendre en compte dans bilan hydrologique:</u> Tableau synthétisant les données nécessaires en termes de prélèvements AEP et Irrigation et rejets STEP	1- Surfaces irriguées et gestion volumétrique à mettre à jour (cf. SIG) 2- Débit exploitation + volumes prélevés AEP à mettre à jour (SDE 17)			

Page laissée blanche intentionnellement

ANNEXE 4 - Reconstitution de données pluviométriques à SAUJON

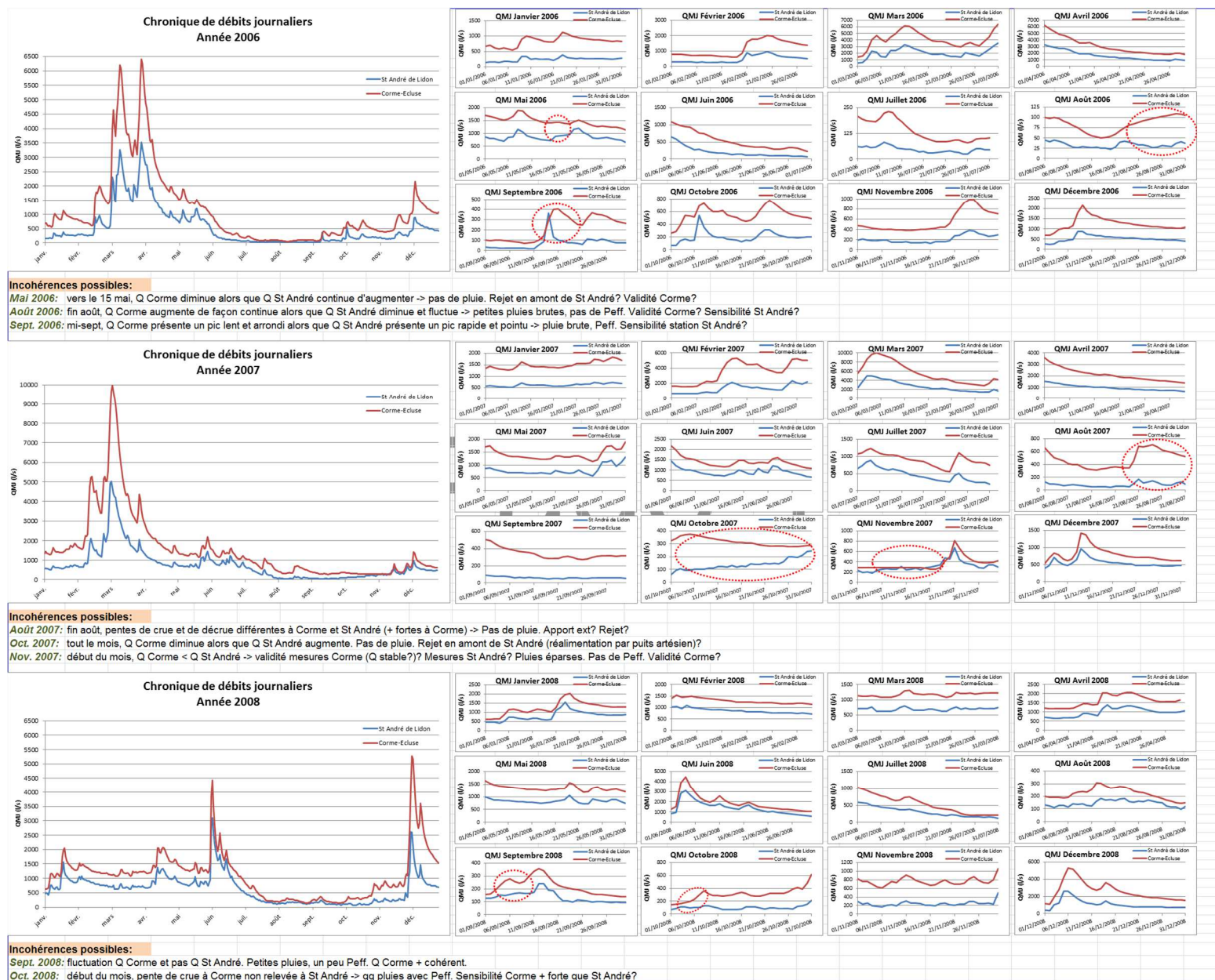
Données manquantes sur la chronique de SAUJON corrélées avec données à BOIS :

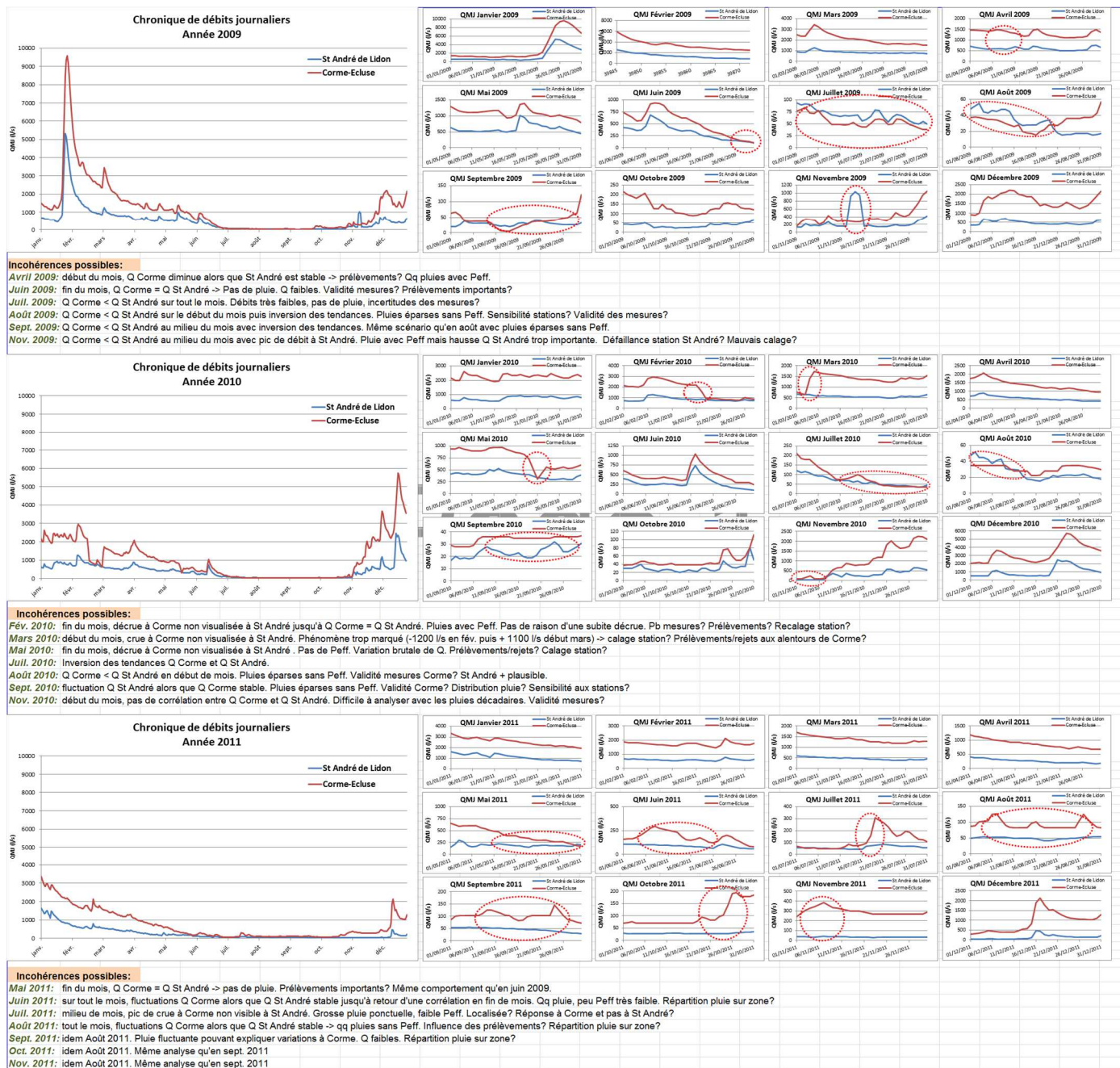




1980
1981
1982
1989
2009
2010
2011

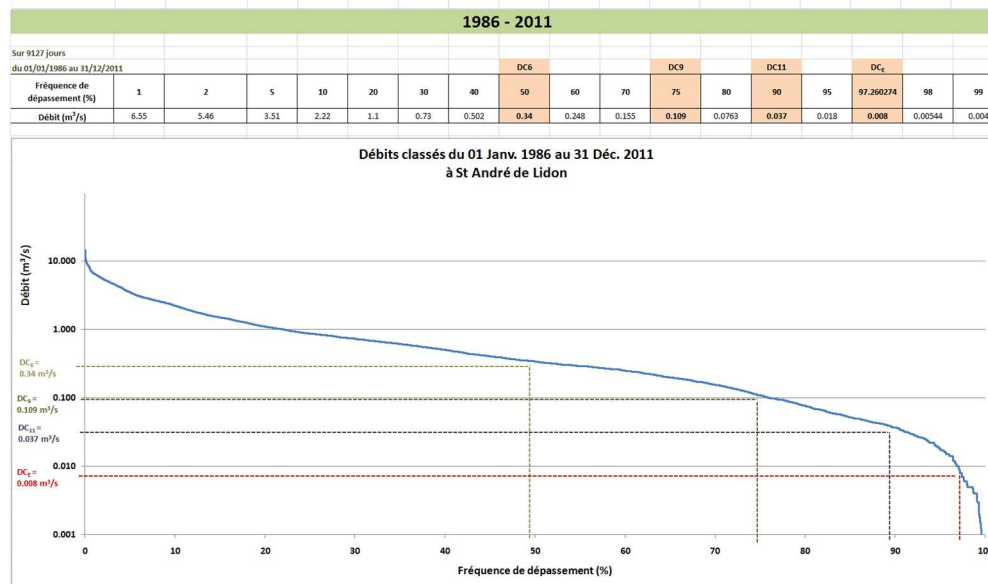
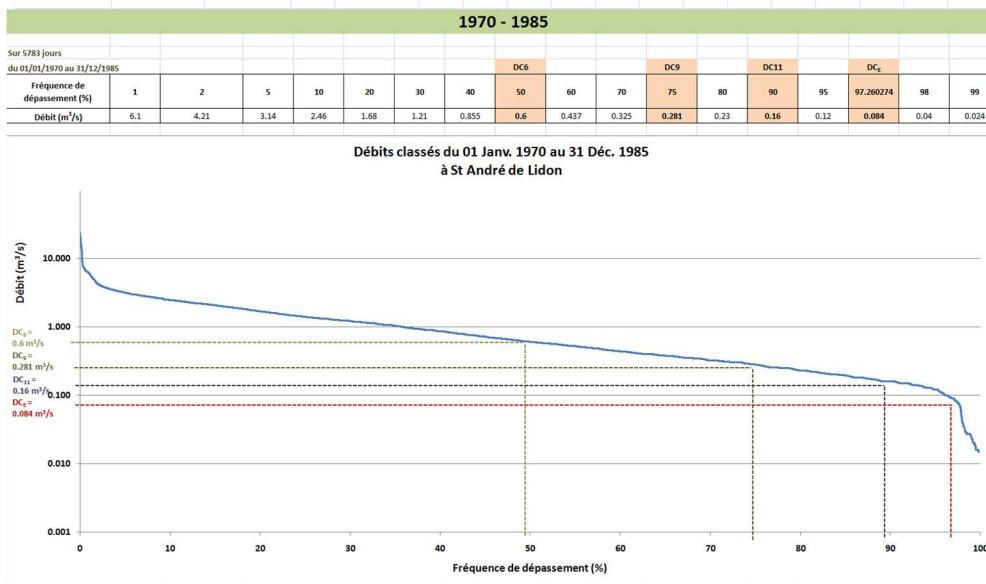
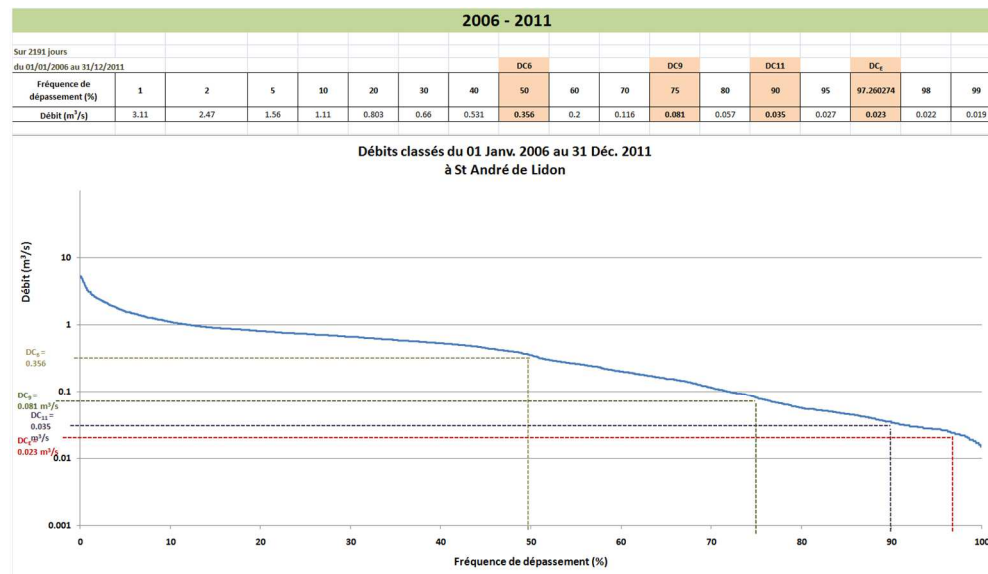
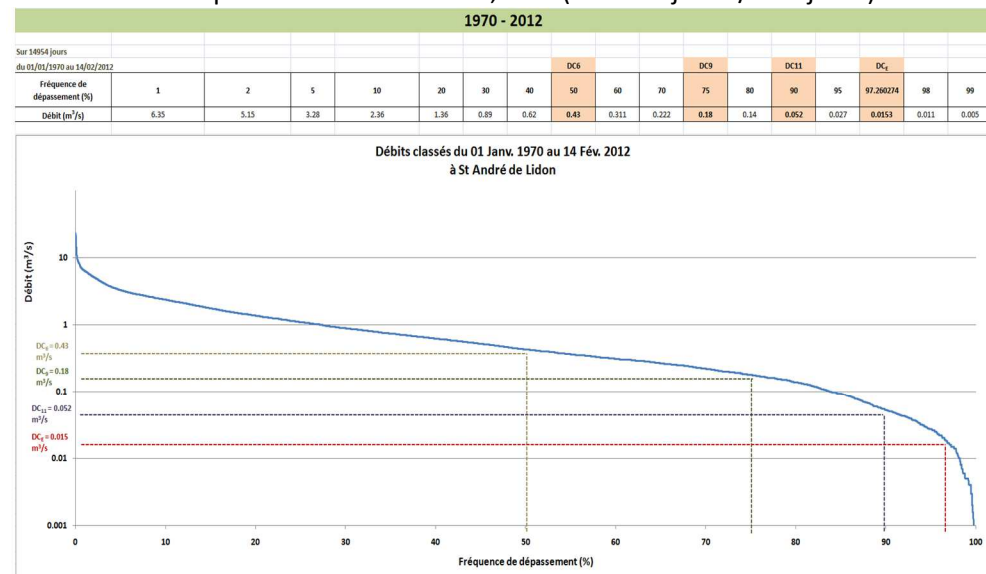
ANNEXE 5 - Cohérence des débits mesurés journaliers à St André-de-Lidon et à Corme-Ecluse



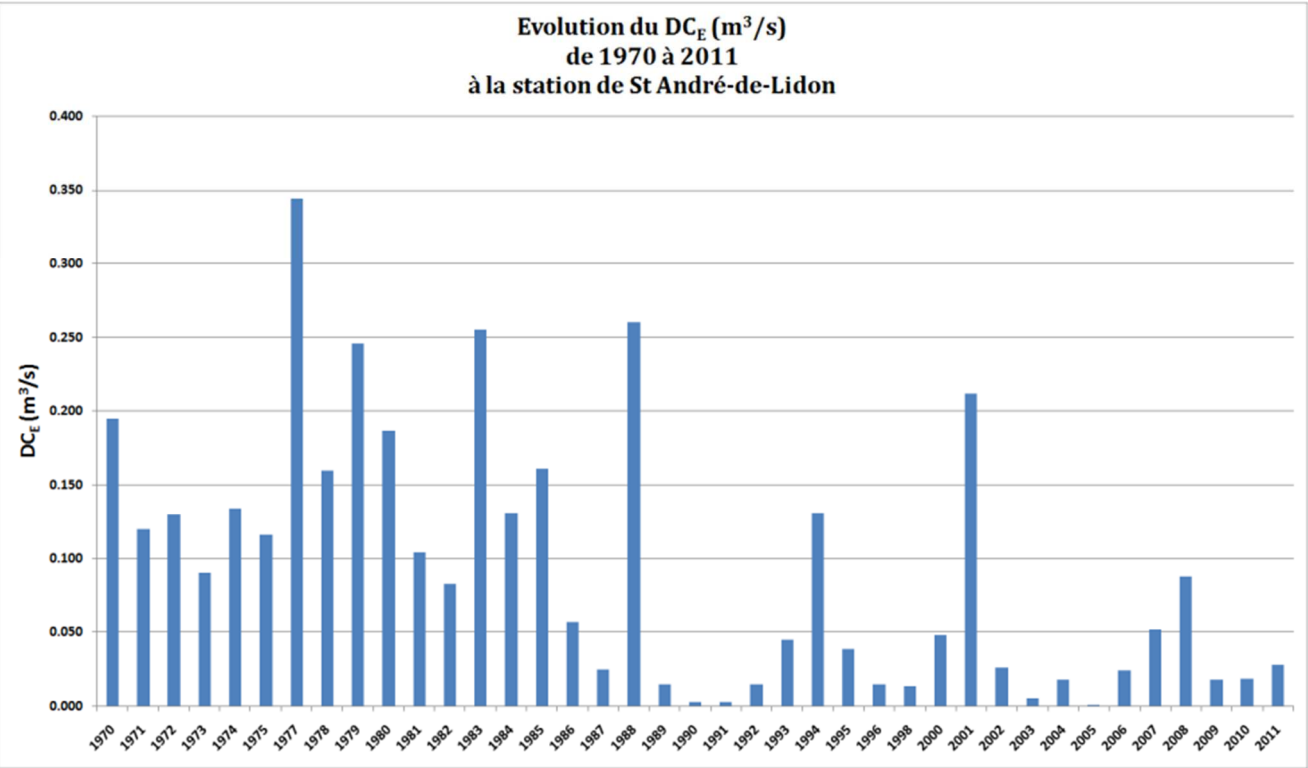


ANNEXE 6 - Analyse du débit caractéristique d'étiage de la Seudre de 1970 à 2011 par la méthode des débits classés

La période de 1970 à 2011 est découpée en 3 sous-périodes : de 1970 à 1985, de 1986 à 2011 et de 2006 à 2011. Le DC_E par débits classés est défini comme étant le débit de fréquence d'occurrence 97,26 % (soit 355 jours / 365 jours) :



Les DC_E obtenus chaque année de 1970 à 2011 à St André-de-Lidon sont représentés sur la courbe suivante :



La période 1970 – 2011 a été découpée en 3 sous-périodes afin d’analyser l’évolution du DC_E sur des périodes caractéristiques :

Période	DC _E interannuel (m ³ /s)
1970 - 2011	0.015
1970 - 1985	0.084
1986 - 2011	0.008
2006 - 2011	0.023

Ce tableau montre la différence de valeurs entre les périodes 1970-1985 et 1986-2011 pour lesquelles le DCE passe de 84 l/s à seulement 8 l/s.

Ces 5 dernières années, ce débit caractéristique d’étiage est remonté autour de 23 l/s.

Quelques débits caractéristiques d’étiage spécifiques (i.e. ramenés à la superficie du bassin drainé) sur la région Poitou-Charentes :

	La Seudre à St André-de-Lidon	La Charente à Jarnac (Mainxe)	La Boutonne à St Séverin-sur-Boutonne	La Seugne à St Seurin-de-Palenne	L'Antenne à St Sulpice-de-Cognac
BV (km ²)	236	4160	535	902	424
DC _E (l/s)	15	5960	241	667	589
DC _E spec. (l/s/km ²)	0.06	1.43	0.45	0.74	1.39
Module (m ³ /s)	0.92	NC	5.34	6.67	NC

Source : Banque Hydro

Ce tableau montre combien la Seudre souffre d’un manque de soutien d’étiage, bien plus faible que les 4 bassins alentours montrés en référence.

ANNEXE 7 - Estimation de l'évapotranspiration potentielle sur le bassin de la Seudre

- Prise en compte du climat du bassin : température, ensoleillement, précipitations

CLIMAT SEUDRE														
La Rochelle	Source: SPC DDTM 17													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
Moyenne Max. (°C)	8.9	10.2	12.7	15.0	18.7	21.7	24.3	24.5	21.9	17.8	12.7	9.8		
Moyenne Min. (°C)	3.8	4.1	5.8	7.4	11.2	13.9	16.2	16.2	13.7	10.6	6.5	4.6		
Moyenne (°C)	6.4	7.2	9.3	11.2	15.0	17.8	20.3	20.4	17.8	14.2	9.6	7.2		
Ensoleillement (h)	87	114	172	186	233	248	269	266	192	136	89	63		
Moyenne Precip. (mm)	78	67	51	62	59	40	36	42	66	86	91	85		
Bordeaux	Source: SPC DDTM 17													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
Moyenne Max. (°C)	10.0	11.7	14.5	16.5	20.5	23.5	26.4	26.6	23.7	18.8	13.4	10.7		
Moyenne Min. (°C)	2.8	3.4	4.6	6.6	10.3	13.0	15.1	15.2	12.5	9.5	5.5	3.8		
Moyenne (°C)	6.4	7.6	9.6	11.6	15.4	18.3	20.8	20.9	18.1	14.2	9.5	7.3		
Ensoleillement (h)	107	114	180	177	222	225	243	243	183	134	91	72		
Moyenne Precip. (mm)	92	83	70	80	84	64	55	60	90	94	107	107		
Saujon	Source: Météo-France													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
Moyenne Precip. (mm)	87	70	64	64	60	49	46	45	66	92	101	93		
Bois	Source: Météo-France													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
Moyenne Precip. (mm)	90	73	68	72	72	56	57	61	70	91	103	104		
SEUDRE														
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
La Rochelle	6.4	7.2	9.3	11.2	15.0	17.8	20.3	20.4	17.8	14.2	9.6	7.2		
Bordeaux	6.4	7.6	9.6	11.6	15.4	18.3	20.8	20.9	18.1	14.2	9.5	7.3		
Moyenne (°C)	6.4	7.4	9.4	11.4	15.2	18.0	20.5	20.6	18.0	14.2	9.5	7.2		
Ensoleillement (h)	97	114	176	182	228	237	256	255	188	135	90	68		
Moyenne Precip. (mm)	89	71	66	68	66	52	52	53	68	92	102	99		
COMPARAISON ETP														
ETP Turc plus représentative de l'ETP relevée à Cognac que l'ETP Thornthwaite qui minimise le séchage des sols sur la période juin-octobre														
⇒ ETP Turc utilisée dans les modèles														
	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
COGNAC	ETP Cognac (mm)	14.4	24.9	55.4	83.1	110.9	131.4	146.3	126.8	82.1	43.5	15.4	9.8	844
	ETP _{Turc} (mm)	18.0	26.6	50.9	71.7	102.3	120.5	127.6	117.6	80.3	47.5	25.2	16.3	804
	ETP _{th} corrigée (mm)	15.7	18.9	33.6	48.1	80.9	103.9	124.4	115.7	82.4	55.0	27.4	17.4	724
	ETP SPC	15.0	20.0	35.0	55.0	85.0	110.0	125.0	115.0	80.0	50.0	26.0	17.0	733
	Moyenne Precip. (mm)	88.5	71.4	66.1	67.9	66.4	52.5	51.6	53.1	68.0	91.5	101.9	98.5	877

- ETP estimée par SPC DDTM 17 sous la forme : $ETP(t) = a_0 + a_1 \cos(\omega t) + a_2 \cos(2\omega t) + a_3 \sin(\omega t) + a_4 \sin(2\omega t)$ avec $\omega = \frac{2\pi}{365}$

- Formule de Thornthwaite (1954) : ETP mensuelle

Source : Cours ENSEIHT, Mastère Spécialisé en Hydraulique, Hydrologie approfondie, « Evapotranspiration »

FORMULE DE THORNTWHAITE (1954)												
ETP mensuelle												
FORMULE												
Thornthwaite (1954) ■ Evapotranspiration de référence $ET_0 = cT^a \text{ avec } \begin{cases} a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 1792 \times 10^{-5} I + 0.49239 \\ c = 1.6 \left(\frac{10}{I} \right)^a \end{cases}$												
<ul style="list-style-type: none"> E : évapotranspiration mensuelle (30 jours) [cm] T : température moyenne mensuelle [°C] I : indice annuel de température, somme de 12 indices mensuels $i = (T/5)^{1.514}$ 												
PARAMETRES ET CALCULS												
La Rochelle	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T _{min} (°C)	3.8	4.1	5.8	7.4	11.2	13.9	16.2	16.2	13.7	10.6	6.5	4.6
T _{max} (°C)	8.9	10.2	12.7	15	18.7	21.7	24.3	24.5	21.9	17.8	12.7	9.8
T _{moy} (°C)	6.35	7.15	9.25	11.2	14.95	17.8	20.25	20.35	17.8	14.2	9.6	7.2
i = (T/5) ^{1.514}	1.44	1.72	2.54	3.39	5.25	6.84	8.31	8.37	6.84	4.86	2.68	1.74
I = Σ i	156.10											
a	3.978502109											
c = 1.6 (10/I) ^a	2.85867E-05											
ET ₀ = cT ^a	0.04	0.07	0.20	0.43	1.35	2.70	4.51	4.60	2.70	1.10	0.23	0.07
ET ₀ (mm)	0.4	0.7	2.0	4.3	13.5	27.0	45.1	46.0	27.0	11.0	2.3	0.7
Facteur lié à la latitude (durée max ensoleillement):												
F _λ (46°)	0.79	0.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
ETP = 16(10T/I) ^a F _λ	0.4	0.6	2.0	4.8	17.4	35.3	59.5	56.1	28.1	10.3	1.8	0.5

Source

Lieu

Période

Site LPCWeather : www.lpcweather.com

La Rochelle Aéroport

1971-2000

Coefficient de correction en fonction de la latitude

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
Lat. S.												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	1.00	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	.92	.85	.76	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	.92	.83	.74	.81	.91	.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.79	.90	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.76	.89	.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.74	.88	.99	1.19	1.29	1.41

Source pour ETR annuelle : Cours ENSEEIHT, Mastère Spécialisé en Hydraulique, Hydrologie approfondie, « Evapotranspiration »

PARAMETRES ET CALCULS													
La Rochelle	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	
Tmoy (°C)	6.4	7.2	9.3	11.2	15.0	17.8	20.3	20.4	17.8	14.2	9.6	7.2	
n ensoleillement (h/mois)	87	114	172	186	233	248	269	266	192	136	89	63	
N max ensoleillement (h/jour) par latitude Nord													
44°	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7	
46°	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14	12.6	11	9.7	8.9	
a	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	
b	4.7	8.2	11.9	15.7	19.3	22.3	19.8	18.6	12.6	8.7	5.1	4.3	
N (46,167°)	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9	
n/N	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	
lga													
40°	364	495	673	833	944	985	958	858	710	536	390	323	
50°	222	360	562	764	920	983	938	800	607	404	246	180	
a	-14.2	-13.5	-11.1	-6.9	-2.4	-0.2	-2.0	-5.8	-10.3	-13.2	-14.4	-14.3	
b	932.0	1035.0	1117.0	1109.0	1040.0	993.0	1038.0	1090.0	1122.0	1064.0	966.0	895.0	
lga(46,167°)	276.4	411.7	604.5	790.4	929.2	983.8	945.7	822.2	646.5	454.6	301.2	234.8	
Rg = lga (0.18 + 0.62 n/N)	101.4	173.0	283.6	369.2	462.2	505.0	505.3	460.8	320.0	194.2	111.2	75.4	
k	0.40	0.37	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
ETP = k (T/(T+15)) * (Rg+50)	18.0	26.6	50.9	71.7	102.3	120.5	127.6	117.6	80.3	47.5	25.2	16.3	

Source des paramètres	Lieu	Période
Site LPCWeather : www.lpcweather.com	La Rochelle Aérodrome	1971-2000

Page laissée blanche intentionnellement

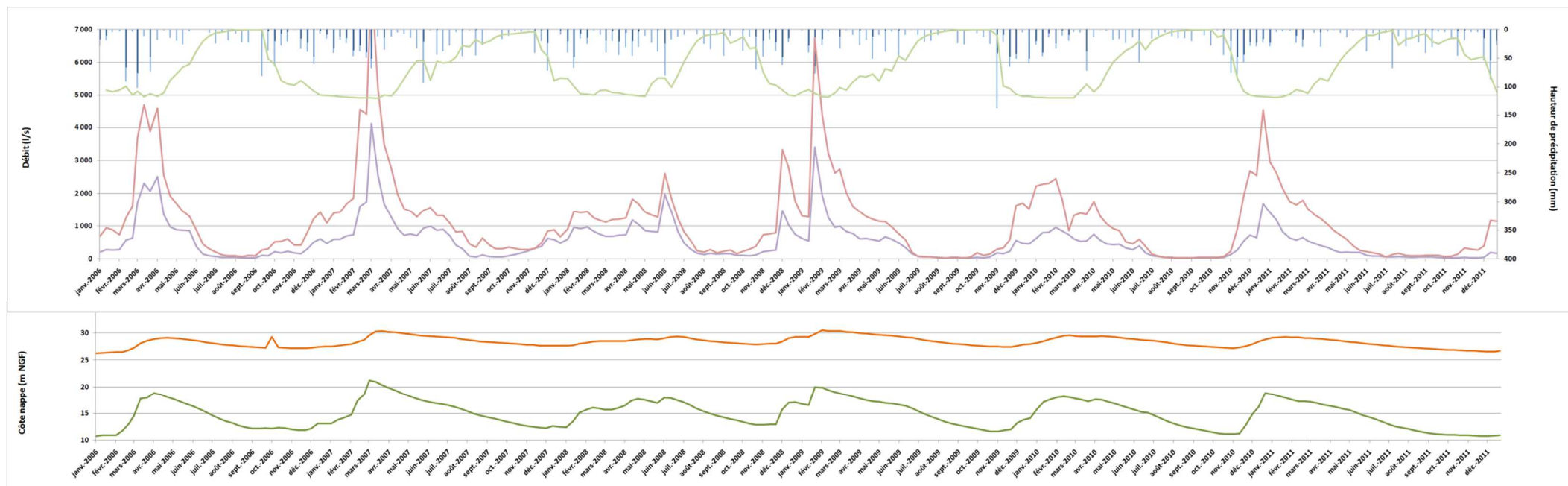
- **Modèle GR4J : avec $X_1 = RU_{\max}$ et $S_k = RU$**



		Pluie	ETP	Pn	En	Ps	Es	Pluie Efficace	R. Utile
									100.00
120.00 RUMAX	01/01/2006	28.55	5.81	22.74	0.00	5.94	0.00	16.80	105.94
	11/01/2006	18.85	5.81	13.04	0.00	2.62	0.00	10.42	108.56
	21/01/2006	4.45	7.50	0.00	3.05	0.00	3.02	0.00	105.54
	01/02/2006	3.15	9.51	0.00	6.36	0.00	6.23	0.00	99.31
	11/02/2006	89.90	9.51	80.39	0.00	14.90	0.00	65.49	114.21
	21/02/2006	3.30	9.68	0.00	6.38	0.00	6.34	0.00	107.87
	01/03/2006	101.30	16.42	84.88	0.00	9.07	0.00	75.82	116.93
	11/03/2006	11.55	16.42	0.00	4.87	0.00	4.86	0.00	112.08
	21/03/2006	72.85	20.30	52.55	0.00	4.56	0.00	47.99	116.64
	01/04/2006	17.80	23.89	0.00	6.09	0.00	6.07	0.00	110.56
	11/04/2006	1.20	23.89	0.00	22.69	0.00	21.96	0.00	88.60
	21/04/2006	14.25	26.62	0.00	12.37	0.00	11.18	0.00	77.42
	01/05/2006	19.40	32.99	0.00	13.59	0.00	11.37	0.00	66.05
	11/05/2006	25.80	32.99	0.00	7.19	0.00	5.58	0.00	60.47
	21/05/2006	3.10	38.44	0.00	35.34	0.00	22.68	0.00	37.79
	01/06/2006	0.00	40.16	0.00	40.16	0.00	16.83	0.00	20.96
	11/06/2006	0.00	40.16	0.00	40.16	0.00	9.75	0.00	11.21
	21/06/2006	5.70	40.46	0.00	34.76	0.00	4.80	0.00	6.41
	01/07/2006	24.00	41.16	0.00	17.16	0.00	1.56	0.00	4.85
	11/07/2006	2.80	41.16	0.00	38.36	0.00	2.27	0.00	2.58
	21/07/2006	18.70	44.31	0.00	25.61	0.00	0.89	0.00	1.69
	01/08/2006	7.45	37.94	0.00	30.49	0.00	0.67	0.00	1.02
	11/08/2006	22.25	37.94	0.00	15.69	0.00	0.23	0.00	0.79
	21/08/2006	22.20	38.39	0.00	16.19	0.00	0.19	0.00	0.60
	01/09/2006	1.10	26.77	0.00	25.67	0.00	0.21	0.00	0.39
	11/09/2006	80.95	26.77	54.18	0.00	50.71	0.00	3.48	51.10
	21/09/2006	36.15	23.33	12.82	0.00	10.00	0.00	2.82	61.10
	01/10/2006	63.90	15.32	48.58	0.00	28.56	0.00	20.02	89.65
	11/10/2006	27.75	15.32	12.43	0.00	5.08	0.00	7.35	94.73
	21/10/2006	21.00	14.77	6.23	0.00	2.25	0.00	3.98	96.99
	01/11/2006	0.45	8.39	0.00	7.94	0.00	7.54	0.00	89.45
	11/11/2006	33.35	8.39	24.96	0.00	9.49	0.00	15.48	98.93
	21/11/2006	38.50	7.45	31.05	0.00	8.05	0.00	23.00	106.98
	01/12/2006	59.80	5.25	54.55	0.00	7.60	0.00	46.95	114.58
	11/12/2006	7.20	5.25	1.95	0.00	0.17	0.00	1.78	114.75
	21/12/2006	15.50	5.94	9.56	0.00	0.76	0.00	8.80	115.51

Page laissée blanche intentionnellement

ANNEXE 9 - Chronique complète des processus hydrologiques sur la Seudre de 2006 à 2009



Page laissée blanche intentionnellement

ANNEXE 10 - Bilans des eaux de ruissellement et des eaux souterraines à CORME-ECLUSE

- Tableau des valeurs utilisées pour la Figure 4-8 :

Le bilan des eaux de ruissellement a été calculé sur les valeurs moyennes mensuelles de débits et de pluviométrie.

L'ETR a été déduite du bilan des eaux de ruissellement équilibré, le réservoir sol n'ayant pas de variation de stockage. Une autre estimation de l'ETR a été calculée pour comparer les écarts.

BILAN DE SURFACE A ST ANDRE DE LIDON													
BV = 236 km ²													
Estimation ETR													
Méthode de calcul ETR : cf. http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/46/10/56/PDF/NO1997-PUB00002881.pdf													
	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	BILAN
Débits (m ³ /s)	1.61	1.90	1.52	1.46	1.15	0.74	0.37	0.17	0.14	0.26	0.62	1.09	
Qspec. (mm/mois)	17.73	20.83	16.66	16.05	12.65	8.09	4.05	1.85	1.55	2.83	6.81	12.03	121.1
Pluie (mm)	88.5	71.4	66.1	67.9	66.4	52.5	51.6	53.1	68.0	91.5	101.9	98.5	877.3
ETP Turc (mm)	18.0	26.6	50.9	71.7	102.3	120.5	127.6	117.6	80.3	47.5	25.2	16.3	804.4
P - ETP (mm)	70.5	44.8	15.2	-3.7	-35.9	-68.0	-76.0	-64.6	-12.3	44.1	76.7	82.2	
Déficit cumulé	0.0	0.0	0.0	-3.7	-39.6	-107.6	-183.7	-248.2	-260.6	0.0	0.0	0.0	
RUm	113.4	116.8	117.5	113.8	79.6	33.0	10.3	3.6	3.0	44.7	92.9	112.5	
RUm-1 - RUm	-1.0	-3.4	-0.7	3.7	34.2	46.5	22.7	6.7	0.7	-41.8	-48.2	-19.6	
ETR = ETP*RU/Rumax (mm)	18.0	26.6	50.9	71.7	100.6	99.0	74.3	59.8	68.6	47.5	25.2	16.3	658.4
⇒ estimer l'ETR afin d'obtenir un bilan annuel équilibré en considérant le stockage dans le réservoir sol nul													
ETR = ETP*(1+Corr.)	17	25	48	67	96	113	120	111	75	45	24	15	756
Ecart = P-ETP-Qs	-48.2												
Corr. = ETP/Ecart	-0.06												
Excédent/Déficit de surface													
	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	BILAN
Bilan Surface à St ANDRE (mm)	53.8	25.6	1.6	-15.5	-42.4	-68.9	-72.4	-59.4	-9.1	44.1	71.4	71.2	0.0
Abs(bilan) (mm)	53.8	25.6	1.6	15.5	42.4	68.9	72.4	59.4	9.1	44.1	71.4	71.2	44.6

Le bilan sur les nappes a été calculé sur les valeurs moyennes mensuelles du niveau des nappes. La porosité des aquifères a été estimée pour obtenir le même bilan qu'avec les eaux de ruissellement. La porosité de l'aquifère du Cénomanien est particulièrement bien estimée puisque le rapport qui fait référence à cette information (« *Bilan des connaissances sur les interactions eaux de surface/eaux souterraines du bassin de la Seudre* », Institut EGID, 2009) attribue à cet aquifère une porosité située entre 2% et 10%.

BILAN DE NAPPES A ST ANDRE DE LIDON													
BV = 236 km ²													
Hyp: 1- on supposera que la nappe est uniformément répartie sur le BV 2- échanges directs avec les nappes, le réservoir sol n'intervient pas													
Excédents/déficits mensuels des nappes													
	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	MOYENNE
Cénomanien BOIS (m)	29.58	30.09	30.26	30.11	29.79	29.42	28.83	28.26	27.92	27.87	28.06	28.68	29.07
Turo-Coniacien MORTAGNE (m)	17.04	18.00	18.54	18.46	17.10	16.09	14.81	13.41	12.58	12.47	13.07	14.55	15.51
Porosité Cénomanien	5.6%	porosité Cénomanien entre 2% et 10% (cf. Rapport EGID)											
Porosité Turo-Coniacien	2.2%	porosité Turo-Coniacien forte (cf. Rapport EGID)											
porosités estimées pour avoir le même bilan dynamique qu'en surface													
Bilan BOIS (mm)	507.50	1017.50	1187.50	1037.50	717.50	347.50	-242.50	-812.50	-1152.50	-1202.50	-1012.50	-392.50	
Bilan MORTAGNE (mm)	1530.00	2490.00	3030.00	2950.00	1590.00	580.00	-700.00	-2100.00	-2930.00	-3040.00	-2440.00	-960.00	
Abs(bilan BOIS)	507.50	1017.50	1187.50	1037.50	717.50	347.50	242.50	812.50	1152.50	1202.50	1012.50	392.50	
Abs (Bilan MORTAGNE)	1530.00	2490.00	3030.00	2950.00	1590.00	580.00	700.00	2100.00	2930.00	3040.00	2440.00	960.00	
													BILAN
Bilan Eau BOIS (mm)	28.21	56.56	66.01	57.67	39.88	19.32	-13.48	-45.16	-64.06	-66.84	-56.28	-21.82	
Bilan Eau MORTAGNE (mm)	33.65	54.76	66.64	64.88	34.97	12.76	-15.39	-46.18	-64.44	-66.86	-53.66	-21.11	
Abs(Bilan Eau BOIS)	28.21	56.56	66.01	57.67	39.88	19.32	13.48	45.16	64.06	66.84	56.28	21.82	44.61
Abs (Bilan Eau MORTAGNE)	33.65	54.76	66.64	64.88	34.97	12.76	15.39	46.18	64.44	66.86	53.66	21.11	44.61
												Bilan surface	44.6
													44.6

- **Sujet du contrôle d'évaluation ENSEIHT 2^{ème} année Parcours Environnement – Bilan Hydrologique :**
Rédigé par Pr Denis DARTUS :

La Seudre

L'objectif de ce bureau d'étude est de faire un **premier bilan global à l'échelle annuelle puis mensuelle du bassin versant de la Seudre en Charente Maritime (France)**. Cette rivière est accompagnée des zones humides alluviales de bord de Seudre qui couvrent une superficie d'environ 14 km², répartis sur différentes communes. Ces espaces ont fait l'objet de campagnes d'assèchement au XIX^e siècle, permettant aujourd'hui la mise en culture du lit majeur de la rivière. L'Association Syndicale Forcée (ASF) des Marais de la Haute Seudre, en partenariat avec le SIAH de la Haute Seudre et l'UNIMA, sont chargés d'entretenir le réseau de fossés et les ouvrages. Le niveau d'eau de ces zones humides est régulé théoriquement par l'intermédiaire des barrages qui jalonnent la rivière... mais l'évolution des pratiques agricoles fait que **cette zone humide est de plus en plus sèche**.

Différentes informations sont disponibles à l'échelle annuelle et mensuelle : précipitation, évapotranspiration, écoulement, nappe, usages, etc.

Bilan annuel

1°/ La station hydrologique gérée par la banque hydro à St André de Lidon (236 km²) propose un bilan mensuel des écoulements, des précipitations et des ETP (calculés avec différentes approches). Proposer une estimation de ETR et expliquer votre démarche.

Bilan mensuel

A l'échelle mensuelle on constate des écarts entre les différents compartiments de stockage de l'eau : sol, marais, nappe.

Dans un premier temps on va supposer des échanges directs avec les nappes aquifères pour lesquelles on dispose de 2 piézomètres. Le réservoir sol n'intervient pas.

2°/ Calculer alors l'excédent et le déficit mensuel de ruissellement.

3°/ Par rapport au niveau moyen de la nappe calculer aussi les excédents et les déficits mensuels (on supposera que la nappe est uniformément répartie sur le BV)

4°/ En déduire une porosité des aquifères. Est-ce raisonnable ?

5°/ Faire une analyse temporelle comparée de l'évolution de ces excédents et déficits. Est-ce bien raisonnable ?

Dans un second temps on va supposer que les échanges ne se font qu'avec le sol et le marais. A titre indicatif on estime que le sol possède une épaisseur de 1m et le marais alluvial de 4m.

6°/ Le marais peut-il à lui seul « absorber » les excédents et déficits mensuels de ruissellement ?

7°/ On fait l'hypothèse que le marais situé en bord de rivière est beaucoup plus dynamique en terme d'échange d'eau que les terrains situés plus loin. Que pensez-vous de l'évolution des quantités d'eau dans le sol. Est-ce raisonnable ?

Dans un troisième temps on plante du maïs sur le marais.

8°/ Votre analyse sur le nouveau fonctionnement du bassin versant, Est-ce bien raisonnable ?

Dans un quatrième temps on se pose la question d'une sécheresse.

8°/ A-t-on les éléments pour répondre ? Proposer une méthode d'analyse pour une année sèche de retour 5 ans. Est-ce bien raisonnable ?

Bilan personnel

9°/ Dans son film « La soif du monde » Yann Darthus Bertrand vulgarise la notion d' « eau virtuelle ». Par exemple, il affirme que 15m³ d'eau sont nécessaires pour produire 1Kg de viande bovine, eau provenant en majorité de la culture des céréales nécessaire à l'alimentation des bovins. Combien de vaches ~500Kg/vache peut-on produire sur le marais de Seudre... (au détriment de la biodiversité qui existe dans ce type de zone humide)

10°/ Critiquez l'approche proposée !

L'irrégularité topographique de la zone tourbeuse (épaisseur de tourbe, largeur de section) ainsi que de la profondeur du lit de la Seudre a imposé la prise d'hypothèse pour ce calcul : **1m50** d'épaisseur de tourbe sont mobilisables pour la rivière et le profil d'épaisseur des tourbes est considéré constant d'un clapet à l'autre.



Page laissée blanche intentionnellement

ANNEXE 12 - Tableau de résultats des prélèvements effectués en zone tourbeuse

Ref	Lieu	H_eau Amont clapet	H_eau Aval clapet	Position clapet	Profondeur sondage	Profondeur Tourbe	Niveau eau	Remarques sur le terrain	Alti (m nGF)	Réaction HCl	Conclusion
S01	Clapet de Châtelard	12.25	11.46	35 (haut)	-3.7	-3.7	-1.6	mélange d'argile et de tourbe à partir de -3.50 m. Tarière trop courte pour poursuivre.	13.51	++	Tarière trop courte Remontée de calcaire?
S02	Château de Châtelard				-1.2	-1.2	-0.7	arrêté par fragments de pierre calcaire. Doucins argileux latéralement.	14.79	+	Présence de calcaire
S03	Champ près Châtelard				-3.7	-3.7	-0.7	tarière trop courte	12.82	+	Tarière trop courte Remontée de calcaire?
S04	Moulin Châtelard				-2.4	-1.6	-0.7	couche sable-argile conforme avec terrain adjacent (doucins)	14.37	-	Possible couche d'argile
S05	Clapet du Moulin de Graves Champ Mr Volette	14.15	13.52	34 (haut)	-2.2	-0.8	-0.4	calcaire dégradé - argile - gley (fond du lit en gley). Enfoncement tarière très facile.	13.60	++	Présence de calcaire
S06	Moulin de Graves Fond champ Mr Volette				-3.6	-3.6	-0.4	banc de gley - calcaire fin	14.03	--	Tarière trop courte Tourbe sans calcaire
S07	Moulin de Graves Champ après Mr Volette				-1.3	-1.1	-0.8	limite zone tourbeuse. Argile en-dessous	15.01	--	Possible couche d'argile
S08	Moulin de Graves Autre côté				-1.1	-0.7	NA	pas d'eau. Peu de tourbe. Argile jaune. Sondage de vérif.	13.69	++	Forte présence de calcaire
S09	Clapet Chez Viguiard	16.435	15.955	26 (bas)	-0.5	-0.1	NA	pas d'eau. Doucins argileux	18.54	++	Forte présence de calcaire
S10	Clapet Chez Viguiard				-3.7	-3.7	-0.4	bancs de calcaire dégradé à partir de -2.2m. Tarière trop courte	16.72	+	Tarière trop courte Remontée de calcaire?
S11	Clapet Chez Viguiard Droit du barrage				-0.9	-0.4	-0.9	argile et sable roulé	16.98	+	Présence de calcaire
S12	Pont St André Ancien barrage				-3.7	-3.7	-0.9	tarière trop courte	17.29	+	Tarière trop courte Remontée de calcaire?
S13	Pont St André Ancien barrage				-0.6	-0.1	NA	pas d'eau. Argile - sable	19.07	+	Présence de calcaire
S14	Pont St André Ancien barrage				-0.8	-0.5	NA	pas d'eau. Sable de -0.6 à -0.7 m et argile de -0.7 à -0.8 m	17.24	++	Forte présence de calcaire
S15	Clapet du Moulin du Port	17.86	17.16	46.5 (haut)	-3.7	-3.7	-0.9	Tarière trop courte. Argile sur 40 cm	19.01	--	Tarière trop courte Tourbe sans calcaire
S16	Clapet du Moulin du Port				-3.7	-3.7	-2.0	Tarière trop courte	19.17	--	Tarière trop courte Tourbe sans calcaire
S17	Clapet du Moulin du Port				-1.7	-1.5	-1.5	sable et argile	19.27	-	Possible couche d'argile
S18	Clapet de Chadeniers Près de la route	18.8	18.36	25 (haut)	-2.7	-1.7	-1.4	sable puis argile jaune	19.66	--	Possible couche d'argile
S19	Clapet de Chadeniers Champ près clapet				-3.0	-2.7	-1.0	argile grise	18.00	--	Possible couche d'argile
S20	Transect 1 - près Chadeniers				-0.9	-0.5	NA	pas d'eau. Sable puis argile jaune	19.69	+	Présence de calcaire
S21	Transect 2				-0.6	-0.4	NA	pas d'eau. Mélange d'argile et de calcaire légèrement sablonneux	19.71	++	Forte présence de calcaire
S22	Transect 3 - Bois Mou				-1.8	-1.5	0.0	eau affleurante. Sable + argile grise	19.03	--	Possible couche d'argile
S23	Transect 3 - En face Bois Mou				-0.6	-0.5	NA	pas d'eau. Argile sableux	18.95	-	Possible couche d'argile
S24	Transect 4 - Parc botanique				-1.3	-0.7	-0.7	Enchaînement couches sable et argile	16.68	-	Possible couche d'argile
S25	Transect 4				-1.4	-1.3	NA	pas d'eau. Argile - bri à partir de -1.3 m. Pas de mètre sur les photos	16.46	++	Forte présence de calcaire
S26	Transect 5 - La Coudrée				-3.6	-3.6	-0.8	Tarière trop courte	16.65	--	Tarière trop courte Tourbe sans calcaire
S27	Transect 5				-1.7	-1.6	-0.8	argile grise	17.07	--	Possible couche d'argile
S28	Transect 5				-0.8	-0.5	NA	pas d'eau. Sable et argile jaune avant calcaire	17.05	-	Possible couche d'argile
S29	Transect 6 - Thaims				-1.0	-0.1	NA	pas d'eau. Sable et argile avant calcaire	16.09	++	Forte présence de calcaire
S30	Transect 6 - Thaims				-3.2	-3.2	-1.8	Tarière trop courte. Doucins argileux en aval	16.94	-	Tarière trop courte Tourbe sans calcaire
S31	Transect 7 - Chez Suire				-0.9	-0.2	NA	pas d'eau. Sable argileux jaune. Sols de transition: granulo plus fine en descendant sable vers argile	17.02	-	Possible couche d'argile
S32	Transect 7 - Chez Suire				-0.7	-0.5	NA	pas d'eau. Argile blanche	13.97	++	Forte présence de calcaire

Page laissée blanche intentionnellement

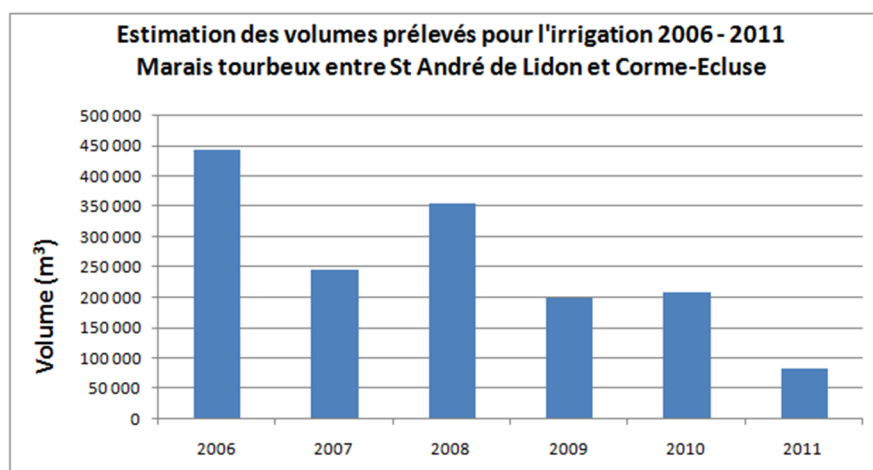
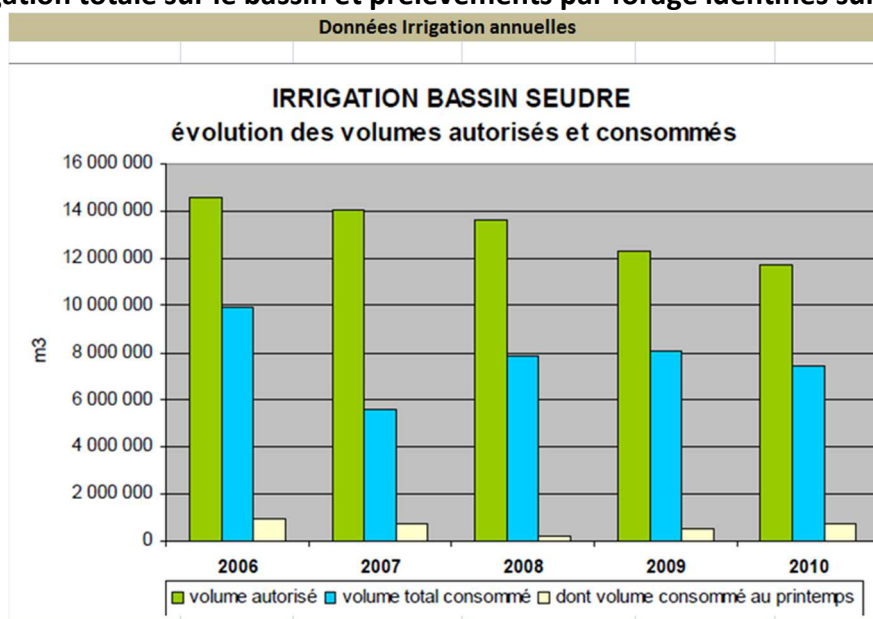
ANNEXE 13 - Données utilisées dans les bilans hydrologiques et tableaux de résultats

BILANS PAR ANNEE HYDROLOGIQUE DE 2006 A 2011

- Valeurs des différents processus hydrologiques (les valeurs en mm ont été converties en Mm^3 en ramenant la lame d'eau en m^3 sur la surface de tourbes qui est de 650 ha)

DONNEES HYDROLOGIQUE ANNUELLES SUR LES MARAIS TOURBEUX de St ANDRE de LIDON à CORME-ECLUSE de Oct. 2006 à Oct. 2011					
Année Hydro	P_SEUDRE (mm)	ETR Turc (mm/an)	QMA (m^3 /an) St André de Lidon	QMA (m^3 /an) Corme-Ecluse	ΔS (m^3 /an)
Oct. 2006 - Oct. 2007	1014.3	636.7	2.327E+07	5.134E+07	5.743E+05
Oct. 2007 - Oct. 2008	851.4	570.9	1.880E+07	2.880E+07	-1.026E+06
Oct. 2008 - Oct. 2009	812.3	559.8	1.801E+07	4.033E+07	4.377E+05
Oct. 2009 - Oct. 2010	860.8	571.1	1.124E+07	2.694E+07	-1.963E+05
Oct. 2010 - Oct. 2011	808.2	565.2	1.124E+07	3.094E+07	-9.917E+04

- Estimation des volumes prélevés pour l'irrigation de 2006 à 2011 à partir des informations fournies par la DDTM 17 (irrigation totale sur le bassin et prélèvements par forage identifiés sur la zone des marais) :



Source : les données sur l'irrigation proviennent de la DDTM 17

TABLEAUX DES BILANS ET SENSIBILITES PAR ANNEE HYDROLOGIQUE

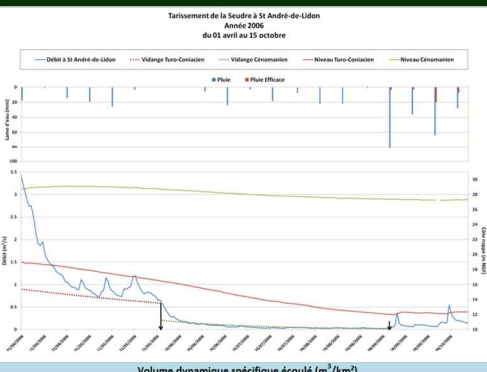
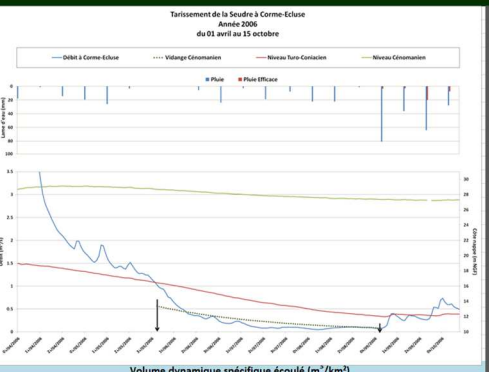
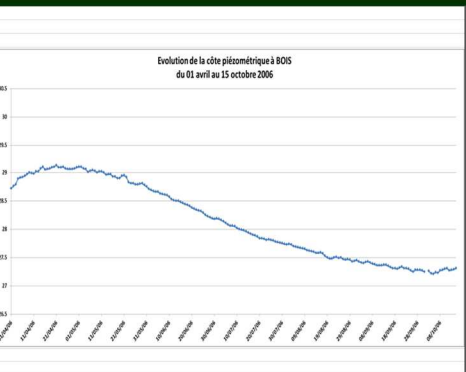
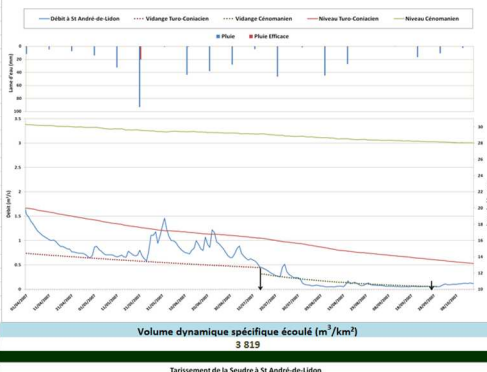
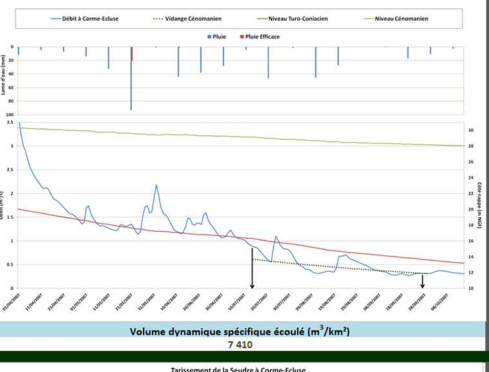
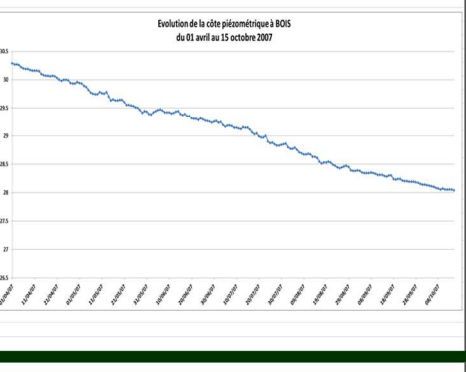
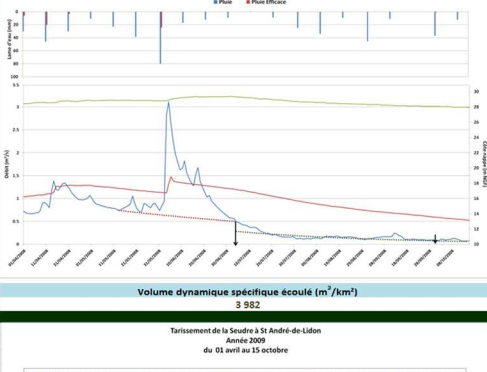
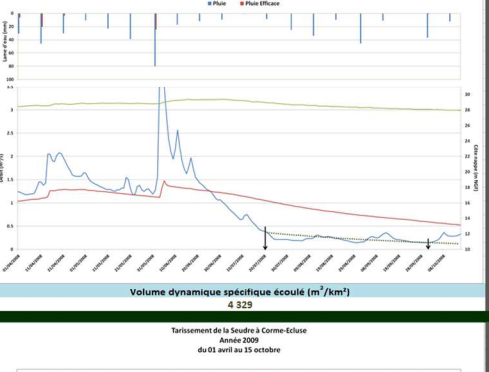
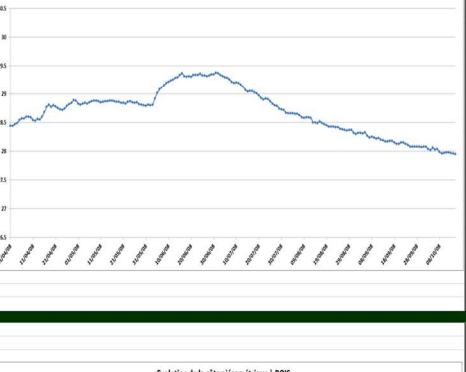
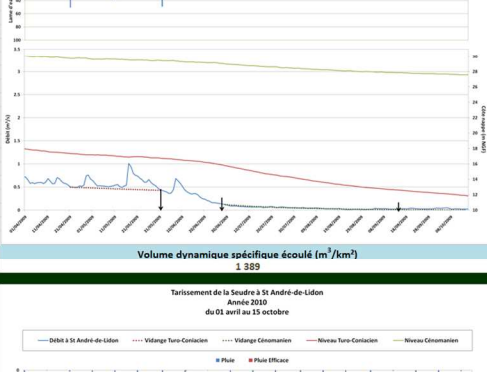
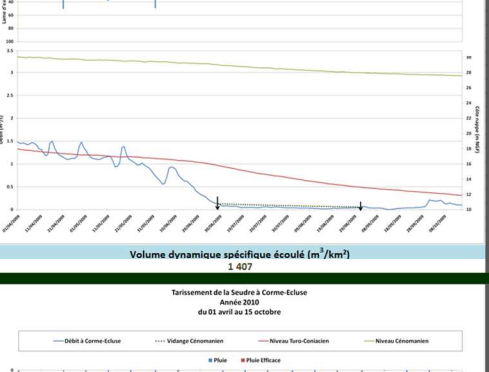
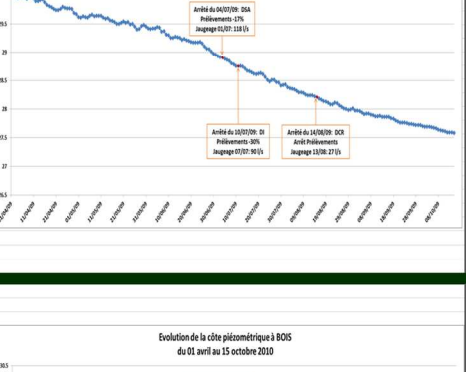
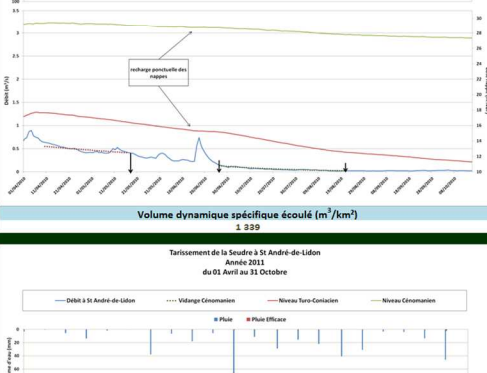
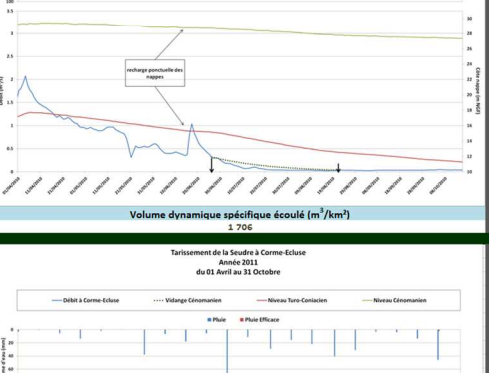
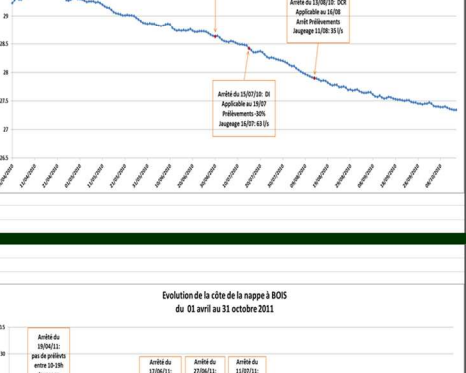
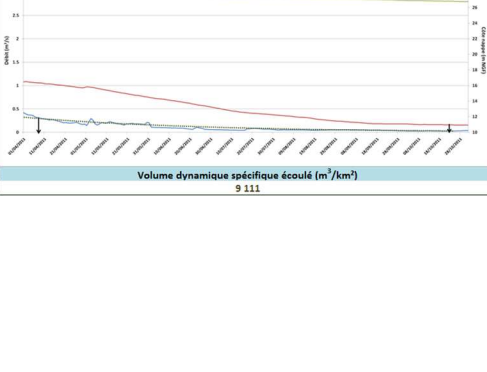
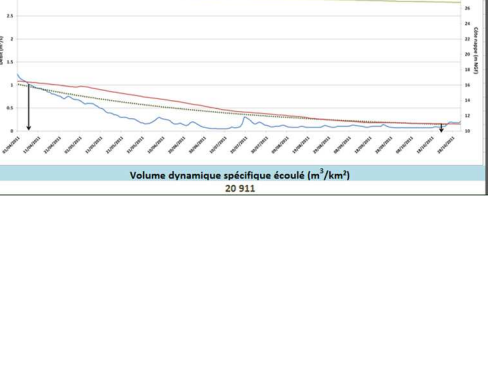
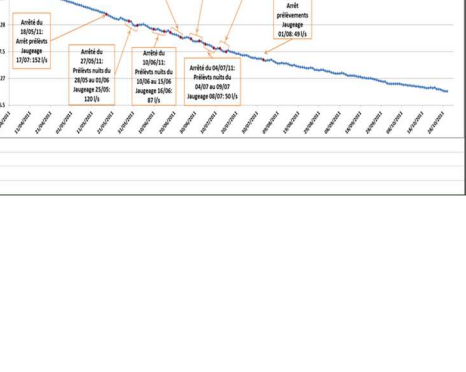
BILAN PAR ANNEE HYDROLOGIQUE SUR LES MARAIS TOURBEUX de St ANDRE de LIDON à CORME-ECLUSE de Oct. 2006 à Oct. 2011										
Aire des marais dans le sous-bassin:	6.528E+06	m²								
	Volume en Mm³ (=10⁶ m³)									
	Oct. 2006 - Oct. 2007		Oct. 2007 - Oct. 2008		Oct. 2008 - Oct. 2009		Oct. 2009 - Oct. 2010		Oct. 2010 - Oct. 2011	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Précipitations	6.6		5.6		5.3		5.6		5.3	
Ruissellement principal	23.3	51.3	18.8	28.8	18.0	40.3	11.2	26.9	11.2	30.9
Affluents	2.8		2.8		2.8		2.8		2.8	
ETR Turc		4.2		3.7		3.7		3.7		3.7
Total	32.6	55.5	27.1	32.5	26.1	44.0	19.6	30.7	19.3	34.6
Ecart (%)	-26%		-9%		-26%		-22%		-29%	
Ecart (Mm³)	22.9		5.4		17.9		11.1		15.4	
Contribution max. marais	6.6		5.6		5.3		5.6		5.3	
Ecart avec apport marais (%)	-17%		0%		-17%		-10%		-17%	
SENSIBILITE A L'ETR										
	Oct. 2006 - Oct. 2007		Oct. 2007 - Oct. 2008		Oct. 2008 - Oct. 2009		Oct. 2009 - Oct. 2010		Oct. 2010 - Oct. 2011	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
ETR + 20%										
	4.99		4.47		4.39		4.47		4.43	
Total	39.3	56.3	32.7	33.3	31.4	44.7	25.2	31.4	24.5	35.4
Erreur	-18%		-1%		-18%		-11%		-18%	
ETR - 20%										
	3.33		2.98		2.92		2.98		2.95	
Total	39.3	54.7	32.7	31.8	31.4	43.3	25.2	29.9	24.5	33.9
Erreur	-16%		1%		-16%		-8%		-16%	
SENSIBILITE AU DEBIT DES AFFLUENTS										
	Oct. 2006 - Oct. 2007		Oct. 2007 - Oct. 2008		Oct. 2008 - Oct. 2009		Oct. 2009 - Oct. 2010		Oct. 2010 - Oct. 2011	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Affluents * 2	5.50		5.50		5.50		5.50		5.50	
Total	42.0	55.5	35.4	32.5	34.1	44.0	28.0	30.7	27.3	34.6
Erreur	-14%		4%		-13%		-5%		-12%	
Affluents / 2	1.38		1.38		1.38		1.38		1.38	
Total	37.9	55.5	31.3	32.5	30.0	44.0	23.9	30.7	23.2	34.6
Erreur	-19%		-2%		-19%		-12%		-20%	
SENSIBILITE A LA CONTRIBUTION DES MARAIS - 20% / - 50%										
	Oct. 2006 - Oct. 2007		Oct. 2007 - Oct. 2008		Oct. 2008 - Oct. 2009		Oct. 2009 - Oct. 2010		Oct. 2010 - Oct. 2011	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Marais * 0.8	5.30		4.45		4.24		4.50		4.22	
Total	37.9	55.5	31.6	32.5	30.3	44.0	24.1	30.7	23.5	34.6
Erreur	-19%		-2%		-18%		-12%		-19%	
Marais / 2	3.31		2.78		2.65		2.81		2.64	
Total	36.0	55.5	29.9	32.5	28.7	44.0	22.4	30.7	21.9	34.6
Erreur	-21%		-4%		-21%		-16%		-23%	
BILAN: MARAIS A -50% et AFFLUENTS x2										
	Oct. 2006 - Oct. 2007		Oct. 2007 - Oct. 2008		Oct. 2008 - Oct. 2009		Oct. 2009 - Oct. 2010		Oct. 2010 - Oct. 2011	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Affluents * 2	5.50		5.50		5.50		5.50		5.50	
Marais / 2	3.31		2.78		2.65		2.81		2.64	
Total	38.7	55.5	32.6	32.5	31.5	44.0	25.2	30.7	24.7	34.6
Erreur	-18%		0%		-17%		-10%		-17%	
⇒ on retrouve le bilan initial										

BILANS MENSUELS DE 2006 A 2011

BILAN PAR PERIODES HYDROLOGIQUES SUR LES MARAIS TOURBEUX de St ANDRE de LIDON à CORME-ECLUSE de Janv. 2006 à Déc. 2011								
Aire des marais dans le sous-bassin:	6.528E+06	m²						
	Volume en Mm³ (10⁶ m³)							
	janv-2006 Entrée	mars-2006 Sortie	avr-2006 Entrée	juin-2006 Sortie	juil-2006 Entrée	sept-2006 Sortie	oct-2006 Entrée	déc-2006 Sortie
Précipitations	2.18		0.57		1.41		1.75	
Ruissellement principal	6.98	15.97	7.02	13.15	0.40	1.16	2.51	6.24
Affluents/nappes	1.09		0.47		0.08		1.11	
ETR		0.40		0.45		0.35		0.31
Stockage Sol (RU _{i+1} - RU _i)		-0.06		-0.69		0.30		0.41
Contribution marais			4.90					
Total	10.24	16.3	12.96	12.9	1.89	1.8	5.37	7.0
Erreur		-23%		0%		2%		-13%
Sans contribution des tourbes		-23%		-23%		2%		-13%
	janv-2007 Entrée	mars-2007 Sortie	avr-2007 Entrée	juin-2007 Sortie	juil-2007 Entrée	sept-2007 Sortie	oct-2007 Entrée	déc-2007 Sortie
Précipitations	2.15		1.62		1.11		1.03	
Ruissellement principal	12.09	27.72	7.03	12.77	1.64	4.61	2.66	3.91
Affluents/nappes	1.09		0.47		0.08		1.11	
ETR		0.39		0.64		0.39		0.16
Stockage Sol (RU _{i+1} - RU _i)		-0.06		-0.44		-0.17		0.53
Contribution marais			3.90					
Total	15.33	28.1	13.02	13.0	2.83	4.8	4.81	4.6
Erreur		-29%		0%		-26%		2%
Sans contribution des tourbes		-29%		-17%		-26%		2%
	janv-2008 Entrée	mars-2008 Sortie	avr-2008 Entrée	juin-2008 Sortie	juil-2008 Entrée	sept-2008 Sortie	oct-2008 Entrée	déc-2008 Sortie
Précipitations	1.70		1.88		0.94		1.98	
Ruissellement principal	6.15	9.72	8.44	12.62	1.55	2.56	3.78	9.75
Affluents/nappes	1.09		0.47		0.08		1.11	
ETR		0.37		0.67		0.33		0.31
Stockage Sol (RU _{i+1} - RU _i)		0.03		-0.37		-0.10		0.58
Contribution marais			2.20					
Total	8.94	10.1	12.99	12.9	2.57	2.8	6.87	10.6
Erreur		-6%		0%		-4%		-22%
Sans contribution des tourbes		-6%		-9%		-4%		-22%
	janv-2009 Entrée	mars-2009 Sortie	avr-2009 Entrée	juin-2009 Sortie	juil-2009 Entrée	sept-2009 Sortie	oct-2009 Entrée	déc-2009 Sortie
Précipitations	1.25		1.34		0.73		2.50	
Ruissellement principal	9.89	22.63	4.00	7.61	0.34	0.33	2.13	5.73
Affluents/nappes	1.09		0.47		0.08		1.11	
ETR		0.34		0.55		0.24		0.26
Stockage Sol (RU _{i+1} - RU _i)		-0.22		-0.38		-0.06		0.72
Contribution marais			2.00					
Total	12.23	22.8	7.82	7.8	1.15	0.5	5.74	6.7
Erreur		-30%		0%		38%		-8%
Sans contribution des tourbes		-30%		-14%		38%		-8%
	janv-2010 Entrée	mars-2010 Sortie	avr-2010 Entrée	juin-2010 Sortie	juil-2010 Entrée	sept-2010 Sortie	oct-2010 Entrée	déc-2010 Sortie
Précipitations	1.50		0.94		0.68		2.39	
Ruissellement principal	5.49	13.99	3.31	6.81	0.31	0.40	3.67	11.60
Affluents/nappes	1.09		0.47		0.08		1.11	
ETR		0.37		0.48		0.24		0.28
Stockage Sol (RU _{i+1} - RU _i)		-0.19		-0.46		-0.10		0.72
Contribution marais			2.10					
Total	8.08	14.2	6.82	6.8	1.07	0.5	7.18	12.6
Erreur		-27%		0%		33%		-27%
Sans contribution des tourbes		-27%		-18%		33%		-27%
	janv-2011 Entrée	mars-2011 Sortie	avr-2011 Entrée	juin-2011 Sortie	juil-2011 Entrée	sept-2011 Sortie	oct-2011 Entrée	déc-2011 Sortie
Précipitations	0.83		0.58		1.47		1.68	
Ruissellement principal	5.72	14.70	1.43	3.81	0.41	0.83	0.53	3.46
Affluents/nappes	1.09		0.47		0.08		1.11	
ETR		0.33		0.35		0.42		0.24
Stockage Sol (RU _{i+1} - RU _i)		-0.27		-0.41		0.14		0.55
Contribution marais			1.25					
Total	7.64	14.8	3.73	3.7	1.97	1.4	3.32	4.3
Erreur		-32%		0%		17%		-12%
Sans contribution des tourbes		-32%		-20%		17%		-12%

Page laissée blanche intentionnellement

ANNEXE 14 - Résultats et analyse des courbes de tarissement de la Seudre

			St André-de-Lidon	Corme-Ecluse	Nappe à BOIS	Analyse
2006	Fin tarissement	11-sept-2006	<div>Tarissement de la Seudre à St André-de-Lidon Année 2006 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 2 223</div>	<div>Tarissement de la Seudre à Corme-Ecluse Année 2006 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 4 704</div>	<div>Evolution de la cote piézométrique à BOIS du 01 avril au 15 octobre 2006</div> 	<div>Influence du régime d'écoulement</div> <ul style="list-style-type: none">- pas de manœuvre des clapets sur la période- peu de pluie, pas de pluie efficace- incohérence QMI fin août et début sept aux 2 stations. Station de Corme en cours de validation.-> Incertitudes sur les mesures de débit à Corme. <div>Affluents</div> <ul style="list-style-type: none">- affluents alimentent l'écoulement jusqu'à début juillet- la Gêmeze et la Miroille assurent un petit débit d'entrée à Corme en juillet puis rupture d'écoulement-> faible contribution des affluents au volume dynamique <div>Irrigation</div> <ul style="list-style-type: none">- pas d'information précise sur les prélèvements ni sur les arrêtés préfectoraux liés à l'irrigation- la période de tarissement (et la loi de vidange de la nappe cénomanienne) tient compte des prélèvements-> fluctuations de la nappe (et donc loi de vidange) influencées par les prélèvements <div>Marais tourbeux</div> <p>la courbe de débit à Corme est en-dessous de la courbe de vidange de la nappe</p> <ul style="list-style-type: none">-> sur-estimation de la contribution-> petite contribution des affluents difficile à quantifier <div>Contribution (m³/s) 0.111</div>
2007	Fin tarissement	26-sept-2007	<div>Tarissement de la Seudre à St André-de-Lidon Année 2007 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 3 819</div>	<div>Tarissement de la Seudre à Corme-Ecluse Année 2007 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 7 410</div>	<div>Evolution de la cote piézométrique à BOIS du 01 avril au 15 octobre 2007</div> 	<div>Influence du régime d'écoulement</div> <ul style="list-style-type: none">- pas de manœuvre des clapets sur la période- peu de pluie, quelque pluie efficace en juillet et août- pas de grande incohérence sur les QMI. Station de Corme en cours de validation.-> Incertitudes sur les mesures de débit à Corme. <div>Affluents</div> <ul style="list-style-type: none">- affluents alimentent l'écoulement jusqu'à mi-août- la Gêmeze et la Miroille assurent un petit débit d'entrée à Corme en août puis rupture d'écoulement-> contribution des affluents au volume dynamique <div>Irrigation</div> <ul style="list-style-type: none">- pas d'information précise sur les prélèvements ni sur les arrêtés préfectoraux liés à l'irrigation- la période de tarissement (et la loi de vidange de la nappe cénomanienne) tient compte des prélèvements-> fluctuations de la nappe (et donc loi de vidange) influencées par les prélèvements <div>Marais tourbeux</div> <p>la courbe de débit à Corme fluctue autour de la courbe de vidange de la nappe</p> <ul style="list-style-type: none">-> estimation de la contribution des tourbes impactée par les affluents <div>Contribution (m³/s) 0.211</div>
2008	Fin tarissement	01-oct-2008	<div>Tarissement de la Seudre à St André-de-Lidon Année 2008 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 3 982</div>	<div>Tarissement de la Seudre à Corme-Ecluse Année 2008 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 4 329</div>	<div>Evolution de la cote piézométrique à BOIS du 01 avril au 15 octobre 2008</div> 	<div>Influence du régime d'écoulement</div> <ul style="list-style-type: none">- pas de manœuvre des clapets sur la période- peu de pluie, pas de pluie efficace sur la période- petite incohérence sur les QMI début sept. Station de Corme en cours de validation.-> Incertitudes sur les mesures de débit à Corme. <div>Affluents</div> <ul style="list-style-type: none">- affluents alimentent l'écoulement sur toute la période-> contribution des affluents au volume dynamique <div>Irrigation</div> <ul style="list-style-type: none">- pas d'information précise sur les prélèvements ni sur les arrêtés préfectoraux liés à l'irrigation- la période de tarissement (et la loi de vidange de la nappe cénomanienne) tient compte des prélèvements-> fluctuations de la nappe (et donc loi de vidange) influencées par les prélèvements <div>Marais tourbeux</div> <p>la courbe de débit à Corme fluctue autour de la courbe de vidange de la nappe</p> <ul style="list-style-type: none">-> estimation de la contribution impactée par les affluents-> pas ou peu de contribution <div>Contribution (m³/s) 0.019</div>
2009	Fin tarissement	31-août-2009	<div>Tarissement de la Seudre à St André-de-Lidon Année 2009 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 1 389</div>	<div>Tarissement de la Seudre à Corme-Ecluse Année 2009 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 1 407</div>	<div>Evolution de la cote piézométrique à BOIS du 01 avril au 15 octobre 2009</div> 	<div>Influence du régime d'écoulement</div> <ul style="list-style-type: none">- pas de manœuvre des clapets sur la période- peu de pluie, pas de pluie efficace sur la période- nombreuses incohérences sur les QMI de juillet jusqu'à septembre. Station de Corme en cours de validation.-> Incertitudes importantes sur les mesures de débit à Corme. <div>Affluents</div> <ul style="list-style-type: none">- affluents alimentent l'écoulement sur toute la période, surtout le Châtellards et le Lorioix-> contribution des affluents au volume dynamique <div>Irrigation</div> <ul style="list-style-type: none">- 3 arrêtés préfectoraux dont arrêté de coupure le 14 août.- la période de tarissement (et la loi de vidange de la nappe cénomanienne) tient compte des prélèvements-> fluctuations de la nappe (et donc loi de vidange) influencées par les prélèvements <div>Marais tourbeux</div> <p>Mesures de débit à Corme douteuses</p> <ul style="list-style-type: none">-> pas de contribution des tourbes <div>Contribution (m³/s) 0.001</div>
2010	Fin tarissement	22-août-2010	<div>Tarissement de la Seudre à St André-de-Lidon Année 2010 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 1 339</div>	<div>Tarissement de la Seudre à Corme-Ecluse Année 2010 du 01 avril au 15 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 1 706</div>	<div>Evolution de la cote piézométrique à BOIS du 01 avril au 15 octobre 2010</div> 	<div>Influence du régime d'écoulement</div> <ul style="list-style-type: none">- pas de manœuvre des clapets sur la période- peu de pluie, pas de pluie efficace sur la période- nombreuses incohérences sur les QMI de juillet jusqu'à septembre. Station de Corme en cours de validation.-> Incertitudes importantes sur les mesures de débit à Corme. <div>Affluents</div> <ul style="list-style-type: none">- affluents alimentent l'écoulement en juillet-> petite contribution des affluents au volume dynamique <div>Irrigation</div> <ul style="list-style-type: none">- 3 arrêtés préfectoraux dont arrêté de coupure le 13 août applicable le 16 août.- la période de tarissement (et la loi de vidange de la nappe cénomanienne) tient compte des prélèvements-> fluctuations de la nappe (et donc loi de vidange) influencées par les prélèvements <div>Marais tourbeux</div> <p>Mesures de débit à Corme douteuses</p> <ul style="list-style-type: none">-> peu de contribution des tourbes avec impact des affluents <div>Contribution (m³/s) 0.025</div>
2011	Fin tarissement	25-oct-2011	<div>Tarissement de la Seudre à St André-de-Lidon Année 2011 du 01 avril au 31 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 9 111</div>	<div>Tarissement de la Seudre à Corme-Ecluse Année 2011 du 01 avril au 31 octobre</div>  <div>Volume dynamique spécifique écoulé (m³/km²) 20 911</div>	<div>Evolution de la cote de la nappe à BOIS du 01 avril au 31 octobre 2011</div> 	<div>Influence du régime d'écoulement</div> <ul style="list-style-type: none">- pas de manœuvre des clapets sur la période- peu de pluie, épisode pluvieux fin août- nombreuses incohérences sur les QMI de mai jusqu'à octobre. Station de Corme en cours de validation.-> Incertitudes importantes sur les mesures de débit à Corme. <div>Affluents</div> <ul style="list-style-type: none">- quelques affluents alimentent l'écoulement jusqu'en août-> petite contribution des affluents au volume dynamique <div>Irrigation</div> <ul style="list-style-type: none">- l'arrêt de coupure a été pris le 18 mai. Puis 6 arrêtés permettant 5 à 6 nuits d'irrigation. Coupure définitive le 02 août- la période de tarissement (et la loi de vidange de la nappe cénomanienne) tient compte des prélèvements-> fluctuations de la nappe (et donc loi de vidange) influencées par les prélèvements <div>Marais tourbeux</div> <p>Mesures de débit à Corme douteuses avec courbe de tarissement en-dessous de la loi de vidange</p> <ul style="list-style-type: none">-> sur-estimation de la contribution des tourbes avec impact des affluents <div>Contribution (m³/s) 0.237</div>

