



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Fusion des modèles de Poitou-Charentes : mise à jour du modèle Jurassique sous GDM/Multilayer

Convention Régionale Eaux Souterraines 2015-2020
Module 1.4 - Année 3

Rapport final
BRGM/RP-71516-FR

Version 1 du 28 janvier 2022

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

Bourbon P., Assy Y.

Vérificateur :	Approbateur :
Nom : Léna ABASQ	Nom : Jean-Christophe AUDRU
Fonction : Hydrogéologue	Fonction : Directeur régional délégué BRGM Nouvelle-Aquitaine
Date : 28/01/2022	Date : 28/01/2022
Signature : 	Signature : 

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Ce rapport a été réalisé en partenariat avec :



PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
NOUVELLE-AQUITAINE

Liberté
Égalité
Fraternité



RÉGION
Nouvelle-
Aquitaine

RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

agence de l'eau
Loire-Bretagne
agence.eau-loire-bretagne.fr

Mots clés : Aquifères, Altération, Crétacé, Dogger, GDM, Hydrogéologie, Infra-Toarcien, Jurassique, Modélisation géologique, Multilayer, Toarcien, Bassin Aquitain, Bassin Parisien, Nouvelle-Aquitaine, Poitou-Charentes, Seuil du Poitou

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

Bourbon P., Assy Y. (2022) - Fusion des modèles de Poitou-Charentes : mise à jour du modèle Jurassique sous GDM/Multilayer. Rapport final V1. BRGM/RP-71516-FR, 61 p.

Synthèse

Depuis de nombreuses années, le BRGM Nouvelle-Aquitaine conduit des actions régionales de développement scientifique, de recherche et d'aménagement dans les domaines de la connaissance, de la surveillance, de l'évaluation et de la gestion des eaux souterraines. Une partie de ces actions est réalisée à travers la Convention Régionale sur les Eaux Souterraines (CRES), déclinée en programmes pluriannuels et signée par la Région Nouvelle-Aquitaine, l'État et le BRGM. L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, bien que non signataire de la convention cadre actuelle 2015-2020, soutient financièrement une partie du programme régional et en particulier le module « *Fusion des modèles Crétacé et Jurassique de Poitou-Charentes* ».

Actuellement, deux grands modèles hydrodynamiques régionaux coexistent sur le territoire de l'ex-région Poitou-Charentes : les modèles dits du « Jurassique » et du « Crétacé ». Ces deux modèles sont opérationnels et utilisés à plusieurs fins en appui aux collectivités, établissements, syndicats, OUGC ou services de l'État, pour la gestion quantitative des eaux souterraines et superficielles.

Le choix de l'emprise pour ces deux modèles s'est effectué sur des bases hydrogéologiques et en fonction des outils existants lors de leurs créations, au début des années 2000. En ce qui concerne les spécificités, le modèle Jurassique (8 couches - maille 1 km - calé sur la période 2000-2011 (Domez O., 2015)) couvre les terrains du Jurassique au nord de l'ex-région Poitou-Charentes, et le modèle Crétacé, récemment actualisé (8 couches - maille 500 m - calé sur la période 2000-2016 (Abasq L., 2020)), le sud des deux Charentes. De ce fait, aucun ne permet par exemple de représenter l'ensemble du bassin versant du fleuve Charente (l'amont s'écoulant sur les formations du Jurassique et l'aval sur les formations du Crétacé). Par ailleurs, le modèle Jurassique (qui prend en compte une partie du bassin de la Vienne, le bassin du Marais poitevin et une grande partie du bassin versant de la Charente) n'est calé que jusqu'à 2011, avec un maillage moins précis que pour le modèle Crétacé. Enfin, le modèle Jurassique ne couvre pas la totalité des formations sédimentaires au nord de la région Nouvelle-Aquitaine.

Afin de répondre aux enjeux autour de l'eau dans le bassin de la Charente, la fusion des deux modèles permettra de disposer d'une vision hydrogéologique globale et spatialisée, à l'échelle du bassin hydrogéologique de ce fleuve. Le maillage sera harmonisé à la maille de 500 mètres, pour l'ensemble du nouveau modèle, tout en l'étendant au nord de la région. L'ensemble du modèle sera actualisé (données climatiques, prélèvements) et en particulier pour la partie jurassique et recalée. Cette actualisation permettra ainsi de représenter un plus grand panel de situations climatiques et d'augmenter la robustesse de la réponse du modèle lors de simulations de scénarii.

Dans l'objectif de procéder à la fusion de ces deux modèles, il est nécessaire au préalable de disposer de deux modèles superposables à la maille de 500 mètres. Une refonte du modèle Jurassique de Poitou-Charentes est donc une étape nécessaire et indispensable dans le processus de fusion de ces deux modèles.

Le présent rapport est une synthèse des travaux menés au cours de l'année 1 du programme de fusion des modèles Jurassique et Crétacé de Poitou-Charentes et proposés dans le cadre de la CRES de Nouvelle-Aquitaine. Ce programme est prévu pour une durée de trois ans. Outre le développement du modèle géologique, ce programme prévoit un certain nombre de concertations autour des problématiques et des enjeux territoriaux concernant la modélisation des ressources en eaux souterraines de la région Poitou-Charentes, le développement du modèle

hydrodynamique et la mise en exploitation de ce modèle. Les travaux qui concernent le développement du modèle géologique régional fusionné sont prévus pour les deux premières années de ce programme.

La création du modèle Jurassique a été initiée, dans sa première version, dans le cadre du CPER 2000-2006. En effet, le développement rapide en Poitou-Charentes de l'exploitation des eaux souterraines a fait apparaître, dès la fin des années 1970, la nécessité de disposer d'outils de gestion fiables, afin de préserver les intérêts des différents usagers et les écosystèmes aquatiques. Dans ce contexte, le système aquifère constitué par les dépôts calcaréo-gréseux du Lias inférieur, appelé **aquifère de l'Infra-Toarcien**, isolé des formations superficielles par un horizon imperméable constant et homogène : les marnes du Toarcien, représente une ressource en eau souterraine majeure pour une large part de la région Poitou-Charentes. Sa situation lui confère un caractère de ressources bénéficiant d'une protection naturelle plus efficace vis-à-vis des pollutions liées aux activités humaines. C'est dans ce contexte que le BRGM a été missionné, dès le début des années 2000, pour mettre au point un outil de gestion pour cet aquifère de l'Infra-Toarcien.

Initialement créé à l'aide du logiciel de modélisation géologique GDM/Multilayer®, ce modèle **5 couches** visait à représenter la géométrie de l'aquifère de l'Infra-Toarcien en vue de sa retranscription vers le logiciel de modélisation hydrodynamique MARTHE®.

Dans sa version développée sous le logiciel MARTHE®, ce modèle a ensuite largement évolué jusqu'en 2015 où il apparaît sous un format **8 couches**.

En dehors des modifications réalisées par le BRGM au niveau des paramètres hydrodynamiques, au cours des phases de calage du modèle (en régime permanent et transitoire), d'autres modifications géométriques majeures ont été opérées. Il s'agit notamment de l'intégration de :

- la couche du bri (notamment dans le secteur du Marais poitevin) ;
- la couche de recouvrement crétacé et tertiaire ;
- la couche du Jurassique supérieur altéré ;
- la couche du Jurassique supérieur non altéré ;
- les modifications de l'emprise géographique du modèle.

Par ailleurs, l'intégration du Jurassique, situé au nord de la faille de Châtellerault, a été spécifiquement proposée dans le cadre des travaux du présent programme de développement du modèle géologique (CRES). Cet ajout permettra au futur modèle de couvrir l'ensemble de la région (limite Gartempe-Creuse-Vienne jusqu'à la confluence).

Ainsi, dans le cadre de la refonte du modèle Jurassique de Poitou-Charentes et en vue de sa fusion avec le modèle du Crétacé, il apparaît nécessaire de le reprendre en procédant à sa mise à jour à partir du logiciel GDM/Multilayer®. L'utilisation de ce type de modèle géologique, en amont du modèle hydrodynamique, apportera par la suite une souplesse pour l'actualisation de la géométrie en cas de nouvelles données disponibles.

Par ailleurs, les géométries résultantes issues de la dernière version du modèle hydrodynamique sous Marthe®, dont la dernière révision date de 2015, sont également utilisées dans plusieurs étapes au cours de la création du nouveau modèle Jurassique sous GDM/Multilayer®. En effet, compte tenu de l'aspect opérationnel du modèle hydrodynamique « actuel », un contrôle du nouveau modèle géologique, en cours de construction, avec cette géométrie apparaît indispensable pour en identifier les principales divergences et éventuellement les corriger. De plus, la géométrie du mur de la frange altérée du Jurassique supérieur a été extraite du logiciel

MARTHE® afin d'être intégrée, à la taille de maille près, dans le logiciel GDM/Multilayer®. En effet, la création de cette interface avait fait l'objet, en 2011, d'un travail conséquent, qu'il n'apparaît pas indispensable de reproduire aujourd'hui. Toutefois, un contrôle des géométries résultantes sera indispensable pour valider le modèle final.

D'autres données ont également été utilisées dans le cadre de ces travaux de (re)construction du modèle Jurassique. Il s'agit notamment des données de Logs Validés (LGV : base interne BRGM), qui ont pour certains fait l'objet de vérifications dans plusieurs secteurs du domaine à modéliser ou en marge immédiate de celui-ci (modèle VENDEE, MODGEAU, modèle SIGES Centre). Les degrés de validation des LGV sont précisés dans la base. Ces derniers permettent de juger la consistance des données et de pouvoir éventuellement reconsidérer les interprétations stratigraphiques proposées.

Avec l'ensemble de ces données intégrées dans le projet GDM/Multilayer®, une première version du nouveau modèle Jurassique de Poitou-Charentes (**MoJuPOC**) a pu être réalisée au cours de cette première année du programme de fusion des modèles, proposé dans le cadre de la CRES.

Ce travail n'est toutefois pas finalisé et un certain nombre d'étapes sont encore à franchir avant de disposer d'un modèle Jurassique robuste et fiable, nécessaire pour procéder à la fusion des deux modèles. Ainsi, dans l'objectif de finaliser le développement du modèle géologique régional fusionné, une première série de travaux restant à mener en année 2 du programme sont présentés dans ce rapport. Ils permettront de finaliser le nouveau modèle Jurassique en Poitou-Charentes. Une seconde série de travaux, également présentés dans ce rapport, devra ensuite être menée de manière à finaliser la fusion des deux modèles géologiques sous GDM/Multilayer®.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Cadre géologique et hydrogéologique	13
2.1. Contexte géologique de la région Poitou-Charentes.....	13
2.2. Cadre hydrogéologique des aquifères jurassiques	15
2.2.1. <i>L'aquifère de l'Infra-Toarcien</i>	15
2.2.2. <i>L'aquifère du Dogger</i>	16
2.2.3. <i>L'aquifère du Jurassique supérieur altéré</i>	17
2.2.4. <i>Les aquifères sus-jacents</i>	17
2.3. Stratigraphie et lithologie	18
2.3.1. <i>Sous la base du Jurassique</i>	18
2.3.2. <i>Le Jurassique inférieur (Lias)</i>	18
2.3.3. <i>Le Toarcien</i>	20
2.3.4. <i>Le Jurassique moyen (Dogger)</i>	22
2.3.5. <i>Le Jurassique supérieur (Malm)</i>	22
2.3.6. <i>Le recouvrement méso-cénozoïque</i>	22
2.4. Implications de la géologie structurale de la région	23
3. Historique de la modélisation du Jurassique en Poitou-Charentes	25
3.1. Un premier modèle sous GDM/Multilayer®	25
3.1.1. <i>Contexte et choix des différentes formations à modéliser</i>	25
3.1.2. <i>Extension du premier modèle sous GDM/Multilayer®</i>	25
3.1.3. <i>Création du modèle</i>	26
3.1.4. <i>Exemples d'export du modèle</i>	27
3.2. Modélisation hydrodynamique	29
3.2.1. <i>Emprise du premier modèle hydrodynamique</i>	29
3.2.2. <i>Calage du premier modèle hydrodynamique sous MARTHE®</i>	29
3.2.3. <i>Principaux résultats du premier modèle hydrodynamique</i>	31
3.3. Evolutions successives du modèle hydrodynamique	32
3.3.1. <i>Développements concernant le secteur du Marais poitevin (2007) et actualisation du modèle en 2008</i>	32
3.3.2. <i>Cas particulier de la subdivision du Jurassique supérieur altéré</i>	35
3.3.3. <i>Actualisation du modèle en 2015</i>	35
3.4. Travaux complémentaires existants	37
4. Reprise du modèle Jurassique de Poitou-Charentes sous GDM/Multilayer®	41
4.1. Nouvelle emprise du modèle Jurassique de Poitou-Charentes (MoJuPOC)	41

4.2.	Méthodologie	43
4.3.	Traitement, codage des données et modélisation	44
4.3.1.	<i>La pile stratigraphique</i>	44
4.3.2.	<i>Les données géologiques et structurales</i>	46
4.3.3.	<i>Les données de forages</i>	48
4.3.4.	<i>Le projet MoJuPOC sous GDM/Multilayer®</i>	52
4.4.	Présentation des travaux restant à produire.....	55
4.4.1.	<i>Finalisation du modèle Jurassique sous GDM</i>	55
4.4.2.	<i>Fusion des modèles Jurassique et Crétacé sous GDM</i>	55
5.	Conclusion	57
6.	Bibliographie	59

Liste des illustrations

Illustration 1 - Carte géologique simplifiée de l'ex-région Poitou-Charentes (source BRGM)	14
Illustration 2 - Coupe géologique schématique régionale SW-NE de l'ex-région Poitou-Charentes (source BRGM)	15
Illustration 3 - Schéma illustrant la structure de l'aquifère du Dogger, sa relation avec les rivières circulant sur les marnes du Toarcien (d'après Touchard F. et al, 2004).....	17
Illustration 4 - Calcaires dolomitiques de l'Hettangien (vallée de Longèves, 85)	19
Illustration 5 - Discordance des calcaires gréseux du Pliensbachien sur le faciès de calcaire caillebotine du Sinémurien (environ de Saint-Maixent, 79)	20
Illustration 6 - Marnes du Toarcien-Aalénien (Celles-sur-Belle, 79).....	21
Illustration 7 - Extension initiale du modèle géologique 3D de l'Infra-Toarcien, réalisé en 2004 (GDM/Multilayer®), et de l'extension du modèle hydrodynamique, réalisé en 2006 (MARTHE®)	26
Illustration 8 - Localisation des points de forages et points de contraintes utilisés lors de la première modélisation de l'aquifère de l'Infra-Toarcien (Touchard F. et al 2004)	27
Illustration 9 - Extrait du modèle d'origine : coupe SW-NE à travers le premier modèle de l'aquifère de l'Infra-Toarcien (Touchard F. et al, 2004)	28
Illustration 10 - Vue en 3D du modèle géologique (vue extraite du logiciel GDM/Multilayer®)	28
Illustration 11 - Représentation 3D du toit du socle, vue depuis le sud (Touchard F. et al, 2004).....	29
Illustration 12 - Limite d'extension du modèle hydrodynamique du Jurassique, suite à l'étude de 2011 (Domez O. et al., 2011).....	33
Illustration 13 - Limite d'extension du modèle hydrodynamique du Jurassique, suite à l'étude de 2015 (Domez O., 2015).....	37
Illustration 14 - Localisation du modèle 3D « VENDEE », réalisé sous GDM	38
Illustration 15 - Localisation des forages avec diagraphies, ainsi que les transects de corrélations diagraphiques, réalisées dans le cadre du travail.....	38
Illustration 16 - Extension des modèles Jurassique et Crétacé.....	41

Illustration 17 - Extension du nouveau modèle Jurassique proposée et comparaison avec l'emprise du modèle hydrodynamique actuel	42
Illustration 18 - Exemples de relations entre différentes surfaces-contact et conséquences sur la modélisation	45
Illustration 19 - Carte géologique utilisée pour le modèle GDM	47
Illustration 20 - Carte des failles prises en compte dans le premier modèle Infra-Toarcien (sous GDM)..	48
Illustration 21 - Carte présentant la zone considérée pour l'extraction des forages existants au sein de la base des LGV	49
Illustration 22 - Choix du voisinage pour l'interpolation (extrait de GDM/Multilayer®)	54
Illustration 23 - Paramètres de calcul des variogrammes (extrait de GDM/Multilayer®)	54

Liste des tableaux

Tableau 1 - Découpage des couches du modèle et historique (d'après Douez O. et al., 2011)	34
Tableau 2 - Découpage des couches du modèle et historique	36
Tableau 3 - Pile stratigraphique utilisée pour la mise en place du modèle « VENDEE »	39
Tableau 4 - Présentation des types de surfaces modélisées dans le nouveau modèle Jurassique de Poitou-Charentes	45

1. Introduction

À l'heure actuelle, deux grands modèles hydrodynamiques régionaux coexistent sur le territoire de l'ex-région Poitou-Charentes : le modèle Jurassique (Douez O., 2015) et le modèle Crétacé (Abasq L., 2020). Ces deux modèles sont opérationnels et utilisés à plusieurs fins en appui aux collectivités, établissements, syndicats, OUGC ou services de l'État, pour la gestion quantitative des eaux souterraines et superficielles.

Le découpage initial en deux modèles s'est effectué sur des bases hydrogéologiques et a été motivé par les besoins contemporains de la construction des modèles, n'impliquant pas de travaux englobant l'ensemble de la région, et par la nécessité de conserver une taille de modèle adaptée à la performance des outils informatiques de l'époque. Les aquifères du Crétacé et du Jurassique sont nettement séparés : aucun de ces outils ne permettait de représenter en une seule fois l'intégralité du bassin versant du fleuve Charente, l'amont s'écoulant sur les formations du Jurassique et l'aval sur les formations du Crétacé. Les enjeux autour de l'eau étant nombreux dans le bassin de la Charente, il devient nécessaire de disposer d'un seul modèle représentant à la fois le Jurassique et le Crétacé, qui permettra de simuler l'intégralité du bassin versant hydro(géo)logique de la Charente. Par ailleurs, le modèle Jurassique ne couvre pas la totalité des formations sédimentaires au nord de la région Nouvelle-Aquitaine, et il est à la maille kilométrique, contrairement à la maille du modèle Crétacé qui est actuellement à 500 mètres. Le maillage de 500 mètres proposé pour l'ensemble de ce modèle permet de conjuguer un travail à l'échelle régionale, en maintenant un temps de calcul raisonnable, avec une meilleure prise en compte des cours d'eau et une meilleure représentation de certaines spécificités locales. De plus, cette taille de maille va dans le sens d'une harmonisation des modèles pour l'ensemble de la Nouvelle-Aquitaine. La dernière version du MOdèle Nord-Aquitain (MONA) (Saltel et al., 2017), non encore calé, présente actuellement une maille de 500 mètres de côté, tout comme le modèle des formations du Plio-Quaternaire et le modèle Gaïa dans le sud de l'Aquitaine et de l'Occitanie. Ainsi, une harmonisation de ces deux modèles Jurassique et Crétacé du Poitou-Charentes sera bénéfique à l'ensemble du territoire de la Nouvelle Aquitaine.

Enfin, le modèle du Jurassique (qui prend en compte une partie du bassin de la Vienne, le bassin du Marais poitevin et une grande partie du bassin versant de la Charente) n'est calé que jusqu'à 2011, alors que le modèle Crétacé est calé jusqu'en 2016.

L'actuelle Convention Régionale sur les Eaux Souterraines (CRES) 2015-2020, inscrite au Contrat de Plan État-Région, et signée par la Région Nouvelle-Aquitaine, l'État et le BRGM, a pour but de maintenir l'effort de recherche de connaissances et de transfert de cette connaissance sur la thématique des eaux souterraines, en lien avec les grands enjeux du territoire. Le développement et la maintenance des modèles hydrodynamiques régionaux font partie intégrante des travaux soutenus par la CRES.

C'est pourquoi, dans le cadre de l'année 3 de la Convention Régionale sur les Eaux-Souterraines (CRES) en Nouvelle-Aquitaine, il a été retenu de procéder à la fusion de ces modèles. L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, non signataire de la convention cadre actuelle 2015-2020, soutient financièrement une partie du programme régional et en particulier le module « *Fusion des modèles Crétacé et Jurassique de Poitou-Charentes* ».

Comme indiqué précédemment, si le modèle du Crétacé en Poitou-Charentes, qui a été finalisé en 2020, a été créé sur la base de ce maillage de 500 m, le modèle du Jurassique est actuellement construit à la maille kilométrique. Ainsi, dans l'objectif de procéder à la fusion de

ces deux modèles, il est nécessaire au préalable de disposer de deux modèles superposables, c'est-à-dire à la maille de 500 mètres.

Une refonte du modèle du Jurassique de l'ex. Poitou-Charentes est donc une étape nécessaire et indispensable dans le processus de fusion de ces deux modèles. Ce rapport d'étape présente la première partie du travail effectué de cette refonte.

2. Cadre géologique et hydrogéologique

NB : les éléments présentés dans ce chapitre sont partiellement extraits des synthèses réalisées par le BRGM (Chabault C. et al., 2002 ; Touchard F. et al., 2002 ; Touchard F. et al., 2004).

2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE DE LA REGION POITOU-CHARENTES

L'ex-région Poitou-Charentes se situe au carrefour de quatre grandes entités géologiques à l'échelle de la France, matérialisées par le Seuil du Poitou : le Bassin Aquitain, le Bassin Parisien, le Massif Armoricain et le Massif Central (voir Illustration 1 et Illustration 2).

Deux périodes majeures peuvent ainsi être distinguées dans l'histoire géologique de ce secteur :

- une première période paléozoïque, correspondant à l'élaboration d'un socle de terrains d'âge primaire, plissés et métamorphisés ;
- une seconde période méso-cénozoïque, correspondant à la constitution d'une couverture sédimentaire.

Les formations géologiques sédimentaires du Méso-Cénozoïque s'enfoncent ainsi de part et d'autre du Seuil du Poitou : vers le nord-est, en direction du Bassin Parisien et vers le sud-ouest, en direction du Bassin Aquitain.

D'un point de vue structural, le sous-sol de Poitou-Charentes est assez largement influencé par les grands accidents paléozoïques de direction hercynienne NW-SE (orientées N130°E). Ce réseau de failles est le prolongement, vers le sud-est, de la zone de cisaillement sud-armoricaine, qui correspond à un vaste décrochement régional qui se poursuit jusqu'en bordure du Massif Central. Le réseau de failles découpe des compartiments espacés d'une quinzaine à une trentaine de kilomètres et effondre le socle primaire selon un dispositif en « marches d'escalier » : faille de Thouars-Mirebeau, faille de Cholet, faille de Vasles, faille d'Availles-Limouzine, faille de Secondigny, faille de Parthenay, faille de Vilhonneur, faille de l'Échelle, etc.

Sur la bordure nord-est du Seuil du Poitou (entre Poitiers et Confolens), des discontinuités apparaissent, d'orientation N 40-50° (voir Illustration 1). Des accidents de cette orientation se retrouvent très nombreux dans le sud du Bassin Parisien.

Les grands mouvements extensifs et décrochants, parfois associés à des failles conjuguées, conduisent au développement de zones d'effondrement, ou grabens (Saint-Maixant, Lezay).

Au Crétacé supérieur ainsi qu'au Tertiaire, la tectonique régionale compressive entraîne le développement de horsts (Champagné, Montalembert).

À mesure que l'on s'éloigne du Seuil du Poitou, ces structures faillées laissent place à de grands plis d'axe nord-ouest / sud-est, avec notamment le développement d'anticlinaux (Hiersac, Gémovac, Jonzac, Mareuil, Richelieu, etc.) et de synclinaux (Saintes, Loudun). Au nord-est de la région, on note la présence de grandes structures d'axe sud-ouest / nord-est (anticlinal de Châtellerault, cuvette de Martizay, prolongement oriental du horst de Ligugé).

Au niveau du Seuil du Poitou, la couverture sédimentaire est quasiment horizontale. Au-delà de ce seuil, vers le nord-est en direction du Bassin Parisien, le pendage des couches géologiques reste faible avec environ 2 %. Il est plus élevé vers le sud-ouest, soit en direction du Bassin Aquitain, où il est d'environ 5 %.

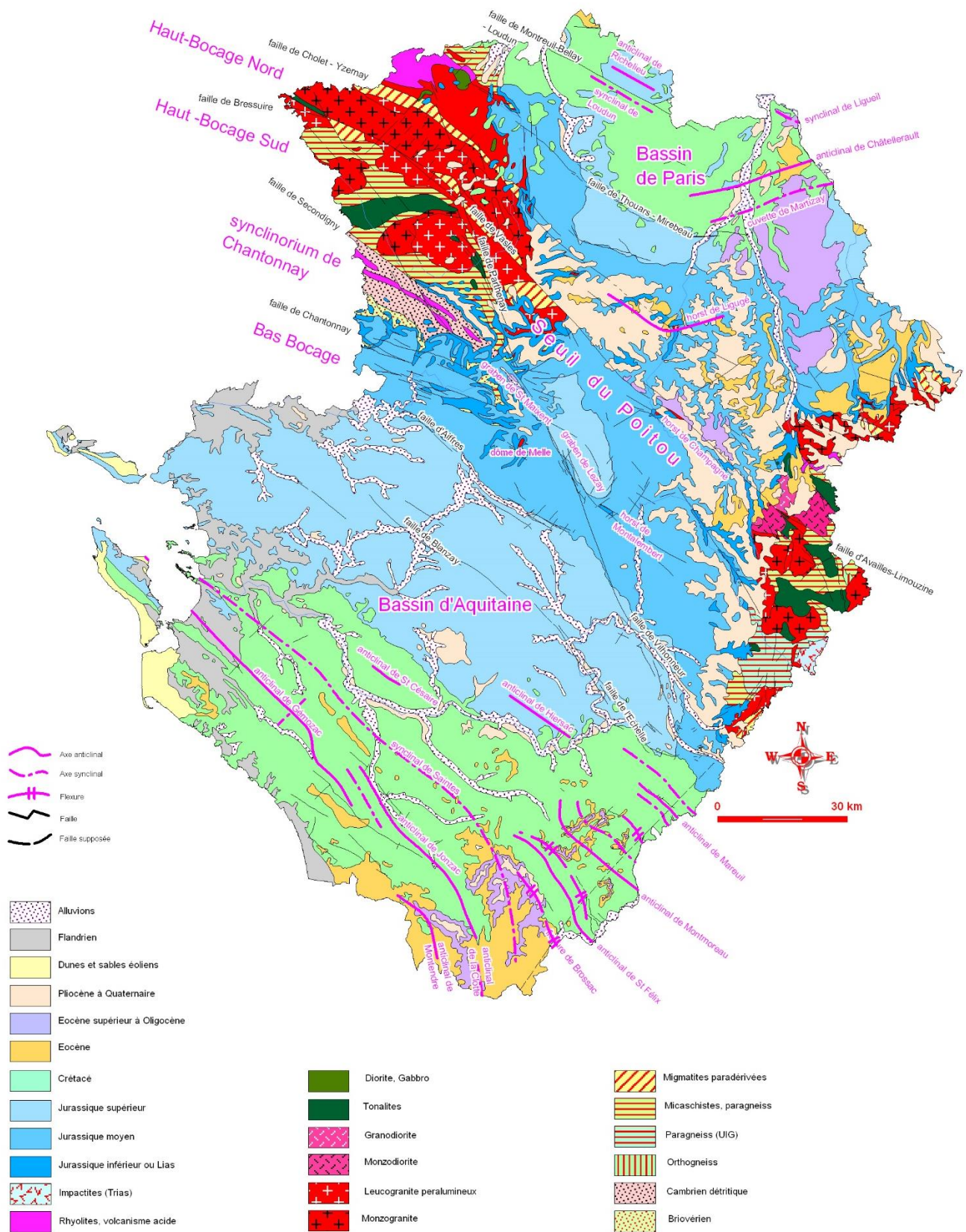


Illustration 1 - Carte géologique simplifiée de l'ex-région Poitou-Charentes (source BRGM)

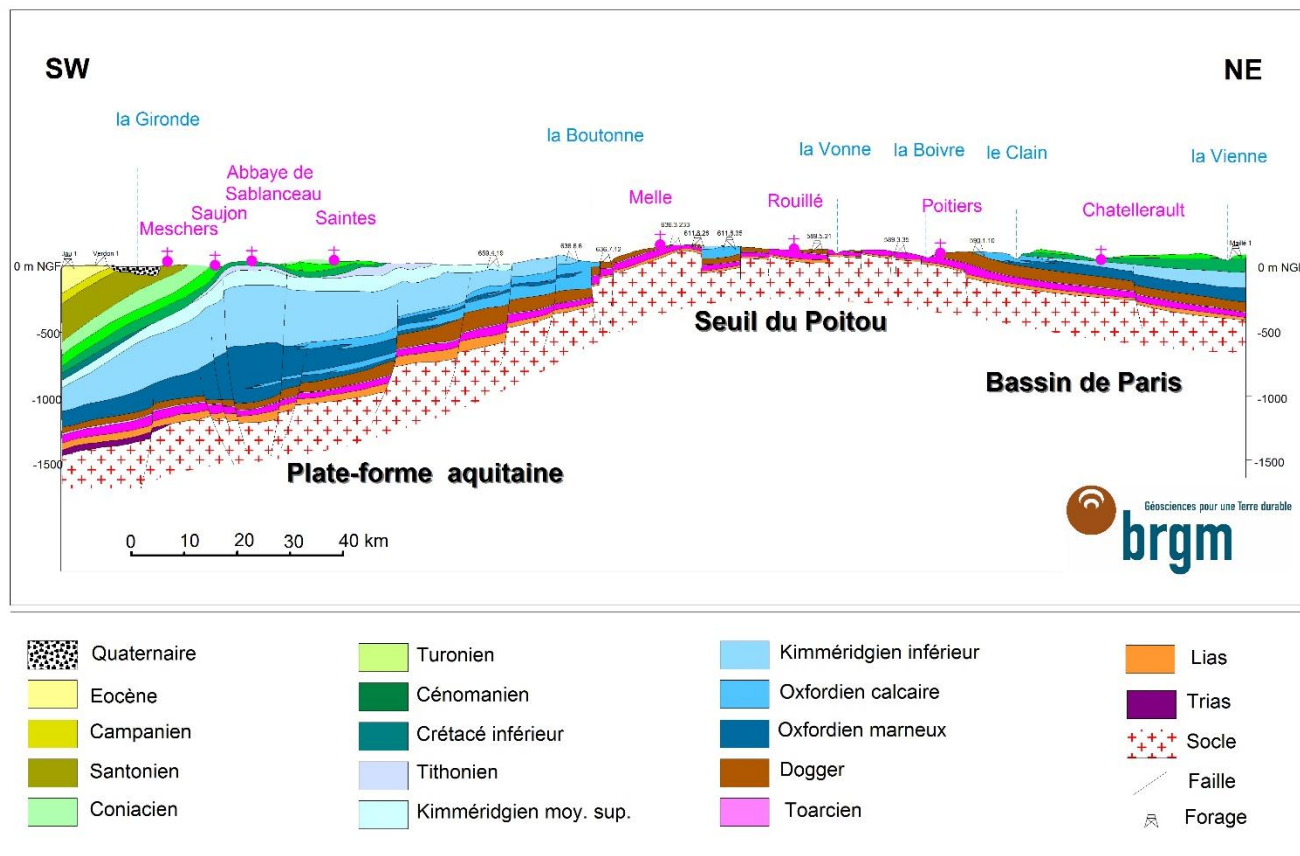


Illustration 2 - Coupe géologique schématique régionale SW-NE de l'ex-région Poitou-Charentes (source BRGM)

2.2. CADRE HYDROGEOLOGIQUE DES AQUIFERES JURASSIQUES

Régionalement, d'un point de vue hydrogéologique, les niveaux jurassiques, qui représentent un intérêt dans la zone d'étude, sont principalement les suivants :

- 1/ Infra-Toarcien (Hettangien à Pliensbachien) : le calcaire jaune Nankin et la formation de calcaire de Caillebotine) ;
- 2/ Dogger ou Supra-Toarcien (Bajocien et Bathonien ainsi que Callovien inférieur calcaire) ;
- 3/ Jurassique supérieur altéré.

Les failles structurales présentées dans le chapitre précédent (§ 2.1), peuvent avoir des rejets verticaux importants, de plusieurs dizaines de mètres, et donc modifier les conditions d'écoulement des eaux souterraines ou permettre des échanges hydrauliques entre horizons aquifères.

2.2.1. L'aquifère de l'Infra-Toarcien

Libre sur les bordures du Massif Central, du Massif Vendéen et dans certains secteurs du Seuil du Poitou, la nappe devient captive sous les marnes toarciennes, en s'éloignant des zones d'affleurement de la formation aquifère. Le rôle de la tectonique, et notamment des failles de direction sud-armoricaine joignant le Massif Central au Massif Vendéen (N130°, voir Illustration 1

et Illustration 2), rompt la continuité de la formation aquifère et la scinde en trois entités majeures qui acquièrent ainsi une certaine indépendance.

Cette disposition n'est pas sans conséquence vis-à-vis du comportement de la nappe et notamment sur les écoulements (piézométrie, échanges entre nappes, etc.). Si, dans sa petite partie libre, l'aquifère de l'Infra-Toarcien a été historiquement considéré comme une cible de choix, il reste très vulnérable face aux pollutions de surface, et notamment aux pollutions azotées. En revanche, la qualité chimique des eaux diffère largement dans la partie captive où l'on observe une quasi-absence de nitrates.

En limite de captivité, les prélèvements peuvent favoriser une extension des zones contaminées par les nitrates, notamment compte tenu du dénoyage potentiel du toit de cette nappe et la mise en communication des aquifères supra-toarcien et infra-toarcien.

Dans la partie captive de l'aquifère, la problématique de la présence de fluor a également souvent été un facteur limitant pour son exploitation dans le cadre de projet d'alimentation en eau potable. L'origine de ce fluor, lié aux concentrations de nodules phosphatés dans l'éponte supérieur de l'aquifère (les marnes du Toarcien), ne présente pas d'évolution significative.

Dans les départements de la Charente, de la Vienne ou des Deux-Sèvres où son exploitation comme ressource en eau est importante, l'épaisseur de l'Infra-Toarcien varie entre 30 m et 80 m. À Melle, la présence d'un haut-fond triasique durant le Lias est responsable de la faible épaisseur de l'aquifère (Dôme de Melle, voir Illustration 1). Selon un axe orienté NW-SE, allant du Massif Vendéen, Parthenay et jusqu'au horst de Ligugé, son épaisseur est minimale et souvent inférieure à 5 m.

En Charente-Maritime, dans la zone comprenant les villes de La Rochelle et Surgères, l'aquifère infra-toarcien montre une puissance moyenne proche de 50 m.

En limite des départements des Deux-Sèvres et de la Charente-Maritime et jusqu'au bassin de la Charente, son épaisseur dépasse la centaine de mètres.

Du côté du Bassin Parisien, dans le nord-ouest du département de la Vienne, l'épaisseur de l'aquifère n'excède pas 30 m.

2.2.2. L'aquifère du Dogger

Au-dessus des marnes toarciennes (voire localement aaléniennes), les calcaires du Dogger constituent un second ensemble aquifère régional, souvent appelé « Supra-Toarcien » par les gestionnaires. Ces calcaires sont très karstifiés comme en témoignent les nombreuses dolines et vallées sèches des plateaux et les sources dans les vallées. Les forages d'exploitation peuvent y être très productifs, avec des débits pouvant dépasser 200 m³/h. Les transferts souterrains mesurés par traçage atteignent et même dépassent fréquemment 100 m/h en vitesse.

Cet aquifère karstique est en revanche très vulnérable et les teneurs en nitrates et phytosanitaires y sont souvent très élevées. Les eaux du Dogger sont donc souvent exploitées pour l'eau potable conjointement avec celles de la nappe de l'Infra-Toarcien.

Les cours d'eau principaux, qui prennent leur source sur le socle, s'écoulent dans leur partie amont sur le Toarcien et l'Infra-Toarcien (Charente, Auxance). D'autres cours d'eau circulent également directement sur les marnes toarciennes, voire également sur l'Infra-Toarcien (Clain, Clouère, Vonne, Sèvre-Niortaise). Dans les deux cas, de part et d'autre des vallées, des sources sortent du Dogger (voir Illustration 3).

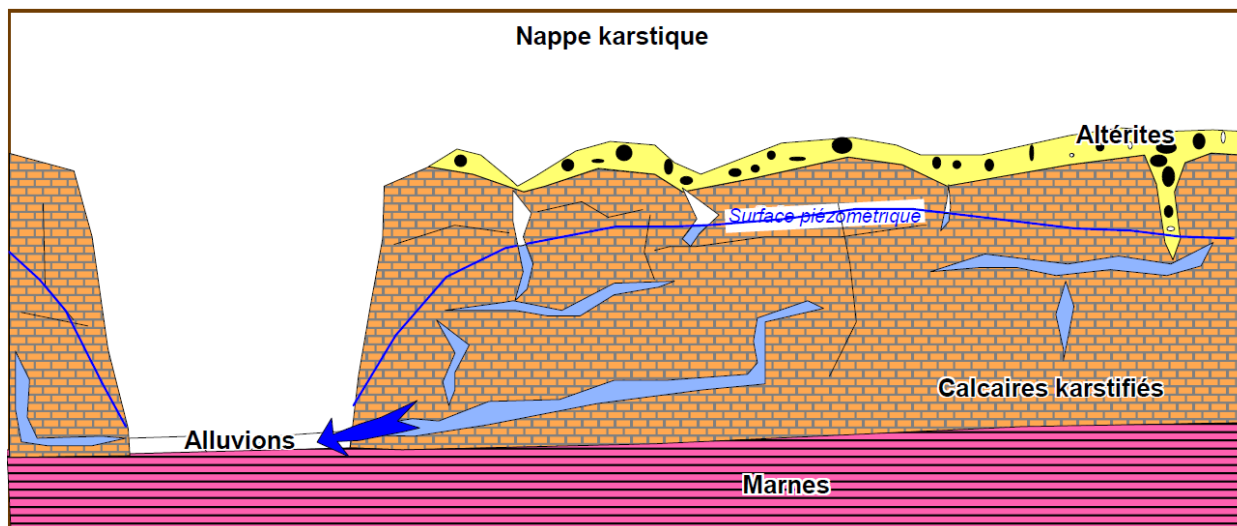


Illustration 3 - Schéma illustrant la structure de l'aquifère du Dogger, sa relation avec les rivières circulant sur les marnes du Toarcien (d'après Touchard F. et al, 2004)

2.2.3. L'aquifère du Jurassique supérieur altéré

Le Jurassique supérieur, principalement marneux (donc peu perméable), est altéré et fissuré en surface sur une profondeur de l'ordre de 20 à 30 m. Il a, en effet, subi deux longues phases d'exondation, et donc d'érosion et d'altération : au cours du Crétacé inférieur (~50 millions d'années) et depuis le début du Tertiaire.

Cette zone superficielle d'altération contient une nappe assez particulière, de milieu fissuré, à emmagasinement relativement faible, mais à transmissivité élevée. Cette nappe peut se perdre dans le Dogger, dans les zones où la couche imperméable entre les deux aquifères est réduite et où la fracturation est importante : pertes de la Dive du Sud et de la Bouleure.

2.2.4. Les aquifères sus-jacents

NB : La présente étude de modélisation géologique portant principalement sur les formations du Jurassique, les formations géologiques, postérieures au Jurassique et qui développent des caractéristiques aquifères, ne sont donc évoquées ici qu'à titre informatif.

Le Crétacé contient les nappes des sables et grès du Cénomaniens, puis du Turonien-Coniacien.

Au niveau des plateaux, on peut trouver des niveaux plus ou moins épais d'altérites ou de dépôts fluviatiles de nature sablo-argileuse. D'un point de vue hydrogéologique, ces terrains sont susceptibles de jouer un rôle important, du fait de leur capacité de stockage temporaire des eaux météoriques.

Superficiellement, les dépôts alluvionnaires renferment localement des nappes aux ressources exploitables (vallée de la Charente, de la Vienne, basse vallée du Clain).

2.3. STRATIGRAPHIE ET LITHOLOGIE

2.3.1. Sous la base du Jurassique

Le socle paléozoïque est formé de **roches granitiques et métamorphiques**. Sur le versant nord du Seuil du Poitou, entre le Massif Vendéen et le Massif Central, le socle est quasiment exclusivement granitique. En revanche, les schistes sont prédominants sur toute la bordure occidentale du Massif Vendéen.

À la suite de la phase hercynienne, dont le paroxysme est d'âge carbonifère, ce socle reste longtemps émergé. Cette phase s'accompagne d'une importante période d'altération et d'érosion qui persiste au début de l'ère Secondaire et durant tout le Trias.

Toutefois, un peu plus au sud de la bordure matérialisée par le Seuil du Poitou (sud d'une ligne approximative allant de Surgères à Saint-Jean-d'Angély et Mansle), les premiers dépôts du Trias apparaissent entre le socle et la base du Jurassique. Ce sont principalement des **dépôts détritiques gréseux**.

2.3.2. Le Jurassique inférieur (Lias)

a) Dépôts détritiques de base

Au niveau du Seuil du Poitou, le Jurassique inférieur repose directement sur le socle paléozoïque. Durant cette période, un retour progressif de la mer s'opère avec l'établissement d'un détroit entre le Bassin Parisien et le Bassin Aquitain.

Les premiers dépôts à la base de l'Hettangien sont constitués de sédiments détritiques terrigènes, de type arénitique, avec des **sables et graviers** à stratifications entre croisées et des **lentilles d'argile**. Cela souligne une phase d'érosion intense du socle affleurant. Ces dépôts se cantonnent toutefois au niveau de légères dépressions de la pénéplaine post-hercynienne. Ces niveaux sont également connus sous l'appellation des « sables infra-liasiques ».

Des dépôts grossiers, parfois consolidés, de type **arkose**, se retrouvent notamment dans les environs de Fontenay-Le-Comte (Vendée), d'Ambernac, La Rochefoucauld ou Montbron (Charente). La faible usure des quartz dans ces dépôts indique un transport réduit. Leur épaisseur n'excède pas en général une dizaine de mètres.

En s'éloignant des massifs anciens, des sédiments plus fins se sont déposés avec des **argiles rouges ou vertes**.

Au-dessus de ces dépôts détritiques de base (de plus en plus grossiers à mesure que l'on s'approche de la bordure des massifs), la première transgression du Jurassique, datée de l'Hettangien, laisse place à des **dépôts argilo-sableux**, qui résultent du remaniement des arènes granitiques.

Il faut noter toutefois la présence d'anhydrite cristalline dans le sud de la Charente (région d'Auzances) et dans le sud de la Charente-Maritime (région de Jonzac), avec respectivement des épaisseurs de l'ordre de 58 à 90 m.

La présence de ces dépôts détritiques de base n'est pas systématique, notamment dans les Deux-Sèvres.

b) Hettangien-Sinémurien calcaréo-dolomitique

Ensuite, les dépôts hettangien à sinémurien (étages souvent difficiles à distinguer) évoluent vers des sédiments carbonatés, matérialisant un environnement de plateforme très peu profonde. Ils sont caractérisés par des niveaux de **dolomies à passées oolithiques et lumachelliques**, contenant à la base des intercalations argilo-gréseuses. Ils peuvent se présenter sous la forme de dalles de **calcaire jaune « nankin »**.

En bordure du Massif Vendéen (de Saint-Maixent à Chantonay), la dolomitisation a souvent épargné le sommet de la série, qui est alors formée de calcaires oolithiques.

Ces calcaires dolomitiques sont souvent vacuolaires et très karstifiés et présentent des caractéristiques hydrogéologiques d'intérêt majeur.

Ces dépôts du Lias inférieur se terminent par une surface d'érosion, achevant un cycle sédimentaire que l'on retrouve sur toute l'étendue de la région.



Illustration 4 - Calcaires dolomitiques de l'Hettangien (vallée de Longèves, 85)

La différenciation Hettangien-Sinémurien est souvent difficile à déterminer. En effet, si la série n'est pas entièrement dolomitique, le passage entre les deux étages se fait progressivement à des niveaux différents selon la région.

Le Sinémurien possède souvent un faciès caractéristique de calcaire fin gris fumé : le **calcaire caillebotine** à surface ondulée, traduisant les effets des courants dans la partie tidale.

c) Pliensbachien

Au Pliensbachien, la reprise de la sédimentation est marquée par des assises détritiques, plus ou moins grossières, en bordure des terrains granitiques : grès, conglomérat, arkose, argileuses ou marneuses dans les zones plus éloignées.

La transgression plienschbachienne instaure ensuite un régime marin franc avec le développement d'assises carbonatées composées de calcaires grenus bioclastiques, avec localement la présence de silex. Ce calcaire peut être dolomitisé ou fortement silicifié et contenir de la glauconie ou des oolithes ferrugineuses.

L'épaisseur moyenne de cet étage est généralement inférieure à une dizaine de mètres, avec localement des épaissements (région de l'Isle-Jourdain : 17 m, ou région de Niort et Echiré : 11 à 14 m).



Illustration 5 - Discordance des calcaires gréseux du Pliensbachien sur le faciès de calcaire caillebotine du Sinémurien (environ de Saint-Maixent, 79)

2.3.3. Le Toarcien

Le Toarcien constitue le toit de la formation aquifère infra-toarcienne, sous laquelle la nappe est captive. Son rôle dans la définition des ensembles hydrogéologiques est donc particulièrement important.

Le Toarcien comprend trois ensembles superposés, correspondant à trois séquences sédimentaires caractérisées par des apports d'éléments détritiques fins (argiles) à la base et par l'apparition de calcaires plus ou moins argileux au sommet.

L'homogénéité des faciès et la prédominance biostratigraphique d'espèces pélagiques traduisent un approfondissement du milieu de dépôt.

a) Toarcien inférieur

Il est représenté par des assises d'**argiles schisteuses** de couleur grise, à débris de poissons, appelées « schistes-carton » ou « Argile à poissons ». Ces niveaux sont souvent signalés comme étant plus ou moins phosphatés.

b) Toarcien moyen

Il est formé de **calcaire argileux** fossilifère, à oolites ferrugineuses, et contient parfois de nombreuses oolites phosphatées blanches. Cette assise est constante sous tout le Seuil du Poitou. Le Toarcien moyen se termine par une assise de **marnes grises** qui se poursuit dans le Toarcien supérieur.

c) Toarcien supérieur

Il comprend une série à dominante marneuse qui représente plus de la moitié de l'épaisseur de l'étage. Les marnes sont surmontées d'un niveau remanié à nodules et ammonites phosphatées.

La partie terminale du Toarcien supérieur est représentée par des **calcaires argileux à interbanks marneux**, plus massifs au sommet. L'enrichissement en carbonates au sommet annonce le passage à l'Aalénien inférieur.

Dans les Deux-Sèvres, le long de la bordure vendéenne, on rencontre un Toarcien réduit (7,5 m pour le stratotype de Thouars), parfois lacunaire, du fait de la présence de remontées locales de granites dont certains ne seront recouverts de sédiments qu'à l'Aalénien inférieur (Airvault, Thouars). C'est également le cas vers la bordure du Massif Central (Saulgé, Lathus).



Illustration 6 - Marnes du Toarcien-Aalénien (Celles-sur-Belle, 79)

2.3.4. Le Jurassique moyen (Dogger)

a) *Bajocien-Bathonien calcaire*

Au Jurassique moyen (Dogger), une diminution de profondeur entraîne une sédimentation carbonatée. Les étages bajocien et bathonien sont représentés par des **calcaires bioclastiques** et graveleux, à biohermes et spongiaires. La lithologie de ces dépôts leur confère des caractéristiques hydrogéologiques qui vont représenter un certain intérêt en terme de ressource en eau souterraine.

b) *Callovien*

Le Callovien quant-à-lui est subdivisé en deux, voire trois, secteurs aux caractéristiques lithologiques bien distinctes : un domaine ouest où l'on retrouve plutôt des **marnes et calcaires argileux**, un domaine central (au niveau du Seuil du Poitou), caractérisé par la présence de **calcaires bioclastiques**, et un domaine à l'approche de la bordure limousine, à l'est, où l'on retrouve des **calcaires oolithiques**.

Cette diversité dans les faciès du Callovien lui confère des caractéristiques hydrogéologiques qui vont imposer de le regrouper localement avec les étages du Jurassique supérieur (notamment dans la partie ouest).

Le Dogger peut atteindre une épaisseur pouvant aller jusqu'à 110 m.

2.3.5. Le Jurassique supérieur (Malm)

Au Jurassique supérieur, l'accélération de la subsidence généralisée dans le bassin se traduit de nouveau par des **alternances de marnes et de calcaires argileux**, particulièrement épaisses dans le Bassin Aquitain.

À l'Oxfordien, une épaisse sédimentation de marnes et de calcaires argileux se développe. Elle peut atteindre à elle seule jusqu'à 200 m d'épaisseur.

Au Kimméridgien, la sédimentation est plus franchement carbonatée, malgré un retour des faciès marneux à la base du Kimméridgien supérieur (marnes à Exogyres).

À la fin du Jurassique, les dépôts carbonatés envahissent de nouveau les séries, annonçant l'émersion complète de la région, qui se poursuivra durant tout le Crétacé inférieur. Des dépôts évaporitiques (faciès purbeckien) sont enregistrés, notamment dans le bassin des Charentes.

2.3.6. Le recouvrement méso-cénozoïque

Au Crétacé inférieur, la région est totalement émergée. Localement, on observe des dépôts continentaux d'âge wealdien (Berriasien à Barrémien), de type sableux et gréseux.

Au Cénomaniens (base du Crétacé supérieur), une dernière grande transgression envahit les Bassins Aquitain et Parisien de part et d'autre du Seuil du Poitou (sable et grès).

Durant le Tertiaire et le Quaternaire, la quasi-totalité de la région reste rattachée au domaine continental, avec des invasions marines, limitées à des golfes ouverts sur l'Atlantique, et des dépôts continentaux en bordure du Massif Central. Le Seuil est ensuite soumis aux phénomènes d'altération et d'érosion qui se remarquent par leur forte intensité.

Au Quaternaire, des alluvions se déposent dans les grandes vallées, mais elles sont toujours peu épaisses.

2.4. IMPLICATIONS DE LA GEOLOGIE STRUCTURALE DE LA REGION

Le domaine étudié est très fracturé avec l'existence d'un réseau de failles régionales assez dense (voir Illustration 1). Deux caractéristiques importantes du rôle de ces failles dans l'hydrogéologie régionale doivent être mentionnées :

- Les formations aquifères de la région sont très compartimentées et discontinues. Le rôle de la fracturation se manifeste en plusieurs endroits, avec des rejets pouvant être importants, entraînant des remontées ou des effondrements du socle. Ainsi se dessine, sur toute la région, un ensemble de compartiments structuraux ;
- Ce découpage par la fracturation peut induire :
 - la mise en connexion latérale des aquifères de l'Infra-Toarcien et du Dogger (ex : Melle-Lezay, faille d'Aiffres, Montalembert, Champagné Saint Hilaire) ;
 - une rupture de continuité des écoulements (barrière étanche).

3. Historique de la modélisation du Jurassique en Poitou-Charentes

3.1. UN PREMIER MODELE SOUS GDM/MULTILAYER®

3.1.1. Contexte et choix des différentes formations à modéliser

Dans le cadre du CPER (ex-région Poitou-Charentes) pour la période 2000-2006, une opération de création d'un « outil de gestion de l'aquifère Infra-Toarcien » avait été lancée, sous maîtrise d'œuvre du Conseil Régional et financé par ce dernier. Dans le cadre de ces travaux, les deux Agences de l'Eau AELB (Agence de l'Eau Loire-Bretagne) et AEAG (Agence de l'Eau Adour-Garonne), le BRGM, ainsi que les Conseil départementaux des Deux-Sèvres et de la Vienne, avaient notamment lancé la construction d'un modèle géologique de l'aquifère de l'Infra-Toarcien et de ses épontes. Ces travaux correspondent aux phases 1 et 2 proposées dans le cadre du CPER 2000-2006.

Pour réaliser ce modèle géologique de l'aquifère de l'Infra-Toarcien, le logiciel GDM® (Geological Data Management) accompagné de la suite Multilayer®, produit et développé au BRGM, a été utilisé (Touchard F. et al., 2004).

D'un point de vue géologique, une subdivision du sous-sol en 5 couches distinctes avait alors été proposée pour la zone étudiée, en fonction de la connaissance géologique régionale de l'époque et des propriétés aquifères connues des différentes formations. Ainsi, le modèle se composait de 5 couches avec, à partir de la surface :

- le recouvrement : formations superficielles tertiaires, du Crétacé supérieur et du Jurassique supérieur ;
- le Dogger (aquifère) ;
- le Toarcien (imperméable) ;
- l'Infra-Toarcien (aquifère) ;
- le socle (base du modèle).

3.1.2. Extension du premier modèle sous GDM/Multilayer®

L'extension de ce premier modèle avait été fixée principalement en fonction des limites naturelles (voir Illustration 7) :

- au nord, par le socle armoricain, intégrant ainsi la partie sédimentaire du département de la Vendée ;
- à l'ouest, par l'Océan Atlantique ;
- au sud-ouest, par la Gironde ;
- à l'est, par le socle du Massif Central.

Au sud, le modèle a été découpé arbitrairement par les limites administratives de la Région, limites très éloignées du Seuil du Poitou qui restait, à l'époque, le principal objectif de ces travaux de modélisation (aquifères jurassiques profonds, alors quasiment inconnus).

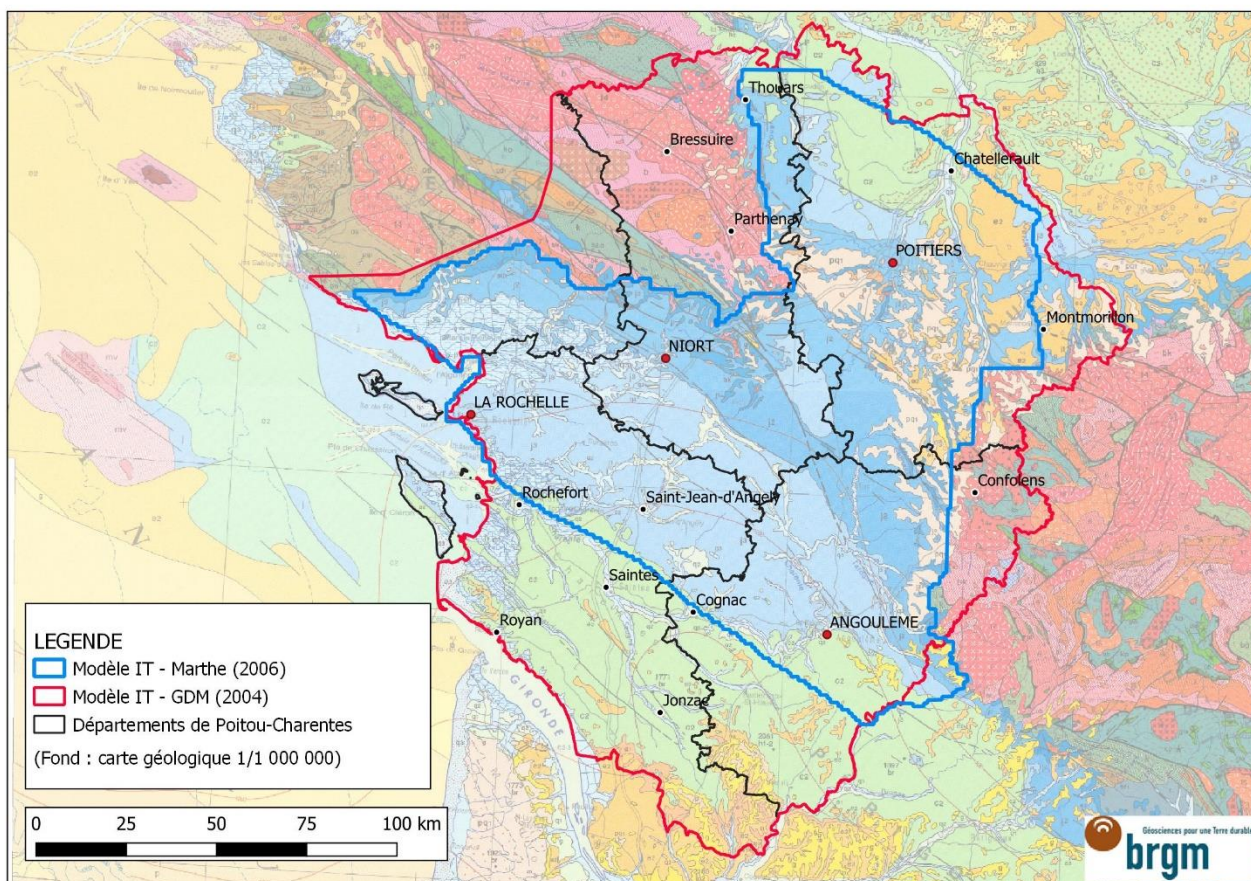


Illustration 7 - Extension initiale du modèle géologique 3D de l'Infra-Toarcien, réalisé en 2004 (GDM/Multilayer®), et de l'extension du modèle hydrodynamique, réalisé en 2006 (MARTHE®)

3.1.3. Création du modèle

Les coupes géologiques, issues des forages disponibles dans la BSS (Banque de données du Sous-sol), ont été interprétées de manière à identifier le toit et la base des 5 couches énoncées précédemment (§ 3.1.1).

Au total, ce sont 1 048 sondages qui ont initialement été sélectionnés, mais seules 963 coupes ont été retenues et saisies en base. Parmi les forages validés :

- 532 ont atteint le socle (cote variant de -1 820 à +322 m) ;
- 913 ont atteint l'Infra-Toarcien (cote variant de -1 560 à +206 m) ;
- 963 ont atteint le Toarcien (cote variant de -1 540 à +209 m).

Dans les zones où peu d'informations existaient, des coupes fictives ont été également utilisées pour la constitution du modèle. Ces points de contraintes et les sondages sont présentés en Illustration 8.

Un profil sismique CLA2, localisé à l'extrémité nord-est du département de la Vienne, avait également été utilisé pour la création de ce modèle.

Le logiciel GDM/Multilayer® a ensuite permis la création de grilles au format X, Y, cote du toit et/ou du mur et/ou de l'épaisseur d'une formation géologique, par interpolation spatiale de

données que l'on intègre. Ce modèle a été construit à l'époque au pas de 1 km, et la méthode de krigeage a été utilisée pour l'interpolation spatiale des données de forages et des points fictifs.

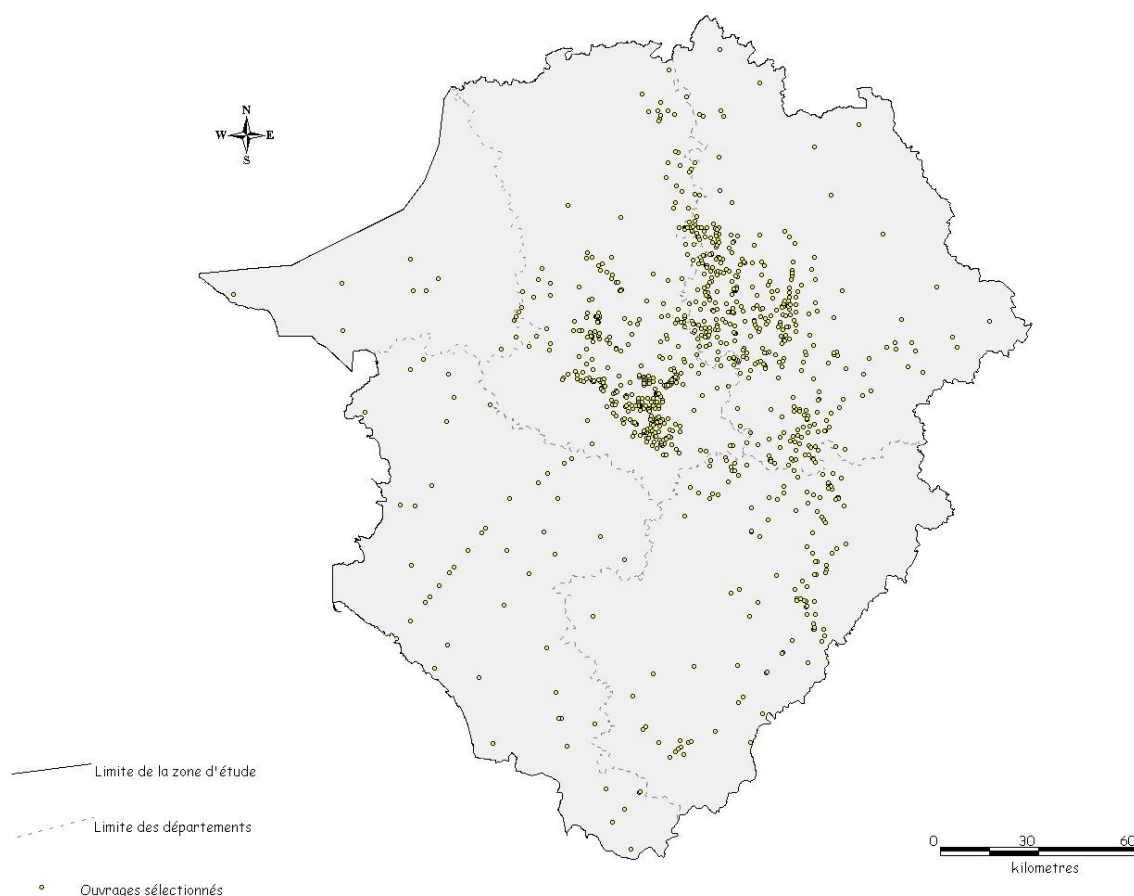


Illustration 8 - Localisation des points de forages et points de contraintes utilisés lors de la première modélisation de l'aquifère de l'Infra-Toarcien (Touchard F. et al 2004)

Les fichiers, contenus dans le dossier archivé, correspondent à la reconstruction (sous GDM/Multilayer®) du modèle 3D, à partir des grilles finales du modèle MARTHE® (voir § 3.2, modèle ayant lui-même été constitué initialement à partir de GDM/Multilayer®).

Le dossier archivé contient néanmoins les sondages utilisés pour la construction du modèle initial. Dans ce modèle initial, avaient également été introduits des points de passage égaux aux toits des formations, là où elles affleuraient (1 point pour chaque centre de maille). Ces points de passage n'ont pas été stockés.

3.1.4. Exemples d'export du modèle

La modélisation sous GDM/Multilayer® a permis, à l'époque, de proposer quelques coupes 2D ou 3D, extraites du modèle de l'aquifère de l'Infra-Toarcien. On peut citer les coupes SW-NE à travers le modèle (Illustration 9), ou la représentation en 3D du modèle (Illustration 10) et également du toit du socle (Illustration 11).

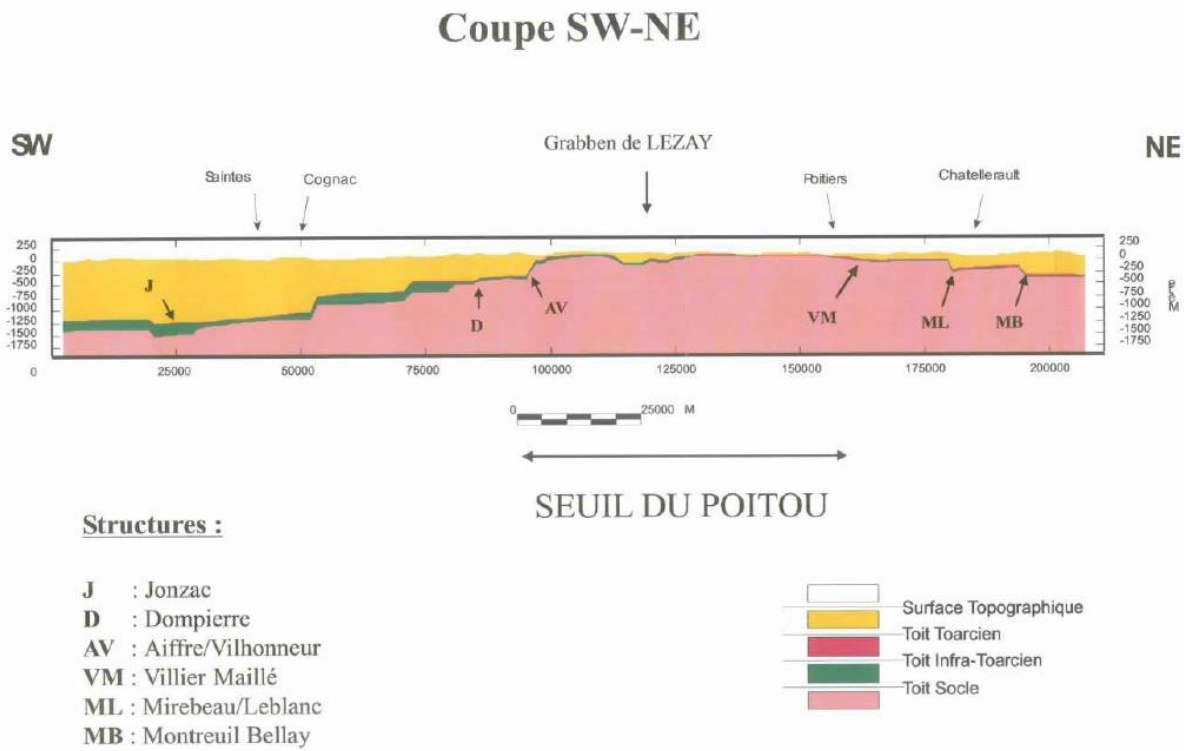


Illustration 9 - Extrait du modèle d'origine : coupe SW-NE à travers le premier modèle de l'aquifère de l'Infra-Toarcien (Touchard F. et al, 2004)

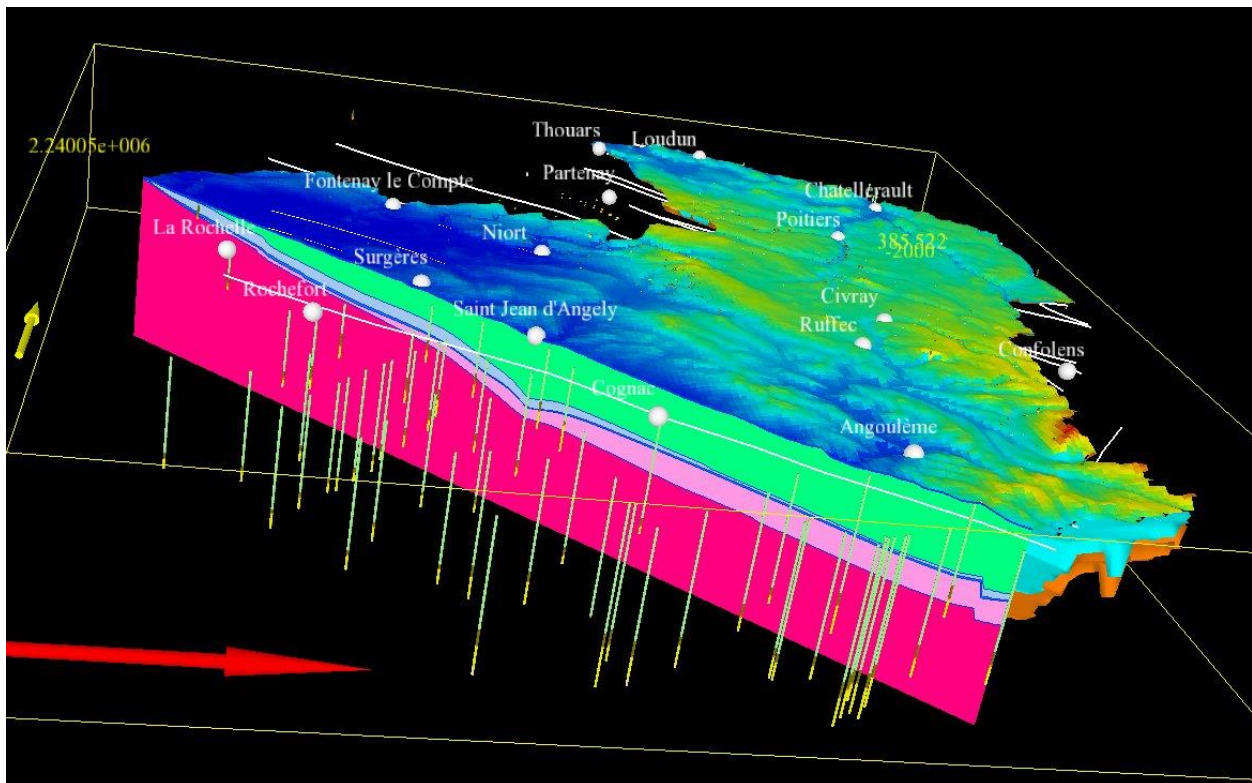


Illustration 10 - Vue en 3D du modèle géologique (vue extraite du logiciel GDM/Multilayer®)

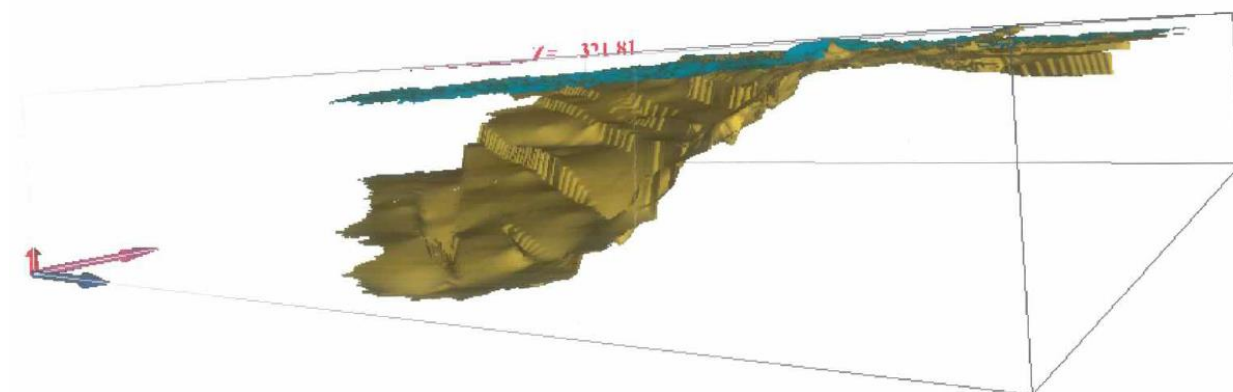


Illustration 11 - Représentation 3D du toit du socle, vue depuis le sud (Touchard F. et al, 2004)

3.2. MODELISATION HYDRODYNAMIQUE

3.2.1. Emprise du premier modèle hydrodynamique

Dans la synthèse hydrogéologique de l'aquifère de l'Infra-Toarcien, menée en 1996 (Lemordant Y.), une ligne, tracée selon un axe nord-ouest / sud-est reliant les communes de Marans et d'Angoulême, est considérée comme une limite approximative de son exploitabilité pour des activités agricoles ou AEP. Cette limite correspond peu ou prou à la faille de Saint-Césaire ainsi qu'à la limite des affleurements du Crétacé supérieur.

Ainsi, les limites du modèle hydrodynamique ont été choisies de manière à couvrir la totalité de l'aquifère de l'Infra-Toarcien, dans ses parties reconnues et à enjeux (voir Illustration 7), avec :

- au nord-ouest, une limite correspondant aux affleurement de socle (le Massif Armoricain et le Massif Vendéen). Les massifs à matériels jurassiques, encadrés de rivière et complètement déconnectés de la nappe profonde, ont été écartés ;
- à l'est, le Massif Central ;
- au nord, la faille de Montreuil-Bellay/Loudun ;
- au sud, la faille de Saint-Césaire ;
- au nord-ouest, le littoral ;
- au nord-est, la vallée de la Gartempe ;
- au sud-est, la vallée de la Lizonne.

3.2.2. Calage du premier modèle hydrodynamique sous MARTHE®

Toujours dans le cadre du CPER 2000-2006, une phase 3 et une phase 4 visaient 1/ à poursuivre le travail de collecte des données, en particulier des prélèvements à pas de temps réduit (mensuel si possible) et 2/ à préciser, puis achever la construction du modèle en l'intégrant dans le logiciel de modélisation hydrodynamique MARTHE®, développé au BRGM (Modélisation d'Aquifères par un maillage Rectangulaire en régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Ecoulements).

Les opérations de calage réalisées dans le cadre de ces travaux consistent à intégrer toutes les données qui vont permettre de construire différentes grilles du modèle. Le calage hydrodynamique du modèle a été réalisé à partir de la base de données suivante :

- géométrie des couches (modèle GDM) ;
- données d'infiltration (pluviométrie, évapotranspiration, réseau hydrographique caractérisé par sa géométrie, ses débits, ses niveaux, etc.) ;
- données sur les prélèvements (AEP, irrigation, industries, particuliers, etc.) ;
- données piézométriques ;
- caractéristiques hydrodynamiques (conductivité hydraulique, transmissivité, coefficient d'emménagement, coefficient d'échange, etc.) ;
- conditions aux limites.

Il est à noter également que le tracé des failles, initialement intégrées dans le modèle GDM, a été modifié dans MARTHE[®] pour faire passer les failles aux frontières des mailles.

a) Calage en régime permanent

L'étape de calage en régime permanent a été réalisée dans le cadre des travaux de la phase 3 du CPER 2000-2006, de manière à tester le modèle hydrodynamique et à analyser le comportement global du système (Touchard F., 2006).

Le but de ce calage est de rendre le modèle capable de reproduire aussi précisément et fidèlement que possible les phénomènes observés (carte piézométrique de référence, sens d'écoulement de la nappe et débits entrantes et sortants). On réalise cette opération en ajustant au mieux les paramètres hydrogéologiques de l'aquifère (perméabilité, emmagasinement, recharge, flux sortant, etc.).

L'ajustement se fait en modifiant les paramètres, jusqu'à ce que les écarts entre les valeurs calculées et observées soient jugés suffisamment faibles. On obtient ainsi un ensemble de données qui permet au modèle numérique d'être calé sur le modèle conceptuel.

Cette première étape dans le processus de calage permet d'obtenir un premier champ de perméabilité, une estimation de la recharge et la restitution d'une piézométrie permettant l'initialisation du régime transitoire.

Les données issues de ce premier calage sont ensuite reprises et affinées en régime transitoire. Des allers-retours entre les deux types de régimes sont nécessaires pour arriver à une stabilisation des différents champs de paramètres.

b) Calage en régime transitoire

En phase 4 des travaux du CPER 2000-2006, et dans la continuité des travaux de calage du modèle en régime permanent, un calage cette fois-ci en régime transitoire a été mené. Il intègre des données temporelles au pas mensuel, sur une période de 6 ans, de 2000 à 2005 (Putot E., Bichot F., 2007).

Ce modèle hydrodynamique avait alors été calé à l'aide de chroniques piézométriques (35 piézomètres captant le Dogger, 19 piézomètres captant l'Infra-Toarcien) et des cartes de référence établies en basses et hautes eaux pour l'Infra-Toarcien (octobre 1996 et avril 1997) et le Dogger (mars et octobre 2004).

Ce modèle hydrodynamique a été couplé avec un réseau hydrographique, afin de prendre en compte les échanges nappes-rivières et un réseau de drains a été intégré au niveau du karst de La Rochefoucauld pour simuler les conduits karstiques.

3.2.3. Principaux résultats du premier modèle hydrodynamique

Les premiers résultats en régime permanent montrent un comportement globalement satisfaisant du modèle, lié à une reconstitution fidèle de la géométrie des couches.

a) Calage en régime permanent : la nappe du Dogger

La comparaison des piézométries, calculées avec les piézométries réalisées en 2004 en hautes eaux et basses eaux, par le BRGM, dans la nappe du Dogger, ont montré dès 2006 des résultats globalement cohérents.

Au nord du Seuil du Poitou, les limites des différents bassins versants hydrogéologiques sont bien reproduites, en dehors de celles entre le Clain et la Vienne et entre le Clain et la Charente, qui restent difficiles à tracer (gradients relativement faibles). Au sud du Seuil, la piézométrie est également cohérente (Boutonne, boucle de la Charente).

Il existe toutefois certaines zones où les charges calculées diffèrent des charges mesurées :

- le karst de la Touvre (paramètres hydrodynamiques à préciser) ;
- les vallées de la Vienne et du Clain (anomalies ponctuelles observées) ;
- le nord de Niort et du Marais poitevin (gradients anormaux).

b) Calage en régime permanent : la nappe de l'Infra-Toarcien

La piézométrie reproduit globalement assez bien les piézométries observées et se cale correctement sur les cotes des sources.

Toutefois, certaines anomalies sont observées dans le secteur de la Sèvre Niortaise et de la Vendée, avec des gradients importants en bordure du modèle et une piézométrie supérieure à la cote de la source du Vivier à Niort.

c) Calage en régime transitoire

Les résultats du calage en régime transitoire ont également montré, au cours de cette étude, des résultats tout à fait satisfaisants et très prometteurs à l'époque. Les chroniques de débits de rivières, restituées par le modèle, se superposent de manière satisfaisante sur les chroniques mesurées réelles aux stations disponibles.

Il s'avère toutefois que, compte tenu de l'extension géographique étendue et du manque de connaissance, des zones montraient un calage assez moyen :

- la périphérie du Marais poitevin ;
- le nord du bassin de la Charente et surtout le bassin de la Sèvre Niortaise ;
- la partie sud-orientale du karst de La Rochefoucauld.

Toutefois, un calage particulièrement correct avait été noté pour la nappe du Dogger, dans le bassin de la Dive du Nord, ainsi que dans le bassin versant amont de la Charente, du Clain et de la Vienne.

3.3. EVOLUTIONS SUCCESSIVES DU MODELE HYDRODYNAMIQUE

Bien qu'ayant fourni des résultats très prometteurs, le modèle hydrodynamique du Jurassique en Poitou-Charentes a fait l'objet de travaux ultérieurs à sa mise, en place en vue de l'affiner :

- en 2007, développements dans le secteur du Marais poitevin, financés par la DREAL Poitou-Charentes, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et le BRGM, en vue de répondre aux problématiques des bassins versants alimentant la zone humide (Douez O. et al. 2010) ;
- en 2008, une nouvelle étude a été diligentée par la Région Poitou-Charentes, la DREAL Poitou-Charentes, le BRGM et les Agences de l'Eau, concernées par le secteur du modèle Jurassique (AELB, AEAG). Cette étude a eu pour objectif d'actualiser le modèle hydrodynamique avec des données plus récentes disponibles pour la période 2006 et 2007 (Douez O. et al., 2011) ;
- en 2015, une nouvelle actualisation incluant 4 années complémentaires disponibles pour la période 2008 à 2011 (Douez O., 2015).

Au cours de ces différentes étapes d'actualisation du modèle hydrodynamique, l'extension et/ou la géométrie du modèle géologique 3D ont été reprises. Les principales modifications apportées sont explicitées ci-après.

Il est à noter que les modifications/actualisations apportées ont été opérées directement à partir du logiciel MARTHE[®].

La version GDM du modèle 5 couches d'origine apparaît donc désormais comme obsolète, en lien avec ces actualisations qui ont été intégrés sous MARTHE[®] au cours de ces études.

3.3.1. Développements concernant le secteur du Marais poitevin (2007) et actualisation du modèle en 2008

En dehors de l'actualisation du modèle hydrodynamique (mises à jour du calage en régime transitoire, introduction de nouvelles données de cours d'eau, zones de recharges, chroniques piézométriques, etc.), des modifications de la géométrie du modèle ont été opérées au cours de ces travaux :

- précision de la géométrie des couches du modèle (en particulier celles de Dogger et de l'Infra-Toarcien) ;
- intégration de zones de socle : socle des bassins versants du Lay, de la Vendée, de l'Autize et de la Sèvre-Niortaise (objectif : inclure la totalité des bassins versants dans le modèle) ;
- subdivision de la couche « recouvrement » : cette couche incluait à la fois les recouvrements d'altérites sablo-argileuses, reposant sur l'aquifère du Dogger, les terrains marno-calcaires du Jurassique supérieur, les argiles des marais littoraux (bri), les dunes, et au nord de la région les terrains du Cénomanien et du Turonien¹. L'actualisation du modèle en 2008 prévoit ainsi de subdiviser cette couche en quatre, avec de haut en bas :
 - le bri et alluvions des marais (imperméable) ;
 - le recouvrement comprenant les formations du Crétacé supérieur et du Tertiaire ;

¹ Au sud de la Région, les zones d'affleurement du Crétacé supérieur ne sont pas inclus dans le premier modèle hydrodynamique car celui-ci est alors limité dans ce secteur par la faille de Saint Césaire qui correspond à la limite d'apparition de ces terrains.

- le Jurassique supérieur altéré (aquifère) ;
- le Jurassique supérieur non altéré (imperméable) ;
- subdivision en mailles plus resserrées au droit de certaines zones, situées en bordure du Marais poitevin (passage des mailles de 333 m de côté).

La nouvelle limite du modèle est présentée dans l'illustration 12 ci-dessous :

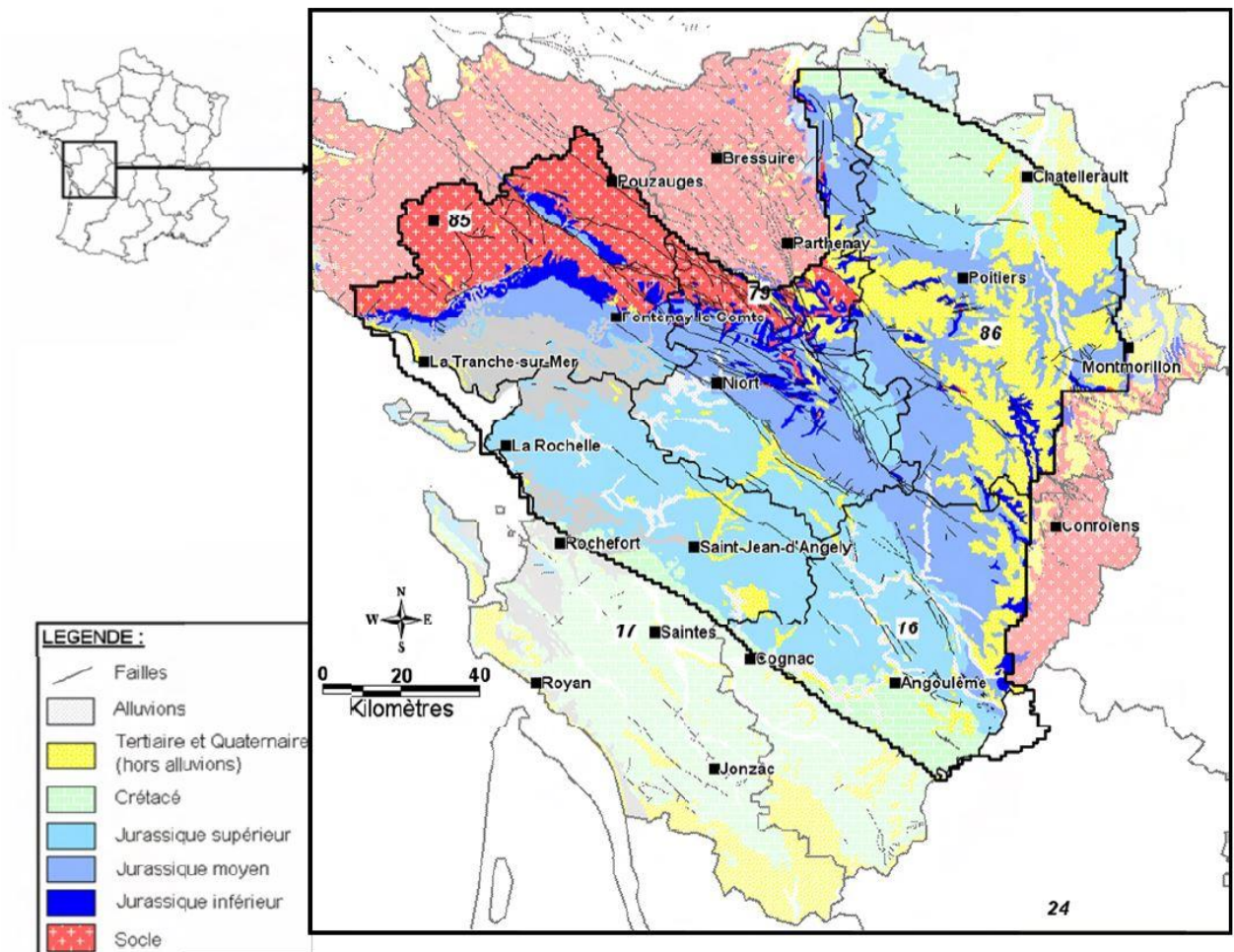


Illustration 12 - Limite d'extension du modèle hydrodynamique du Jurassique, suite à l'étude de 2011 (Doez O. et al., 2011)

Il a découlé de ces travaux une nouvelle version du modèle comportant au total 8 couches, dont le découpage est présenté dans le Tableau 1.

	Modèle initial		Modèle « Marais Poitevin »		Modèle actuel	
1	COUCHE DE RECOUVREMENT	→	BRI MARAIS	→	BRI MARAIS	1
			RECouvrement	→	CRETACE ALTERITES	2
		→	JURASSIQUE sup. altéré (Marais)	→	JURASSIQUE sup. altéré	3
		→	JURASSIQUE sup. non altéré (Marais)	→	JURASSIQUE sup. non altéré	4
2	DOGGER : Aquifère (Callovien calcaire, Bathonien, Bajocien, Aalénien calcaire)	→	DOGGER : Aquifère (Callovien calcaire, Bathonien, Bajocien, Aalénien calcaire)	→	DOGGER : Aquifère (Callovien calcaire, Bathonien, Bajocien, Aalénien calcaire)	5
3	TOARCIEN : Imperméable (Toarcien, Aalénien marneux)	→	TOARCIEN : Imperméable (Toarcien, Aalénien marneux)	→	TOARCIE N : Imperméable (Toarcien, Aalénien marneux)	6
4	INFRA-TOARCIEN : Aquifère Pliensbachien, Sinémurien, Hettangien, voire Trias)	→	INFRA-TOARCIEN : Aquifère Pliensbachien, Sinémurien, Hettangien, voire Trias)	→	INFRA-TOARCIE N : Aquifère Pliensbachien, Sinémurien, Hettangien, voire Trias)	7
5	SOCLE (schistes ou granite)	→	SOCLE (schistes ou granite)	→	SOCLE (schistes ou granite)	8

Tableau 1 - Découpage des couches du modèle et historique (d'après Douez O. et al., 2011)
(Fond bleu : couche aquifère, fond gris : couche imperméable, fond gris-clair : couche à propriétés hydrodynamiques intermédiaires)

NB : ce travail de subdivision avait initialement été réalisé uniquement dans le modèle « Marais poitevin ».

Ainsi, un nouveau découpage du modèle Jurassique, en 8 couches distinctes, a été proposé avec, à partir de la surface (Duez O. et al., 2011) :

- le bri ou argile des marais (imperméable) ;
- le recouvrement : le Crétacé supérieur et les formations superficielles tertiaires, la plupart du temps de type "altérites" (non précisé) ;
- le Jurassique supérieur altéré (aquifère) ;
- le Jurassique supérieur (imperméable) ;
- le Dogger (aquifère) ;

- le Toarcien (imperméable) ;
- l'Infra-Toarcien (aquifère) ;
- le socle (base du modèle).

Dans le cadre de l'étude de 2008, les autres couches n'ont pas été modifiées, ou seulement à la marge, au cours du calage du modèle pour préciser certains secteurs (ex : ajustement de la cote topographique d'une maille ou d'un groupe de mailles).

3.3.2. Cas particulier de la subdivision du Jurassique supérieur altéré

L'intégration de la frange altérée du Jurassique supérieur (considérée comme revêtant des caractéristiques aquifères) a été réalisée dans le modèle hydrodynamique, au cours de l'actualisation du modèle en 2011 (Douez O. et al.).

Ce travail s'est nourri de plusieurs sources de données distinctes, avec notamment :

- dans la partie orientale, à la périphérie du Marais poitevin : l'épaisseur de la frange altérée du Jurassique est définie à l'aide d'une cartographie s'appuyant sur 2 047 forages, avec une coupe stratigraphique détaillée ou indiquant la présence du niveau du « banc bleu », considéré comme une limite supérieure de la zone non altérée (voir Douez O. et al., 2010) ;
- dans la partie ouest (du littoral au Mignon) : l'épaisseur de la frange altérée du Jurassique est définie à partir de la carte de la profondeur du « banc bleu », issu de la thèse de Torres O. (1973) ;
- dans le Marais poitevin : l'épaisseur retenue de la frange altérée du Jurassique est de l'ordre de 10 m, au niveau des îlots de Callovien et de Jurassique supérieur, et uniformément de 1 m sous les argiles du bri ;
- pour le reste du domaine, concerné par l'existence du Jurassique supérieur (Boutonne moyenne et inférieure, Aume-Couture, Antenne, Charente « moyenne », Sèvre-amont, Pallu...) : l'épaisseur de la frange altérée du Jurassique est estimée en considérant les coupes des forages ou, à défaut de coupe, leur profondeur. Elle a également bénéficié des travaux de modélisation réalisés par le BRGM en 1977 (Auriol J. et al.), ainsi que des thèses de Mazeau M. (1979) et de Orsingher M. (1980) ;
- dans le Châtelleraudais : une épaisseur moyenne arbitraire de 15 m a été attribuée aux mailles, par manque de données.

Pour obtenir plus de précision concernant ces travaux, il convient de se référer aux rapports BRGM de Douez O. et al. (2010) et Douez O. et al. (2011), ainsi qu'aux références citées ci-dessus.

L'épaisseur de cette couche, dans le nouveau modèle, est comprise entre quelques mètres et une trentaine de mètres. Cette couche est essentiellement liée aux phénomènes d'altération dont l'origine semble être attribuée aux périodes glaciaires du Quaternaire, notamment au Würm.

3.3.3. Actualisation du modèle en 2015

En 2015, une réactualisation du modèle hydrodynamique a été réalisée, motivée par la décision d'y ajouter les données complémentaires disponibles sur les 4 années de la période 2008-2011 (Douez O., 2015). Ce travail a été cofinancé par les Agences de l'Eau (AELB et AEAG).

	modèle initial (Touchard F. et al., 2004)		modèle « Marais poitevin » (Douez O. et al., 2010)		modèle Jurassique (Douez O. et al., 2011)		modèle Jurassique (Douez O. et al., 2015)	
1	Couche de recouvrement	→	Bri des marais	→	Bri des marais	→	Bri des marais Altérites	1
		→	Recouvrement	→	Crétacé indifférencié Altérites	→	Crétacé indifférencié	2
		→	Jurassique sup. altéré (sur BV Marais poitevin)	→	Jurassique sup. altéré	→	Jurassique sup. altéré	3
		→	Jurassique sup. non altéré (sur BV Marais poitevin)	→	Jurassique sup. non altéré	→	Jurassique sup. non altéré	4
2	Dogger Callovien calcaire, Bathonien, Bajocien, Aalénien calcaire))	→	Dogger Callovien calcaire, Bathonien, Bajocien, Aalénien calcaire)	→	Dogger Callovien calcaire, Bathonien, Bajocien, Aalénien calcaire)	→	Dogger Callovien calcaire, Bathonien, Bajocien, Aalénien calcaire)	5
3	Toarcien (Toarcien, Aalénien marneux)	→	Toarcien (Toarcien, Aalénien marneux)	→	Toarcien (Toarcien, Aalénien marneux)	→	Toarcien (Toarcien, Aalénien marneux)	6
4	Infra-Toarcien (Pliensbachien, Sinémurien, Hettangien, voire Trias)	→	Infra-Toarcien (Pliensbachien, Sinémurien, Hettangien, voire Trias)	→	Infra-Toarcien (Pliensbachien, Sinémurien, Hettangien, voire Trias))	→	Infra-Toarcien (Pliensbachien, Sinémurien, Hettangien, voire Trias)	7
5	Socle (schistes ou granite)	→	Socle (schistes ou granite)	→	Socle (schistes ou granite)	→	Socle (schistes ou granite)	8

Tableau 2 - Découpage des couches du modèle et historique

(Fond bleu : couche aquifère, fond gris : couche imperméable, fond gris-clair : couche à propriétés hydrodynamiques intermédiaires)

En dehors des paramètres hydrodynamiques et de la méthodologie employée (calcul des recharges, du ruissellement), la principale modification géométrique apportée par rapport au modèle hydrodynamique précédent consiste en une révision, à la marge, de son extension (intégration de l'ensemble du bassin versant de la Charente, incluant principalement un morceau de socle du côté de la région Limousin) ainsi qu'une modification des 2 premières couches (intégration des altérites du Tertiaire dans la couche 1 « bri des marais », individualisant ainsi les formations du Crétacé dans la couche 2 « Crétacé indifférencié »).

La nouvelle limite du modèle est présentée dans l'illustration 13 ci-dessous.

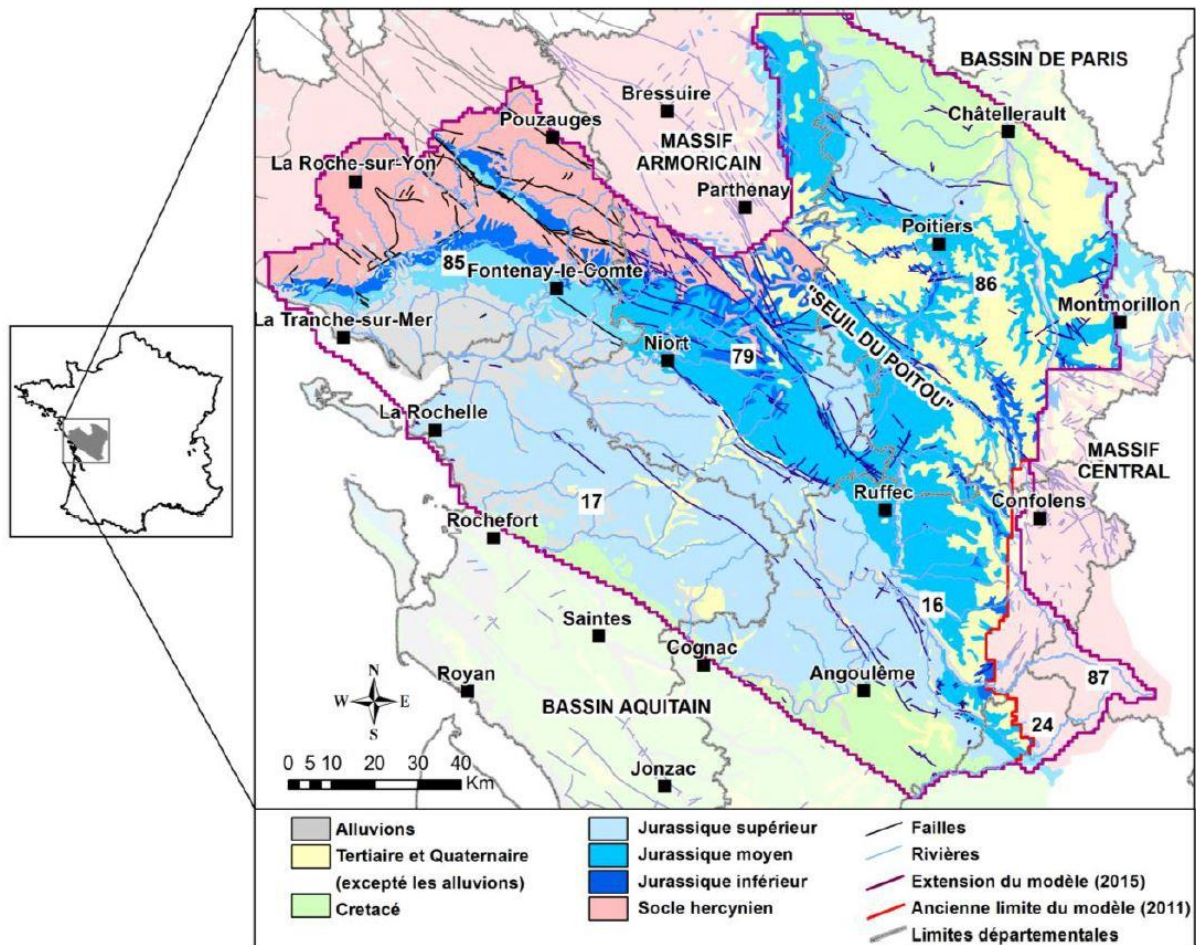


Illustration 13 - Limite d'extension du modèle hydrodynamique du Jurassique, suite à l'étude de 2015 (Duez O., 2015)

3.4. TRAVAUX COMPLEMENTAIRES EXISTANTS

Au cours de l'année 2012, le BRGM a proposé la réalisation d'un travail de modélisation 3D centré sur le domaine sud-vendéen (fonds propres du BRGM). Ce travail avait pour objet de proposer une méthode d'évaluation des logs géologiques, afin de quantifier la validité des données de la BSS (Banque du Sous-sol), à partir de diagraphies Gamma-Ray. Il a été réalisé dans le cadre d'un stage de Master 2 (Chadelle B., 2012), encadré par le BRGM (Eric Lasseur et Bernard Bourguine) et l'ENSEGID (Philippe Razin).

La localisation du modèle 3D, réalisé dans le cadre de ce travail, ainsi que les données utilisées et traitées (corrélations diagraphiques) sont présentées dans les illustrations suivantes :

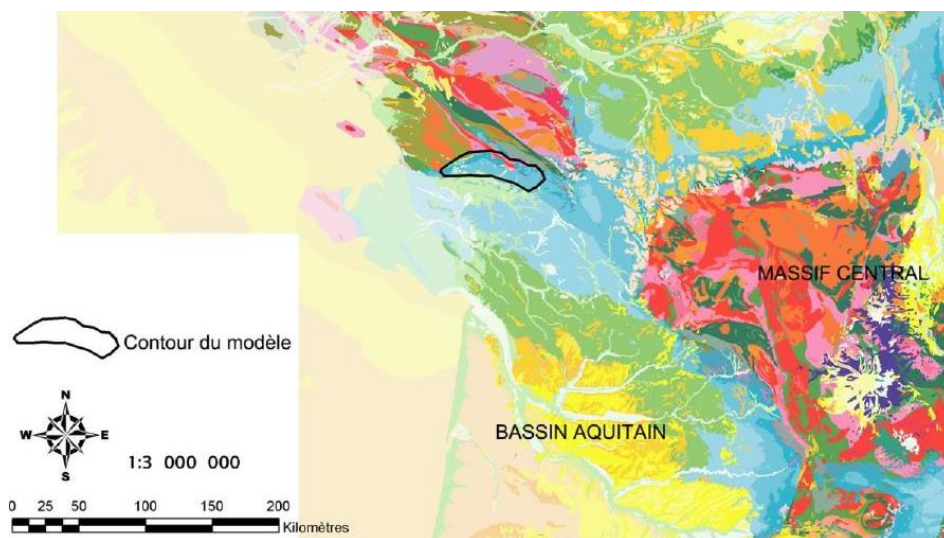


Illustration 14 - Localisation du modèle 3D « VENDEE », réalisé sous GDM

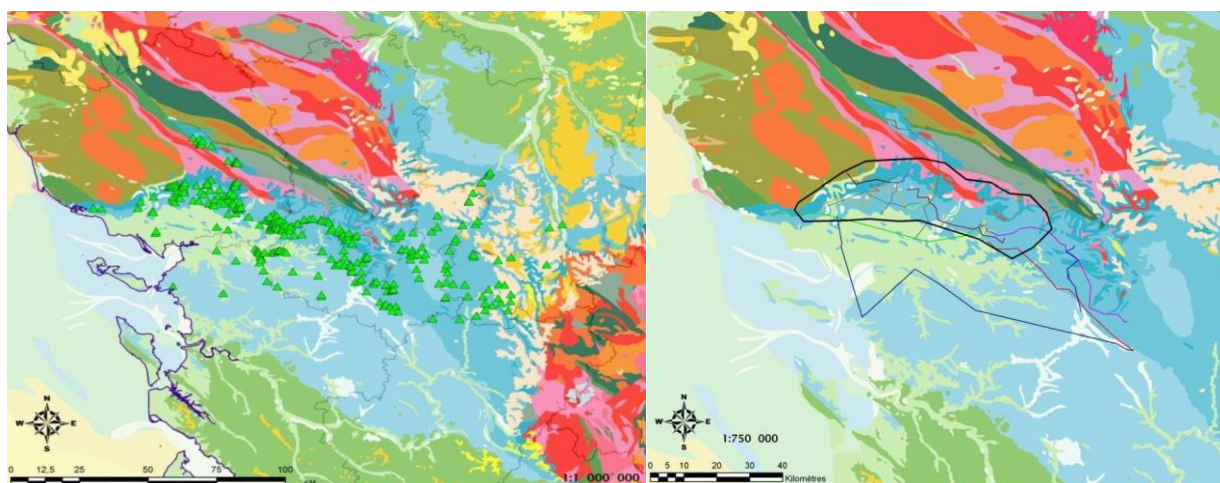


Illustration 15 - Localisation des forages avec diagraphies, ainsi que les transects de corrélations diagraphiques, réalisées dans le cadre du travail

Au cours du stage de Master 2, la géométrie du modèle réalisé n'a pas fait l'objet de contrôle. Elle n'a donc pas vocation à être réutilisée telle quelle, ni même à être extraite pour contraindre la géométrie d'un nouveau modèle.

Toutefois, compte tenu de la vérification puis de la validation par les encadrants (BRGM + ENSEGID) des travaux de corrélations diagraphiques et des transects réalisés, ces derniers, ainsi que les forages vérifiés et corrigés, peuvent quant-à-eux être valorisés.

Les données de forages issues de ce travail ont été récupérées par l'intermédiaire d'un export de la base des données LGV² (**LoGs Validés**). Cette base tient compte des modifications apportées dans le cadre de ce travail de corrélations diagraphiques. Au total, **597 forages** ont été récupérés, puis transférés dans la base de forages, en cours de création, pour le nouveau modèle Jurassique de l'ex-région Poitou-Charentes (voir aussi § 4.3.3).

² La base de forage de type LGV n'est pas disponible en ligne. Elle est en cours de restructuration avec plusieurs degrés de validation (la validation sur la base de corrélations diagraphiques est considérée comme une validation de degré 4 ; c'est actuellement le degré de validation existant le plus élevé).

Dans le secteur modélisé, la pile stratigraphique, définie en lien avec l'histoire géologique du secteur, est présentée ci-dessous :

Formation	Type Surf.	Description
RECO	EROD	RECOUVREMENT
CAL		CALLOVIEN
CBA		BATHONIEN
CPB		BAJOCIEN
TOA		TOARCIEN
PIR		PLIENSBACHIEN
CSIN		CALCAIRE NANKIN CAILLEBOTINE
ASV		ARGILES VERTES SABLEUSES
HER		GRES DE L HERMENAULT
BASE		SOCLE

Tableau 3 - Pile stratigraphique utilisée pour la mise en place du modèle « VENDEE »

4. Reprise du modèle Jurassique de Poitou-Charentes sous GDM/Multilayer®

4.1. NOUVELLE EMPRISE DU MODELE JURASSIQUE DE POITOU-CHARENTES (MOJUPOC)

Le modèle régional pour le Crétacé, initié dans le cadre des travaux du CPER 2000-2006, a récemment fait l'objet d'une mise à jour sous GDM (Abasq L. et al., 2020). À cette occasion, une maille de 500 m a été proposée, car elle permet de conjuguer un travail à l'échelle régionale et une meilleure prise en compte des linéaires des cours d'eau (voir Illustration 16).

Le modèle hydrodynamique du Jurassique, dans sa version 2015, couvre les terrains situés au nord de l'ex-région Poitou-Charentes, avec une maille kilométrique. L'emprise de ces deux modèles existants est présentée en Illustration 16.

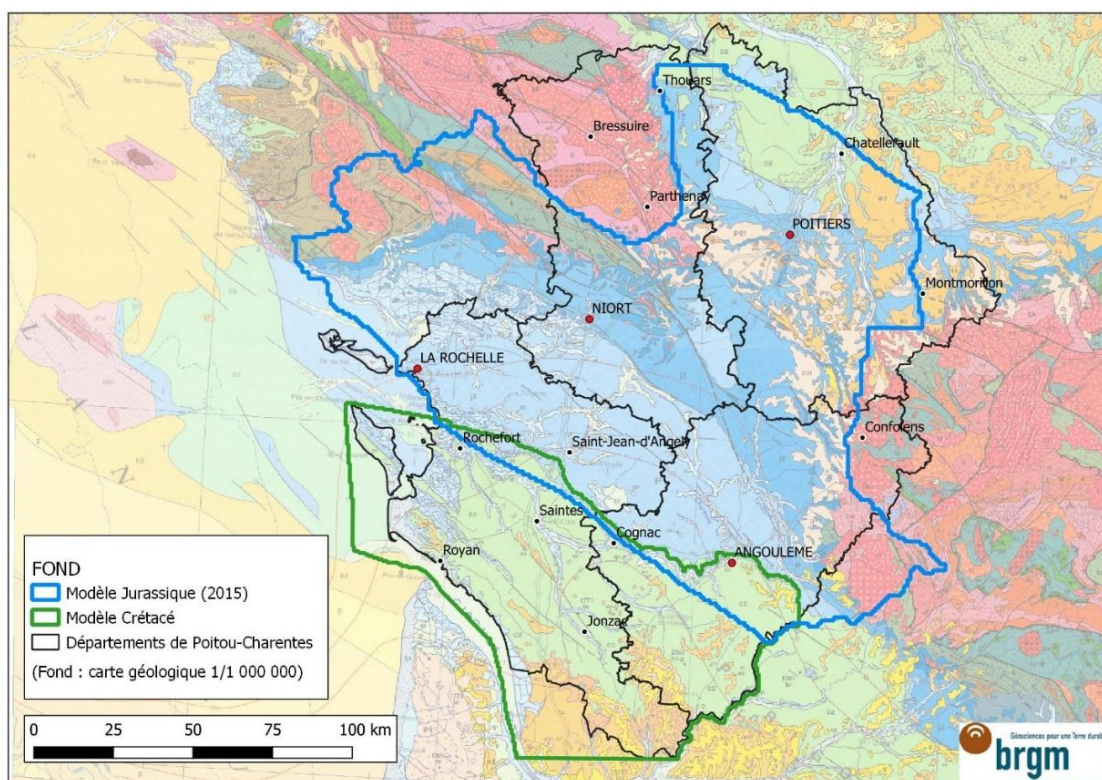


Illustration 16 - Extension des modèles Jurassique et Crétacé

Dans l'objectif de réaliser une fusion entre ces deux modèles existants, Jurassique et Crétacé, une mise en cohérence des géométries est nécessaire au préalable. Ce travail nécessite à la fois une homogénéisation des formats, ainsi qu'un réexamen des données permettant d'ajuster leurs géométries.

Ainsi, un nouveau modèle Jurassique « étendu », couvrant le territoire de l'ex-région Poitou-Charentes et intégrant l'emprise du modèle Crétacé, sera d'abord construit. Puis, dans un second temps, la géométrie du modèle Crétacé actuel (Abasq L. et al., 2020) sera intégrée dans ce nouveau modèle.

L'extension de l'emprise du modèle Jurassique au sud de la région permet en effet de faciliter techniquement la phase de fusion des deux modèles, qui sera réalisée par la suite (voir § 4.4.2). Par ailleurs, cette emprise « étendue » au sud permettra de disposer d'une continuité stratigraphique sur l'ensemble du modèle résultant fusionné. La faible densité des données existantes dans le sud pour le Jurassique limitera les contraintes géométriques pour le modèle associé, ainsi que sa validité. Cependant, cet aspect reste cohérent avec les faibles enjeux territoriaux qui demeurent aujourd'hui dans ce secteur pour le Jurassique (notamment au sud de la faille de Saint-Césaire, voir aussi § 3.2.1).

Compte tenu de son évolution depuis sa mise en place en 2004, il semble indispensable, dans le cadre de ce travail de fusion des deux modèles, de procéder en premier lieu à la mise à jour sous GDM/Multilayer® du modèle Jurassique. Ce travail doit être réalisé à partir des données existantes déjà intégrées dans le modèle GDM/Multilayer® d'origine (i.e. le modèle Infra-Toarcien, voir § 3.1).

Toutefois, des modifications ultérieures de ce modèle ont été opérées directement à partir du logiciel MARTHE® (voir § 3.2 et § 3.3). Il s'agit notamment du passage de 5 à 8 couches, de l'intégration de nouvelles emprises, d'ajustements géométriques ponctuels et locaux, etc.

La mise à jour du modèle géologique sous GDM/Multilayer® doit nécessairement considérer l'ensemble de ces différentes évolutions, les intégrer dans la mesure du possible et les contrôler.

La nouvelle emprise du modèle géologique du Jurassique (qui correspondra finalement à la future extension du modèle fusionné Jurassique/Crétacé) est ainsi définie dans l'illustration 17.

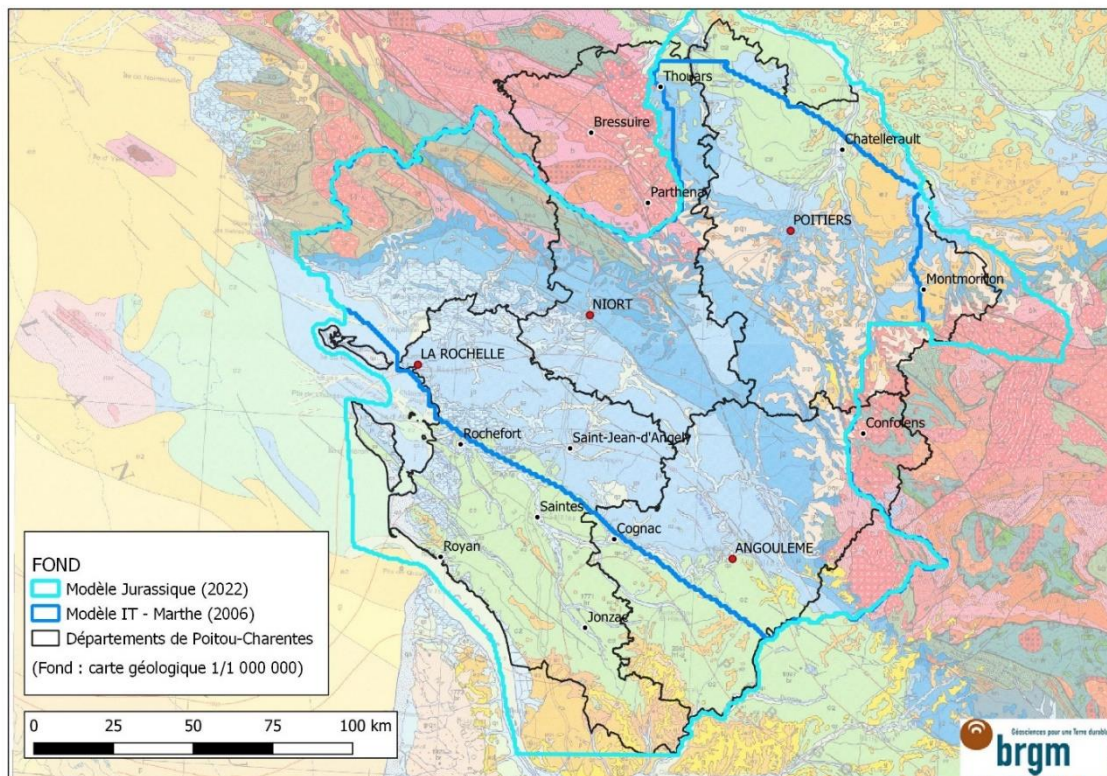


Illustration 17 - Extension du nouveau modèle Jurassique proposée et comparaison avec l'emprise du modèle hydrodynamique actuel

Par ailleurs, afin d'apporter la précision nécessaire qu'implique le passage à la maille de 500 m, l'introduction d'un certain nombre de forages complémentaires à la base existante est nécessaire. L'ajout de données actualisées permettant de mieux contraindre le modèle doit donc également être étudié dans le cadre de ce travail.

4.2. METHODOLOGIE

Dans sa version actuelle, le modèle hydrodynamique du Jurassique est opérationnel et utilisé à plusieurs fins en appui aux politiques publiques pour la gestion quantitative des eaux souterraines et superficielles. La méthodologie employée, pour la refonte proposée de ce modèle Jurassique sous GDM/Multilayer®, doit ainsi se nourrir à la fois de sa première (et dernière) version modélisée dans ce même logiciel en 2004, mais également du modèle hydrodynamique existant et opérationnel, qui fournit aujourd'hui aux collectivités, établissements, syndicats, OUGC ou services de l'État des résultats satisfaisants en terme de calage.

Après consultation des archives au BRGM, une version 2006 du projet GDM/Multilayer® pour le modèle Infra-Toarcien (5 couches) a pu être récupérée. Les données rattachées à ce projet GDM incluent l'ensemble des données d'entrées, qui sont injectées dans le modèle. Il s'agit notamment des données suivantes : MNT, contours géologiques, extensions des formations géologiques modélisées et données de forages.

Compte tenu de l'ancienneté de ce modèle et de l'évolution de GDM depuis sa création, les données géostatistiques, les paramètres d'interpolation, ainsi que les points de contraintes apportées directement dans le logiciel, n'ont pu être récupérés. Toutefois, les points de contraintes, apportés dans le modèle par l'intermédiaire de l'ajout de forages fictifs dans la base de données des sondages, ont quant à eux pu être récupérés.

La méthodologie proposée pour ce travail de mise à jour du modèle sous GDM/Multilayer® est la suivante :

1. Traitement des données de forages du modèle initial :
 - i. Passage du codage "5 couches" à "9 couches" (la 9^e couche « recouvrement crétacé », code GDM = RECC, est ajoutée à la pile stratigraphie du modèle Jurassique "8 couches", afin de distinguer le recouvrement crétacé et faciliter ultérieurement la fusion des deux modèles) ;
2. Traitements géologiques :
 - i. Mise en forme d'une carte géologique adaptée et compatible au modèle "9 couches" ;
 - ii. Récupération des données structurales et adaptation à la nouvelle emprise (continuité dans l'espace) ;
3. Constitution d'une nouvelle base de données de forages (densification des données et apport de nouvelles contraintes (réduction de la taille des mailles + nouvelle emprise)) :
 - i. Extraction des données issues de la BSS (Banque du sous-sol) et notamment de la base des LGV, incluant les forages du modèle « VENDEE » ;
 - ii. Mise en forme et examen des données et sélection des forages ;
4. Traitement du mur du Jurassique supérieur altéré (code GDM = JUSA) :
 - i. Récupération de la grille à partir du modèle hydrodynamique ;
 - ii. Redéfinition à la maille de 500 m ;

- iii. Interpolation sur l'emprise correspondant au nouveau modèle (opération nécessaire pour la suite où la grille doit être définie sur l'emprise du modèle) ;
- iv. Injection de cette grille dans le projet GDM, comme étant l'interface du mur de la couche JUSA ;
- 5. Lancement des calculs pour obtenir une première version du modèle ;
 - i. Interpolation de type krigeage avec variogramme linéaire sans dérive ;
- 6. Traitement et codage de la nouvelle base de forages :
 - i. Projection des données de forages dans la première version du modèle ;
 - ii. Comparaison entre les coupes et le modèle ;
 - iii. Codage des forages (9 couches) ;
- 7. Vérification des données, interprétation et calage du modèle :
 - i. Vérification des contraintes d'inégalités inhérentes à la nouvelle base des forages ;
 - ii. Export de coupes régionales, vérification de la cohérence des données ;
 - iii. Intégration de points et/ou de forages de contraintes ;
 - iv. Comparaison du modèle final obtenu avec la géométrie de la dernière version du modèle hydrodynamique ;
 - v. Mise à jour et export de la version finale du modèle jurassique.

4.3. TRAITEMENT, CODAGE DES DONNEES ET MODELISATION

4.3.1. La pile stratigraphique

L'ensemble des évolutions qui ont affecté le modèle Jurassique, depuis les derniers travaux menés sous GDM/Multilayer® en 2004 (voir § 3.3), nécessite une refonte de la pile stratigraphique à modéliser. Cette nouvelle pile permet ainsi de fixer les modifications faites au sein du modèle hydrodynamique.

Avec l'ajout d'une couche spécifique pour modéliser les formations du Crétacé en recouvrement (ou RECC, voir ci-dessous), cette nouvelle pile sédimentaire permettra également de faciliter sa fusion avec le modèle Crétacé, qui devra être réalisée dans un second temps.

La pile stratigraphique est présentée ci-dessous, du haut vers le bas de la pile avec les codes GDM/Multilayer® (4 caractères maximum) à gauche, la correspondance stratigraphique au milieu et le caractère hydrogéologique à droite :

- BRI	Alluvions marines littorales ou « bri »	imperméable
- RECO	Recouvrement tertiaire et quaternaire	mixte
- RECC	Recouvrement crétacé	mixte
- JUSA	Jurassique supérieur altéré	aquifère
- MALM	Jurassique supérieur non altéré	imperméable
- DOGG	Jurassique moyen (Dogger)	aquifère
- TOAR	Toarcien	imperméable
- IT	Infra-Toarcien (Hettangien à Pliensbachien)	aquifère
- SOCL	Socle	imperméable

Pour permettre au logiciel GDM/Multilayer® d'orienter ses calculs et obtenir des grilles finales modélisées, des options géométriques, vis-à-vis des relations entre chacune des couches, doivent être définies. En effet, en fonction du type de surface-contact existant entre deux couches, soit de type "**érosion**" ou de type "**dépôt**", les géométries résultantes de part et d'autre des lignes d'intersection entre les grilles calculées varieront très fortement (voir Illustration 18).

GDM/Multilayer® calculera prioritairement le mur des couches de type "**érosion**", de la plus récente à la plus ancienne, puis le toit des couches de type "**dépôt**", dans l'ordre stratigraphique, soit du plus ancien au plus récent.

Exemple : B et C sont des surfaces de dépôt postérieures à A :



Exemple : C est une surface d'érosion postérieure à A et B :

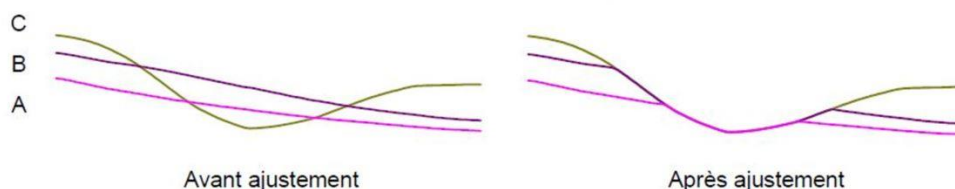


Illustration 18 - Exemples de relations entre différentes surfaces-contact et conséquences sur la modélisation

Pour le nouveau modèle Jurassique en cours de construction, les surfaces-contacts entre chacune des couches ont été définies de la manière suivante (les surfaces non renseignées sont de type "**dépôt**") :

Formation	Type Surf.	Description
BRI	EROD	BRI DES MARAIS
RECO		RECOUVREMENT
RECC		RECO CRETACE
JUSA		JURASSIQUE SUP ALTERE
MALM		JURASSIQUE SUP
DOGG		DOGGER
TOAR		TOARCIEN
IT		INFRA TOARCIEN
SOCL		SOCLE

Tableau 4 - Présentation des types de surfaces modélisées dans le nouveau modèle Jurassique de Poitou-Charentes

4.3.2. Les données géologiques et structurales

a) La carte géologique

Dans le cadre de la modélisation sous GDM/Multilayer®, la carte géologique peut être prise en compte de trois manières différentes :

- utilisation des polygones donnant la nature de la formation affleurante à l'intérieur de chaque polygone ;
- utilisation des lignes de contacts entre formations affleurantes (contacts entre deux formations), définies par des polygones ;
- utilisation conjointe des polygones et des lignes.

L'intégration d'une carte géologique n'est pas indispensable et on peut lancer les calculs d'interpolation pour la modélisation, sans avoir intégré au préalable de carte géologique dans le projet GDM/Multilayer®. La carte géologique permet toutefois de mieux contraindre les géométries du modèle résultant et de s'assurer de la cohérence des grilles calculées avec les données de surface.

Pour intégrer la carte géologique dans le projet GDM/Multilayer®, les données qu'elle représente doivent être cohérentes avec les paramètres du modèle, que ce soit au niveau de son emprise mais aussi de la pile stratigraphique prédéfinie (voir § 4.3.1).

Une nouvelle carte géologique reprenant l'ensemble des 9 couches de la pile stratigraphique pour le nouveau modèle a donc été réalisée dans le cadre de ce travail.

Compte tenu de l'emprise du modèle, dépassant les limites administratives de l'ex-région Poitou-Charentes, plusieurs données d'entrée ont donc été utilisées. Elles sont listées ci-dessous :

- carte géologique synthétique au 1/250 000 de la région Poitou-Charentes (Karnay G., réalisée dans le cadre du kit pédagogique de Poitou-Charentes) ;
- carte géologique synthétique au 1/250 000 de la région Aquitaine (Bourbon P., 2019) ;
- carte géologique synthétique au 1/250 000 de la région Limousin (Genna A. et Chèvremont Ph., réalisé dans le cadre du projet SILURE) ;
- cartes géologiques harmonisées départementales au 1/50 000 du BRGM :
 - de la Vendée (85) ;
 - du Maine-et-Loire (49) ;
 - de l'Indre (36).

Une compilation de l'ensemble des tables attributaires, ainsi qu'une harmonisation de l'ensemble de ces cartes géologiques, ont été réalisées. Chaque caisson (ou formation) géologique a été codé au regard de la pile stratigraphique proposée pour le nouveau modèle GDM/Multilayer® (voir § 4.3.1). La carte géologique résultante est présentée ci-après :

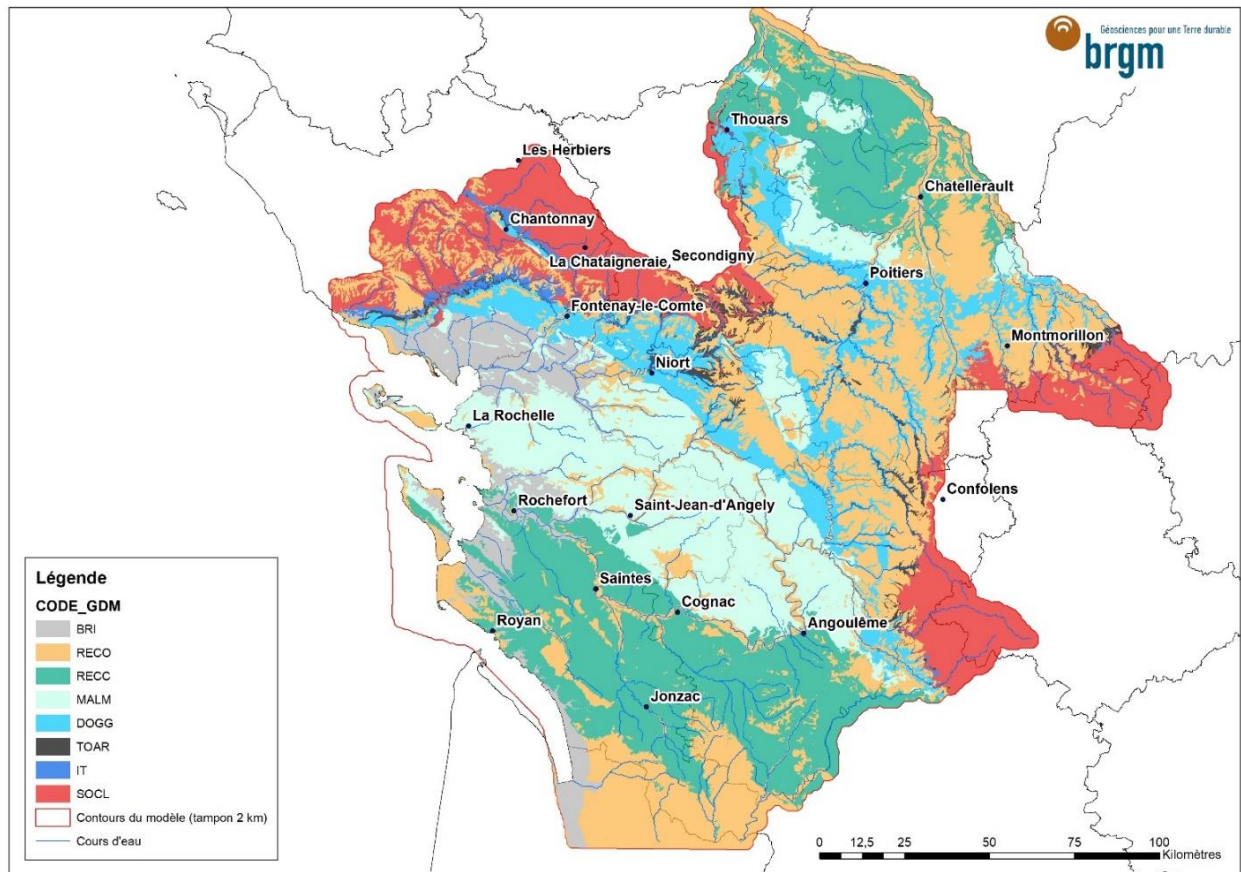


Illustration 19 - Carte géologique utilisée pour le modèle GDM

Cette carte géologique a été finalisée à la fin des travaux menés dans le cadre de cette première année de travail. Elle n'a pas été intégrée dans le projet GDM/Multilayer et n'a donc pas été prise en compte dans la première phase d'interpolation du modèle (voir § 4.3.4).

b) Le réseau de failles

Toujours dans les archives du premier modèle réalisé sous GDM/Multilayer® entre 2002 et 2004, un réseau de failles, au format vectoriel, a pu être récupéré. Il est présenté dans l'illustration 20.

Il est à noter que le tracé de ces failles initiales, introduites dans la première version du modèle sous GDM/Multilayer® en 2004, a été modifié par la suite dans MARTHE® (pour faire passer les failles sur les frontières des mailles).

Dans le cadre de ce projet de modélisation, le réseau de failles existant qui a été récupéré est utilisé pour lancer les premiers calculs. Toutefois, un réajustement de ce réseau de failles est en cours et sera examiné en année 2 (cf. programme année 2, voir § 4.4.1).

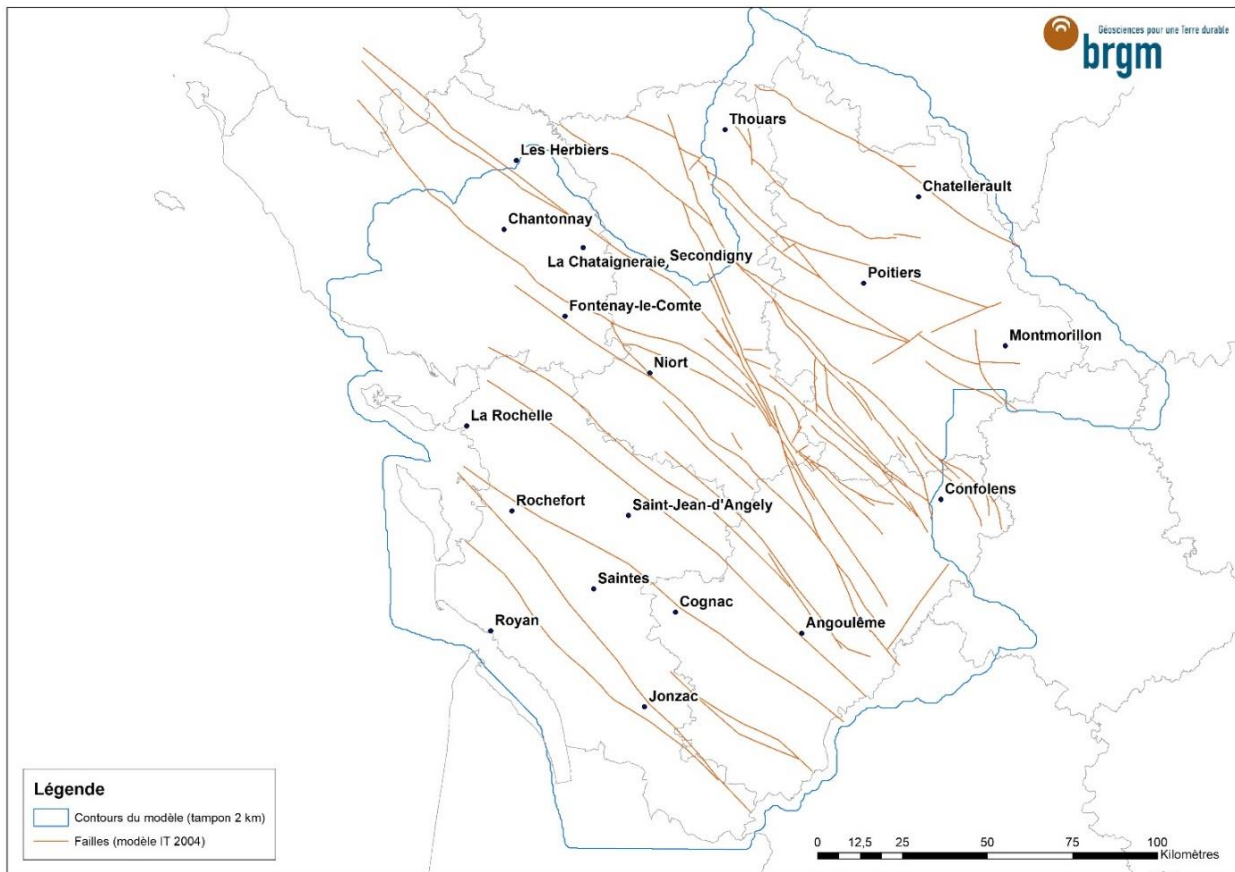


Illustration 20 - Carte des failles prises en compte dans le premier modèle Infra-Toarcien (sous GDM)

4.3.3. Les données de forages

a) Base existante du modèle GDM/Multilayer® Infra-Toarcien de 2006

Lors de la consultation des archives, la base de données des forages initiale, utilisée lors de la création du modèle Infra-Toarcien, a pu être récupérée. Trois bases distinctes ont également été identifiées dans les archives de travail. L'examen de ces 3 bases récupérées et le croisement des données qu'elles contiennent ont permis de retenir un total de **1 048 sondages** (avec un total de 4 118 passes) qui ont fait l'objet d'un codage sur la base des 5 couches modélisées (voir § 3.1.3 et Illustration 8). Cette base inclut 76 forages « fictifs » définis le long de transects, notamment au sud de l'emprise du premier modèle (soit un total de 972 forages réels).

b) Données de la base des Logs Validés (LGV)

L'ensemble des logs de forages, issus de la base des LGV, a été extrait pour alimenter la base de forages. Cette base est administrée au BRGM et fait l'objet, depuis plusieurs années, d'une refonte en profondeur qui permettra in fine de connaître les différents degrés de validation qui sont à rattacher aux logs considérés et qui seront disponibles en ligne dans la BSS.

La base des Logs Validés, non disponible en ligne, est actuellement alimentée au gré des différents projets menés au BRGM, comme ceux qui sont listés ci-après :

- le modèle VENDEE (2012) => travaux réalisés dans l'emprise du modèle Jurassique de Poitou-Charentes (voir § 3.4) ;

- le modèle MODGEAU => travaux de modélisation 3D sous GDM/Multilayer®, réalisés en Pays-de-la-Loire, au-delà de l'emprise du modèle Jurassique de Poitou-Charentes. Les données de forages permettent de contraindre le modèle au-delà de ses limites ;
- la modélisation réalisée pour le SIGES Centre (2018) => travaux de modélisation permettant de basculer d'un modèle initial à 14 couches vers un modèle à 20 couches : subdivision en 7 couches d'un ensemble "marnes-calcaires" du Dogger-Lias (Salquèbre D. et al., 2019).

La base LGV est cataloguée suivant les coupures des cartes géologiques au 1/50 000. L'extraction de cette base s'est donc portée sur un ensemble de 70 cartes géologiques couvrant l'ensemble de l'emprise de la zone à modéliser et même au-delà de ces limites.



Illustration 21 - Carte présentant la zone considérée pour l'extraction des forages existants au sein de la base des LGV

Au total, ce sont **2 461 forages** (avec un total de 53 738 passes) qui ont été récupérés dans cette emprise, à partir de la base des LGV.

c) Concaténation des données et création de la base des forages

Afin de produire une base de données complète, homogène et disposant d'un maximum d'informations détaillées sur les forages, un travail de concaténation des différents fichiers récupérés a été réalisé.

A l'issue de ce travail comparatif entre les données (bases des sondages du Modèle Infra-Toarcien, bases des LGV), un premier fichier de forages a été créé : il contient **3 441 forages**, totalisant 40 615 passes.

Cependant, dans les forages issus de la base de sondages du modèle Infra-Toarcien, les passes renseignées ne sont pas détaillées en dehors des 5 couches qui représentent la pile stratigraphique d'origine (cf. § 3.1). Dans ce format, il apparaît difficile de procéder à la reprise du codage des données pour enrichir le nouveau modèle "8 couches" (voire même "9 couches" en considérant la différenciation proposée du recouvrement crétacé, voir § 4.3.1).

Ainsi, dans la mesure où certains forages présents dans la base initiale du modèle Infra-Toarcien sont également renseignés dans la base des LGV, le détail des passes présentes dans cette dernière a été récupéré, puis introduit dans la base des forages, en cours de création.

De cette manière, une seconde version du fichier de forages a été éditée. Il contient toujours les **3 441 forages** mais cette fois-ci totalisant 51 147 passes (les passes sont plus détaillées dans les données LGV que dans la base de forages initiale, qui ne contient qu'un codage des passes adapté pour un modèle "5 couches").

La base de forages a ensuite été formatée de manière à pouvoir y trouver un ensemble d'informations et de renseignements utiles, permettant de construire plus aisément le modèle :

- indice BSS
- coordonnées géographiques (X, Y, Z) (**NB** : Le modèle est construit dans le système de projection Lambert 2 étendu)
- profondeur de la passe
- description lithologique
- formation géologique
- stratigraphie (début et fin si différent).

En supplément de ces renseignements « classiques », chaque forage a été renseigné par un attribut permettant d'identifier de quelle base il provient :

- du modèle Infra-Toarcien (inclus ou non dans la base LGV) : un attribut complémentaire correspondant au CODE GDM de la pile stratigraphique du modèle "5 couches" initial est alors renseigné ;
- du modèle VENDEE (également dans la base LGV) : les attributs stratigraphiques correspondent aux subdivisions proposées pour le modèle VENDEE ;
- LGV ;
- des trois forages de référence pour la limite Jurassique/Crétacé dans le secteur nord du modèle, de part et d'autre de la faille de Châtellerault (communes de Vicq-sur-Gartempe, Chenevelles, Leigné-les-Bois)³.

Concernant les forages qui sont issus de la base des LGV, l'auteur, ainsi que le niveau de validation, sont également maintenus dans la nouvelle base.

À partir de cette base de forages nouvellement constituée, un recoupement avec deux bases hydrogéologiques régionales a également été réalisé. Il permet de disposer d'une information sur le forage et notamment de savoir s'ils sont inclus ou non dans les bases suivantes :

³ Cette base de référence régionale (récupérée sur le serveur de la direction régionale Poitou-Charentes) permet d'identifier la limite Jurassique-Crétacé. Elle est constituée de sept forages, dont trois ont été ajoutés car ils n'existaient pas déjà dans la base : 05678X0070, 05678X0070, 05682X0049

1. celle des piézomètres, utilisée pour le calage du modèle hydrodynamique en régime transitoire (cf. travaux de 2014, voir § 3.2.2) :
20 forages sur 137 sont inclus dans la nouvelle base de forages pour le modèle ;
2. celle des prélèvements pour le département de la Vienne :
134 forages sur 884 sont inclus dans la nouvelle base de forages pour le modèle.

Par la suite, dans l'optique par exemple de préciser une géométrie pour un aquifère et assurer une cohérence avec les ouvrages utilisés dans le futur modèle hydrodynamique fusionné, il pourra être jugé utile d'intégrer plus de forages correspondants à ces « réseaux » de piézomètres dans la nouvelle base de forages pour le modèle. Un examen détaillé des coupes, si toutefois elles existent, devra alors être effectué.

Dans le cas où les forages considérés appartiennent à l'une ou l'autre de ces bases, des attributs spécifiques ont été indiqués :

- numéro (1 à 137) et nom du piézomètre de calage ;
- numéro de la station de prélèvement (BRGM86-XXXX) ;
- nom de la commune ;
- nom du Grand bassin considéré ;
- nom de la zone de gestion ;
- aquifère capté.

Des forages complémentaires, réalisés en 2021, viendront également alimenter la base (en attente de leur inscription dans la BSS). Il s'agit, pour l'instant, des forages suivants :

- Naintré et Châtellerauld (profondeurs de 313 et 303 m) : forages de reconnaissance réalisés par le Syndicat des eaux de Vienne, dans le cadre de la recherche en eau souterraine dans le secteur sud de Châtellerauld (86) ;
- Jonzac (profondeur de 1 934 m) : forage de grande profondeur réalisé pour le développement de la station thermique et du complexe aquatique des Antilles.

d) Codage des données

Une fois l'ensemble de cette nouvelle base de forages constitué, la phase de codage des données a pu être démarrée.

Dans un premier temps, une priorité a été donnée pour le recodage de l'ensemble des 1 048 forages de la base d'origine du modèle Infra-Toarcien (5 couches). Ces forages ont donc fait l'objet d'une mise à jour, afin de correspondre à la pile stratigraphique (9 couches) du nouveau modèle Jurassique en cours de construction (MoJuPOC).

Une fois cette première étape franchie, il s'agit d'implémenter une quantité de forages pertinente pour la création du nouveau modèle. Sur les 3 441 forages, tous ne pourront être utilisés en raison de temps de traitement. Le choix opéré se fait ainsi sur la base d'une répartition homogène en terme de densité de forages, avec une propension visant à augmenter cette densité dans les secteurs où les contraintes géométriques le nécessitent (coins de failles, structuration importante, etc.).

À ce jour, **1 179 forages** ont été codés dans la base, totalisant un nombre de 16 995 passes, codées selon le modèle "9 couches".

4.3.4. Le projet MoJuPOC sous GDM/Multilayer®

Dans le cadre des travaux en cours visant à mettre à jour le modèle Jurassique de Poitou-Charentes sous GDM/Multilayer®, il a été décidé de mener les travaux sur plusieurs fronts en même temps :

- 1- traitement et codage des données (voir § 4.3.3) ;
- 2- montage du projet GDM/Multilayer.

L'idée est de pouvoir confronter des versions intermédiaires du modèle GDM/Multilayer® par interpolations itératives, afin de faciliter l'intégration des forages et surtout de vérifier la cohérence dans le codage de ces données.

a) Préparation du MNT (Modèle Numérique de Terrain)

Le MNT a été réalisé directement de manière à couvrir l'emprise des modèles Jurassique et Crétacé de Poitou-Charentes (en prévision de la fusion des deux modèles). Il a été construit à l'aide d'un rééchantillonnage géomatique à partir des données de la BDAlti 25m de l'IGN, afin de basculer vers une maille de 500 m, correspondant à la résolution des deux modèles. Pour cela, une moyenne des données de la BDAlti 25m a donc été affectée pour chacune des mailles.

Pour les cours d'eau, il a été décidé d'utiliser la valeur minimum par maille du MNT, après conversion du vecteur des cours d'eau au format "raster", avec une maille de 500 m. Ces altitudes seront ultérieurement vérifiées et modifiées dans le modèle hydrodynamique, afin de s'assurer d'une pente descendante constante pour les cours d'eau.

Concernant les données bathymétriques (secteur Atlantique, notamment autour des îles de Ré et Oléron), la BD Homonim du SHOM (à pas de 100 m) a été extraite, puis également rééchantillonnée pour correspondre à la maille de 500 m.

b) Contours géologiques et extension des formations

Lorsqu'on connaît approximativement la limite d'extension maximale d'une formation géologique, on peut la prendre en compte dans le modèle. Cette information vient en réalité compléter la carte géologique qui ne correspond qu'à sa limite à l'affleurement.

Dans le cas de notre modèle en cours de construction, plusieurs limites d'extension peuvent être imposées aux couches correspondant à la pile stratigraphique.

Par exemple, certains secteurs du Seuil du Poitou, atteints par la transgression toarcienne, sont totalement exempts de dépôts hettangien à pliënsbachien. La limite de l'extension de la couche de l'Infra-Toarcien peut alors être proposée.

Toutefois, dans un premier temps, seules les limites d'extension des formations superficielles ont été injectées à partir de la carte géologique. Il s'agit des 4 premières couches du modèle :

- BRI Bri des marais ;
- RECO Recouvrement tertiaire et alluvions ;
- RECC Recouvrement crétacé ;
- JUSA Jurassique supérieur altéré (même extension que les affleurements du MALM).

c) Traitement de la couche JUSA (Jurassique supérieur altéré)

Compte tenu de la méthode employée pour la construction de la couche JUSA (voir § 3.3.2), il a été décidé de :

- récupérer la géométrie correspondant au mur de cette couche JUSA dans le modèle existant (au format grille, à la maille de 1 000 m) : grille Hsub_JUSA, issue de MARTHE® ;
- réinterpoler cette grille à la maille de 500 m : uniquement dans la limite d'extension imposée dans GDM/Multilayer® ;
- intégrer directement cette géométrie dans le nouveau modèle Jurassique.

De cette manière, la géométrie de la couche restera inchangée par rapport au modèle hydrodynamique (en dehors du rétrécissement de la maille).

Cette interface du mur de la couche JUSA devra cependant être examinée lors des phases de contrôle et de vérification.

d) Injection des données codées (forages)

La méthodologie proposée pour les travaux de modélisation (cf. § 4.2) prévoit d'intégrer les données de la base des forages de manière itérative. Ainsi, une première phase d'intégration portant d'abord sur les 1 048 forages du premier modèle Infra-Toarcien a été réalisée.

Pour suivre ces phases d'itération, dans l'intégration des forages dans GDM/Multilayer®, un attribut (champ de renseignement) a été ajouté dans la base de forages : Base_Integ.

La première série des 1 048 forages (totalisant 14 649 passes) a été intégrée le 03/11/2021, lors de travaux réalisés en atelier. L'attribut "Base_Integ" a donc été renseigné par la mention : « 03/11/2021 - YA-PB⁴ ».

e) Grille-modèle et première interpolation

La dernière étape, avant de pouvoir lancer les premiers calculs d'interpolation, est de préciser au logiciel GDM/Multilayer® la grille du modèle à partir de laquelle on souhaite mener celle-ci.

La grille voulue pour le nouveau modèle Jurassique est calée à partir de la géométrie des modèles régionaux existants, et notamment celui du Crétacé qui a récemment été réalisé à la maille de 500 m. L'idée est donc de faire correspondre ces deux grilles.

Une nouvelle grille de mailles de 500 m de côté a donc été utilisée pour caler la grille d'interpolation dans le projet GDM/Multilayer® pour le nouveau modèle Jurassique de Poitou-Charentes (MoJuPOC).

Une fois la grille chargée dans le projet, une première interpolation a été lancée. Les paramètres utilisés sont très simplifiés pour cette première étape de modélisation. Ils sont synthétisés de la manière suivante :

- voisinage rectangulaire de 100 km (1 000 points présélectionnés pour un maximum de 200 points au voisinage, voir Illustration 22) ;

⁴ YA-PB : indication sur les auteurs de cette intégration (ici : Yvan Assy et Pierre Bourbon)

- méthode d'interpolation par krigeage, avec variogramme linéaire sans dérive (le choix de la méthode de calcul des variogrammes est présenté en Illustration 23) ;
- réseau de failles unique pour les formations sélectionnées (depuis la couche SOCLE jusqu'à la couche RECC).

Choix du Voisinage pour l'interpolation

Double-clic ou clic-droit dans la liste pour la modifier

Appliquer à tous OK Annuler

Formation / Variable	Type	NPWMAX	NPVMAX	Taille X	Taille Y	NpReq	NpOct	Dist. Fusion	XR	YR	DXR
Toit BRI	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Epaisseur BRI	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Mur BRI (*)	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Toit RECO	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Epaisseur RECO	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Mur RECO (*)	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Toit RECC	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Epaisseur RECC	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Mur RECC (*)	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Toit JUSA	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Epaisseur JUSA	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Mur JUSA	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Toit MALM (*)	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Epaisseur MALM	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Mur MALM	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Toit DOGG (*)	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Epaisseur DOGG	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Mur DOGG	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Toit TOAR (*)	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Epaisseur TOAR	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Mur TOAR	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Toit IT (*)	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Epaisseur IT	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Mur IT	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Toit SOCL (*)	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Epaisseur SOCL	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...
Mur SOCL	Rectangulaire	1000	200	100000	100000	/	/	10	calculé pa...	calculé p...	calculé par p...

(*) Variable nécessaire à la modélisation

Illustration 22 - Choix du voisinage pour l'interpolation (extrait de GDM/Multilayer®)

Paramètres de calcul des variogrammes

Double-clic ou clic-droit dans la liste pour la modifier

Appliquer à tous OK Annuler

Formation / Variable	Pas	Nb de pas	Saut	Dir. principale/Nord (°)	Nb de dir.	Tolérance (°)	Degré dérive	Ignorer pts contraints
Toit BRI	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Epaisseur BRI	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Mur BRI (*)	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Toit RECO	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Epaisseur RECO	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Mur RECO (*)	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Toit RECC	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Epaisseur RECC	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Mur RECC (*)	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Toit JUSA	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Epaisseur JUSA	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Mur JUSA	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Toit MALM (*)	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Epaisseur MALM	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Mur MALM	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Toit DOGG (*)	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Epaisseur DOGG	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Mur DOGG	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Toit TOAR (*)	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui
Epaisseur TOAR	7500	20	1	0	4	22.5	0	Oui

(*) Variable nécessaire à la modélisation

Illustration 23 - Paramètres de calcul des variogrammes (extrait de GDM/Multilayer®)

Une première version du nouveau modèle Jurassique en Poitou-Charentes a donc été réalisée sous GDM/Multilayer® dans le cadre de ces travaux. Elle reste toutefois une version de travail permettant de procéder à des contrôles, ainsi qu'à faciliter l'intégration de nouvelles données (forages) et/ou de données à modifier (failles, ajustements géométriques, points de contraintes).

Les étapes restantes afin de finaliser ce nouveau modèle du Jurassique en Poitou-Charentes sont résumées dans le paragraphe suivant.

4.4. PRESENTATION DES TRAVAUX RESTANT A PRODUIRE

Afin de poursuivre les travaux, qui ont démarré en année 1 du programme de fusion des modèles Jurassique et Crétacé de l'ex-région Poitou-Charentes, un certain nombre d'étapes doit être mis en œuvre. Ces étapes sont résumées dans ce chapitre scindé en deux parties : une première série de travaux permettant de finaliser le nouveau modèle Jurassique, une seconde série de travaux visant à procéder à la fusion stricto-sensu de ce nouveau modèle avec celui existant pour le Crétacé (Abasq L. et al., 2020).

4.4.1. Finalisation du modèle Jurassique sous GDM

Afin de finaliser la phase de modélisation du nouveau modèle Jurassique en Poitou-Charentes (MoJuPOC), une série de travaux doit être mise en œuvre. Ces étapes de travail sont résumées ci-dessous :

- 1- Intégration de la carte géologique réalisée en année 1, afin d'utiliser les limites des formations affleurantes (voir § 4.3.2) ;
- 2- Poursuite du codage des forages (voir § 4.3.3) ;
- 3- Processus de vérifications comprenant :
 - a. l'utilisation des outils géostats de GDM/Multilayer® :
 - ajustement des cotes altimétriques des forages
 - vérification des contraintes d'inégalité
 - ajustement des paramètres de modélisation
 - b. l'examen des coupes du modèle et comparaison avec les coupes régionales ;
 - c. l'examen du réseau de failles et ajustement des géométries structurales ;
 - d. l'examen des géométries du toit de la couche du Jurassique supérieur altéré et confrontation avec les données ayant permis de la construire (Domez O. et al., 2011) ;
- 4- Confrontation du modèle obtenu après réalisation des étapes 1 à 3, avec les grilles de la dernière version du modèle hydrodynamique (Domez O., 2015), exportées à partir du logiciel MARTHE® ;
- 5- Ajustement si besoin des limites d'extension des formations ;
- 6- Interpolation finale du modèle.

4.4.2. Fusion des modèles Jurassique et Crétacé sous GDM

Afin de procéder à la fusion des modèles Jurassique et Crétacé, une seconde série de travaux doit être mise en œuvre. Ces étapes de travail sont résumées ci-dessous :

- 1- Fusion des deux cartes géologiques ;

- 2- Fusion des bases de données de forages, identification des doublons et recodage :
 - a. subdivision de l'étage RECC du modèle Jurassique à partir des données du modèle Crétacé ;
 - b. subdivision du substratum du modèle Crétacé à partir des données du modèle Jurassique ;
 - c. examen et ajustement des données codées ;
- 3- Montage du projet GDM/Multilayer® ;
- 4- Fusion des deux modèles.

5. Conclusion

Les principaux objectifs du programme de fusion des modèles en Poitou-Charentes sont :

- 1- fusionner ces modèles (Jurassique et Crétacé) afin de ne disposer que d'un modèle régional unique sur l'ensemble de Poitou-Charentes. La taille de la maille du modèle hydrodynamique sera égale à 500 mètres de côté, afin d'harmoniser les modèles existants en Nouvelle-Aquitaine. ;
- 2- étendre le modèle à la limite nord de la région pour prendre en compte l'ensemble des formations sédimentaires du secteur de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne ;
- 3- actualiser le modèle avec les dernières données climatiques, de prélèvements, de rejets, etc, afin de disposer d'un modèle robuste couvrant de nombreuses situations climatiques contrastées ;
- 4- communiquer autour de ces modèles (réunions d'information avec les acteurs de l'eau, la société civile, rédiger des articles de vulgarisation) ;
- 5- en parallèle du programme technique sur la fusion des modèles, une réflexion sera menée entre les partenaires et les producteurs de données (prélèvements, lâchers de barrage etc...), sur la remontée des informations et sur l'organisation des flux des données au cours de différents temps d'échanges. L'objectif est de pouvoir trouver, à terme, une solution pérenne de maintenance du modèle (mise à jour régulière de l'outil).

Ce projet de grande ampleur améliorera la connaissance de l'hydrogéologie de Poitou-Charentes en reproduisant plus finement le fonctionnement hydrodynamique des systèmes aquifères, ainsi que les relations entre les nappes et les rivières. Le modèle constituera, à terme, un outil d'aide à la décision précieux pour les acteurs locaux, afin de poser les bases d'une gestion adaptée de la ressource dans un contexte de plus en plus prégnant de changement climatique.

Ce modèle fusionné permettra de travailler sur des sujets de gestion quantitative à grande échelle (grand bassin versant par exemple) ou à moyenne échelle (bassin versant). Il permettra de disposer d'un outil de modélisation sur l'ensemble du bassin de la Charente et sur les territoires au nord de la Nouvelle-Aquitaine.

Le présent rapport est une synthèse des travaux menés au cours de l'année 1 de ce programme de fusion des modèles hydrodynamiques du Jurassique et du Crétacé de l'ex-région Poitou-Charentes, programme prévu pour une durée de trois ans. Les travaux qui concernent la fusion des modèles géologiques du Jurassique et du Crétacé sont prévus pendant les deux premières années de ce programme. La première année a été focalisée sur les premiers travaux de refonte du modèle Jurassique, afin d'obtenir des grilles modélisées à la maille de 500 mètres, qui est la taille de maille retenue pour le modèle fusionné global, tout en intégrant les informations pour étendre le modèle jusqu'à la limite nord de la région Nouvelle-Aquitaine.

Le rapport établit ainsi un bilan de l'avancement des travaux qui ont été menés au cours de la première année de ce programme. Toutefois, avant de présenter ce bilan, il propose en premier lieu un aperçu de l'historique des travaux déjà réalisés depuis le début des années 2000, concernant le modèle Jurassique. Celui-ci apparaît en effet nécessaire afin de comprendre la méthodologie qui a été proposée pour cette refonte du modèle Jurassique.

Avec l'ensemble de ces données intégrées dans le projet GDM/Multilayer®, une première version du nouveau modèle géologique Jurassique de l'ex-région Poitou-Charentes, MoJuPOC, a pu être

réalisée au cours de cette première année du programme de fusion des modèles, proposé dans le cadre de la CRES.

Ce travail n'est toutefois pas finalisé et un certain nombre d'étapes sont encore à franchir avant de disposer d'un modèle géologique du Jurassique robuste et fiable, indispensable avant de procéder à la fusion des deux modèles géologiques. Ainsi, dans l'objectif de finaliser le développement du modèle géologique régional fusionné, une première série de travaux restant à mener en année 2 du programme est présentée dans ce rapport. Ils permettront de finaliser le nouveau modèle Jurassique en Poitou-Charentes. Une seconde série de travaux, également présentés dans ce rapport, devront ensuite être menés de manière à finaliser la fusion des deux modèles géologiques sous GDM/Multilayer®.

À partir de ce nouveau modèle fusionné, la version hydrodynamique du modèle fusionné pourra être construite et calée, en fin d'année 2 et en année 3 du programme de travail.

6. Bibliographie

Abasq L., Platel J.P., Cabaret O. (2020) - Actualisation 2000-2018 du modèle hydrogéologique des aquifères du Crétacé du Sud des Charentes. Rapport final. BRGM/RP-70193-FR, 248 p., 129 ill., 6 ann.

Bourbon P. et collaborateurs (2019) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine - Carte géologique numérique à 1/250 000 de la région Aquitaine. Notice technique - Module 1.5 - Année 2. Rapport final. BRGM/RP-68881-FR, 207 p., 43 fig., 1 CD.

Chabault C., Chéry L., Lemordant Y. (2002) - Outils d'aide à la décision pour la gestion de l'aquifère de l'Infra-Toarcien. Approche des modalités de la recharge de l'aquifère Infra-Toarcien et des communications avec d'autres aquifères par les méthodes isotopiques : origine et datation des eaux, origine de la minéralisation. Rapport BRGM/RP-51194-FR.

Chadelle B. (2012) - Méthode d'évaluation des Logs Géologiques (Bassin Aquitain – Jurassique inférieur et moyen), à partir de diagraphies Gamma-Ray et afin de quantifier la validité des données de la BSS). Mémoire de master 2 « Géoressources ». Institut EGID, Université de Bordeaux 3.

Douez O., Bichot F., Dequidt D., Dugrillon D., Putot E., Petit L. (2010) - Contribution à la gestion des prélèvements à la périphérie du Marais Poitevin par modélisation hydrodynamique. BRGM/RP-58297-FR, 239 p., 212 ill., 5 ann., 12 pl.

Douez O., Bichot F., Petit L. (2011) - Contribution à la gestion des ressources en eau à l'aide du modèle Jurassique de Poitou-Charentes. BRGM/RP-59288-FR, 411 p., 286 ill., 2 ann., 4 planches hors texte.

Douez O. (2015) - Actualisation 2008-2011 du modèle maillé des aquifères du Jurassique. Rapport BRGM/RP-64816-FR - Rapport final. 161 p., 223 ill., 4 ann.

Lemordant Y. (1996) - Synthèse hydrogéologique de l'aquifère Infra-Toarcien en région Poitou-Charentes. R 38893.

Mazeau M. (1979) - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du Jurassique supérieur à Courçon et St-Jean-d'Angély (Charente-Maritime). Thèse de l'Université de Bordeaux 1.

Orsingher M. (1980) - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du Jurassique supérieur région Nord et Est de St-Jean-d'Angély (Charente-Maritime). Thèse de l'Université de Bordeaux 1.

Putot E., Bichot F. (2007) - CPER 2000-2006 - Phase 4 - Modèle Infra-Toarcien Dogger : calage du modèle hydrodynamique en régime transitoire. Rapport BRGM/RP-55742-FR, 94 p., 86 ill., 7 tab., 8 ann.

Salquèbre D., avec la participation de Husson F., Jozja N. (Université d'Orléans), Klinka T., Tourlière B. (2019) - Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines (SIGES) en région Centre-Val de Loire - Phase 3 (2017-2019). Rapport final. BRGM/RP-69591-FR, 76 p., 40 ill., 5 ann.

Saltel M., Compère F., Cabaret O. (2017) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine - Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - Module 1.1 - Année 1 - Convention 2015 - 2020. BRGM/RP-66832-FR, 43 p., 19 ill., 4 tabl., 2 ann.

Torres O. (1973) - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de l'Aunis (Charente-Maritime). Thèse de l'Université de Bordeaux 1, 17 décembre 1973.

Touchard F., Bichot F., Karnay G. (2002) - CPER 2000-2006 - Phase 1 - Outils d'aide à la décision pour la gestion de l'aquifère de l'Infra-Toarcien. Synthèse hydrogéologique de l'aquifère Infra-Toarcien en Poitou-Charentes. Rapport BRGM/RP-51881-FR.

Touchard F., Karnay G., Bichot F. en collaboration avec **Borot B. (2004)** - CPER 2000-2006 - Phase 2 - Outils pour la gestion de l'aquifère de l'Infra-Toarcien : Réalisation de deux forages et modélisation géologique de l'aquifère. Rapport BRGM/RP-52713-FR, 59 p., 28 fig., 9 tab., 6 ann.

Touchard F. avec la collaboration de **Bichot F. et Ouafi H. (2006)** - CPER 2000-2006 - Phase 3 - Outils pour la gestion de l'aquifère de l'Infra-Toarcien. Modélisation des aquifères de l'Infra-Toarcien et du Dogger. Rapport BRGM/RP-54294-FR, 74 p., 21 ill., 3 tab., 6 ann.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain

BP 36009

45060 - Orléans Cedex 2 - France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale Nouvelle-Aquitaine - Site de Poitiers

5 rue de la Goélette

86280 Saint-Benoît

Tél. : 05 49 38 15 38

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm