

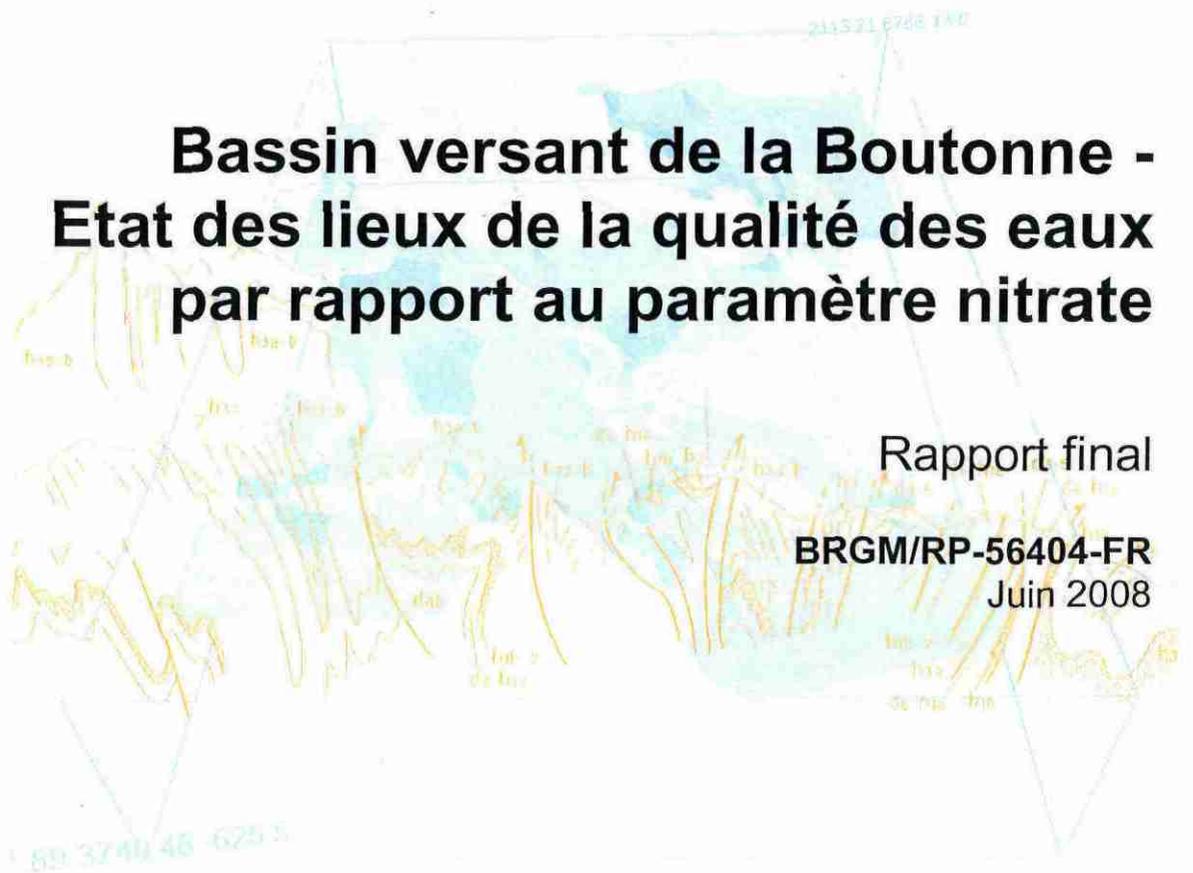


Bassin versant de la Boutonne - Etat des lieux de la qualité des eaux par rapport au paramètre nitrate

Rapport final

BRGM/RP-56404-FR

Juin 2008





Bassin versant de la Boutonne - Etat des lieux de la qualité des eaux par rapport au paramètre nitrate

Rapport final

BRGM/RP-56404-FR

Juin 2008

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2006 EAU22

O. Douez

<p>Vérificateur :</p> <p>Nom : Maritxu Saplaïroles</p> <p>Date : 16/06/2008</p> <p>Signature :</p> 

<p>Approbateur :</p> <p>Nom : Francis Bichot</p> <p>Date : 16/06/2008</p> <p>Signature :</p> 

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots clés : Boutonne, bassin versant, nitrates, nappes du Jurassique.

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

O.DOUEZ - Bassin versant de la Boutonne – Etat des lieux de la qualité des eaux par rapport au paramètre nitrate – Rapport BRGM RP-56404-FR, 55 p., 24 ill.

© BRGM, 2008, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le BRGM – SGR Poitou-Charentes a réalisé un état des lieux de la contamination en nitrates des eaux souterraines et superficielles sur l'ensemble du bassin versant de la Boutonne à la demande de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne.

Cette étude a été réalisée à partir de la collecte de données issues de la base ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) et du serveur de données du bassin Adour-Garonne.

Cet état des lieux de la pollution en nitrates sur l'ensemble du bassin versant de la Boutonne conduit à mettre en évidence 4 secteurs avec des degrés de contamination différents qui sont fonction des aquifères captés et de l'occupation des sols. Dans la plupart de ces zones, à l'exception de la nappe infra-toarcienne localement protégée sous les marnes, les teneurs en nitrates sont globalement élevées, de l'ordre de 30 mg/l à 60 mg/l.

Ce travail croise les données sur les eaux souterraines avec celles issues des cours d'eau. Les battements annuels sont plus faibles mais les valeurs moyennes plus élevées en nappe qu'en rivière. A l'extrémité amont de la Boutonne, la qualité des nappes et celle de la rivière se rapprochent, soulignant l'importance des eaux souterraines dans le débit de la Boutonne.

En matière d'évolution des teneurs, les données qualitatives des nappes, complétées par celles des rivières, permettent d'identifier différentes phases d'augmentation-stabilisation avec une tendance exprimée à la stabilisation voire à la baisse ces dernières années.



Sommaire

1. Introduction	7
2. Contexte	9
2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	9
2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	11
2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE.....	21
2.4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE.....	25
3. Qualité des eaux	31
3.1. EXAMEN DES TENEURS MOYENNES EN NITRATES DANS LES EAUX	34
3.2. ANALYSE DES CHRONIQUES DE TENEUR EN NITRATES.....	41
3.2.1. Dans les eaux superficielles.....	41
3.2.2. Dans les eaux souterraines.....	44
4. Conclusion	51
5. Bibliographie	55

Liste des illustrations

Illustration 1: Localisation du bassin versant de la Boutonne	9
Illustration 2 : bassin versant de la boutonne et modelé topographique issu du MNT	10
Illustration 3 : géologie du bassin de la Boutonne et position des coupes géologiques	13
Illustration 4 : coupe géologique n°1 - Coupe à travers le dôme de Melle au Nord-Ouest du Bassin de la Boutonne [LAVIE J. (2005)].....	15
Illustration 5 : coupe géologique n° 2 - Coupe à travers le dôme de Melle [LAVIE J. (2005)]	15
Illustration 6 : coupe géologique n° 3 - Le dôme de Melle et la vallée de la Boutonne au nord-est du Bassin de la Boutonne [LAVIE J. (2005)].....	17

Illustration 7 : coupe géologique n° 4 à travers le Bassin de la Boutonne permettant de décrire le contexte hydrogéologique [LAVIE J. (2005) d'après LEMORDANT (1998)]	19
Illustration 8 : piézométrie des aquifères [d'après BICHOT F. et al. (2005)]	23
Illustration 9 : Le réseau hydrographique	27
Illustration 10 : le réseau hydrographique et les relations nappes rivières [BICHOT F. et al. (2005) d'après LEMORDANT (1998)]	29
Illustration 11: localisation par n°BSS des points de mesures des eaux souterraines	33
Illustration 12 : localisation des points de mesures des eaux superficielles	34
Illustration 13 : teneur moyenne en nitrates des eaux souterraines et superficielles sur fond de carte géologique	36
Illustration 14 : éléments traceurs de la nappe de l'Infra-Toarcien pour différents ouvrages	38
Illustration 15 : répartition des teneurs en magnésium en fonction des nappes	39
Illustration 16 : teneur moyenne en nitrates en fonction de l'occupation du sol (fond : Corine Land Cover)	40
Illustration 17: évolution des teneurs en nitrates des eaux de la Boutonne et de ses affluents	42
Illustration 18 : teneur en nitrates de l'aquifère infra-toarcien	44
Illustration 19 : teneur en nitrates de l'aquifère du Dogger	45
Illustration 20 : teneur en nitrates de l'aquifère du Jurassique supérieur (zone nord)	46
Illustration 21 : évolutions de la teneur en nitrates de 1982 à 2007 sur les captages des Fosses et du Beth [LAVIE J. (2005), modifié]	47
Illustration 22 : teneur en nitrates de l'aquifère du Jurassique supérieur (zone sud)	48
Illustration 23 : teneur en nitrates de l'aquifère du Crétacé supérieur	49
Illustration 24 : zonage en fonction des teneurs en nitrates	53

1. Introduction

Situé sur les départements des Deux-Sèvres (pour sa partie amont) et de la Charente-Maritime (pour sa partie aval), le bassin versant de la Boutonne est soumis, comme de nombreux autres bassins versants de la région, à des problèmes relatifs aux nitrates dans les eaux. Ainsi, la concentration en nitrates des eaux prélevées et destinées à la consommation est en général élevée. Dans certains ouvrages cette teneur est supérieure au seuil de potabilité, de nombreux captages AEP ont d'ailleurs été abandonnés en partie à cause de ce paramètre.

Devant cette problématique l'Agence de l'Eau Adour-Garonne a demandé au BRGM-Service Géologique Régional Poitou-Charentes de réaliser une analyse des données disponibles.

Pour mener à bien ce travail dans le délai demandé, les données ont été collectées sur des bases de données disponibles sur Internet (ADES et serveur de données du bassin Adour-Garonne). Il s'appuie aussi sur la bibliographie suivante :

- BICHOT.F., THINON.LARMINACH.M., TOUCHARD.F., BAILLY.D. (2005) - Synthèse hydrogéologique par bassins versants de la région Poitou-Charentes. Relations nappes-rivières. Rapport BRGM/RP-53767-FR, 130 p.
- LAVIE J. (2005) - Avis sur la mise en œuvre d'un programme de type RE-SOURCES dans la zone d'alimentation des captages pour l'Alimentation en Eau Potable du secteur Nord-Boutonne (79). Rapport BRGM/RP-53768-FR, 59 p., 11 ill., 3 tab., 2 ann.
- LEMORDANT Y. (1998) - Bassin de la Boutonne – Relations nappe-rivière – délimitation de la nappe d'accompagnement. Rapport BRGM R 40095, 37 p., 16 fig., 4 ann.

Ce document aborde dans un premier temps et sommairement le contexte géographique, géologique, hydrogéologique et hydrologique de ce bassin versant.

L'analyse des données (teneurs en nitrates dans les eaux) est ensuite réalisée et permet d'individualiser 4 zones de contamination différentes en rapport avec le contexte géologique et hydrogéologique mais également en fonction de l'occupation du sol (zones cultivées ou boisées).

Ce travail est également réalisé en termes d'évolution dans le temps. Enfin, les corrélations entre qualité des eaux souterraines et eaux de surface sont aussi regardées.



2. Contexte

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le bassin versant de la Boutonne, d'une superficie d'environ 1300 km², est situé à cheval sur les départements des Deux-Sèvres, pour sa partie amont, et sur celui de la Charente-Maritime pour son tronçon aval (Illustration 1).

De quelques mètres d'altitude à la confluence de la Boutonne et de la Charente, les hauteurs peuvent atteindre +190 mètres NGF dans la zone amont du bassin versant (Illustration 2).

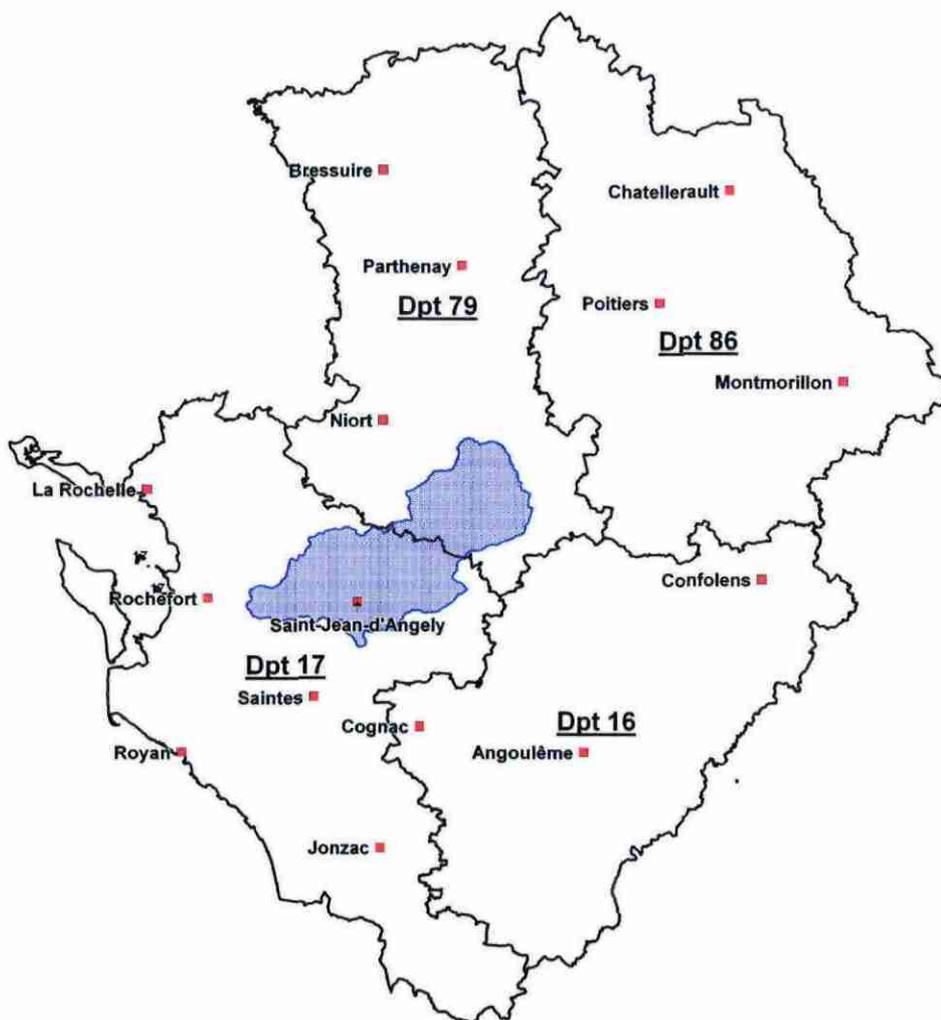


Illustration 1: Localisation du bassin versant de la Boutonne

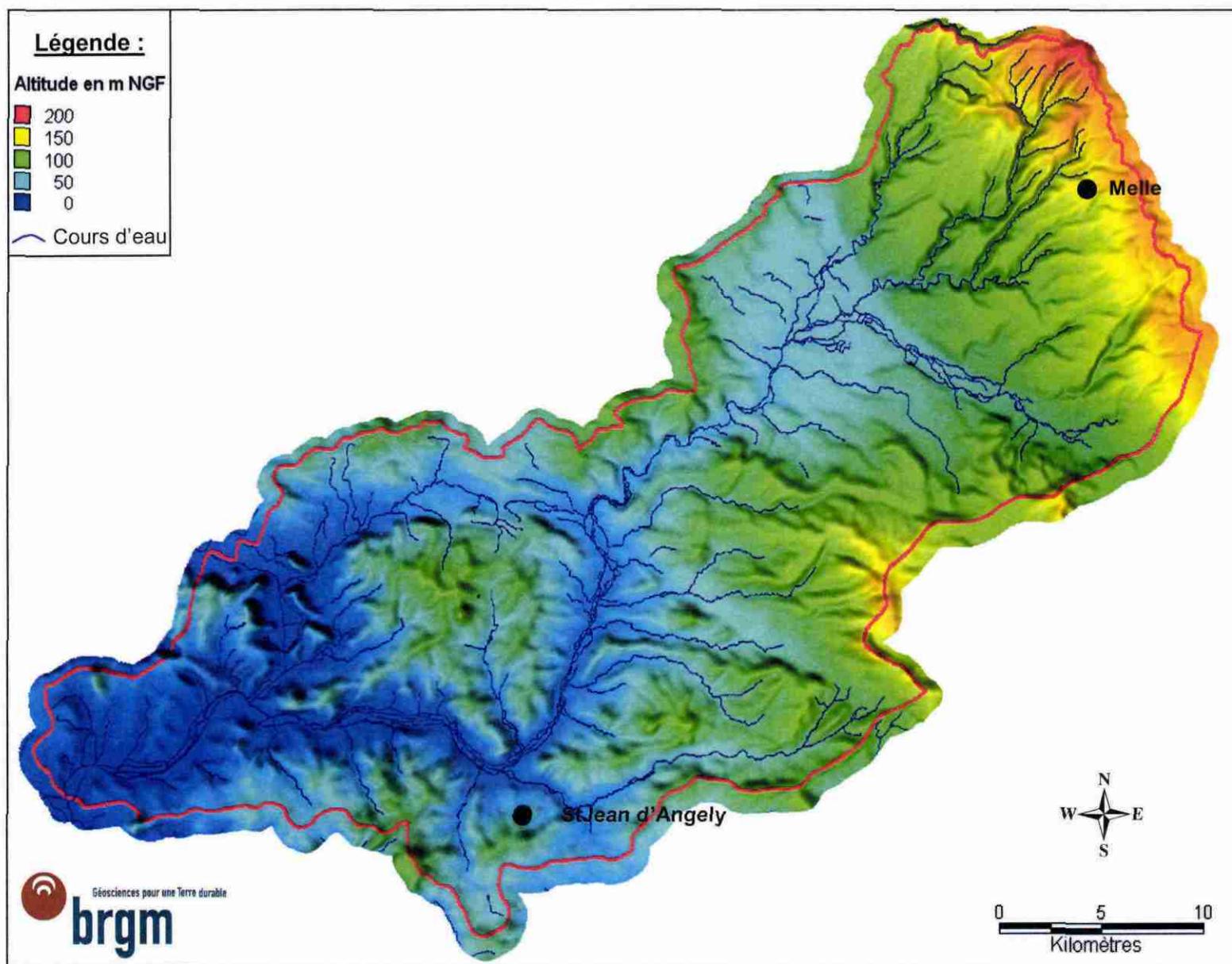


Illustration 2 : bassin versant de la boutonne et modelé topographique issu du MNT

2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le bassin versant de la Boutonne, orienté globalement nord-est/sud-ouest et situé sur la marge septentrionale du Bassin Aquitain, se localise principalement sur les formations du Jurassique (Illustration 3). La moitié nord du bassin versant de ce cours d'eau est caractérisée par la présence de failles de direction dite « armoricaine », c'est-à-dire ONO-ESE, qui structurent le paysage.

Le socle, visible au nord dans les entailles fluviales de la vallée de la Béronne, s'ennoie progressivement vers le sud sous les formations sédimentaires du Jurassique puis du Crétacé. Ainsi, les formations les plus récentes affleurent au sud tandis que les plus anciennes sont visibles à l'affleurement au nord.

Le nord du bassin versant de la Boutonne correspond à la partie sud du dôme de Melle qui est caractérisé par les formations du Lias et du Dogger. Ce dôme est limité par deux failles importantes (rejets de plus de 100 m) qui encadrent la vallée de la Boutonne. Ces failles se prolongent d'Aiffres jusqu'à Brioux-sur-Boutonne et Chef-Boutonne, commune où la Boutonne prend sa source.

Au sud de ce système de failles, la Boutonne s'écoule sur des formations du Jurassique supérieur (Oxfordien et Kimméridgien inférieur).

Au sud de Dampierre, un autre accident de direction similaire aux précédentes (faille de direction ONO/ESE), qui marque très nettement le paysage, délimite la partie aval de la vallée de la Boutonne caractérisée par des affleurements de Kimméridgien supérieur (Jurassique supérieur), du Tithonien puis du Crétacé supérieur.

Les coupes géologiques proposées sur les illustrations 3 à 7 présentent la géologie de ce bassin.



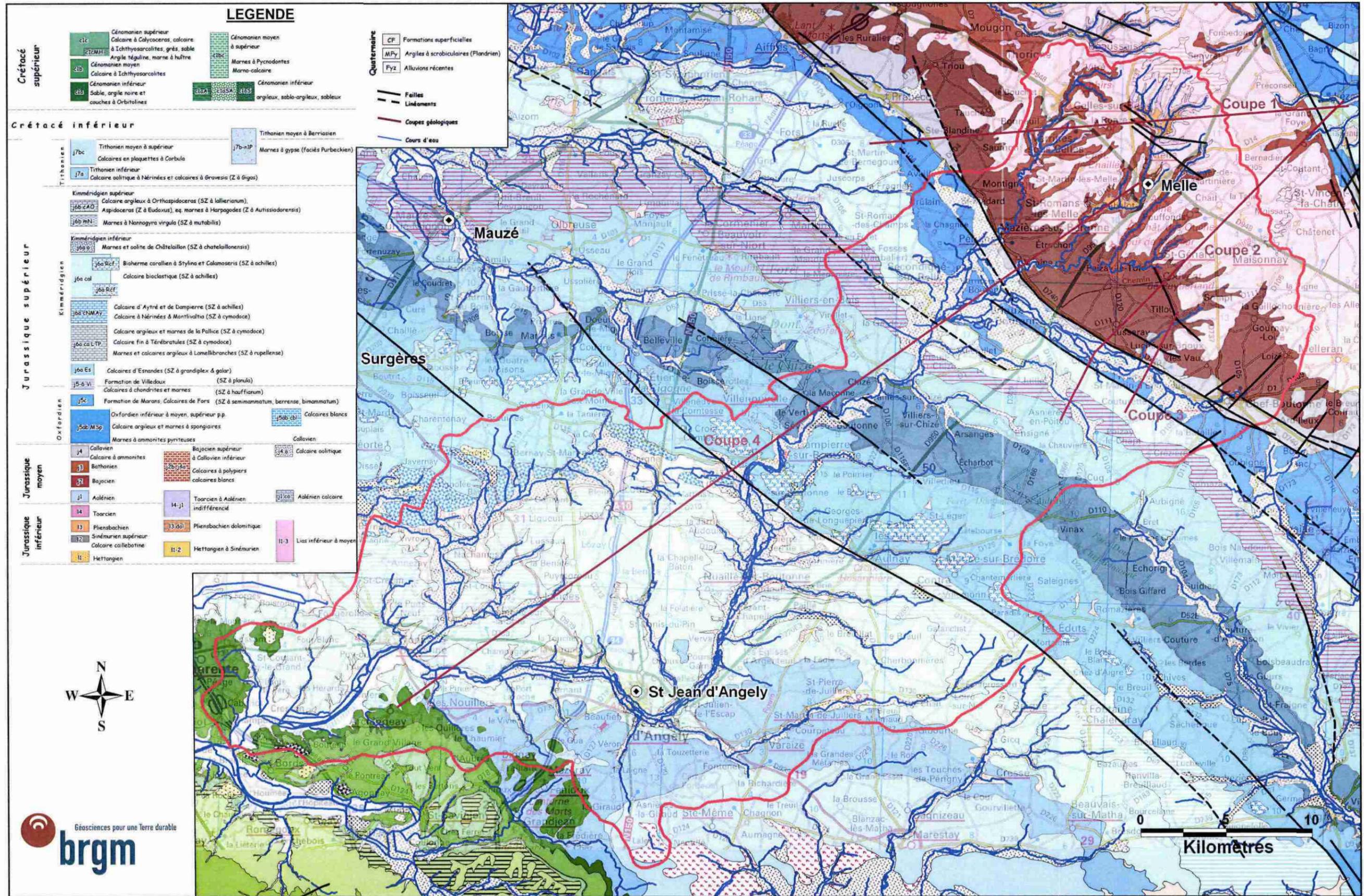


Illustration 3 : géologie du bassin de la Boutonne et position des coupes géologiques

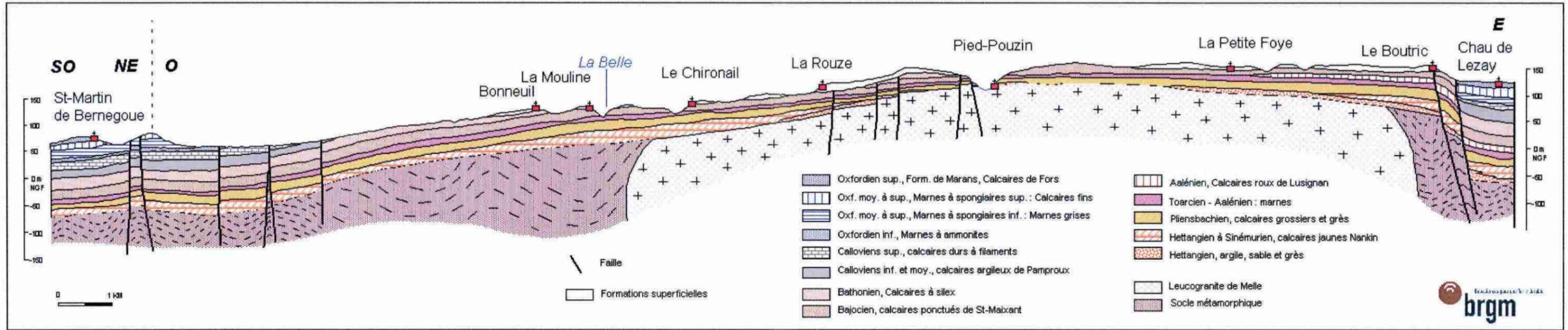


Illustration 4 : coupe géologique n°1 - Coupe à travers le dôme de Melle au Nord-Ouest du Bassin de la Boutonne [LAVIE J. (2005)]

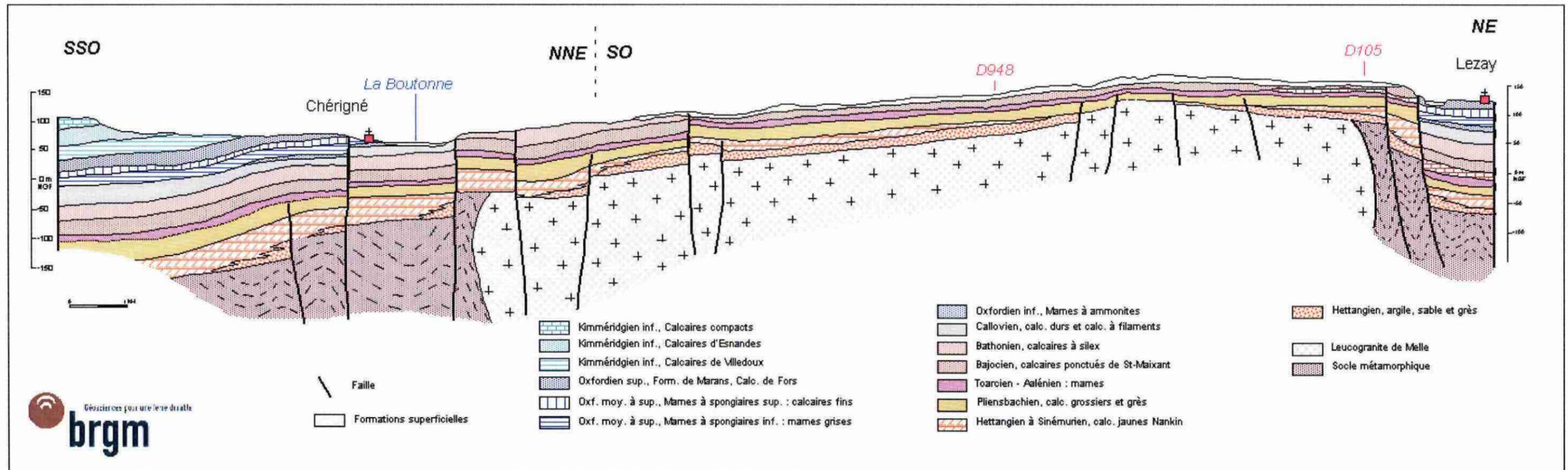


Illustration 5 : coupe géologique n°2 - Coupe à travers le dôme de Melle [LAVIE J. (2005)]



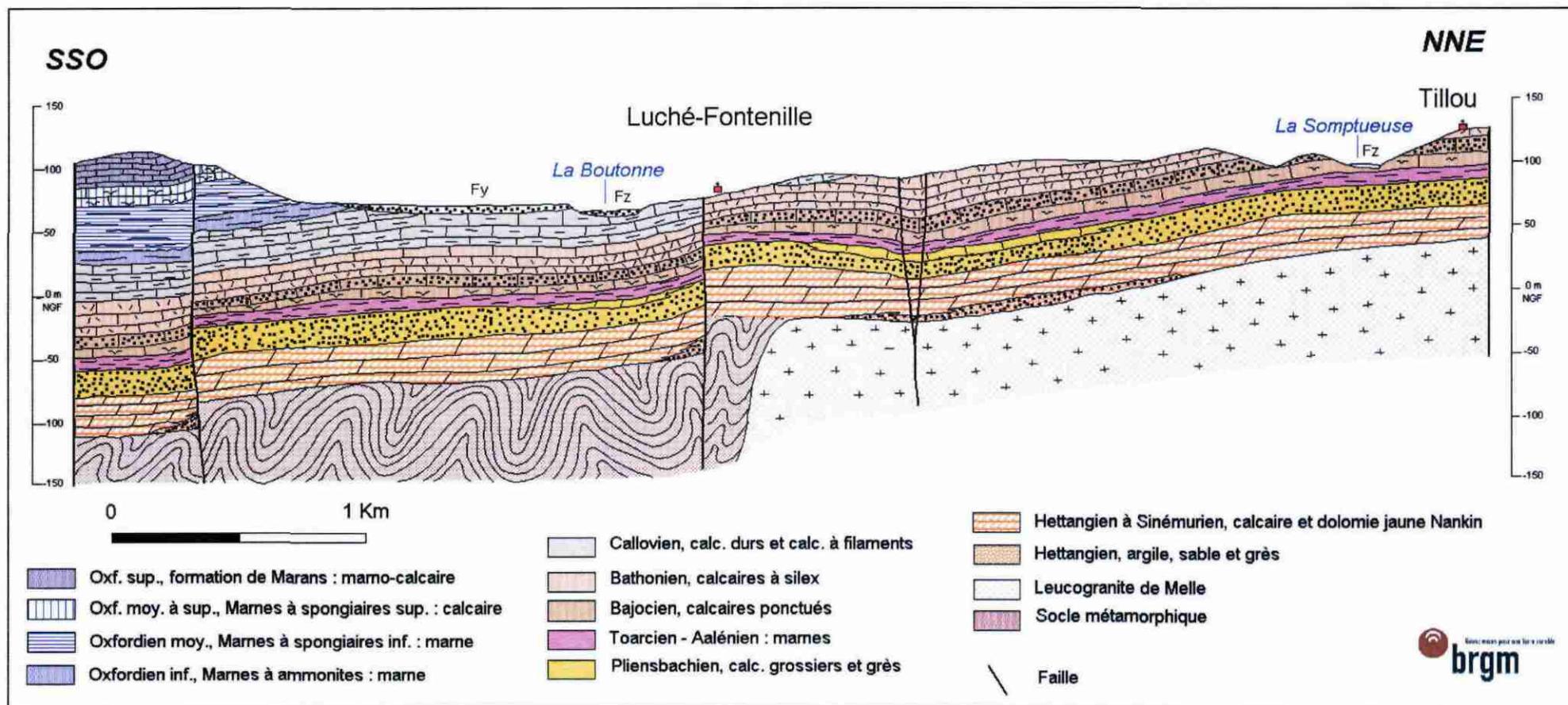


Illustration 6 : coupe géologique n° 3 - Le dôme de Melle et la vallée de la Boutonne au nord-est du Bassin de la Boutonne [LAVIE J. (2005)]



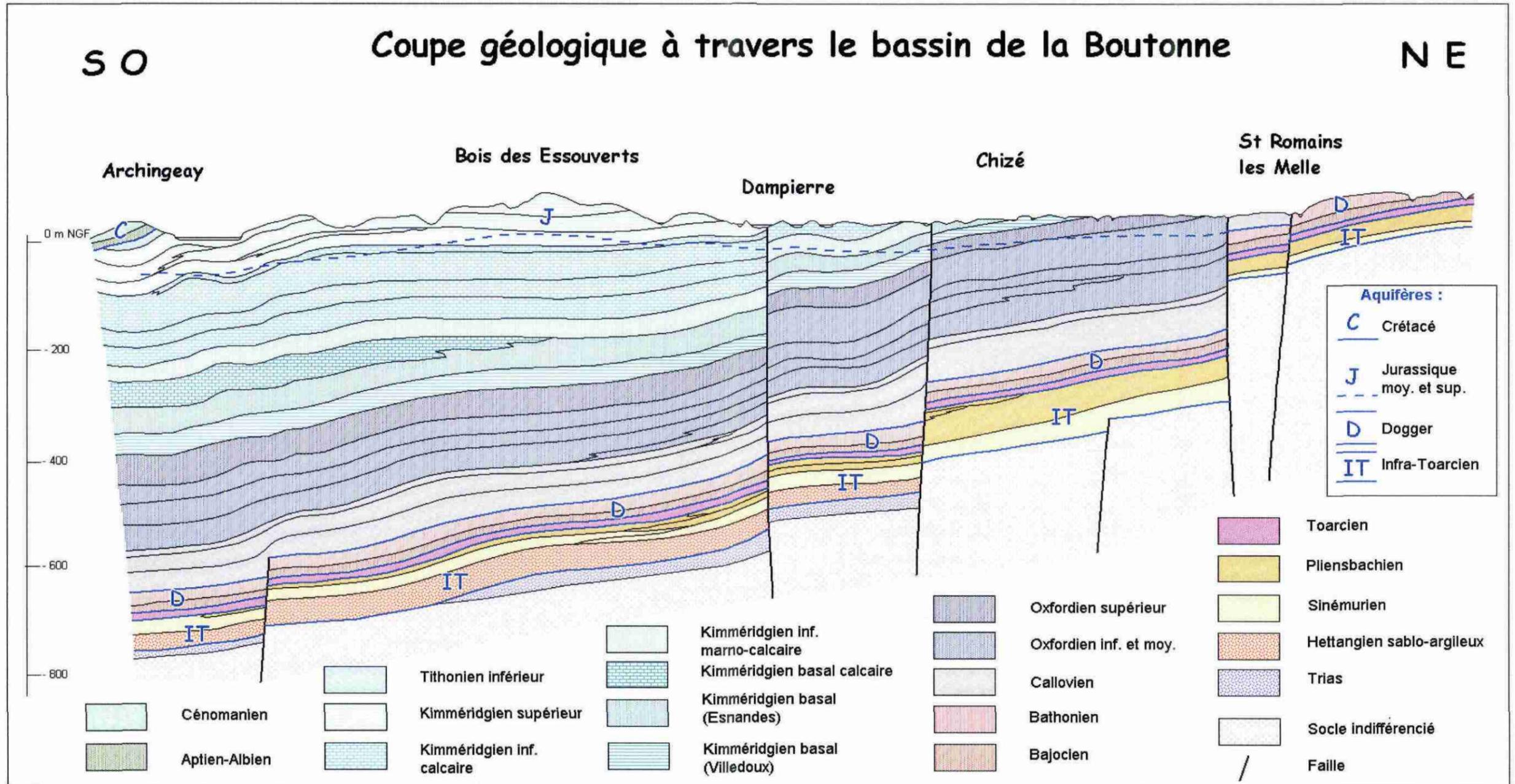


Illustration 7 : coupe géologique n° 4 à travers le Bassin de la Boutonne permettant de décrire le contexte hydrogéologique [LAVIE J. (2005) d'après LEMORDANT (1998)]



2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Sur le bassin de la Boutonne, on dénombre quatre aquifères principaux :

- L'aquifère du Jurassique inférieur ou de l'Infra-Toarcien :

Ce réservoir est composé principalement par des faciès calcaires plus ou moins dolomités et gréseux de l'Hettangien, du Sinémurien et du Pliensbachien. Cet aquifère repose sur le socle qui constitue son mur. Il est essentiellement captif sous le niveau de marnes toarciennes dans le secteur d'étude. On le retrouve à l'affleurement dans le nord de la zone d'étude (Dôme de Melle) à la faveur de l'érosion fluviale, dans les vallées de la Béronne et de la Légère.

Le drainage de la nappe se fait selon une direction est-nord-est vers l'ouest-sud-ouest (Illustration 8).

Du fait de son caractère essentiellement captif, il est peu affecté par les pollutions de surface, excepté sur sa partie libre. Il peut présenter des éléments naturels quelquefois indésirables (fluor, arsenic). Cette nappe est essentiellement exploitée au nord de la Boutonne (à l'affleurement ou sous recouvrement du Toarcien et du Dogger).

- L'aquifère du Jurassique moyen ou du Dogger :

Cet aquifère est constitué de l'ensemble des étages stratigraphiques du Dogger. Le faciès réservoir est représenté essentiellement par des calcaires oolithiques et dans une moindre mesure par des calcaires en plaquettes. Cet aquifère repose sur les marnes toarciennes qui le séparent de l'aquifère sous-jacent de l'Infra-Toarcien. Il est essentiellement libre au nord de la zone d'étude. Il est souvent recouvert par les altérites argilo-sableuses du Tertiaire. Au sud du couloir de failles, où la Boutonne s'écoule d'est en ouest, cet aquifère est captif sous les formations marneuses de l'Oxfordien.

Les grandes directions de drainage de cet aquifère sont comparables à celles de l'aquifère infra-toarcien. Plus localement et sur sa partie libre, elle suit les directions d'écoulements du réseau hydrographique (Illustration 8).

Du fait de la karstification des formations carbonatées qui composent ce réservoir, la nappe est sensible aux pollutions de surface. Elle est notamment contaminée par les nitrates et les phytosanitaires et ce dans des proportions variables.

La productivité étant généralement plus faible que celle de l'Infra-Toarcien, les forages agricoles sont généralement poursuivis jusqu'au Lias (l'aquifère de l'Infra-Toarcien n'est alors pas toujours bien isolé).

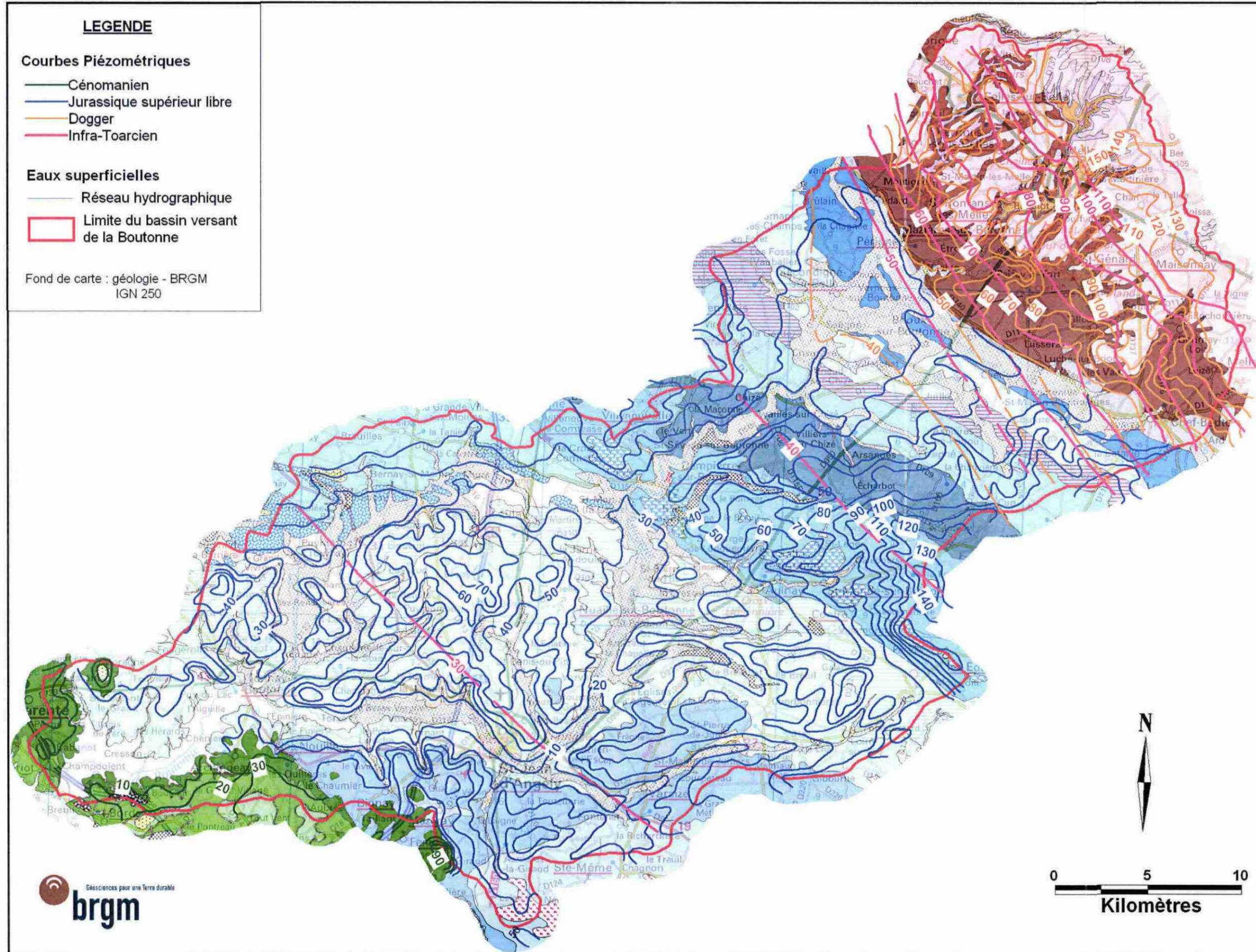


Illustration 8 : piézométrie des aquifères [d'après BICHOT F. et al. (2005)]



- L'aquifère du Jurassique supérieur :

Situé au sud du couloir de failles Secondigné - Chef-Boutonne, cet aquifère, aux caractéristiques hétérogènes, est constitué de séries marno-calcaires altérées (et « décompressées ») en surface. Le mur de celui-ci est formé par un niveau caractéristique, appelé localement « banc bleu », qui désigne des calcaires marneux gris non altérés (limite entre la zone altérée et oxydée à fissuration ouverte et la zone réduite à fissuration fermée), situé vers 20 à 30 mètres de profondeur. Il s'agit donc ici d'un aquifère libre drainé par les cours d'eau dans certains secteurs ou qui draine les cours d'eau dans d'autres. Ces échanges nappes/rivières peuvent aussi s'inverser en fonction des saisons. La surface piézométrique de cette nappe se superpose donc plus ou moins au modelé topographique (Illustration 8).

Cet aquifère est sensible aux contaminations anthropiques, la qualité de ses eaux est donc généralement peu satisfaisante. Il peut localement fournir des débits intéressants comme c'est le cas à la source du Beth à Availles-sur-Chizé.

- L'aquifère du Crétacé supérieur (Cénomaniens) :

Situé à l'extrême sud de la zone d'étude dans le secteur de confluence entre la Boutonne et la Charente, l'aquifère du Cénomaniens est formé de sables, de grès et de calcaires à niveaux argileux, ce qui se traduit par une multiplication de niveaux réservoir interconnectés ou indépendants. Cette nappe est souvent libre mais peut être localement captive sous un niveau imperméable.

Localement, d'autres aquifères sont rencontrés sur ce bassin versant. Au nord de la faille de la Boutonne, les formations superficielles tertiaires, parfois réservoir, sont drainées sur les flancs des vallées par de petites sources ou par la nappe du Dogger sous-jacente. Les alluvions et colluvions quaternaires, de par leur faible épaisseur (quelques mètres au plus) et leur caractère argileux, ne présentent pas d'intérêt hydrogéologique. Ils constituent alors des horizons "relais" pour les grands aquifères sous-jacents qui sont drainés par les cours d'eau. Dans la partie la plus aval de la Boutonne, les alluvions anciennes peuvent contenir de petites nappes "captives" sous le Bri.

2.4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

La Boutonne (environ 90 km de linéaire) prend sa source à Chef-Boutonne à une altitude d'environ + 90 m NGF dans les formations du Dogger.

Dans sa partie amont, elle s'écoule d'est en ouest entre 2 failles, principalement sur les formations du Dogger et de l'Oxfordien inférieur et moyen (Illustration 9). Elle reçoit sur ce tronçon et en rive droite les eaux des cours d'eau suivants : la Somptueuse (10 km), la Béronne (30 km) et la Belle (27.5 km). Ces derniers prennent leurs sources et s'écoulent au droit du Dôme de Melle sur les formations du Dogger et du Lias.

La Boutonne est également alimentée par le drainage des eaux des aquifères de l'Infra-Toarcien, du Dogger et du Jurassique supérieur. Entre Chef-Boutonne, où se situent des sources importantes, jusqu'à Secondigné, le débit de la Boutonne augmente, y compris en périodes de basses eaux [LAVIE J. (2005)].

Dans la partie médiane, entre les confluences avec la Belle et le Vau, la Boutonne prend une direction nord-est/sud-ouest. Le réseau hydrographique est moins développé. Ainsi, sur les formations de l'Oxfordien supérieur au Kimméridgien supérieur, la Boutonne ne reçoit les eaux que de quelques cours d'eau en rive gauche, de la Bellesebonne (16 km), la Bondonne (6 km) et le Vau (14 km) (Illustration 9).

Les relations nappes-rivières dans ce secteur sont assez complexes et peuvent être schématisées de la façon suivante en période estivale (Illustration 10) [BICHOT F. et al. (2005) ; LEMORDANT (1998)] :

- Entre Secondigné et Chizé, lors de son parcours sur les calcaires de la base du Kimméridgien, des pertes de la rivière sont suspectées.
- Entre Chizé et Le Vert, la Boutonne s'écoule sur les marnes du Kimméridgien inférieur, ceci se traduit par un maintien voire une augmentation du débit par des apports latéraux.
- Entre le Vert et Dampierre, le débit de la rivière s'accroît également par la contribution de nombreuses sources issues des calcaires kimméridgiens.

A l'aval de la confluence avec le Vau, la Boutonne s'écoule sur les formations du Kimméridgien supérieur sur lesquelles le réseau hydrographique est bien développé.

Ainsi dans ce secteur aval, la Boutonne reçoit successivement et principalement les cours d'eau suivants :

- En rive Droite : La Bredonne (~14 km), La Saudrenne (~14 km), le Padome (~13 km), La Nie (~26 km).
- En Rive Gauche : Le Pouzat (~10 km), La Soie (~8 km), et la Trézence (~27 km), via le canal de Sainte Julienne.

Dans ce secteur, entre Dampierre et Saint Jean d'Angely, la Boutonne est, à l'étiage, en position perchée par rapport à la nappe libre et superficielle du Jurassique supérieur. La rivière a alors tendance à alimenter cet aquifère et voit donc son débit diminué.

A l'aval de Saint-Jean-d'Angely, le débit diminue également dans la zone où l'aquifère du Jurassique supérieur se met en charge sous les formations argileuses du "Bri" [LAVIE J. (2005)].

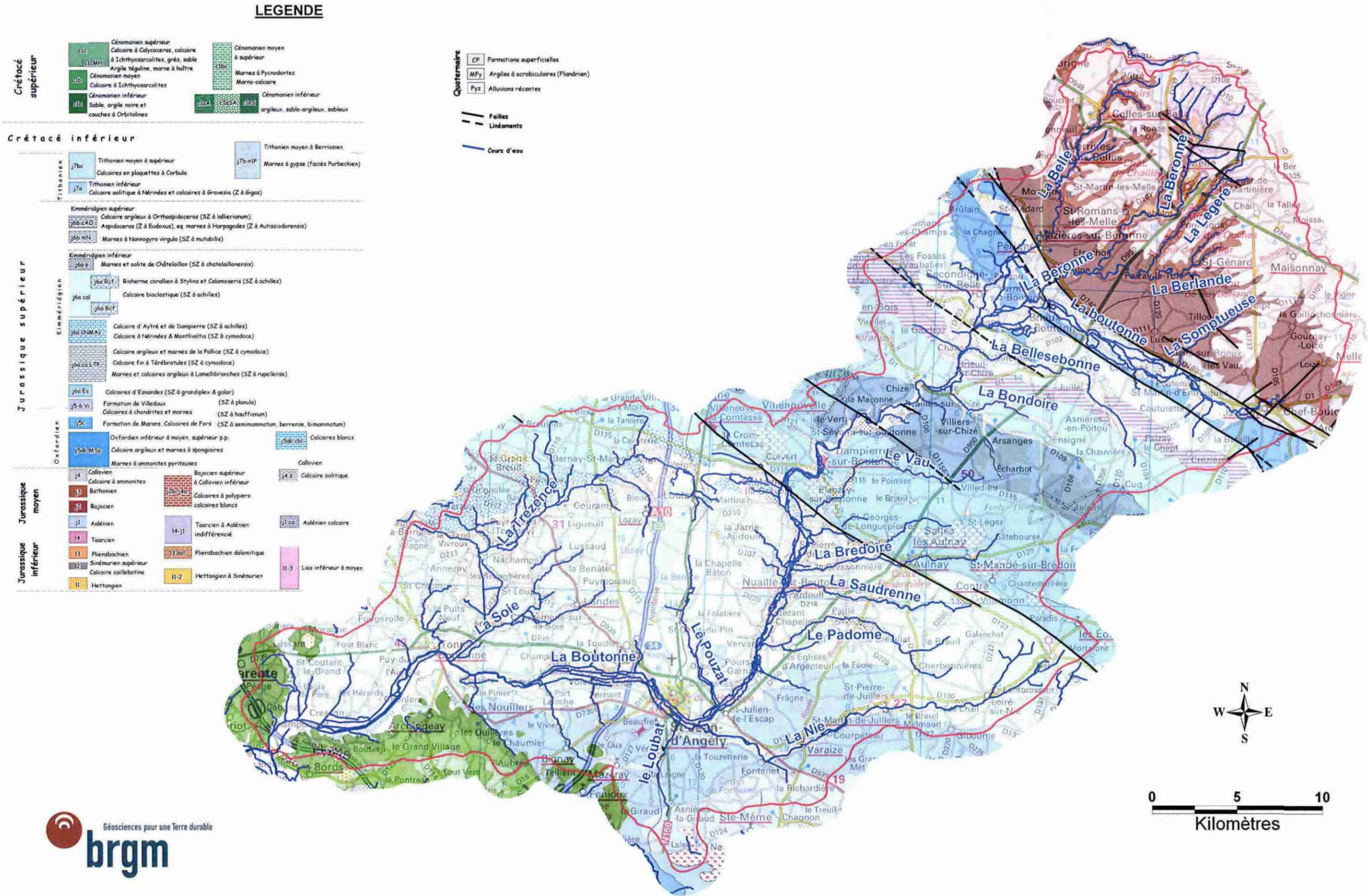


Illustration 9 : Le réseau hydrographique



Bassin versant de la Boutonne – Etat des lieux de la qualité des eaux par rapport au paramètre nitrate

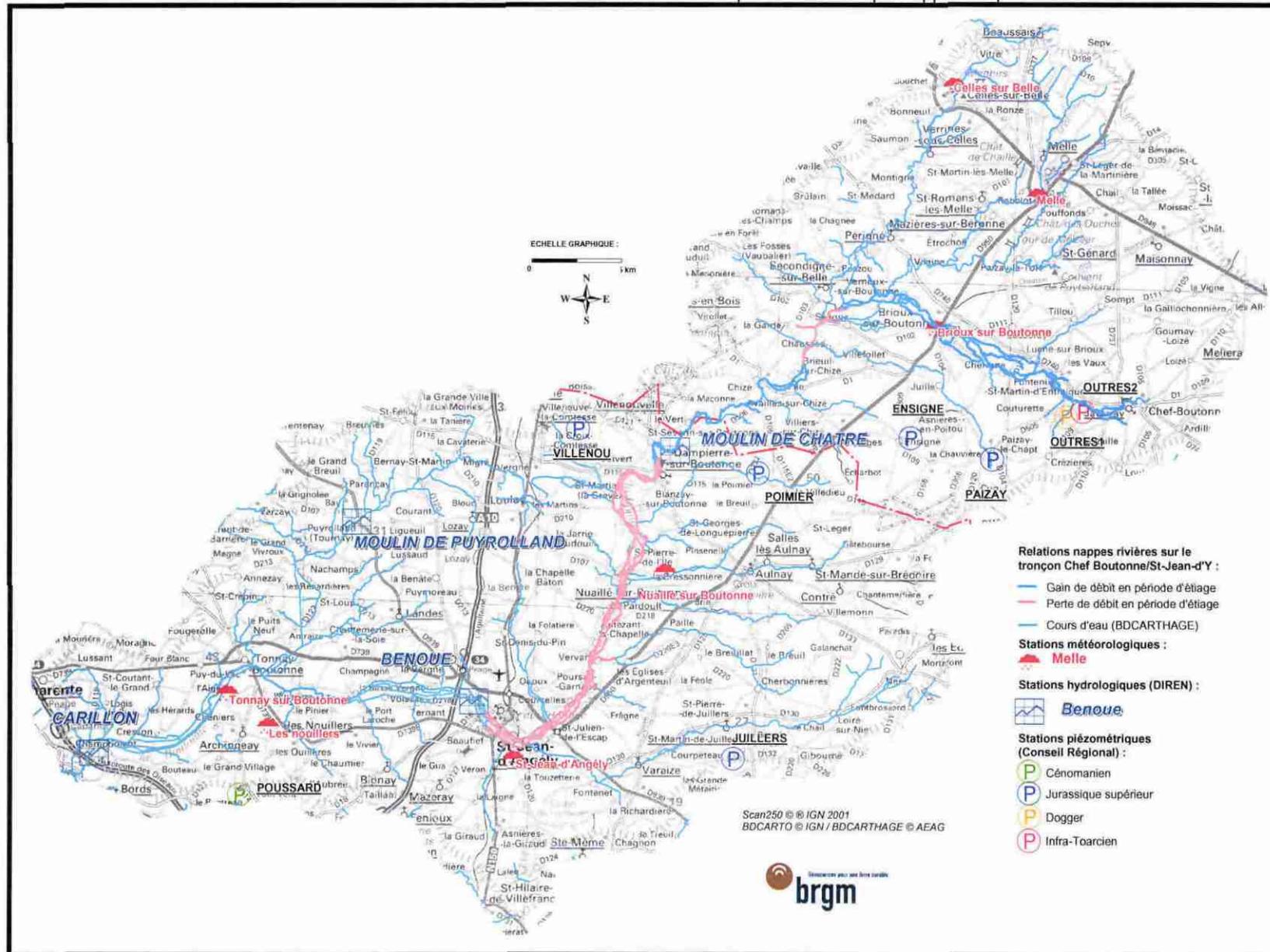


Illustration 10 : le réseau hydrographique et les relations nappes rivières [BICHOT F. et al. (2005) d'après LEMORDANT (1998)]

3. Qualité des eaux

Le paramètre nitrate est généralement retenu comme indicateur de contamination anthropique des eaux souterraines car il s'agit d'un élément régulièrement mesuré lors de toutes les analyses standard. En outre, il s'agit d'un élément dont le dosage est facile, fiable et généralement indépendant du laboratoire d'analyses, ce qui n'est pas le cas pour des indicateurs comme les molécules phytosanitaires. L'utilisation des teneurs en phytosanitaires est par ailleurs difficilement utilisable sur des historiques car les recherches sont relativement récentes, les seuils de quantification évoluent rapidement, et, enfin, ces analyses sont coûteuses ce qui en réduit le nombre.

La présence des nitrates dans les eaux souterraines est essentiellement anthropique, les éventuelles teneurs naturelles sont généralement peu élevées. Il est d'ailleurs habituellement admis que toute concentration dépassant 10 mg/l de nitrates dans les eaux souterraines est le signe d'une influence humaine.

La teneur en nitrates dans les eaux souterraines dépend bien évidemment des quantités épandues mais également des saisons. Ainsi, les teneurs augmentent généralement en période de recharge des aquifères par le lessivage des nitrates lors des phases de précipitations et d'infiltration des eaux dans le sol. En hiver la faible couverture végétale, la période de dormance des plantes et la faible activité biologique du sol à basse température (diminution de l'absorption des nitrates par les plantes, baisse des phénomènes de dénitrification par les bactéries du sol...) favorisent aussi la contamination des eaux.

Les données sur les eaux souterraines sont issues principalement de la base de données ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines). Quant aux données sur les eaux de surface, elles proviennent du « serveur de données du bassin Adour-Garonne » (base de données gérée par le réseau de bassin Adour-Garonne qui rassemble les producteurs de données, les services déconcentrés de l'Etat, le Conseil Supérieur de la Pêche et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne).

Au total, 72 points d'eaux ont été étudiés sur le bassin versant de la Boutonne dont :

- 60 points d'eaux souterraines (avec un total de 687 mesures) qui sont relativement bien répartis sur la zone d'étude (Illustration 11). Les dates de prélèvements s'échelonnent sur deux périodes principales, 1981 à 1992 et 1995 à 2008, et ce pour des ouvrages différents. A noter qu'il y a très peu de résultats d'analyses récentes en nitrates disponibles sur la base de données ADES concernant la zone du bassin versant de la Boutonne située sur le département de la Charente-Maritime (seulement 10 points sur 27) en particulier sur la moitié ouest. Parallèlement, pour le secteur situé en Deux-Sèvres, 23 points sur 33 ont des mesures récentes (1995 à 2008). Le manque de données récentes dans certains secteurs nous a donc amené à considérer l'ensemble des valeurs anciennes pour notre interprétation ; ce qui n'est pas

incohérent car la comparaison des teneurs anciennes et récentes entre des points proches montre assez peu de différences.

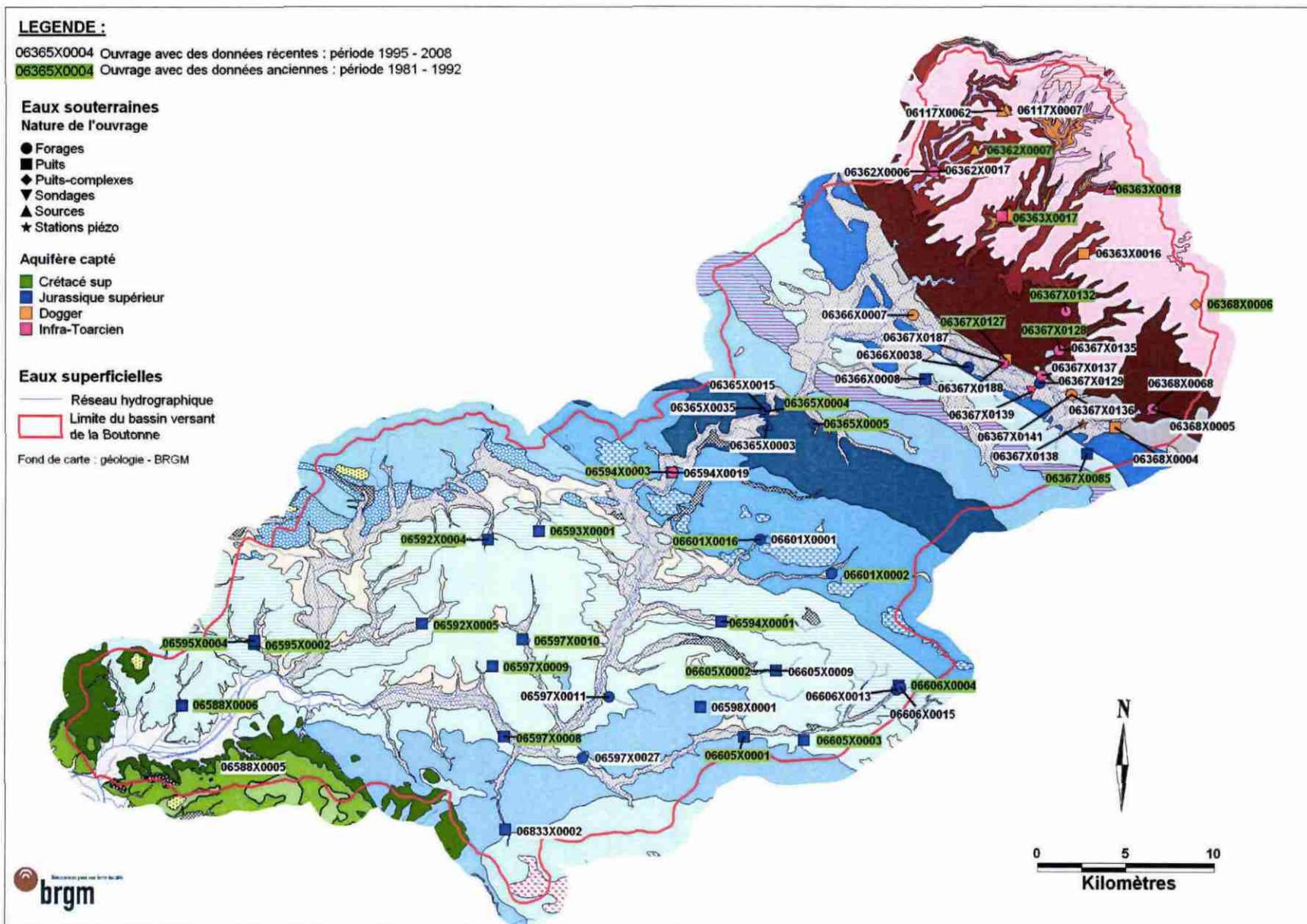


Illustration 11: localisation par n°BSS des points de mesures des eaux souterraines

- 12 points d'eaux de surface (avec un total de 1557 mesures) qui se localisent sur la Boutonne et ses affluents (Illustration 12). Il est à noter l'absence d'indicateur de la qualité de la Boutonne entre Séligné et Saint-Julien-de-l'Escap, du moins à notre connaissance.
La période de mesure pour la majorité des points débute au milieu des années 1970 pour se terminer en 2005.

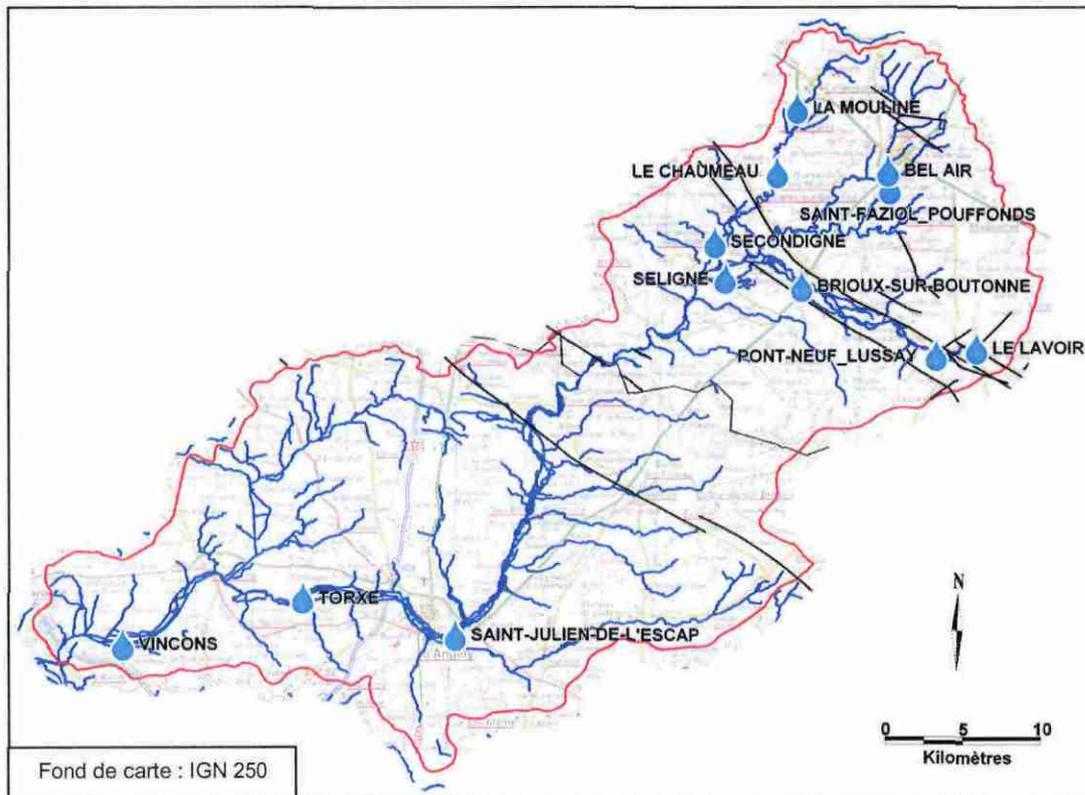


Illustration 12 : localisation des points de mesures des eaux superficielles

3.1. EXAMEN DES TENEURS MOYENNES EN NITRATES DANS LES EAUX

Le calcul de la teneur moyenne en nitrates a été réalisé sur l'ensemble des valeurs disponibles en ce qui concerne les eaux souterraines alors que pour les eaux superficielles, vu le nombre important de mesures, cette valeur moyenne ne tient compte que des 5 dernières années, soit la période 2000 à 2005.

La répartition en fonction de gammes de teneurs en nitrates sur les eaux souterraines se fait de la façon suivante :

Gamme 0 à 10 mg/l :

L'examen des teneurs en nitrates, et ce sur les deux périodes de mesures 1981–1992 et 1995–2008, met en évidence que seulement 12% des points d'eaux qui ont été

analysés présentent des concentrations moyennes en nitrates inférieures à 10 mg/l (Illustration 13). Ces eaux sont issues principalement de l'aquifère infra-toarcien lorsqu'il est captif dans le secteur du Tillou.

Gamme 10 à 30 mg/l :

- 13 % des points d'eaux ont des concentrations en nitrates qui s'échelonnent de 10 à 30 mg/l. Dans cette gamme de valeur on trouve quelques points de la nappe du Dogger au nord de la zone d'étude, du Jurassique supérieur et de l'Infra-Toarcien (libre), en général assez proche de 30 mg/l (Illustration 13).

Gamme de 30 à 50 mg/l :

- 35 % des points d'eaux ont des teneurs en nitrates comprises entre 30 et 50 mg/l. Ces points se répartissent principalement dans la partie nord (aquifères du Dogger et de l'Infra-Toarcien libre) et au centre du bassin de la Boutonne (aquifère du Jurassique supérieur - Kimméridgien inférieur - au sud de la faille passant par Brioux-sur-Boutonne et au nord de la faille passant au sud de Dampierre-sur-Boutonne) (Illustration 13).

Gamme supérieure à 50 mg/l :

- 40 % des points ont des concentrations en nitrates supérieures à 50 mg/l. Ils se situent principalement dans le couloir de failles de la partie amont de vallée de la Boutonne (aquifères du Jurassique supérieur représenté par l'Oxfordien et du Dogger) et dans le sud du bassin de la Boutonne (nappe du Jurassique supérieur - Kimméridgien et Tithonien) (Illustration 13).

On constate alors 4 grandes zones plus ou moins contaminées par les nitrates :

1. Un secteur septentrional qui correspond entre autres à la zone d'affleurement des formations du Dogger et du Lias au nord du système de failles où s'écoule la Boutonne. La teneur en nitrates des eaux échantillonnées est inférieure au seuil de distribution pour l'AEP (Alimentation en Eau Potable) excepté pour 2 ouvrages localisés dans l'aquifère libre du Dogger. Concernant ce dernier aquifère et pour les autres points de mesure, la teneur moyenne en nitrates est aux alentours de 30 mg/l.

Dans la partie libre de la nappe infra-toarcienne, les valeurs moyennes les plus hautes se situent dans les forages localisés dans la vallée de la Belle à Verrines-sous-Celles (environ 45 mg/l). Du fait de la relative bonne protection conférée par les marnes toarciennes sur l'aquifère infra-toarcien avec corrélativement des phénomènes vraisemblables de dénitrification, les teneurs en nitrates dans cette nappe lorsqu'elle est captive sont très faibles voire nulles (teneur moyenne dans les eaux de 0 mg/l à quelques mg/l).

Bassin versant de la Boutonne – Etat des lieux de la qualité des eaux par rapport au paramètre nitrate

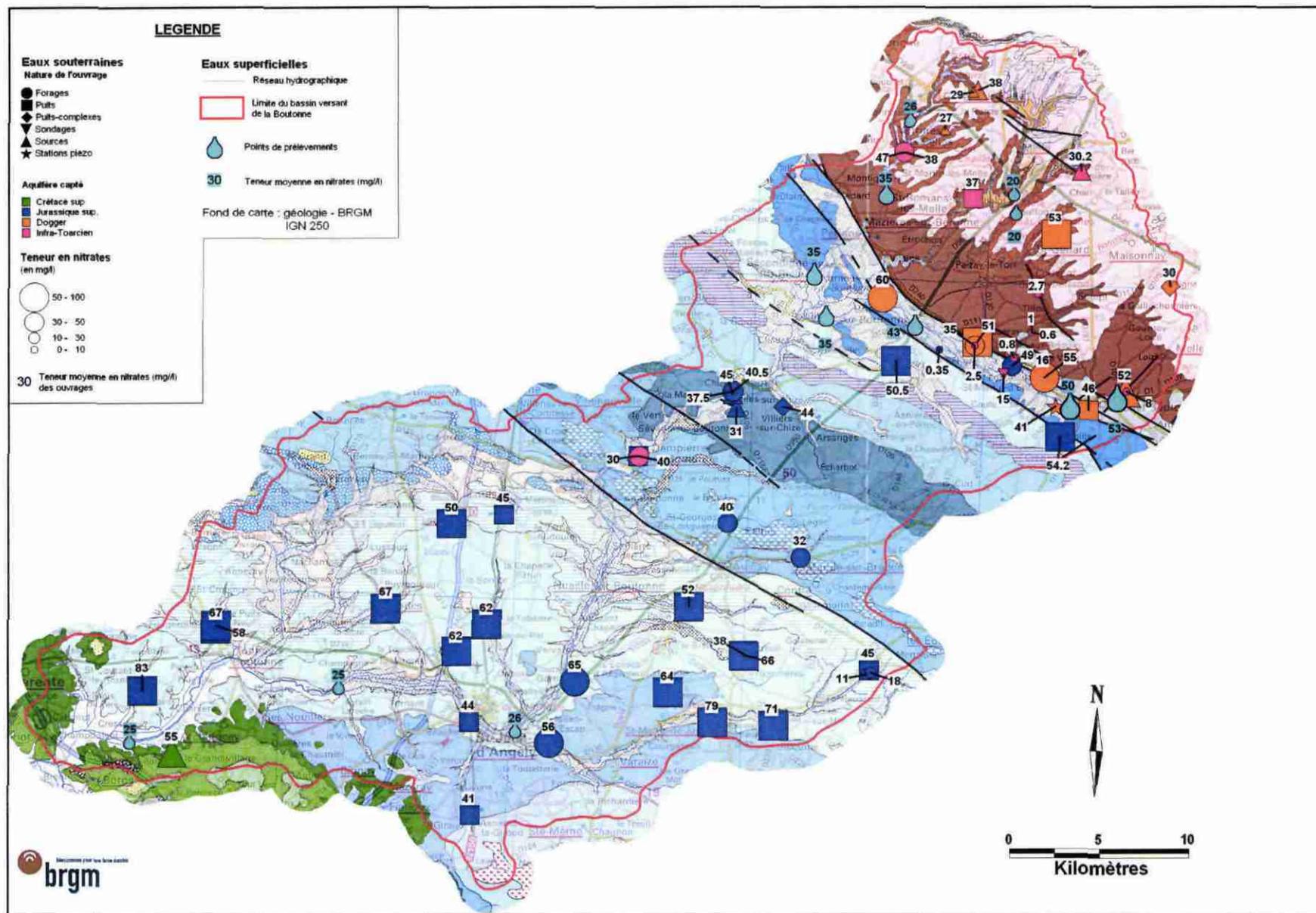


Illustration 13 : teneur moyenne en nitrates des eaux souterraines et superficielles sur fond de carte géologique

En ce qui concerne les eaux superficielles, les teneurs moyennes en nitrates sur les affluents de la Boutonne oscillent entre 20 mg/l et 35 mg/l. Pour la Boutonne, la teneur à la source est d'un peu plus de 50 mg/l (52 mg/l pour la source - n° BSS 06368X0005 et 53 mg/l pour le point de mesure sur la Boutonne au Lavoir situé à environ 600 mètres à l'aval de la source) (cf. zone suivante).

2. Le secteur localisé le long de la Boutonne, de Javarzay à Vernoux-sur-Boutonne et entre les deux failles, montre des teneurs moyennes en nitrates relativement importantes dans les eaux des nappes libres du Dogger et du Jurassique supérieur. Ainsi, la majorité des points a une teneur moyenne en nitrates aux alentours du seuil de potabilité (50 mg/l).

La teneur des eaux de surface est également assez importante en particulier dans la zone amont (Pont-Neuf à Lussay : 50 mg/l). D'amont en aval toutefois, les teneurs moyennes ont tendance à baisser (Brioux-sur-Boutonne : 43 mg/l puis Séligné : 35 mg/l).

3. La zone localisée sur les formations de l'Oxfordien terminal au Kimméridgien inférieur, entre le secteur précédent et la faille passant au sud de Dampierre-sur-Boutonne, montre des teneurs importantes mais plus basses que sur le secteur précédent. Ainsi, les mesures réalisées sur l'aquifère libre du Jurassique supérieur montrent des concentrations moyennes inférieures à 50 mg/l (forages et puits sur les communes de Chizé et ses alentours, Saint-Mandé-sur-Brechoire, Dampierre-sur-Boutonne et Aulnay).
4. Le dernier secteur, qui correspond à la moitié sud du bassin versant de la Boutonne et en particulier aux affleurements du Kimméridgien supérieur, du Tithonien et du Crétacé supérieur, semble le plus contaminé en ce qui concerne les eaux souterraines que ce soit pour les eaux prélevées durant les périodes 1981-1992 et comme entre 1996 et 2008. La valeur médiane des teneurs moyennes en nitrates est de 50 mg/l à 60 mg/l. Pour la teneur la plus forte, une valeur moyenne de presque 80 mg/l durant la période 1981-1992 a été atteinte dans la vallée de la Nie sur la commune de Saint-Martin-de-Juillers.

Deux forages localisés à l'est de cette zone montrent des teneurs moyennes en nitrates assez singulières, celles-ci sont de l'ordre de 10 mg/l à 20 mg/l (n° BSS 06606X0013 - profondeur d'environ 30 mètres - et 06606X0015). Une des hypothèses pouvant expliquer cette observation est la remontée d'eau profonde par le biais de fracturations, qui pourrait faire baisser les teneurs en nitrates. La teneur en magnésium des eaux de ces forages, qui est un marqueur naturel des eaux confinés captives (temps de séjour élevé) comme dans ce secteur de la nappe du Dogger ou de l'Infra-Toarcien (environ 30 mg/l sur les points captifs au nord de la zone d'étude), semble conforter cette hypothèse. En effet, la teneur en magnésium pour ces deux forages est de l'ordre de 30 mg/l à 40 mg/l alors que pour les eaux des autres ouvrages captant cet aquifère du Jurassique supérieur elle est généralement inférieure à 10 mg/l (Illustration 14 et Illustration 15).

D'autres éléments, comme la teneur en fluor et en sulfates, viennent corroborer cette hypothèse (Illustration 14). Ainsi, comme pour le magnésium, les teneurs de ces deux éléments dans les eaux de ces ouvrages, sont plus proches de celles des eaux de l'Infra-Toarcien que du Jurassique supérieur.

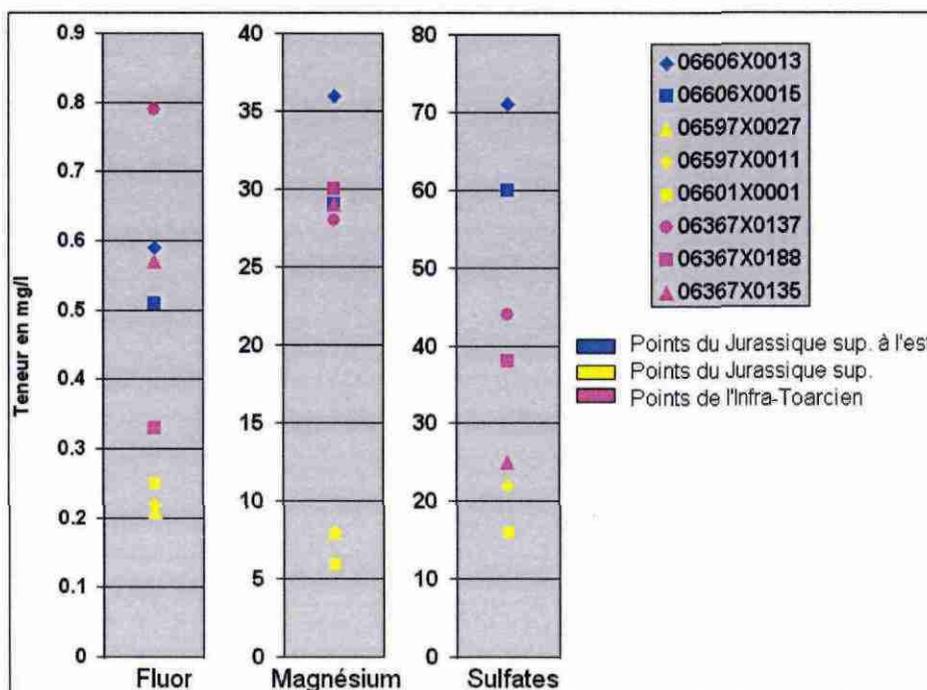


Illustration 14 : éléments traceurs de la nappe de l'Infra-Toarcien pour différents ouvrages

Inversement, dans la zone précédente (3), le forage profond de Dampierre-sur-Boutonne correspond à une anomalie contraire, avec de fortes teneurs en nitrates (Illustration 13) et de faibles teneurs en magnésium (Illustration 15). Ceci suggère une « contamination » de l'ouvrage par des eaux superficielles.

La seule valeur disponible sur le bassin de la Boutonne concernant l'aquifère du Cénomanién supérieur indique également une concentration en nitrates supérieure à la norme de potabilité (55 mg/l).

A contrario, en ce qui concerne les eaux superficielles, c'est dans cette zone que la teneur moyenne en nitrates est la plus basse (~25 mg/l).

La superposition des valeurs moyennes en nitrates et du fond numérique Corine Land Cover, qui représente l'occupation du sol, montre de bonnes corrélations entre les teneurs en nitrates élevées sur les zones les plus cultivées et les teneurs plus basses sur les zones forestières ou de prairies (Illustration 16). Ainsi, on constate, sur la zone sud très cultivée, que les teneurs en nitrates sont importantes alors que le secteur intermédiaire, plus forestier, est moins contaminé.

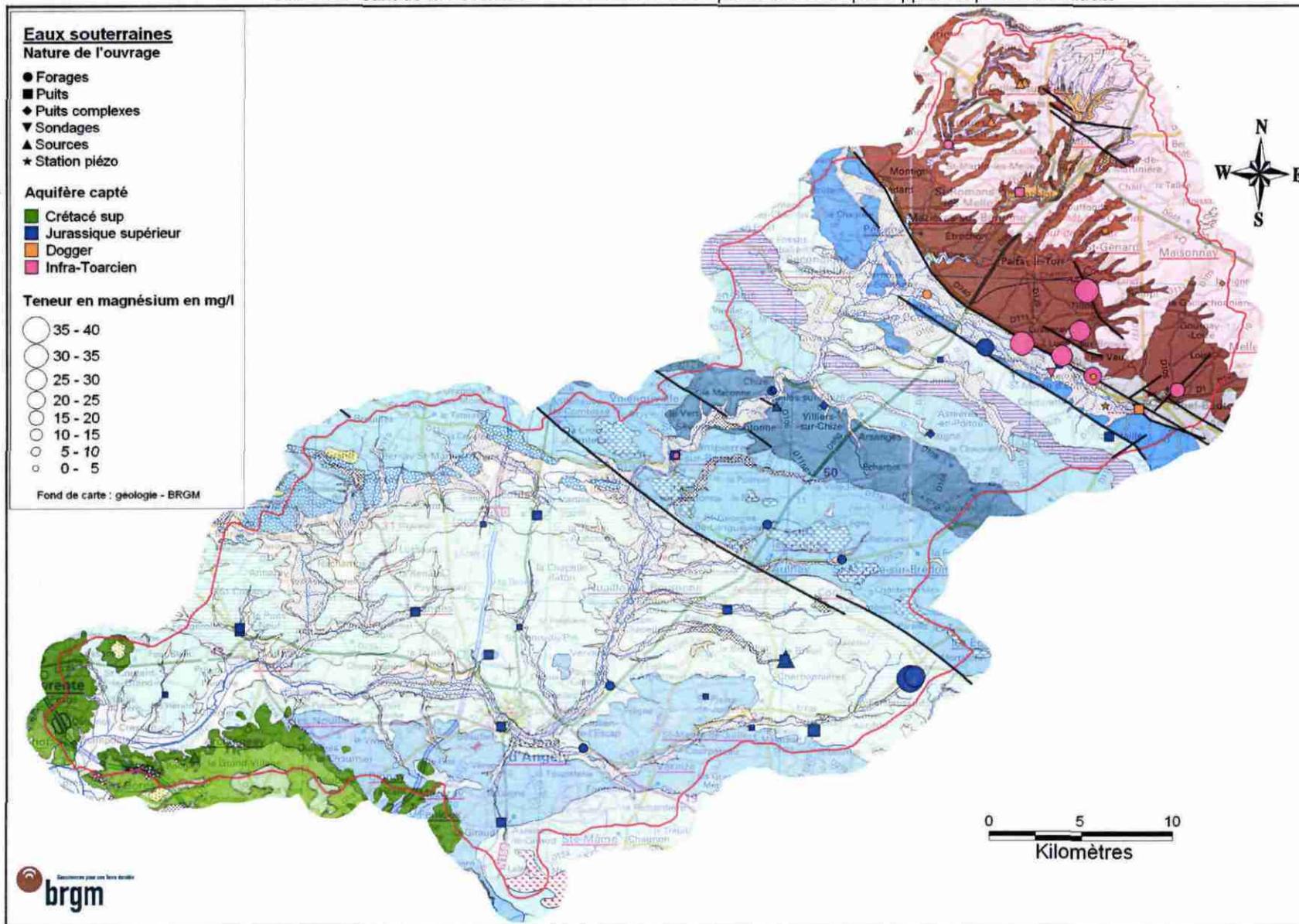


Illustration 15 : répartition des teneurs en magnésium en fonction des nappes

Bassin versant de la Boutonne – Etat des lieux de la qualité des eaux par rapport au paramètre nitrate

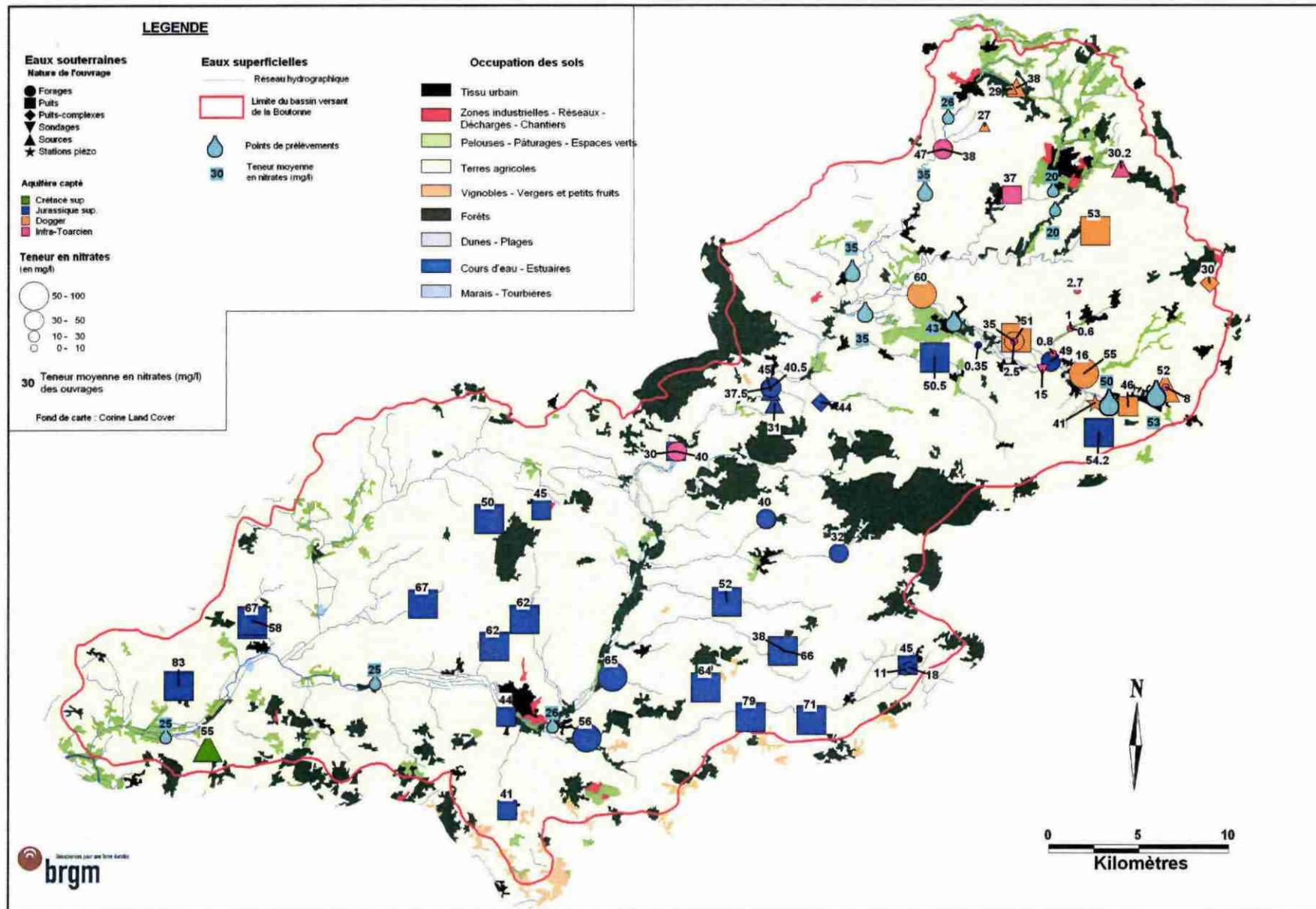


Illustration 16 : teneur moyenne en nitrates en fonction de l'occupation du sol (fond : Corine Land Cover)

3.2. ANALYSE DES CHRONIQUES DE TENEUR EN NITRATES

3.2.1. Dans les eaux superficielles

Afin de caractériser les eaux superficielles en termes d'évolutions des teneurs en nitrates, des graphiques ont été réalisés en fonction de la localisation des points de prélèvements de la façon suivante :

- évolution des teneurs sur la partie amont de la Boutonne,
 - évolution des teneurs sur la partie aval de la Boutonne,
 - évolution des teneurs sur la Béronne et la Légère (affluents de la Boutonne),
 - évolution des teneurs sur la Belle (affluent de la Boutonne).
- Evolution des teneurs sur la partie amont de la Boutonne

Le graphique d'évolution de la teneur en nitrates, en particulier sur le point Brioux-sur-Boutonne le plus anciennement suivi, montre une dynamique en 4 phases. D'une teneur faible au milieu des années 70, de l'ordre de 10 mg/l, la concentration en nitrates est passée à environ 28 mg/l en 1984. Cette teneur moyenne n'a ensuite augmenté qu'aux alentours de l'année 1993 pour aboutir à un pic de presque 50 mg/l durant l'année 2001. Depuis cette date, et jusqu'en 2005, la concentration en nitrates des eaux a ensuite baissé pour atteindre approximativement 35 mg/l.

On constate une diminution de la teneur moyenne de l'amont vers l'aval (du Lavoir à Séligné) ainsi que des variations de concentrations plus importantes à l'aval qu'à l'amont. La Boutonne amont, qui draine l'aquifère du Dogger, a des teneurs en nitrates plus stables dans le temps (Le Lavoir et Pont Neuf). Le point de mesure le Lavoir à Chef-Boutonne, proche de la source (600 mètres à l'aval), a des eaux qui proviennent vraisemblablement directement du Dogger et ne transitent donc, ou très peu, par des formations alluvionnaires où des phénomènes de dénitrification peuvent avoir lieu au droit des zones enherbées ou de ripisylves. Le point de mesure de la qualité des eaux de surface le « Lavoir » peut donc être considéré comme un indicateur de l'évolution moyenne de la teneur en nitrates de la nappe du Dogger dans ce secteur.

- Evolution des teneurs sur la partie aval de la Boutonne

Sur la partie aval, on constate également une cinétique d'évolution en plusieurs phases. De teneurs très basses au début des années 70 (environ 10 mg/l), les concentrations ont également augmenté jusqu'aux années 1982-1983 (de l'ordre de 20 mg/l). Suite à cette période d'augmentation, la teneur s'est stabilisée pour remonter au début des années 90 jusqu'en 2000 afin d'atteindre une teneur de l'ordre de 30 mg/l.

Bassin versant de la Boutonne – Etat des lieux de la qualité des eaux par rapport au paramètre nitrate

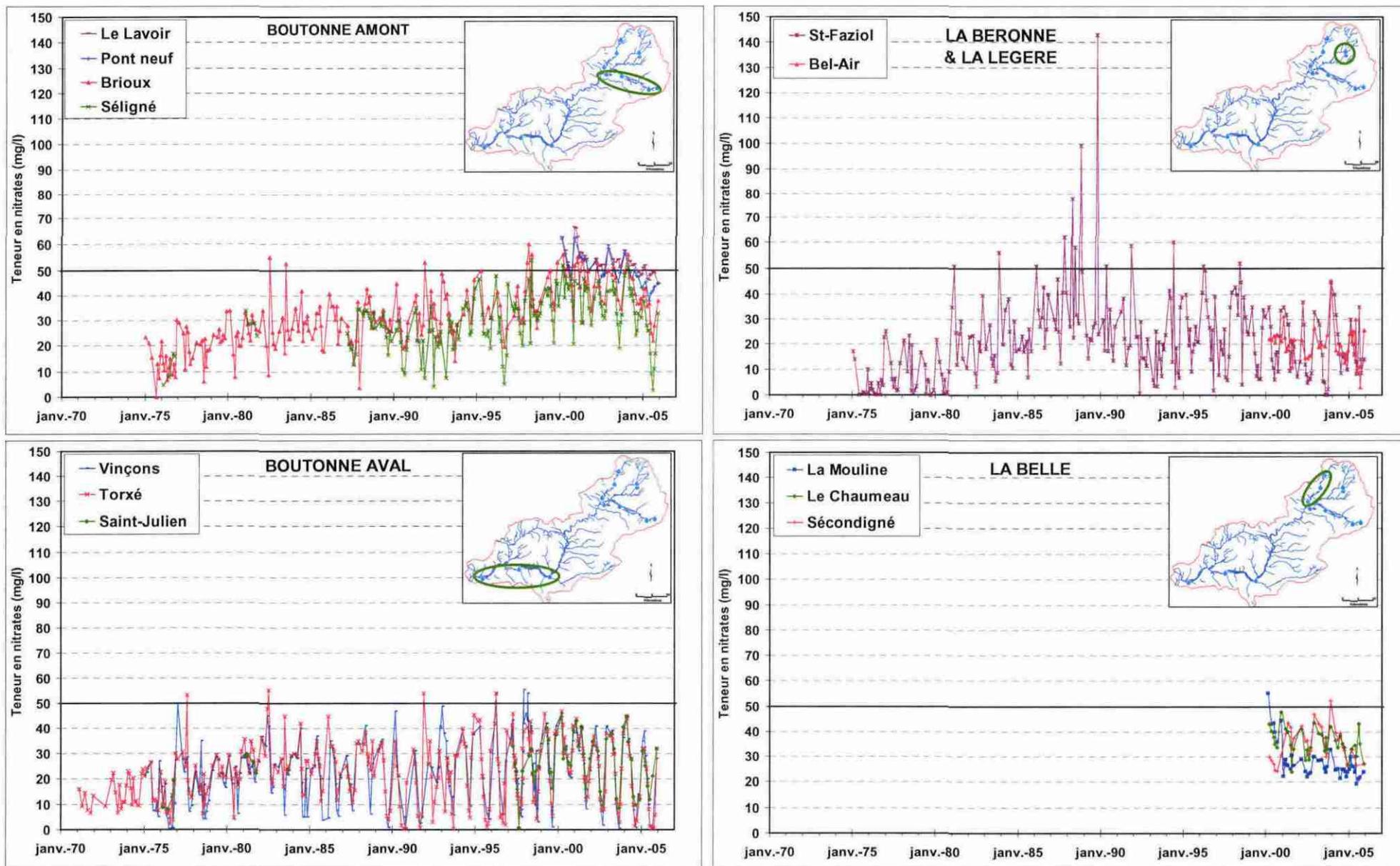


Illustration 17: évolution des teneurs en nitrates des eaux de la Boutonne et de ses affluents

La teneur moyenne en nitrates des eaux de la Boutonne a ensuite diminué pour atteindre environ 20 mg/l.

Sur ce tronçon, on constate de fortes variations annuelles des teneurs en nitrates (de quelques mg/l à plus de 50 mg/l). Les amplitudes les plus faibles sont observées à Saint-Julien et les plus fortes à Vinçons, à l'aval de la Boutonne.

Comme il a été écrit précédemment, les variations annuelles des teneurs en nitrates sont à lier d'une part aux quantités épandues mais également aux saisons. Les concentrations augmentent habituellement en période de hautes eaux par le lessivage des nitrates lors des précipitations, par la diminution de l'absorption des nitrates par les plantes, et par la baisse des phénomènes de dénitrification par les bactéries du sol en hiver. De plus, les phénomènes de dénitrification accrus sur les secteurs enherbés et les ripisylves des secteurs alluvionnaires tendent à faire diminuer les teneurs en nitrates des eaux de la rivière.

- Evolution des teneurs sur la Béronne et la Légère

Sur la Légère à Saint-Faziol en aval de Melle, les teneurs depuis les premières mesures au milieu des années 70 ont également fluctué. Ainsi, de quelques mg/l en 1975, la teneur en nitrates dans les eaux de ce cours d'eau a fortement augmenté pour atteindre une moyenne d'environ 35 mg/l avec de fortes variations annuelles. Un pic de plus de 140 mg/l a d'ailleurs été atteint en octobre 1989. Ce pic est sans doute le résultat d'une pollution ponctuelle d'origine industrielle et n'est donc pas le fait de la pollution diffuse engendrée par l'agriculture. A partir de 1989, la concentration moyenne a légèrement baissé pour se stabiliser aux alentours de 20 mg/l, les amplitudes de concentrations ont également diminué (de l'ordre de 20 mg/l).

En ce qui concerne la Béronne, les teneurs sur les quelques années de mesures (2000 à 2005) sont assez constantes même si l'on constate des amplitudes annuelles de 10 mg/l à 20 mg/l.

- Evolution des teneurs sur la Belle

Depuis les premières mesures au début des années 2000 jusqu'à 2005, les teneurs en nitrates semblent diminuer. La concentration moyenne sur l'ensemble de ces points est tout de même de l'ordre de 35 mg/l. On note par ailleurs que de l'amont vers l'aval (de la Mouline à Secondigné en passant par le Chaumeau), les concentrations moyennes en nitrates augmentent ainsi que les amplitudes de concentrations.

Au final, on constate généralement sur l'ensemble des points de mesures une baisse des teneurs en nitrates dans les eaux depuis le début des années 2000. Les plus fortes teneurs se retrouvent actuellement sur le secteur amont de la Boutonne et les plus faibles sur ses affluents que sont la Béronne et la Légère.

3.2.2. Dans les eaux souterraines

Les chroniques de teneurs en nitrates pour les eaux souterraines n'étant pas assez complètes pour la majorité des points, l'évolution de ces teneurs sur les différentes nappes est à considérer avec prudence ; excepté très localement, sur le Jurassique supérieur dans la zone de Chizé, où des chroniques plus complètes ont pu être récupérées.

Les chroniques de teneurs en nitrates pour chaque points en fonction des aquifères sont visibles sur les illustrations 18 à 23. Pour une meilleure lisibilité, les mesures ont été reliées entre elles, même si cela ne correspond pas à une réalité. L'évolution des teneurs dans les eaux superficielles a également été intégrée.

Pour le Jurassique supérieur, étant donné le nombre important de points, deux zones ont été définies : une zone nord (de l'Oxfordien au Kimméridgien inférieur) et une zone sud (du Kimméridgien supérieur au Tithonien). Ces secteurs sont séparés par la faille passant au sud de Dampierre-sur-Boutonne.

- **L'aquifère de l'Infra-Toarcien (Illustration 18) :**

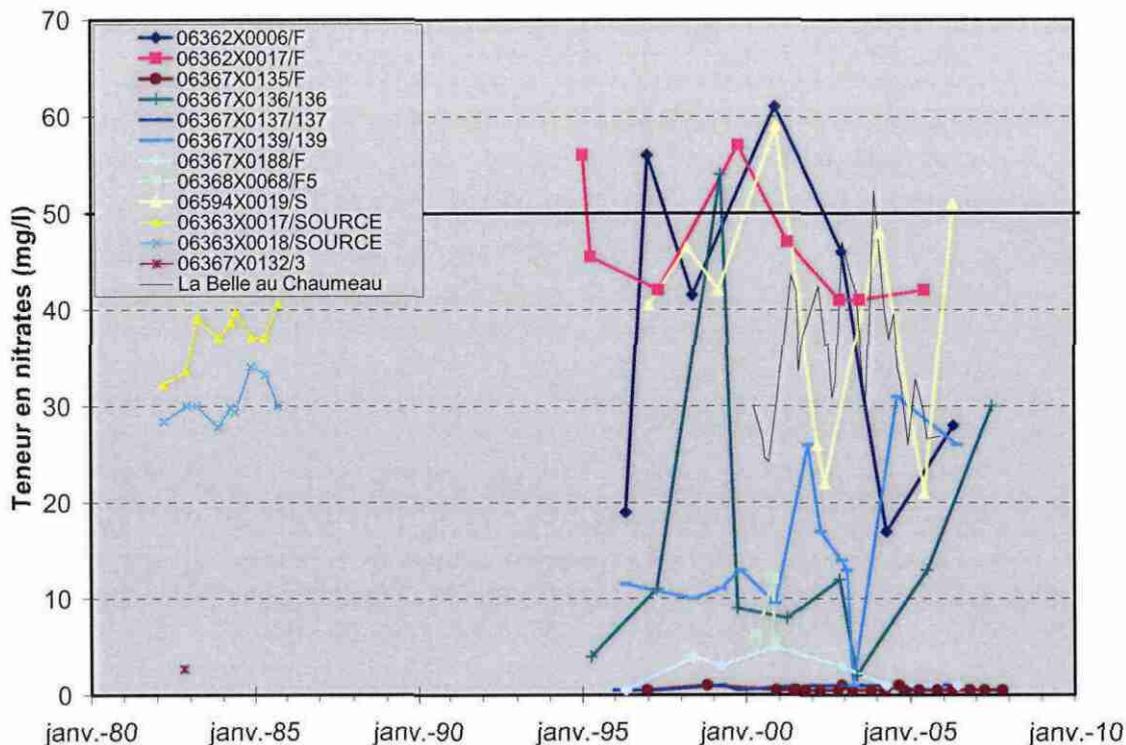


Illustration 18 : teneur en nitrates de l'aquifère infra-toarcien

Le graphique de teneurs en nitrates en fonction du temps montre de plus fortes amplitudes sur les zones où l'aquifère est libre ou sous faible recouvrement toarcien ; ce qui est le cas entre autres dans la vallée de la Belle : points BSS 06362X0006 et

06362X0017. Quand l'aquifère devient captif, les teneurs très faibles ne varient que légèrement, de l'ordre du mg/l au maximum (n° BSS 06367X0135, 06367X0137 et 06367X0188) (voir également chapitre 2.1).

Le point de Dampierre-sur-Boutonne (06594X0019) présente des teneurs anormalement élevées en nitrates pour un forage profond, ce qui est explicable par des venues d'eaux de surface (voir chapitre précédent).

- **L'aquifère du Dogger (Illustration 19) :**

Les variations de concentrations en nitrates des eaux de ce réservoir sont généralement de l'ordre d'une dizaine de mg/l (Illustration 19). En ce qui concerne certains ouvrages localisés dans cet aquifère en partie amont de la Boutonne (entre les 2 failles), il est probable qu'une partie des eaux captées puisse être issue de la nappe infra-toarcienne ; ce pourrait être le cas pour les points BSS 06367X0187 et 06368X0004 (Illustration 19) qui ont des teneurs actuelles entre 30 mg/l et 40 mg/l alors que pour la majorité des autres ouvrages dans le même secteur, les concentrations sont proches de 50 mg/l.

En ce qui concerne l'extrémité amont de la Boutonne, les teneurs en nitrates de ce cours d'eau, qui reflètent vraisemblablement celles de la nappe du Dogger autour de Chef-Boutonne (voir chapitre 3.2.1) présentent une tendance à la diminution entre 2000 et 2005 (Illustration 17).

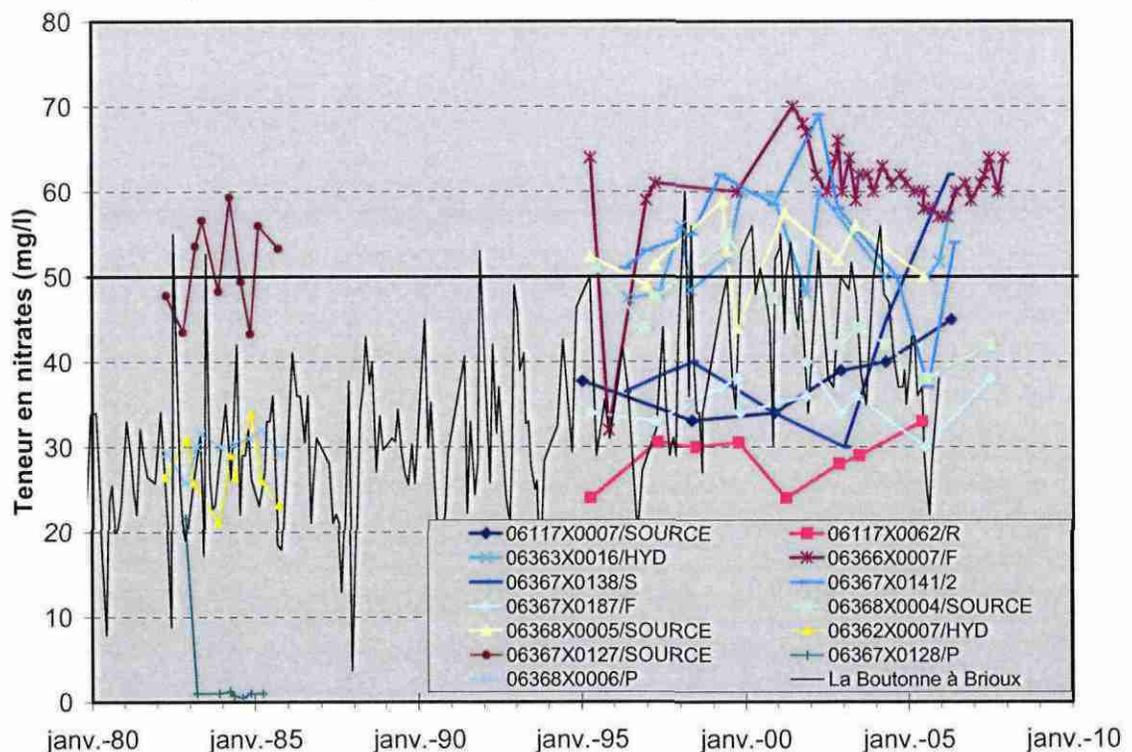


Illustration 19 : teneur en nitrates de l'aquifère du Dogger

- **L'aquifère du Jurassique supérieur - formations de l'Oxfordien au Kimméridgien inférieur (Illustration 20 et 21) :**

Sur la zone nord des affleurements de l'aquifère du Jurassique supérieur, l'évolution de la teneur en nitrates peut être abordé sur le secteur de Chizé où des chroniques plus complètes ont pu être recueillies sur BICHOT F. et *al.* (2005).

Ainsi, dans ce rapport, un exemple d'analyse critique de l'évolution des teneurs en nitrates est présenté à partir des données fournies par des captages du Jurassique supérieur du syndicat des Fosses à Chizé (06365X0015 et 06365X0035) et sur la fontaine du Beth à Availles sur Chizé (06365X0003).

Le graphique présenté en Illustration 21 correspond à l'intégration des données antérieures à 1995 et à celles plus récentes. L'analyse de ces données met en évidence une stabilisation, voire une diminution sur la période 2000-2005 alors que la tendance entre 1982 et 1990 était à la hausse des teneurs en nitrates. Depuis 2005, on constate une augmentation de ces teneurs avec des pics de concentration en nitrates importants (de l'ordre de 50 mg/l) sur le captage de Fontaine du Beth.

Mise à part ce secteur, le seul point pour lequel on dispose de mesures récentes se localise le long de la Boutonne entre le système de faille (06367X0129). Il montre des variations de teneurs de l'ordre de 20 mg/l (entre 40 mg/l et 60 mg/l) sans que l'on puisse y définir une tendance à la hausse ou à la baisse.

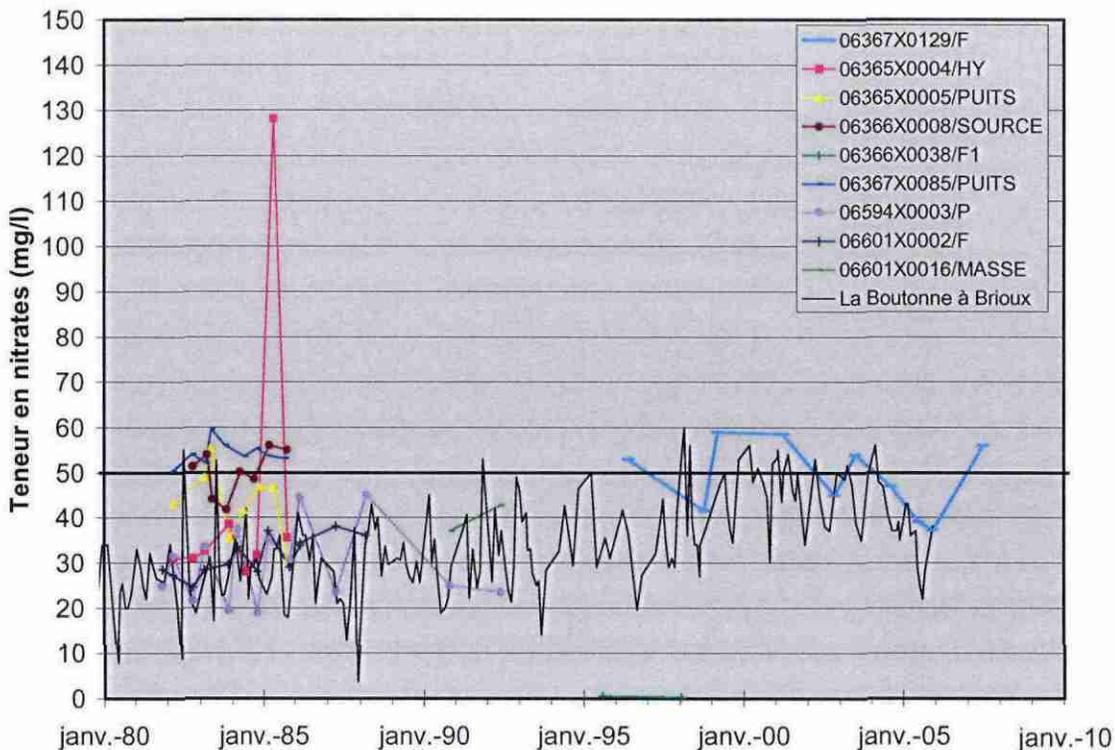


Illustration 20 : teneur en nitrates de l'aquifère du Jurassique supérieur (zone nord)

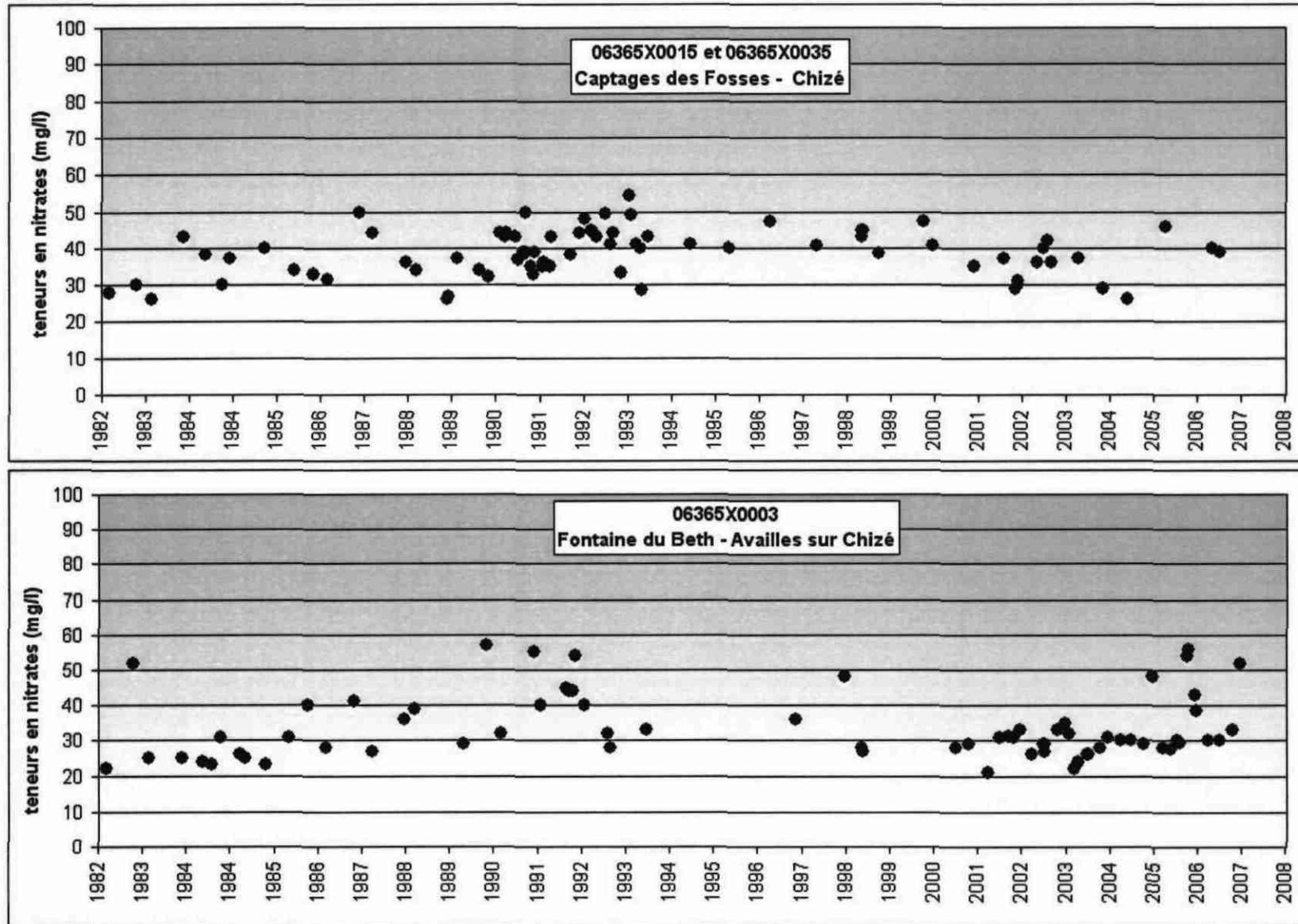


Illustration 21 : evolutions de la teneur en nitrates de 1982 à 2007 sur les captages des Fosses et du Beth [LAVIE J. (2005), modifié]

- **L'aquifère du Jurassique supérieur - formations du Kimméridgien supérieur au Tithonien (Illustration 22) :**

Dans la partie sud de l'aquifère du Jurassique supérieur, les chroniques de teneurs en nitrates mieux définies entre les années 1981 et 1987, affichent des variations assez importantes pour l'ensemble des points, de l'ordre de 10 mg/l à un peu plus de 20 mg/l. On constate pour les mesures plus récentes le même ordre d'amplitudes.

Pour les 2 forages localisés dans ce réservoir et dont les eaux semblent avoir une origine profonde (aquifère de l'Infra-Toarcien vraisemblablement) les variations sont de l'ordre d'une dizaine de mg/l (n° BSS 06606X0013 et 06606X0015).

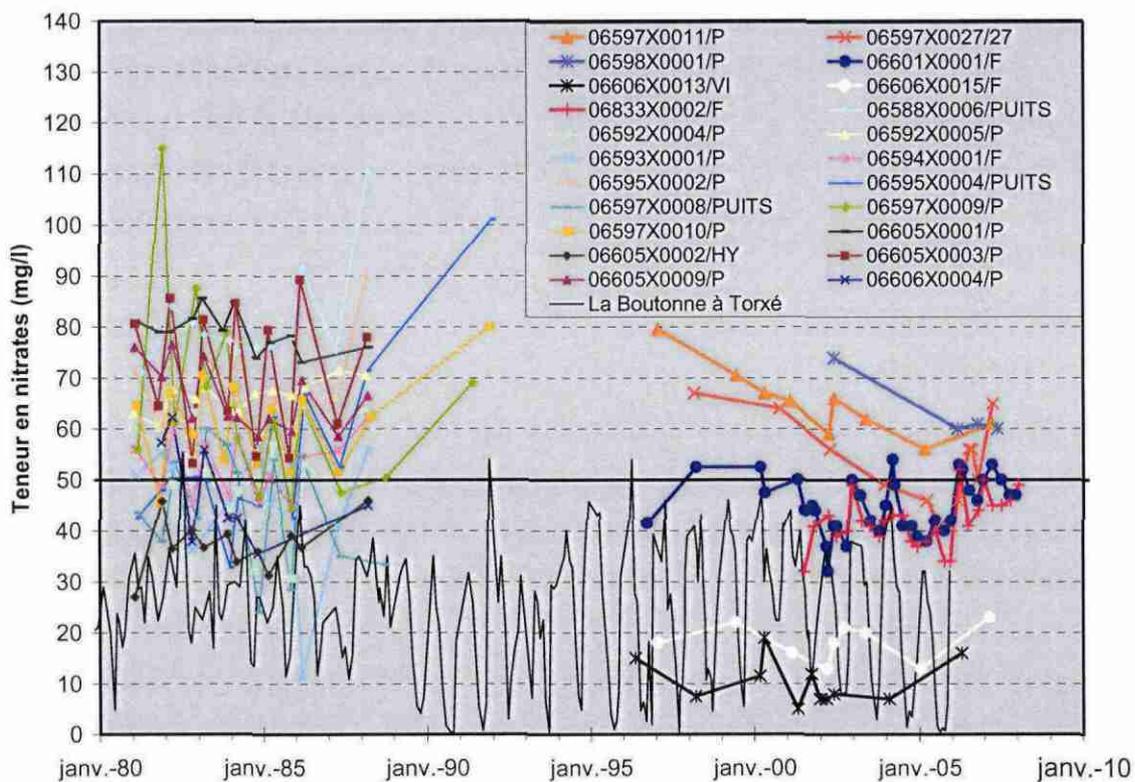


Illustration 22 : teneur en nitrates de l'aquifère du Jurassique supérieur (zone sud)

- **L'aquifère du Crétacé supérieur (Illustration 23) :**

Les données qui concerne les teneurs en nitrates sont disponibles sur un seul point de l'aquifère du Crétacé supérieur et ce sur la période 1981 à 1991. Le graphique semble tout de même montrer une augmentation de la teneur entre le milieu des années 1980 et le début des années 1990. Cette conclusion est tout de même à prendre avec beaucoup de précaution car une seule mesure sur le début des années 1990 est disponible.

L'ensemble de ces données sur les eaux souterraines ne permet malheureusement pas de dégager une évolution sur l'ensemble du bassin versant. Il est néanmoins vraisemblable que l'évolution moyenne des teneurs en nitrates suit plus ou moins celle des cours d'eau, les nitrates analysés dans les rivières transitant principalement par les aquifères avant de rejoindre les cours d'eau. Dans certains secteurs, les eaux de la Boutonne alimentent même l'aquifère du Jurassique supérieur.

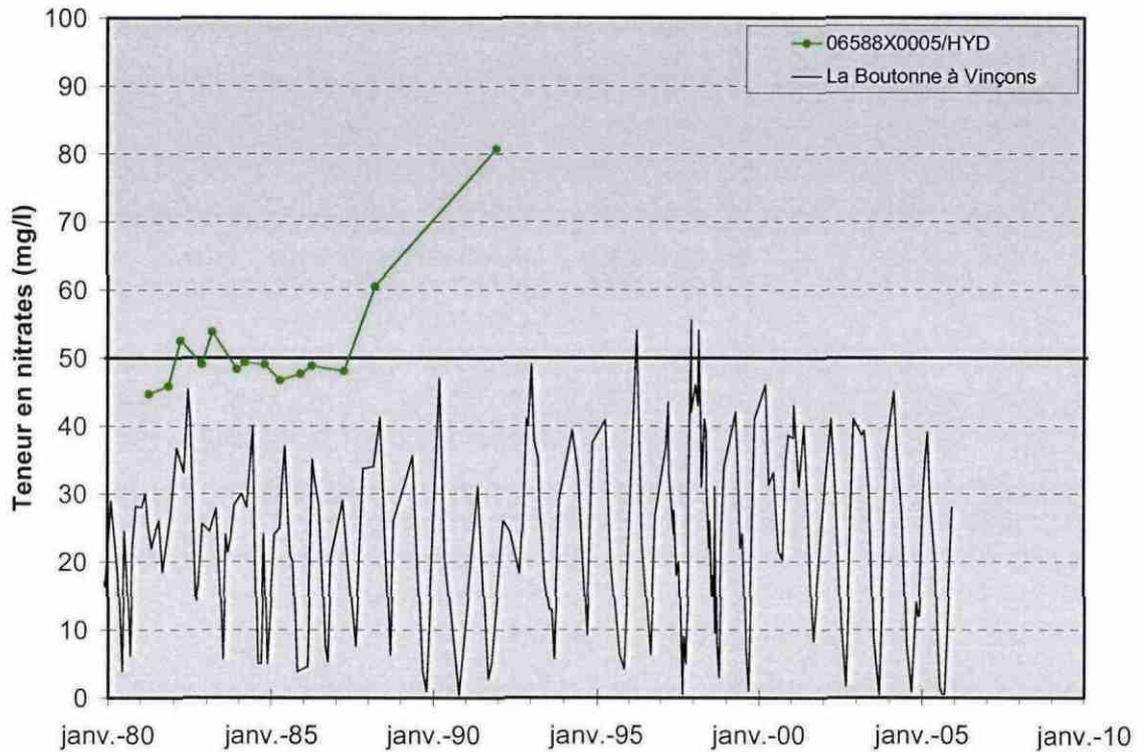


Illustration 23 : teneur en nitrates de l'aquifère du Crétacé supérieur

4. Conclusion

Dans le cadre du travail demandé par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, un état des lieux de la contamination des eaux par les nitrates sur le bassin versant de la Boutonne a été réalisé à partir de données collectées sur les bases de données ADES et sur le serveur de données du bassin Adour-Garonne.

A partir de l'analyse de l'ensemble des données disponibles sur les eaux souterraines quatre zones de teneurs en nitrates ont pu être déterminées (Illustration 24) :

- Un secteur nord qui correspond à la zone d'affleurements des formations du Dogger et du Lias. La teneur moyenne en nitrates est majoritairement inférieure, sur l'ensemble des points, à la concentration maximale autorisée pour les eaux de distribution (50 mg/l). Les eaux les moins contaminées sont issues de l'aquifère infra-toarcien lorsque celui-ci est captif sous les marnes toarciennes. Ces dernières confèrent en effet à ce réservoir une bonne protection vis-à-vis des pollutions anthropiques de surface.
- Un second secteur qui se localise le long de la vallée amont de la Boutonne entre le système de faille et juste au sud de cette partie de la vallée. Les teneurs médianes y sont relativement importantes puisque celles-ci sont de l'ordre de 50 mg/l dans les nappes du Dogger et du Jurassique supérieur.
- Une troisième zone correspond aux formations Jurassiques de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur entre Dampierre-sur-Boutonne et Chizé. Bien que les concentrations moyennes soient assez importantes, de l'ordre de 40 mg/l, elles restent inférieures au seuil de potabilité. Ce secteur bien qu'agricole est également recouvert sur de larges aires de zones forestières. Les chroniques de teneur en nitrates suffisamment complète autour de Chizé montrent une augmentation de la teneur en nitrates 1982 et 1990 et une phase de stabilisation sur la période 2000-2005 ; depuis 2005 les teneurs en nitrates sont en hausse.
- Une quatrième et dernière zone coïncide avec la moitié sud du bassin versant de la Boutonne. Les formations géologiques affleurantes appartiennent au Kimméridgien supérieur, au Tithonien et au Crétacé supérieur. Ce secteur montrent les teneurs en nitrates les plus importantes du bassin versant de la Boutonne. Dix-sept des vingt-deux points localisés sur cette zone ont des concentrations en nitrates supérieures à 50 mg/l. Au regard de la carte de l'occupation des sols, on constate également que cette zone est la plus cultivée. Deux points (n° BSS 06606X0013 et 06606X0015) se singularisent par leur faible concentration en nitrates à l'est de ce secteur. L'examen des teneurs en magnésium, fluor et sulfates semblent indiquer qu'une partie des eaux prélevées sur ces deux points a une origine profonde (remontée d'eaux profondes soupçonnée).

Ainsi, l'ensemble des nappes libres du bassin de la Boutonne est contaminée par les nitrates à des taux plus ou moins importants. Seul l'aquifère infra-toarcien lorsqu'il est captif, montre des teneurs faibles en nitrates, malheureusement à grande profondeur d'autres paramètres comme le fluor rendent ses eaux impropres à la consommation.

En ce qui concerne les cours d'eau, ils sont généralement moins pollués que les eaux souterraines. Ceci peut être lié aux phénomènes de dénitrification qui ont lieu au droit des zones enherbées le long des cours d'eau ou de ripisylves dans les secteurs alluvionnaires. Mais en revanche ils présentent des variations annuelles plus importantes.

Les valeurs de teneurs en nitrates les plus fortes se situent à proximité des sources de la Boutonne (environ 50 mg/l au Lavoir). Ce point de mesure est situé à 600 mètres environ de la source.

Les points de mesure où les plus faibles concentrations en nitrates de la Boutonne sont mesurées se situent dans la zone aval (environ 25 mg/l).

Sur ces eaux superficielles, les chroniques sont assez exhaustives pour y voir une évolution des teneurs en nitrates. Ainsi, les concentrations ont augmenté de façon importante entre le début des premières analyses (années 1970) et jusqu'au milieu des années 1980. La teneur en nitrates s'est alors stabilisée jusqu'au milieu des années 1990 pour ensuite repartir à la hausse. Entre 2000 et 2005, les chroniques semblent indiquer une tendance à la baisse. Les teneurs en nitrates dans les aquifères doivent suivre plus ou moins l'évolution des concentrations dans les cours d'eau.

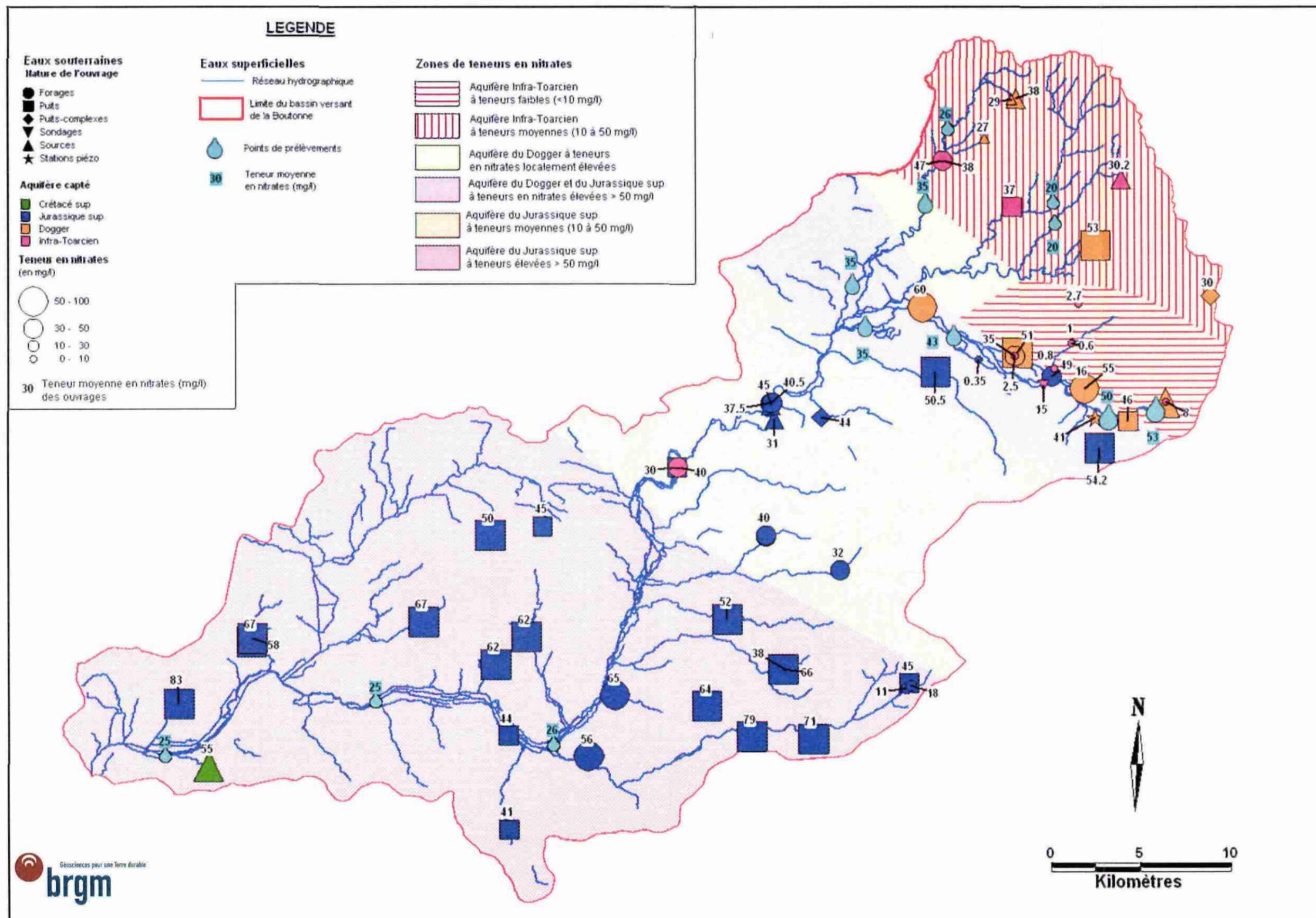


Illustration 24 : zonage en fonction des teneurs en nitrates

5. Bibliographie

BICHOT.F., THINON.LARMINACH.M., TOUCHARD.F., BAILLY.D. (2005) - *Synthèse hydrogéologique par bassins versants de la région Poitou-Charentes. Relations nappes-rivières*. Rapport BRGM/RP-53767-FR, 130 p.

LAVIE J. (2005) - *Avis sur la mise en œuvre d'un programme de type RE-SOURCES dans la zone d'alimentation des captages pour l'Alimentation en Eau Potable du secteur Nord-Boutonne (79)*. Rapport BRGM/RP-53768-FR, 59 p., 11 ill., 3 tab., 2 ann.

LEMORDANT Y. (1998) - *Bassin de la Boutonne – Relations nappe-rivière – délimitation de la nappe d'accompagnement*. Rapport BRGM R 40095, 37 p., 16 fig., 4 ann.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Poitou-Charentes
11 allée de la Providence
86000 POITIERS
Tél. : 05 49 38 15 44