

Document public

# Potentiel des eaux souterraines pour l'irrigation sur différentes typologies de bassins versants en Alsace

Volet 1 de l'axe 3 du projet « Perspectives et cohabitations des usages de l'eau : de l'équilibre entre les usages agricoles à une gestion partagée des bassins versants »

Rapport final

BRGM/RP-67862-FR

Juillet 2018



PRÉFET  
DE LA RÉGION  
GRAND EST

DIRECTION RÉGIONALE  
DE L'ENVIRONNEMENT,  
DE L'AMÉNAGEMENT  
ET DU LOGEMENT  
GRAND EST

**Grand Est**  
ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE





Document public

# Potentiel des eaux souterraines pour l'irrigation sur différentes typologies de bassins versants en Alsace

Volet 1 de l'axe 3 du projet « Perspectives et cohabitations des usages de l'eau : de l'équilibre entre les usages agricoles à une gestion partagée des bassins versants »

Rapport final

**BRGM/RP-67862-FR**

Juillet 2018

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 2016-RGH-04

**Élodie Giuglaris et Adrien Manlay**

## Vérificateur :

Nom : Alexandre Brugeron

Fonction : Hydrogéologue

Date : 20/09/2018

Signature :



## Approbateur :

Nom : Kevin Samyn

Fonction: Directeur régional délégué

Date : 21/09/2018

Signature :



DIRECTION RÉGIONALE  
DE L'ENVIRONNEMENT,  
DE L'AMÉNAGEMENT  
ET DU LOGEMENT  
GRAND EST

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

Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)



**Mots-clés** : Usages de l'eau, Prélèvements, Irrigation, Sécheresse, Eaux souterraines, Nappe rhénane, Hydrogéologie, Piémont vosgien.

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

**Giuglaris E., Manlay A.** (2018) - Potentiel des eaux souterraines pour l'irrigation sur différentes typologies de bassins versants en Alsace. Volet 1 de l'axe 3 du projet « Perspectives et cohabitations des usages de l'eau : de l'équilibre entre les usages agricoles à une gestion partagée des bassins versants. Rapport final. BRGM/RP-67862-FR, 161 p., 67 ill., 3 tabl., 2 ann., 1 Clé USB.

## Synthèse

Dans l'axe du fossé rhénan, s'écoule une nappe majeure - la nappe d'Alsace - d'un intérêt patrimonial certain et offrant la plus grande ressource en eau souterraine européenne. Son abondance et sa relative facilité d'accès, à quelques mètres de profondeur seulement, ont entraîné son utilisation massive pour l'alimentation en eau potable, l'agriculture et les processus industriels.

En bordure et en direction des vallées vosgiennes (piémont), les eaux souterraines, contenues dans les alluvions vosgiennes recouvertes par d'importants dépôts loessiques (et autres) sont moins accessibles (généralement à plus de 20 mètres de profondeur). Dans ces secteurs, l'irrigation se fait préférentiellement à partir de prélèvements dans les cours d'eau. Or dans un contexte de changement climatique où les périodes de sécheresses sont de plus en plus fréquentes, une baisse des débits des cours d'eau est attendue, en particulier en période d'étiage.

Afin de limiter les impacts de ces prélèvements sur les milieux naturels en période d'étiage et de sécuriser l'accès à l'eau, une optimisation des prélèvements en eaux souterraines doit être envisagée.

En vue d'une substitution des prélèvements en eau de surface, des éléments techniques sur les ressources en eaux souterraines qui pourraient constituer une alternative doivent être apportés. Neuf bassins versants, représentant chacun une typologie différente, ont été sélectionnés par le comité technique de l'étude, sur la base de plusieurs critères (développement de l'irrigation, profondeur de la zone non saturée, arrêts sécheresses, volumes prélevés). Les objectifs sur ces secteurs d'étude sont de :

- d'évaluer les ressources disponibles pour l'irrigation au droit des zones d'études nécessitant un forage supérieur à 20 mètres pour obtenir un débit *suffisant* ;
- de suppléer aux prélèvements réalisées dans les cours d'eaux présentant des tensions quantitatives.

Cette étude fait partie du projet global « Perspectives et cohabitations entre les différents usages de l'eau : de l'équilibre entre les usages agricoles à une gestion partagée des bassins versants » porté par la Région Grand Est, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM) et le BRGM et co-piloté par la Région et la DREAL<sup>1</sup> Grand Est. Ce projet comporte trois axes réalisés respectivement par la Chambre d'Agriculture, la Région Grand Est et le BRGM.

La recherche sur les ressources en eau souterraine a pour objectifs dans le cadre de ce projet :

- de caractériser l'accessibilité et la disponibilité de ressources en eaux plus profondes ;
- de prévenir les impacts environnementaux, en analysant la résistance à la sécheresse des ressources concernées ;
- d'identifier les secteurs de tensions quantitatives sur la ressources.

---

<sup>1</sup> Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

L'analyse de l'utilisation des eaux souterraines en zones de « piémont » a montré des potentiels contrastés :

- certaines zones où une forte pression est exercée sur la ressource principale ne présentent pas de potentiel en eaux souterraines suffisant pour substituer les prélèvements actuels :
  - zones sous couverture de loess épaisse ou de dépôts marneux de l'Oligocène. Les secteurs concernés sont ceux du Seltzbach, de la Souffel, de la Zorn et de la Moder,
  - zones de dépôts des alluvions vosgiennes sur socle, qui ne bénéficient pas de soutien d'étiage (zone du Giessen) ;
- des zones avec un réel potentiel en eaux souterraines ont été identifiées :
  - dans la partie profonde de l'aquifère rhénan sous couverture (secteur de la Souffel),
  - dans la nappe du Pliocène d'Haguenau (secteur de la Moder),
  - dans les secteurs de Grès vosgiens (Bruche/Mossig principalement),
  - localement dans les domaines de socle cristallin (Giessen) ;
- des zones où la ressource paraît surexploitée localement (Thur, Doller) où la gestion du soutien d'étiage permet un équilibre entre les prélèvements et la ressource en période de basses eaux.

Les différentes analyses ont également permis d'identifier un certain manque de connaissance sur les capacités de la ressource :

- à court terme :
  - des incertitudes résident sur les débits potentiels et les profondeurs de forages nécessaires. Selon les aquifères, ces incertitudes sont liées à la complexité et/ou au manque de données/connaissances,
  - il existe également un aléa sur la réalisation des forages demandant potentiellement une technicité plus poussée et un niveau de connaissance plus local ;
- à long terme :
  - le fonctionnement de la recharge des aquifères captifs est globalement mal connu, que ce soit sur la durée (pluriannuelle ?) ou sur la provenance de l'eau (apports latéraux, circulation profonde, infiltration via la couche de couverture ?) ;
  - l'évaluation plus précise de la pression et de la résistance à la sécheresse nécessite un meilleur suivi des eaux souterraines.

Dans le cadre d'une gestion durable des eaux souterraines, la situation doit être évaluée dès la fin de la période de recharge saisonnière. Si celle-ci a été faible ou n'a pas permis un retour à l'équilibre après une année sèche, la mise en place d'une gestion rationnée des prélèvements peut être recommandée dès mars ou avril.

La mise en place d'un système de suivi des eaux souterraines plus important en dehors de la nappe rhénane est recommandée. Il s'agit de la première étape de l'acquisition de connaissances complémentaires sur les aquifères étudiés.

# Sommaire

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introduction .....</b>  | <b>13</b> |
| 1.1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE.....   | 13        |
| 1.2. ENJEUX ET PROBLÉMATIQUES .....   | 13        |
| 1.3. PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE .....   | 13        |
| 1.4. STRUCTURE DE L'ÉTUDE .....   | 15        |
| <b>2. Contexte général .....</b>  | <b>17</b> |
| 2.1. GÉOGRAPHIE ET CLIMATOLOGIE.....  | 17        |
| 2.2. LES USAGES DE L'EAU .....  | 18        |
| 2.3. L'IRRIGATION EN ZONES DE PIÉMONT VOSGIEN .....                           | 18        |
| 2.4. ADÉQUATION ENTRE LES RESSOURCES EN EAU ET LES PRÉLÈVEMENTS ...           | 19        |
| <b>3. Éléments généraux d'hydrogéologie .....</b>                             | <b>21</b> |
| 3.1. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE .....                             | 21        |
| 3.2. PRÉSENTATION DES ENTITÉS HYDROGÉOLOGIQUES CONCERNÉES PAR<br>L'ÉTUDE..... | 21        |
| 3.2.1. Le domaine de socle Vosgien .....                                      | 22        |
| 3.2.2. Les Grès du Trias.....   | 23        |
| 3.2.3. Les formations des champs de fracture.....                             | 24        |
| 3.2.4. Les formations de l'Oligocène .....                                    | 25        |
| 3.2.5. La nappe du Pliocène .....   | 25        |
| 3.2.6. Les alluvions vosgiennes .....   | 26        |
| 3.2.7. L'aquifère rhénan .....  | 27        |
| <b>4. Méthodologies et traitement des données disponibles.....</b>            | <b>29</b> |
| 4.1. DÉMARCHE GÉNÉRALE .....  | 29        |
| 4.2. DONNÉES DISPONIBLES.....   | 29        |
| 4.2.1. Géologie .....   | 29        |
| 4.2.2. Hydrogéologie.....   | 29        |
| 4.2.3. Usages et prélèvements.....  | 31        |
| 4.2.4. Météorologie .....   | 31        |
| 4.2.5. Hydrométrie .....  | 32        |
| 4.2.6. Piézométrie .....  | 32        |
| 4.2.7. Archives .....   | 32        |
| 4.2.8. Données manquantes et incertitudes .....                               | 32        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.3. ANALYSE DES DÉBITS POTENTIELS DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE AU DROIT DES ZONES D'ÉTUDES ..... | 33        |
| 4.3.1. Critères de sélection : débits et profondeur de forage .....                                    | 33        |
| 4.3.2. Caractéristiques de la ressource .....  | 34        |
| 4.3.3. Évaluation de l'accessibilité à la ressource.....   | 34        |
| 4.4. ANALYSE DE LA RECHARGE DES EAUX SOUTERRAINES ET DES RELATIONS NAPPES / RIVIÈRES.....              | 34        |
| 4.4.1. Analyse du mécanisme de recharge .....  | 34        |
| 4.4.2. Relation entre les cours d'eau et les eaux souterraines.....                                    | 36        |
| 4.5. ANALYSE DE LA RÉSISTANCE À LA SÉCHERESSE.....   | 36        |
| 4.5.1. Rappel sur les notions de sécheresse en hydrogéologie.....                                      | 36        |
| 4.5.2. Méthodes applicables sur les ressources pré citées.....   | 37        |
| 4.6. ANALYSE DE LA PRESSION SUR LA RESSOURCE .....   | 37        |
| 4.6.1. Pré-ciblage des zones sous tensions .....   | 37        |
| 4.6.2. Scénarii de travail.....  | 38        |
| <b>5. Synthèse des résultats .....</b>   | <b>39</b> |
| 5.1. RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES PRÉSENTES AU DROIT DES ZONES D'ÉTUDES .....                       | 39        |
| 5.1.1. Les alluvions rhénanes.....   | 39        |
| 5.1.2. Les alluvions vosgiennes .....  | 40        |
| 5.1.3. La nappe du Pliocène .....  | 40        |
| 5.1.4. Les Grès triasiques et permien.....   | 41        |
| 5.1.5. Les formations complexes et faillées des champs de fractures .....                              | 41        |
| 5.1.6. Les aquifères de socles cristallins .....   | 41        |
| 5.1.7. Les formations à faible potentiel.....  | 42        |
| 5.2. RECHARGES DES EAUX SOUTERRAINES VIA LA PLUIE EFFICACE INFILTRÉE .....                             | 42        |
| 5.3. POTENTIEL DES SECTEURS D'ÉTUDE .....  | 43        |
| <b>6. Présentation par bassins versants .....</b>  | <b>45</b> |
| 6.1. LECTURES ET NOTICES DES CARTOGRAPHIES.....  | 45        |
| 6.2. BASSIN VERSANT DE LA SOUFFEL .....  | 46        |
| 6.2.1. Situation géographique du bassin versant.....   | 46        |
| 6.2.2. Hydrographie .....  | 46        |
| 6.2.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales.....             | 46        |
| 6.2.4. Analyse de la recharge.....   | 48        |
| 6.2.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques .....                                 | 50        |
| 6.3. BASSINS VERSANTS DE LA BRUCHE ET DE LA MOSSIG .....   | 55        |
| 6.3.1. Situation géographique du bassin versant.....   | 56        |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 6.3.2. | Hydrographie .....  | 56  |
| 6.3.3. | Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales..... | 56  |
| 6.3.4. | Analyse de la recharge.....   | 59  |
| 6.3.5. | Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques .....                     | 60  |
| 6.4.   | BASSIN VERSANT DE LA DOLLER.....  | 67  |
| 6.4.1. | Situation géographique du bassin versant.....                                       | 67  |
| 6.4.2. | Hydrographie .....  | 67  |
| 6.4.3. | Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales..... | 67  |
| 6.4.4. | Analyse de la recharge.....   | 69  |
| 6.4.5. | Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques .....                     | 70  |
| 6.5.   | BASSIN VERSANT DE L'EHN.....  | 77  |
| 6.5.1. | Situation géographique du bassin versant.....                                       | 77  |
| 6.5.2. | Hydrographie .....  | 77  |
| 6.5.3. | Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales..... | 77  |
| 6.5.4. | Analyse de la recharge.....   | 79  |
| 6.5.5. | Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques .....                     | 80  |
| 6.6.   | BASSIN VERSANT DU GIESSEN .....   | 87  |
| 6.6.1. | Situation géographique du bassin versant.....                                       | 87  |
| 6.6.2. | Hydrographie .....  | 87  |
| 6.6.3. | Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales..... | 87  |
| 6.6.4. | Analyse de la recharge.....   | 89  |
| 6.6.5. | Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques .....                     | 90  |
| 6.7.   | BASSIN VERSANT DE LA MODER.....   | 96  |
| 6.7.1. | Situation géographique du bassin versant.....                                       | 96  |
| 6.7.2. | Hydrographie .....  | 96  |
| 6.7.3. | Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales..... | 96  |
| 6.7.4. | Analyse de la recharge.....   | 98  |
| 6.7.5. | Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques .....                     | 99  |
| 6.8.   | BASSIN VERSANT DU SELTZBACH .....   | 106 |
| 6.8.1. | Situation géographique du bassin versant.....                                       | 106 |
| 6.8.2. | Hydrographie .....  | 106 |
| 6.8.3. | Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales..... | 106 |
| 6.8.4. | Analyse de la recharge.....   | 108 |
| 6.8.5. | Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques .....                     | 109 |
| 6.9.   | BASSIN VERSANT DE LA THUR .....   | 115 |
| 6.9.1. | Situation géographique du bassin versant.....                                       | 115 |

|   |            |
|---|------------|
| 6.9.2. Hydrographie .....   | 115        |
| 6.9.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales.....  | 115        |
| 6.9.4. Analyse de la recharge.....  | 117        |
| 6.9.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques .....                      | 118        |
| <b>6.10. BASSIN VERSANT DE LA ZORN.....</b>   | <b>124</b> |
| 6.10.1. Situation géographique du bassin versant .....                                      | 124        |
| 6.10.2. Hydrographie .....  | 124        |
| 6.10.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales..... | 124        |
| 6.10.4. Analyse de la recharge.....   | 126        |
| 6.10.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques .....                     | 127        |
| <b>7. Recommandations .....</b>   | <b>134</b> |
| 7.1. GESTION ET SÉCURISATION DES RESSOURCES EN EAUX .....                                   | 134        |
| 7.1.1. Anticipation des périodes de crises.....   | 134        |
| 7.1.2. Mise en place d'indicateurs de suivi.....  | 134        |
| 7.1.3. Vers une mise en place des volumes prélevables ?.....                                | 134        |
| 7.2. ACQUISITION DE CONNAISSANCES .....   | 135        |
| <b>8. Conclusion.....</b>   | <b>137</b> |
| <b>9. Bibliographie .....</b>   | <b>139</b> |

## Liste des illustrations

|  |    |
|--|----|
| Illustration 1 : Localisation des zones d'étude.....   | 14 |
| Illustration 2 : Contexte géographique de l'étude.....   | 17 |
| Illustration 3 : Localisation des entités hydrogéologiques principales concernées par les zones d'études. ....   | 22 |
| Illustration 4 : Schéma conceptuel des aquifères de socle associés à un ancien profil d'altération (Wyns <i>et al.</i> , 2004).....  | 23 |
| Illustration 5 : Bloc schématique représentant le découpage en bloc des champs de fracture. Exemple de Ribeauvillé, d'après Hirlemann (1972). ....   | 24 |
| Illustration 6 : Coupes schématiques simplifiées des formations aquifères du Pliocène (APRONA, 2013).....  | 26 |
| Illustration 7 : Schéma simplifié du niveau statique, dynamique et du rabattement dans un forage (crédits : Encyclopædia Universalis France). ....   | 33 |
| Illustration 8 : Exemple d'analyse des mécanismes de recharge sur le BV de la Thur. À gauche, l'IDPR indiquant les zones d'infiltration ; à droite, le modèle Aurelhy de météo France, permettant d'analyser la répartition des précipitations. .... | 35 |
| Illustration 9 : Exemple de comparaison de variation piézométrique/hydrométrique sur les alluvions de la Thur. Station hydrométrique de Pulversheim / Piézomètre : 04131X0485/PZ4..  | 36 |

|  |    |
|--|----|
| Illustration 10 : Exemple de coupe permettant de localiser les différents niveaux aquifères (représentés en bleu) des alluvions rhénanes sous couverture.....                          | 39 |
| Illustration 11 : Coupe sud-ouest/nord-est de la formation du Pliocène dans la région de Haguenau, d'après APRONA (2013). .....  | 40 |
| Illustration 12 : IDPR (version 2017) sur les départements alsaciens. ....   | 42 |
| Illustration 13 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Souffel. ....   | 47 |
| Illustration 14 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Souffel. ....   | 49 |
| Illustration 15 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Souffel. ....  | 49 |
| Illustration 16 : Cartographie des débits potentiels sur le BV de la Souffel .....   | 53 |
| Illustration 17 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du BV de la Souffel. ....  | 54 |
| Illustration 18 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du BV de la Souffel. ....   | 55 |
| Illustration 19 : Coupe géologique de la basse vallée de la Bruche, à gauche le champ de fracture, à droite les alluvions. D'après Brugeron (2014), issue du SIGES Aquifère Rhénan.... | 57 |
| Illustration 20 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Bruche et de la Mossig. ....  | 58 |
| Illustration 21 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Bruche. ....  | 59 |
| Illustration 22 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Bruche ;.....  | 60 |
| Illustration 23 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Bruche et de la Mossig.....   | 64 |
| Illustration 24 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de la Bruche et de la Mossig. ....                                       | 65 |
| Illustration 25 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de la Bruche et de la Mossig. ....  | 66 |
| Illustration 26 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Doller.....   | 68 |
| Illustration 27 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Doller. ....  | 69 |
| Illustration 28 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Doller. ....   | 70 |
| Illustration 29 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Doller.....   | 74 |
| Illustration 30 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de la Doller. ....   | 75 |
| Illustration 31 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de la Doller.....   | 76 |
| Illustration 32 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de l'Ehn.....   | 78 |
| Illustration 33 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de l'Ehn. ....  | 79 |
| Illustration 34 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de l'Ehn. ....   | 80 |
| Illustration 35 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de l'Ehn. ....  | 84 |
| Illustration 36 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de l'Ehn.....  | 85 |
| Illustration 37 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de l'Ehn. ....  | 86 |
| Illustration 38 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant du Giessen.....   | 88 |
| Illustration 39 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant du Giessen. ....  | 89 |
| Illustration 40 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant du Giessen.....  | 90 |
| Illustration 41 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant du Giessen.....   | 93 |
| Illustration 42 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant du Giessen. ....   | 94 |

|   |     |
|---|-----|
| Illustration 43 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant du Giessen.....                        | 95  |
| Illustration 44 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Moder.....   | 97  |
| Illustration 45 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Moder.....                           | 98  |
| Illustration 46 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Moder.....  | 99  |
| Illustration 47 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Moder.....                                     | 103 |
| Illustration 48 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de la Moder.....  | 104 |
| Illustration 49 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de la Moder.....                       | 105 |
| Illustration 50 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant du Seltzbach.....  | 107 |
| Illustration 51 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant du Seltzbach.....                          | 108 |
| Illustration 52 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant du Seltzbach.....   | 109 |
| Illustration 53 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant du Seltzbach.....                                    | 112 |
| Illustration 54 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant du Seltzbach..... | 113 |
| Illustration 55 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant du Seltzbach.....                      | 114 |
| Illustration 56 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Thur.....  | 116 |
| Illustration 57 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Thur.....                            | 117 |
| Illustration 58 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Thur.....   | 118 |
| Illustration 59 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Thur.....                                      | 121 |
| Illustration 60 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de la Thur.....   | 122 |
| Illustration 61 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de la Thur.....                        | 123 |
| Illustration 62 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Zorn.....  | 125 |
| Illustration 63 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Zorn.....                            | 126 |
| Illustration 64 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Zorn.....   | 127 |
| Illustration 65 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Zorn.....                                      | 131 |
| Illustration 66 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de la Zorn.....   | 132 |
| Illustration 67 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de Zorn.....                           | 133 |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 : Présentation des critères utilisés pour la sélection des bassins versants..... | 14 |
| Tableau 2 : Répartition des usages de l'eau en Alsace (Données 2015, AERM).....            | 18 |
| Tableau 3 : Données météorologiques utilisées.....   | 32 |

## Liste des annexes

|   |     |
|---|-----|
| Annexe 1 : Rappels concernant la réalisation et le suivi des forages.....               | 143 |
| Annexe 2 : Note de travail concernant la sélection des bassins versants de l'étude..... | 151 |

## **Abréviation**

|        |   |
|--------|---|
| ADES   | Accès aux Données des Eaux Souterraines                                 |
| AEP    | Alimentation en Eau Potable   |
| AERM   | Agence de l'Eau Rhin Meuse  |
| APRONA | Association pour la PROtection de la Nappe phréatique d'Alsace          |
| BDLISA | Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères                      |
| BNPE   | Banque Nationale des Prélèvements d'Eau                                 |
| BRAR   | Banque Régional de l'Aquifère Rhénan                                    |
| BSS    | Banque de données du Sous-Sol   |
| DREAL  | Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement |
| ESO    | Eaux Souterraines   |
| ESU    | Eaux SUperficielles   |
| IDPR   | Indice de Persistance des Réseaux                                       |
| MNT    | Modèle Numérique de Terrain   |
| SAGE   | Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau                             |
| SIG    | Système d'Information Géographique                                      |



# 1. Introduction

## 1.1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Dans l'axe du fossé rhénan, s'écoule une nappe majeure - la nappe d'Alsace - d'un intérêt patrimonial certain et offrant la plus grande ressource en eau souterraine européenne. Son abondance et sa relative facilité d'accès, à quelques mètres de profondeur seulement, ont entraîné son utilisation massive pour l'alimentation en eau potable, l'agriculture et les processus industriels.

En bordure et en direction des vallées vosgiennes, les eaux souterraines, contenues dans les alluvions vosgiennes recouvertes par d'importants dépôts lœssiques (et autres) sont moins accessibles (généralement à plus de 20 mètres de profondeur). Dans ces secteurs, l'irrigation se fait préférentiellement à partir de prélèvements dans les cours d'eau. Or dans un contexte de changement climatique où les périodes de sécheresses sont de plus en plus fréquentes, une baisse des débits des cours d'eau est attendue, en particulier en période d'étiage.

Afin de limiter les impacts de ces prélèvements sur les milieux naturels en période d'étiage et de sécuriser l'accès à l'eau, une optimisation des prélèvements en eaux souterraines doit être envisagée.

## 1.2. ENJEUX ET PROBLÉMATIQUES

Cette étude doit permettre d'apporter des éléments techniques sur les ressources en eaux souterraines qui pourraient constituer une alternative aux prélèvements en eau de surface notamment. Les objectifs sont de :

- de caractériser l'accessibilité et la disponibilité de ressources en eaux plus profondes ;
- de prévenir d'impacts environnementaux, en analysant la résistance à la sécheresse des ressources concernées ;
- d'identifier les secteurs de tensions quantitatives sur la ressources.

## 1.3. PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

Le périmètre de l'étude est défini en fonction des neuf bassins versant sélectionnés par le comité du pilotage du projet. Ces secteurs d'étude ont été choisis après concertation des acteurs locaux de l'eau, afin de conserver une gestion équilibrée du territoire. La sélection s'appuie sur les résultats de la Chambre d'Agriculture ainsi que ceux d'un premier travail du BRGM à plus large échelle. Cette première analyse a été effectuée sur la base de plusieurs critères (présentés dans le Tableau 1) pour chaque zone hydrographique en Alsace. Les résultats de ce travail sont présentés, à titre indicatif compte-tenu de certaines différences avec la sélection finale, en Annexe 2.

L'arbitrage du comité technique a donc abouti au choix de 9 zones d'études réparties sur les départements du Haut-Rhin et du Bas-Rhin, représentées sur l'illustration 1 :

- |                 |                     |               |
|-----------------|---------------------|---------------|
| - Seltzbach (1) | - Soufflel (4)      | - Giessen (7) |
| - Moder (2)     | - Bruche/Mossig (5) | - Thur (8)    |
| - Zorn (3)      | - Ehn (6)           | - Doller (9)  |

Face à la diversité hydrogéologique de l'Alsace et aux différents enjeux existant pour suppléer les prélèvements réalisés dans les cours d'eau, les bassins versants sélectionnés *in fine* représentent chacun une typologie ou un enjeu particulier.

| Critère           | Cultures à enjeux            | Tension quantitative (non retenu)           | Accessibilité à l'eau  | Volume d'eau destiné à l'irrigation                        |
|-------------------|------------------------------|---|--|--|
| Source            | RPG anonyme 2013             | Arrêtés préfectoraux sécheresse depuis 2003 | BRGM (2011)  | AERM/BNPE  |
| Données utilisées | Surface de cultures à enjeux | Nombre max. d'arrêtés « sécheresse »        | Épaisseur de la Zone Non Saturée (ZNS), d'après les travaux de Allier <i>et al.</i> (2011) | Volumes moyens annuels destinés à l'irrigation (2008-2013) |

Tableau 1 : Présentation des critères utilisés pour la sélection des bassins versants.

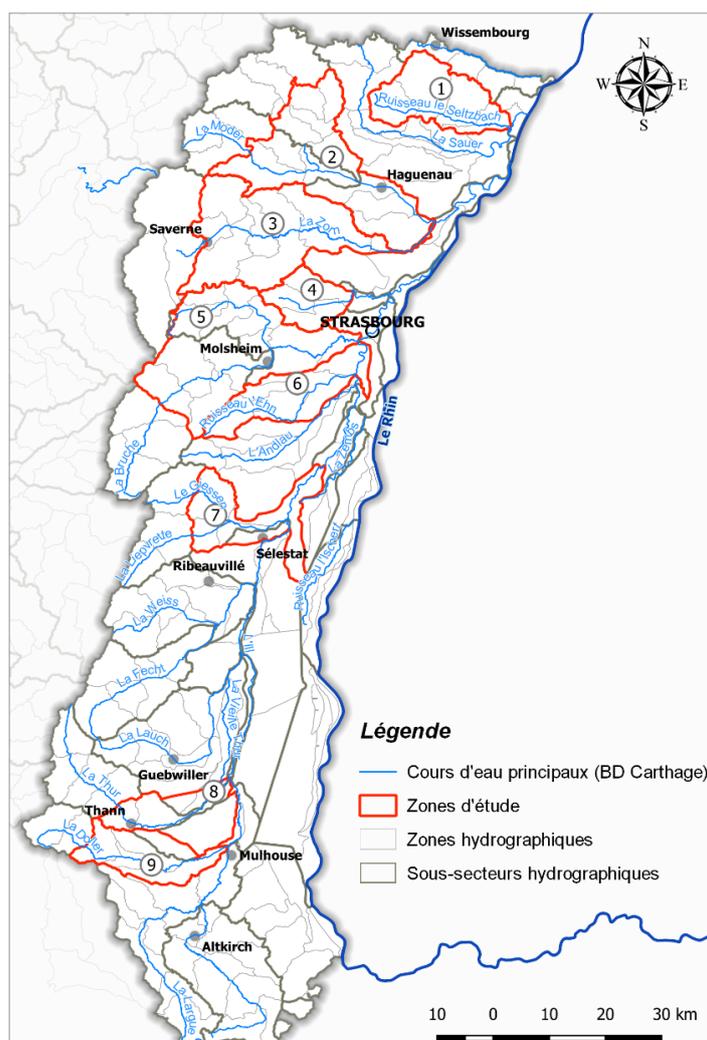


Illustration 1 : Localisation des zones d'étude.

#### 1.4. STRUCTURE DE L'ÉTUDE

Cette étude fait partie du premier volet du projet global « perspectives et cohabitations entre les différents usages de l'eau : de l'équilibre entre les usages agricoles à une gestion partagée des bassins versants » porté par la Région Grand Est, l'AERM et le BRGM et co-piloté par la Région et la DREAL Grand Est. Ce volet 1 comporte trois axes réalisés respectivement par la Chambre d'Agriculture, la Région Grand Est et le BRGM :

- axe 1 - État des lieux des pratiques d'irrigation et des perspectives d'évolution (Chambre d'Agriculture) ;
- axe 2 - Analyse des ressources et pressions exercées sur les eaux superficielles et souterraines en Alsace (Région Grand Est) ;
- **axe 3 - Potentiel des eaux souterraines pour l'irrigation sur différentes typologies de bassins versants en Alsace (BRGM).**

Le second volet, portant sur la partie Ried, est réalisée en parallèle et est traité dans le cadre du rapport BRGM/RP-67863-FR.



## 2. Contexte général

### 2.1. GÉOGRAPHIE ET CLIMATOLOGIE

Les différents secteurs d'études s'étendent sur les deux départements alsaciens, le Haut-Rhin et le Bas-Rhin. Situé au cœur du fossé rhénan, ce territoire est marqué par une variation topographique importante d'ouest en est. Le massif des Vosges, culminant à 1 422 m au Grand Ballon, s'oppose à la plaine d'Alsace, qui a une altitude moyenne de 200 m environ (cf. Illustration 2).

Les collines sous vosgiennes, ou piémont, constituent une zone de transition entre les massifs et la plaine. Celles-ci sont situées à des altitudes moyennes comprises entre 300 et 600 m. Ce sont des terrains marqués par les accidents tectoniques et découpés par un réseau de faille dense (champs de fracture) où se juxtaposent des grès, calcaires et marnes.

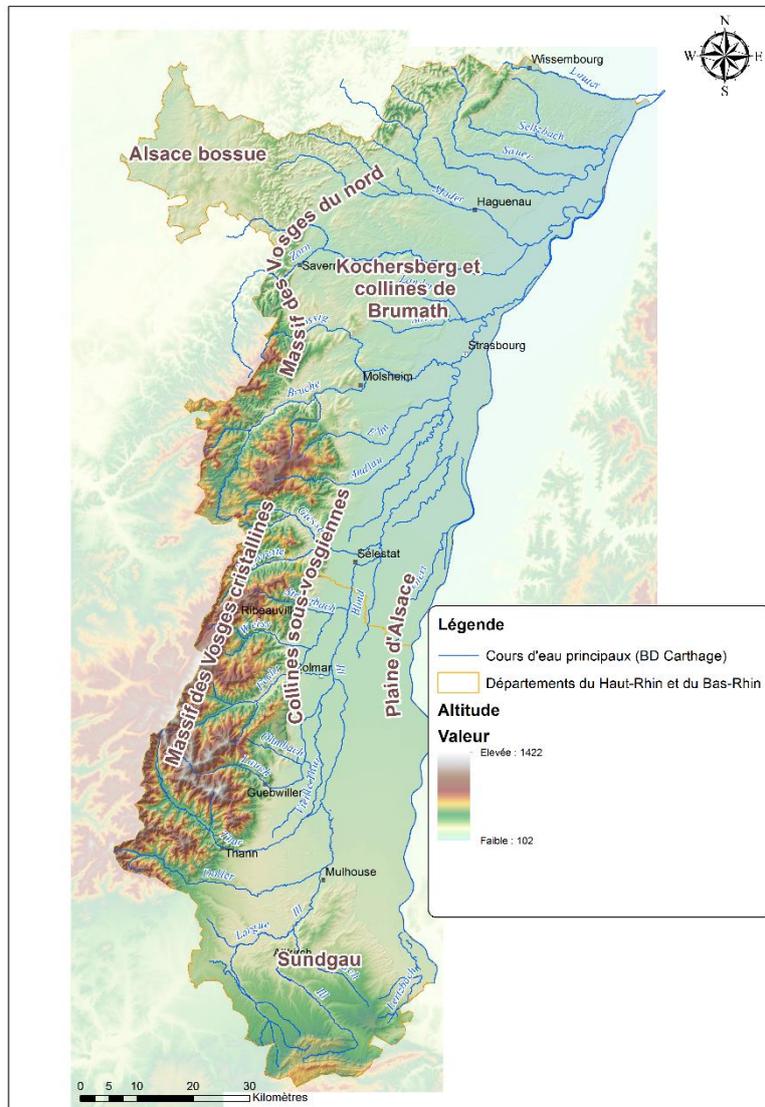


Illustration 2 : Contexte géographique de l'étude.

Le climat alsacien est continental, marqué par des hivers froids et des étés chauds et orageux. La pluviométrie dans le fossé rhénan est également corrélée avec le relief. On retrouve les cumuls maximaux dans les zones de reliefs. Les précipitations peuvent alors atteindre plus de 2 000 mm/an en altitude. En plaine, les cumuls moyens sont de l'ordre de 600 à 800 mm/an.

## 2.2. LES USAGES DE L'EAU

Les données de prélèvements en eaux souterraines sont bancarisées et accessibles via la BNPE (Banque nationale des prélèvements en eau) sur la base des redevances de l'Agence de l'Eau. Le Tableau 2 recense les volumes utilisés par usages et par types d'eau en 2015 en Alsace :

|               | Volume en millions de m <sup>3</sup> /an | Part | ESO  | ESU  |
|---------------|--|------|------|------|
| AEP           | 124, 21                                  | 21 % | 98 % | 2 %  |
| INDUSTRIE     | 349, 24                                  | 59 % | 59 % | 41 % |
| IRRIGATION    | 117, 73                                  | 20 % | 90 % | 10 % |
| Total général | 591, 19                                  |      |      |      |

Tableau 2 : Répartition des usages de l'eau en Alsace (Données 2015, AERM).

La nappe d'Alsace est de loin la ressource la plus sollicitée à l'échelle du territoire. En zone de piémont, les prélèvements en eau servent en majorité aux usages domestiques et sont issus de forages ou de captages de sources. Les eaux superficielles sont essentiellement utilisées pour l'industrie et l'irrigation.

Les prélèvements les plus importants restent liés à la présence d'agglomérations. En dehors de la nappe rhénane, les prélèvements en eau sont essentiellement utilisés pour l'alimentation en eau potable et l'industrie.

## 2.3. L'IRRIGATION EN ZONES DE PIÉMONT VOSGIEN

Le diagnostic des pratiques de l'irrigation en Alsace, mené par la Chambre d'Agriculture (axe 1 de l'étude) a mis en évidence que :

- dans les zones de piémont, les eaux souterraines facilement exploitables ne sont pas disponibles et/ou profondes. Les prélèvements d'eau pour l'irrigation s'effectuent alors préférentiellement dans les eaux superficielles. Les volumes prélevés sur les secteurs d'études varient en moyenne de 3 600 à 150 000 m<sup>3</sup>/an ;
- l'eau prélevée est notamment utilisée pour l'irrigation de betteraves, tabac, blé, maïs semences, pommes de terres, etc. L'irrigation est nécessaire dans ces secteurs pour le développement de ces cultures dites « spéciales », à plus forte valeur ajoutée.

Les travaux menés par la Chambre d'Agriculture (2017) ont permis d'identifier plusieurs projets visant à substituer les prélèvements des cours d'eau vers des prélèvements souterrains. Compte-tenu de l'évolution très rapide des besoins liés à l'irrigation, ces projets peuvent ne pas être représentatifs de la situation actuelle. D'autres sources d'informations montrent que des conflits d'usages liés à l'irrigation peuvent être présents sur certains bassins versants. En effet, bien qu'aucun projet n'ait été relevé sur le bassin du Giessen, ces conflits ont été mis en avant par le retour d'expérience du SAGE Giessen-Lièpvrette.

## 2.4. ADÉQUATION ENTRE LES RESSOURCES EN EAU ET LES PRÉLÈVEMENTS

L'analyse des prélèvements et des ressources en eau sur l'Alsace menée par la Région Grand Est dans l'axe 2 de l'étude (Manlay, 2017) a mis en évidence une tendance à la baisse des prélèvements domestiques et industriels. Toutefois la pression sur les eaux superficielles exercée par ce dernier usage reste forte et variable. La variation des prélèvements pour l'irrigation est plus difficile à transposer sur une courbe de tendance. Les besoins en eau de cet usage sont fortement liés aux conditions climatiques, aux caractéristiques des sols, à l'assolement et au matériel utilisé. Malgré cela les surfaces irriguées sont en augmentation depuis les années 1970 et la demande de pompage continue d'augmenter également. Les prises dans les cours d'eau sont concentrées sur les zones situées en dehors du périmètre de la nappe rhénane. Les volumes peuvent paraître assez faibles sur une année, comparés aux volumes prélevés par le secteur industriel par exemple. Mais le fait qu'ils soient essentiellement pompés en période estivale peut entraîner des baisses de débits assez importantes dans les cours d'eau sensibles.

Les différentes ressources montrent également une forte variabilité interannuelle. La fréquence d'années sèches augmente sur la dernière décennie, comparée aux volumes écoulés auparavant. Les moyennes décennales des précipitations efficaces semblent constantes, mais la recharge montre une baisse depuis 2000. Les pluviométries les plus basses ont été enregistrées dans les années 2000 (notamment pour les années 2003 et 2015). Les milieux aquatiques semblent d'ores et déjà impactés par ces changements. Le réseau national de suivi des assecs fait part d'une augmentation annuelle du nombre d'assecs en Alsace (notamment dans les ruisseaux phréatiques) depuis 2012 (en moyenne + 1,25 %/an sur la période 2012-2017). Ces phénomènes pourraient être liés à la fois aux étiages sévères et à l'intensification des prélèvements.

Plusieurs zones hydrographiques apparaissent concernées par des tensions quantitatives. Les taux de prélèvements ont été calculés soit sur les volumes écoulés dans les cours d'eau soit sur le renouvellement des eaux souterraines, conformément à la définition du bon état quantitatif de la DCE. Les résultats montrent que certains sous-bassins versants alsaciens présentent des taux de prélèvements assez élevés. Les eaux superficielles sont soumises à de fortes pressions, notamment par l'industrie qui pompe 42 % de son eau dans les eaux de surfaces. La recharge semble difficilement suffire face aux besoins actuels en eau dans certaines zones telles que l'amont de la Zorn, la Bruche, la Thur ou encore la Doller.

Le ratio prélèvements/recharge calculé a servi de base à la qualification de la pression sur la ressource de cette étude dans certains bassins versants. Toutefois ces résultats ne prennent en compte que les pluies efficaces et négligent la capacité d'infiltration des sols et roches présentes. Il s'agit d'un premier indicateur de pression quantitative par zones hydrographiques.



## **3. Éléments généraux d'hydrogéologie**

### **3.1. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE**

Situé dans le fossé, ou graben, du Rhin supérieur, l'Alsace montre une grande diversité géologique où affleurent des terrains sédimentaires, plutoniques, volcaniques et métamorphiques.

La conjugaison des failles vosgiennes et rhénanes a mis en contact le socle hercynien, correspondant aux Vosges cristallines, et la plaine alluviale. La transition entre ces deux ensembles donne lieu à des champs de fracture, zones où affleurent différents terrains mis en contact par un système de failles et de blocs effondrés relativement dense.

Tout au long du Quaternaire, le Rhin et ses affluents ont accumulé leurs alluvions sur de grandes épaisseurs dans la plaine d'Alsace (moins de 25 m près de Bâle, 250 m près de Neuf-Brisach dans la fosse dite de Geiswasser, 80 m à Strasbourg).

La subsidence irrégulière du fossé ou le relèvement des Vosges et de la Forêt Noire ainsi que l'alternance d'époques froides et tempérées plus ou moins humides (glaciaires et interglaciaires) sont à l'origine de périodes de creusement et d'alluvionnement successives, avec des contributions variables d'alluvions par le Rhin et par ses affluents apportant des matériaux des massifs montagneux des Vosges et de la Forêt-Noire. Les terrasses fluviales ont ensuite généralement été recouvertes par des lœss plus ou moins épais, déposés par les vents lors des périodes froides du Quaternaire.

### **3.2. PRÉSENTATION DES ENTITÉS HYDROGÉOLOGIQUES CONCERNÉES PAR L'ÉTUDE**

Les caractéristiques des entités hydrogéologiques concernées par l'étude sont précisées à l'échelle des bassins versants dans différentes fiches de synthèses (Partie 6). Cette partie a pour but de présenter de manière générale les différentes entités présentes (faciès, type, etc.), qui sont localisées dans l'illustration 3.

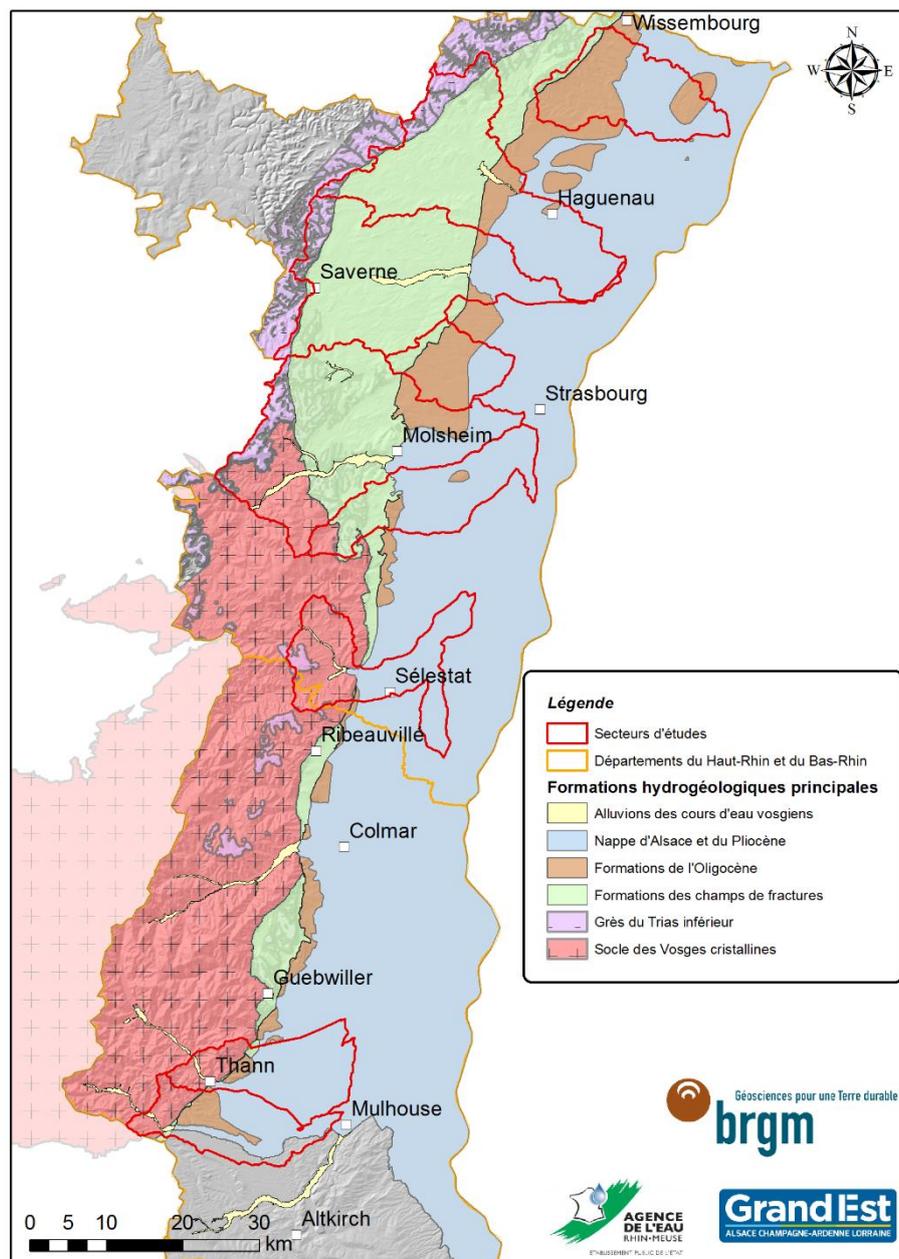


Illustration 3 : Localisation des entités hydrogéologiques principales concernées par les zones d'études.

### 3.2.1. Le domaine de socle Vosgien

Le Massif des Vosges cristallines est un aquifère de socle, constitué de roches volcaniques (granites, gneiss schistes, grauwackes) d'âge primaire (Menillet *et al.*, 1989). Le « réservoir » constitué par ces formations se décompose en deux horizons interconnectés (Lachassagne *et al.*, 2001), comme le montre l'illustration 4 :

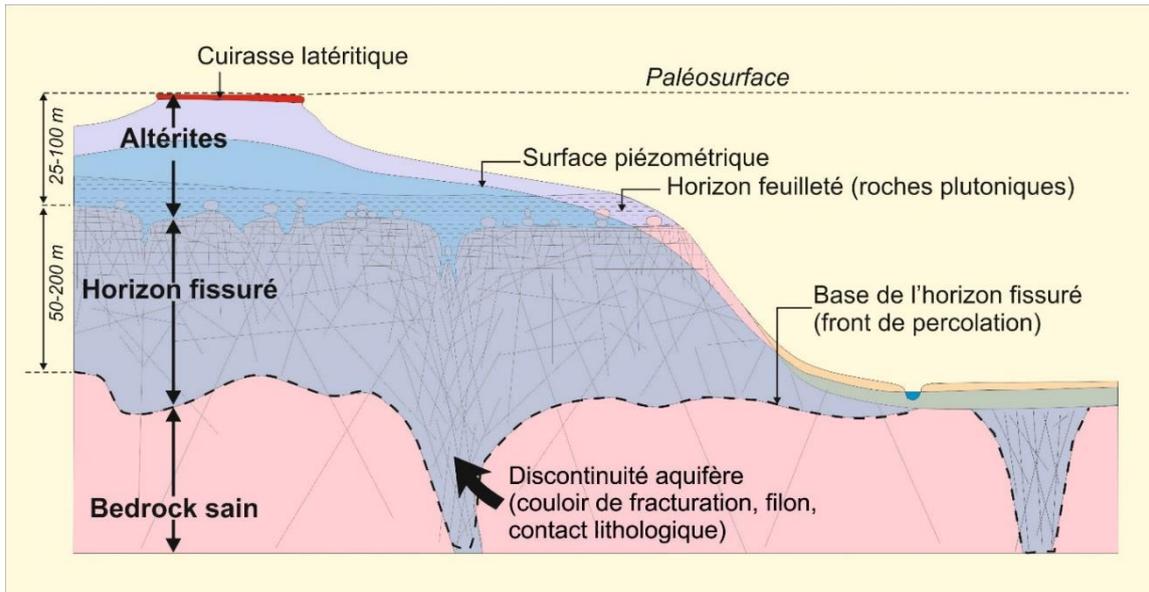


Illustration 4 : Schéma conceptuel des aquifères de socle associés à un ancien profil d'altération (Wyns et al., 2004).

- l'horizon superficiel altéré à porosité d'interstice (altérite), caractérisé par une teneur en argile généralement importante et des transmissivités faibles ;
- l'horizon fissuré, où l'eau circule via le système de faille et diaclases.

Traditionnellement, l'exploitation de ces aquifères se fait par le biais de petites sources de débordement et des émergences diffuses qui en découlent. Ces sources naissent à la faveur des reliefs ou petites vallées, lorsque la surface piézométrique recoupe la topographie.

Cette structure entraîne une piézométrie relativement proche du niveau de la surface, en raison de la perméabilité globale généralement médiocre du socle et de l'importance des apports météoritiques. L'altitude du toit de la nappe et ses fluctuations sont complexes à déterminer en domaine de socle, de même que la représentativité des piézomètres qui la compose (Baierer, 2012). Ce qui explique notamment l'absence globale de réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines dans ces zones.

En période de basses eaux, la nappe libre fournit le débit d'étiage aux rivières. Les rivières permanentes peuvent alors représenter des segments d'affleurement de la surface piézométrique. En période de hautes eaux, la partie amont des thalwegs est mise en eau aux endroits où les cours d'eau ne sont pas permanents. Si le battement annuel peut alors être important, il n'en reste pas moins approximatif.

### 3.2.2. Les Grès du Trias

Ces formations du Buntsandstein (Trias inférieur) sont constituées de Grès plus ou moins fin avec parfois des lentilles d'argiles. On distingue plusieurs faciès au sein de cette entité (Menillet *et al.*, 1980) qui sont, depuis la base jusqu'au sommet :

- le Buntsandstein inférieur, constitué de sables et grès feldspathiques, argileux d'une épaisseur pouvant atteindre 150 m ;
- le Buntsandstein moyen ou Grès vosgien, épais de 300 m, constitué de grès grossier à très fins : la partie inférieure de ce grès est probablement plus compacte que la partie supérieure, il passe à un faciès conglomératique à sa base (Conglomérat inférieur) et à son sommet (Conglomérat principal) ;

- les Couches intermédiaires, en majeure partie constituées d'une alternance de grès feldspathiques grossiers et de lits d'argile : à la base et au sommet, on observe des bancs de brèches dolomitiques ;
- le Grès à Voltzia (Buntsandstein supérieur), à grain très fin (grès à meules), argileux vers le sommet (alternance de grès et d'argile), auquel on associe le Grès coquillier lorsqu'il est présent.

Dans le massif des Vosges, cet aquifère est essentiellement libre lorsqu'il affleure et artésien en profondeur.

### 3.2.3. Les formations des champs de fracture

Entre la Plaine d'Alsace et le Massif Vosgien s'intercalent des zones intermédiaires marquées dans le paysage par des collines, dites collines sous-vosgiennes. Ces zones intermédiaires sont bordées par des failles majeures mais également traversées par des systèmes de failles les découpant en une mosaïque de blocs (cf. Illustration 5).

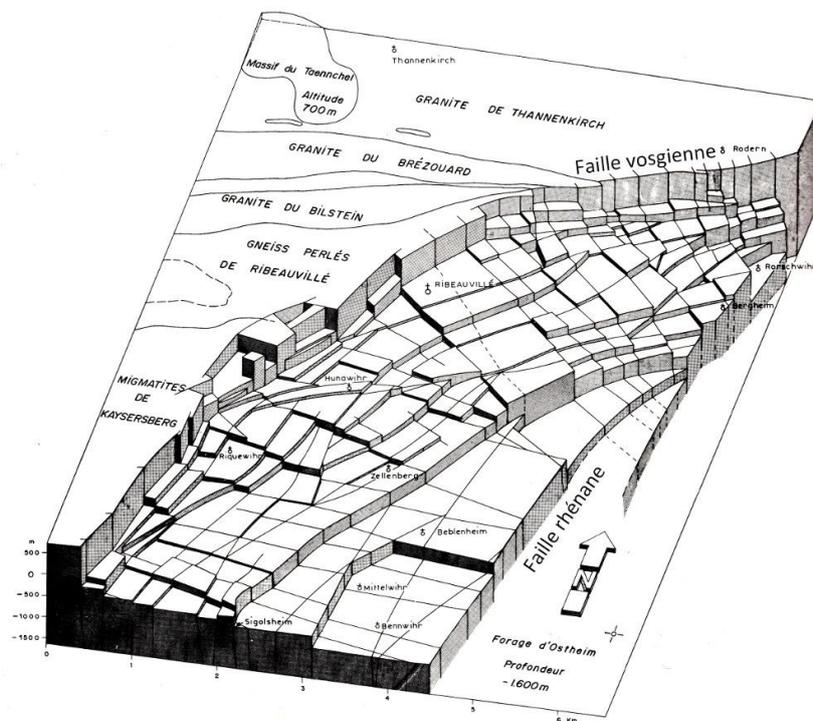


Illustration 5 : Bloc schématique représentant le découpage en bloc des champs de fracture. Exemple de Ribeauvillé, d'après Hirlemann (1972).

On trouve, alignés du sud au nord le long du Massif Vosgien, les champs de fractures de Vieux-Thann, de Ribeauvillé, de Barr et de Saverne. La géologie de ces zones est très complexe. Le découpage tectonique met en contact des terrains d'âges et de natures divers suivant les affaissements ou exhaussements relatifs des micros blocs. On y rencontre un damier de compartiments où affleurent des terrains d'âge Mésozoïque (Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper et Jurassique) et Cénozoïque, parfois recouverts par les formations superficielles. On y retrouve des alternances de terrains argileux, marno-calcaires et gréseux et des formations superficielles comme le loess et les alluvions.

Les aquifères rencontrés dans ces champs de fractures peuvent être libres ou captifs. Étant donné leur structure géologique complexe, la connaissance détaillée à l'échelle locale revêt une importance particulière en cas de forage, notamment à vocation géothermique. Des

principales formations aquifères, on y distingue les formations gréseuses du Trias inférieur, aquifères à porosité d'interstices et de fractures à proximité de failles, et les formations calcaro-dolomitiques du Trias moyen (Muschelkalk), aquifères essentiellement à porosités de fractures. Les alluvions récentes et anciennes des vallées vosgiennes et rhénanes sont également perméables et aquifères selon leur composition pétrographique. Le système de failles d'orientation nord/sud favorise dans certains cas la circulation de l'eau des aquifères supérieurs vers les aquifères inférieurs.

### 3.2.4. Les formations de l'Oligocène

Le faciès marneux domine les formations de l'Oligocène. Ces dépôts sont peu aquifères. En effet, les résultats des essais de pompages montrent des formations peu perméables, peu transmissives et majoritairement captives. Les circulations d'eau y sont alors relativement lentes.

On distingue toutefois des différences de faciès entre les dépôts oligocènes au nord et au sud de l'Alsace, pouvant créer des aquifères locaux d'extension limitée :

- au nord de l'Alsace, les terrains marneux (« série grise » notamment) présentent des intercalations sableuses pouvant renfermer des nappes perchées limitées ;
- plus au sud, l'Oligocène est constitué de la Molasse alsacienne, formation marno-sableuse, et de conglomérats à galets gréseux et calcaires.

Les marnes de l'Oligocène constituent également le mur, ou substratum, de l'aquifère alluvial du Rhin et de la nappe du Pliocène.

### 3.2.5. La nappe du Pliocène

Les terrains pliocènes, localement entaillés par des chenaux d'alluvions vosgiennes quaternaires et recouverts de loess, sont constitués d'alternances de sables fins et d'horizons argileux et tourbeux.

Cet aquifère multicouche a été découvert tardivement, au cours de recherche d'eau à Kapsweyer, près de la frontière franco-allemande. L'eau, sous pression, jaillissait d'un aquifère graveleux. Ce qui a permis de découvrir la présence d'un niveau captif, séparé des aquifères superficiels par une couche d'argile imperméable. La nappe du Pliocène a ensuite fait localement l'objet d'études hydrogéologiques et géophysiques pour déterminer les emplacements favorables à l'implantation de forages (Projet INTERREG IV A 2008-2011).

À la suite d'études géologiques (forages de reconnaissances, mesures géophysiques, etc.) dans le secteur de Bienwald (au nord-est de l'aquifère), la géométrie de l'aquifère a pu être mieux analysée, ce qui a ensuite servi à la modélisation hydrogéologique du secteur (Schomburgk et Hamm, 2011). Le modèle se base ainsi sur les couches suivantes, du sommet à la base :

- l'aquifère supérieur du Quaternaire (Pléistocène), constitué de sables moyens à grossiers sur une épaisseur de 2 à 53 m ;
- un niveau intercalaire argileux à fort pourcentage de fines, de 0 à 20 m d'épaisseur ;
- l'aquifère médian du Pliocène, constitué de sables fins à moyens sur une épaisseur de 4 à 87 m ;
- un niveau intercalaire d'argile et de limons sur une épaisseur de 1 à 30 m ;
- l'aquifère profond du Pliocène, constitué de sables moyens à grossiers épais de 0 à 36 m.

Cette géométrie multicouche n'est toutefois pas représentative de l'ensemble de l'aquifère, comme le montre l'illustration 6, issue des travaux de modélisation de l'APRONA sur la nappe Plio-Quaternaire du nord de l'Alsace (2013).

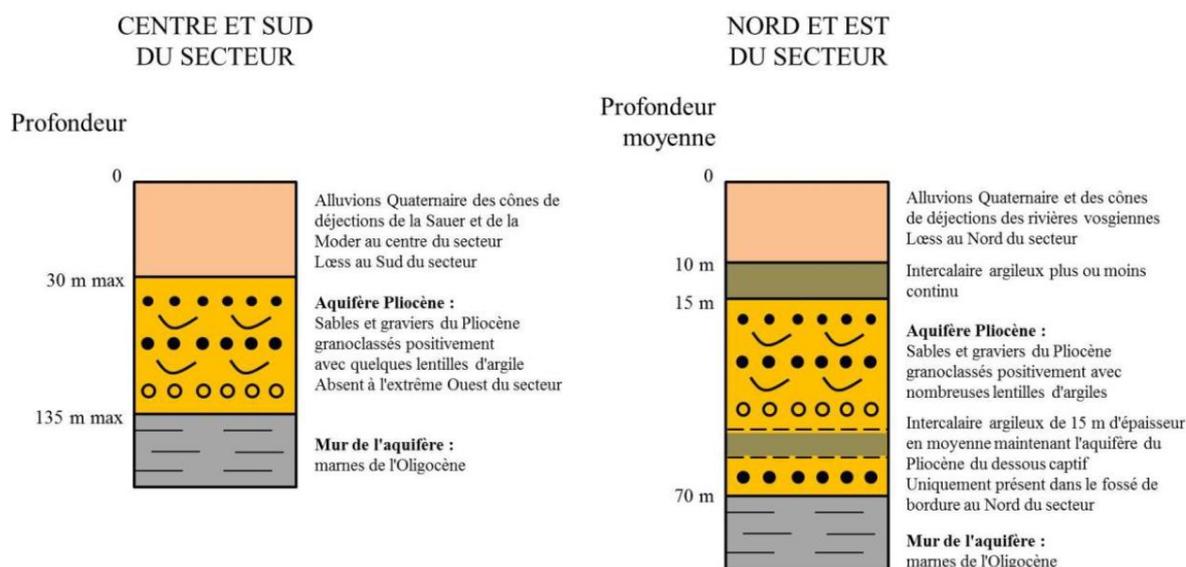


Illustration 6 : Coupes schématiques simplifiées des formations aquifères du Pliocène (APRONA, 2013).

Au centre et au sud du secteur de cet aquifère, celui-ci ne semble pas comporter d'intercalaire argileux et présente une épaisseur plus importante qu'au nord-est (environ 100 m maximum).

### 3.2.6. Les alluvions vosgiennes

Ces alluvions regroupent les matériaux déposés par les rivières vosgiennes dans les vallées du massif montagneux et dans la plaine d'Alsace. Ces alluvions peuvent être interstratifiées dans les alluvions rhénanes mais sont le plus souvent redistribuées dans celles-ci.

L'épaisseur de ces dépôts est très variable. Ils sont composés des produits de l'érosion des massifs :

- dans les Vosges du nord, les alluvions vosgiennes sont constituées essentiellement de sable rouge avec des interstratifications de petits galets de quartz et de quartzite, matériaux remaniés des grès vosgiens (Buntsandstein). La stratification est généralement bien marquée ;
- dans les Vosges cristallines, les matériaux alluvionnaires proviennent principalement du socle vosgien: galets de granite, de gneiss, de schistes, de grauwackes, sables d'origine variée (arènes granitiques, grès vosgien) et limons beiges à rougeâtres provenant des altérites du socle vosgien. Elles sont grossières à dominance de galets et de blocs roulés dans les principales vallées. La stratification est peu marquée.

Les potentiels en eau sont susceptibles de varier localement selon la présence d'argile dans les alluvions.

### 3.2.7. L'aquifère rhénan

L'aquifère rhénan est constitué par les alluvions quaternaires qui ont été déposées par le Rhin et ses affluents dans le fossé d'effondrement compris entre les Vosges et la Forêt-Noire. Ces alluvions sont composées de galets, graviers, sables, limons et argiles. Sur la zone d'étude, leur épaisseur est comprise entre 50 mètres en bordure ouest et plus de 100 mètres au niveau du Rhin.

La nappe contenue dans ce réservoir s'étend sur environ 3 000 km<sup>2</sup> et est limitée au sud par les collines du Sundgau et à l'ouest par le piémont vosgien. Son volume en Alsace est estimé à 35 milliards de m<sup>3</sup>, hors Pliocène.

L'aquifère rhénan s'écoule globalement du sud au nord. Cet axe d'écoulement est modifié à proximité du piémont vosgien pour suivre un axe ouest/est au débouché des différentes vallées vosgiennes.

La faible profondeur de son niveau statique et sa forte productivité induise une facilité d'exploitation en même temps qu'une forte vulnérabilité. Sur la zone d'étude, la nappe est affleurante dans les zones humides. Le niveau statique va jusqu'à une profondeur d'environ 5 mètres aux alentours du canal du Rhône au Rhin ou sur la bordure ouest en direction du piémont.

L'aquifère rhénan est majoritairement alimenté par les infiltrations du Rhin, des rivières de la plaine et les apports latéraux (ruissellement des collines vosgiennes et infiltration des rivières vosgiennes au niveau des cônes de déjection). Les précipitations assurent moins de 20 % de la recharge générale.



## 4. Méthodologies et traitement des données disponibles

### 4.1. DÉMARCHE GÉNÉRALE

La démarche suivie pour caractériser les ressources en eaux souterraines disponibles pour l'irrigation est la suivante :

- 1) lister les ressources en eau souterraine présentes au droit de chaque zone d'étude sur la base des connaissances et des données géologiques et hydrogéologiques disponibles ;
- 2) évaluer l'accessibilité et la productivité des différentes ressources en eau souterraine ;
- 3) analyser le fonctionnement de la recharge et des relations nappes rivières avec les méthodes adaptées à la ressource en eau traitée et aux données disponibles sur chaque zone d'étude ;
- 4) analyser la résistance à la sécheresse des différentes ressources,
- 5) évaluer le niveau de tension quantitative présent sur les différentes ressources en eau souterraine pré listés.
- 6) classifier les différentes zones par rapport à leur utilisation par l'irrigation.

Face à l'hétérogénéité des données disponibles sur les secteurs étudiés, la méthodologie générale n'a pas toujours pu être appliquée. Certaines étapes ont été adaptées et la classification des cartographies finales a alors permis d'homogénéiser les résultats.

### 4.2. DONNÉES DISPONIBLES

#### 4.2.1. Géologie

La géologie a été analysée sur la base des cartes (harmonisées ou non) au 1/50 000 ainsi que des notices géologiques les accompagnant, de la bibliographie et des coupes géologiques disponibles (BRAR ou BSS).

Cette description n'a pas pour but d'étudier de manière fine la lithologie du secteur étudié mais de pouvoir identifier les formations en profondeur en vue de les caractériser d'un point de vue hydrogéologique.

#### 4.2.2. Hydrogéologie

L'hydrogéologie de chaque zone a été analysée à partir des entités de la BDLISA<sup>2</sup>, des coupes et études déjà réalisées afin de repérer les niveaux aquifères, d'en caractériser le type (libre, captive, perchée) et d'analyser les paramètres hydrodynamiques. Cette analyse s'est effectuée à partir de plusieurs bases de données et référentiels, qui sont décrits ci-après.

---

<sup>2</sup> <https://bdlisa.eaufrance.fr/>

### **Base de données nationales :**

- **ADES**

**ADES** est le portail national d'**Accès aux Données sur les Eaux Souterraines** pour la France métropolitaine et les départements d'outre-mer. Il rassemble sur un site Internet public (<http://www.ades.eaufrance.fr/>) des données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines. Ce produit du SIE (Système d'information sur l'eau) est le fruit d'un travail collectif des institutions publiques (AFB, Ministères, DREAL, Agences de l'Eau) dont le développement, l'animation et l'hébergement sont confiés au BRGM.

- **BRAR**

La Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan (BRAR) et son site associé (<http://sigesar.brgm.fr/>) a été créée par la direction régionale Alsace du BRGM, sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace, dans l'objectif de disposer d'un outil permettant de stocker et diffuser les données sur l'aquifère non prises en compte dans la Banque du sous-sol (BSS). La BRAR a été développée dans le cadre de conventions de partenariat successives entre la Région Grand Est et le BRGM depuis 1994 (convention actuelle : 2017-2019).

La banque a pour fonction de mettre à disposition des acteurs tels que l'aménageur d'espaces, le foreur de captage d'eau, l'installateur de pompes à chaleur, les informations utiles sur les forages d'eau et la géologie de la plaine. L'objectif est de disposer d'un outil permettant de collecter et d'organiser les données nécessaires à une meilleure connaissance du fonctionnement de la ressource en eau. La connaissance du sous-sol et des points de vulnérabilité des eaux souterraines est un élément essentiel pour la protection de la ressource en eau.

De nombreuses données telles que des coupes géologiques, paramètres hydrodynamiques de la nappe d'Alsace et diverses cartographies y sont répertoriées et disponibles.

- **BSS-Eau : point d'eau référencés en BSS**

La BSS-Eau est la base de données relative aux informations sur les eaux souterraines, au format SANDRE, qui est organisée et gérée par le BRGM. Son contenu (descriptif des points d'eau, données sur les prélèvements et les traçages, ...) constitue le référentiel des points d'eau en France. Les informations contenues dans cette base sont issues des déclarations faites au titre du Code minier ou du Code de l'environnement.

La BSS-Eau fait l'objet de mises à jour pour améliorer la qualité des informations déjà saisies (précisions et compléments de dossiers) et pour prendre en compte les informations communiquées par les différents organismes du Système d'Information sur l'Eau (Agences de l'eau, DREAL, collectivités locales, syndicats d'eau, etc.) dont le soutien est nécessaire pour enrichir les informations sur le descriptif des points d'eau. Ces mises à jour sont réalisées par les directions régionales du BRGM et leur rythme actuel est quotidien en fonction des informations transmises. Les données informatisées proviennent de plusieurs sources complémentaires dans l'espace et dans le temps. Ainsi les données ne font pas toutes l'objet de contrôles et de vérifications. Au fur et à mesure la traçabilité de l'origine des données saisies sera précisée et accessible à l'utilisateur. Certaines lacunes en termes de documentation associée au point d'eau s'expliquent par des non-instructions de dossiers.

- **SISE EAUX**

SISE-Eaux constitue l'outil national de gestion du suivi de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, déployé par les Agences Régionales de Santé (ARS). Son exploitation repose en particulier sur le transfert automatisé des résultats d'analyses des laboratoires vers les différentes bases départementales qui composent le système d'information SISE-Eaux.

**Référentiels :**

- **BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères)**

Il s'agit du référentiel national qui permet de localiser les entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non). Une entité est répertoriée selon plusieurs attributs :

- le niveau (échelle géographique) ;
- le thème (type de formation géologique) ;
- la nature (potentiel aquifère) ;
- le milieu (défini par le type de porosité) ;
- l'état (présence de nappe, libre ou captive).

Après une phase méthodologique de quelques années, les travaux BDLISA ont commencé en 2006, région par région. Aujourd'hui, l'étape de construction du référentiel laisse place à des cycles itératifs de deux à trois ans à l'issue desquels les anomalies observées par les utilisateurs seront corrigées et les améliorations proposées grâce aux avancés scientifiques et techniques sur les connaissances du sous-sol seront intégrées. La version actuelle du référentiel est la BDLISA version 2 (diffusée depuis février 2018).

#### **4.2.3. Usages et prélèvements**

Dans un cadre général, les volumes prélevés sur le milieu naturel (eaux souterraines et eaux superficielles) sont soumis à redevance pour un volume prélevé supérieur à 10 000 m<sup>3</sup> par an. Seules quelques exceptions (géothermie, exhaure de mines, réalimentation du milieu naturel...) ne sont pas soumises à ce régime de redevances. Ces données sont notamment accessibles via la BNPE, la Banque Nationale des Prélèvements d'Eaux (<http://www.bnpe.eaufrance.fr/>).

Les données recueillies s'étendent de 2008 à 2015. Ces données concernent l'ensemble de l'Alsace, pour les différents usages de l'eau et les prélèvements souterrains et superficiels. Les données sont regroupées par usages, types d'eau, année, commune. À noter que la localisation des points est rattachée au chef-lieu de la commune. Cela ne permet alors pas d'identifier de manière précise la ressource impactée.

#### **4.2.4. Météorologie**

En raison de la forte variation de la pluviométrie entre les différentes zones, les stations météorologiques Météo France consultées sont différentes suivant les bassins versants étudiés. Les différents paramètres disponibles et utilisées sont résumés dans le Tableau 3.

| Station<br>météo                  | Strasbourg  | Colmar      | Sélestat    |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Données                           |             |             |             |
| Pluie journalière                 | 1960 - 2017 | 1960 - 2017 | 1963 - 2017 |
| Température<br>moyenne sous abris | 1960 - 2017 | 1960 - 2017 | /           |
| Évapotranspiration                | 1960 - 2017 | 1960 - 2017 | /           |

Tableau 3 : Données météorologiques utilisées.

Les chroniques permettent d'évaluer les variations saisonnières et interannuelle des pluies efficaces. La répartition spatiale varie entre les versants et la plaine, où sont localisées les stations. Le modèle AurelHy de météo France ainsi que celui des pluies efficaces (issu du modèle SAFRAN et calculé à partir des précipitations, de la neige et de l'évapotranspiration réelle) ont également été utilisés pour expliquer les différences de recharge possible.

#### 4.2.5. Hydrométrie

Le suivi des cours d'eau est réalisé par des stations de suivis disposées sur les principaux cours d'eau. Il correspond notamment au réseau de suivi de la DREAL. Les chroniques de débits sont disponibles dans la Banque HYDRO (<http://www.hydro.eaufrance.fr/>). Les données obtenues permettent une analyse sur différents pas de temps (annuel, mensuel, journalier) de la plupart des stations hydrométriques ayant des données disponibles dans les départements du Haut-Rhin et du Bas-Rhin.

#### 4.2.6. Piézométrie

L'ensemble des chroniques disponibles sur le portail ADES ont été extraites, soit plus de 250 chroniques piézométriques recueillies avec des données s'étalant de 1960 à 2017. Ces piézomètres sont essentiellement situés dans la nappe d'Alsace et du Pliocène.

#### 4.2.7. Archives

Diverses informations (paramètres hydrodynamiques, coupes géologiques, etc.) non bancarisées ont pu être analysées à partir des archives régionales du BRGM. Celles-ci contiennent notamment des études de protection de captages AEP, de création de forage, etc.

#### 4.2.8. Données manquantes et incertitudes

Les phases d'acquisitions et de traitement de données ont permis de mettre en lumière un certains manques de connaissances et des données (ressources en profondeur, suivi quantitatif, paramètres hydrodynamiques, etc.) sur l'ensemble des secteurs d'étude.

Ce manque de données peut engendrer une forte incertitude, en fonction de la complexité hydrogéologique du milieu considéré. Cette incertitude a donc été classée afin d'être représentée dans les résultats finaux.

### 4.3. ANALYSE DES DÉBITS POTENTIELS DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE AU DROIT DES ZONES D'ÉTUDES

#### 4.3.1. Critères de sélection : débits et profondeur de forage

La recherche sur les ressources en eau souterraine a pour objectifs dans le cadre de ce projet :

- d'évaluer les ressources disponibles pour l'irrigation au droit des zones d'études nécessitant un forage supérieur à 20 mètres pour obtenir un débit *suffisant* lorsque l'intégralité de la colonne aquifère est captée <sup>(1)</sup> ;
- de suppléer aux prélèvements réalisées dans les cours d'eaux présentant des tensions quantitatives.

<sup>(1)</sup> L'estimation de la profondeur de forage n'est pas basée ici sur le niveau piézométrique (niveau statique) dans le forage mais sur l'hypothèse que l'intégralité de la colonne aquifère est captée, en raison du rabattement dans le forage (noté « s » dans l'illustration 7) et de l'utilisation de débit moyen, explicitée dans la partie 4.3.3.

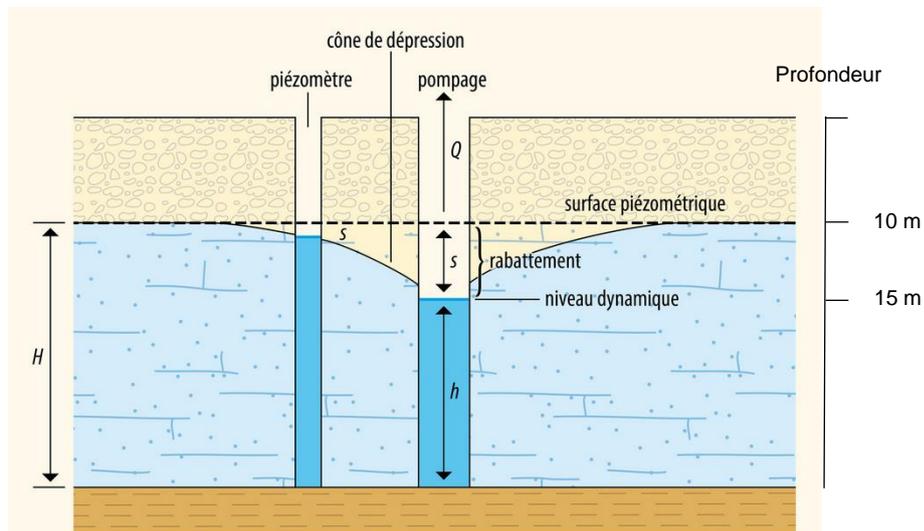


Illustration 7 : Schéma simplifié du niveau statique, dynamique et du rabattement dans un forage (crédits : Encyclopædia Universalis France).

Les alluvions des cours d'eaux ne sont *a priori* pas considérées comme des ressources potentielles en eaux souterraines, notamment lorsqu'une tension quantitative est présente sur le cours d'eau (comme le Seltzbach). Néanmoins, dans certains bassins versants, celles-ci représentent les seules ressources en eaux souterraines disponibles. Elles sont donc représentées sur les cartographies finales.

Le débit minimum nécessaire en entrée de système d'irrigation a été fixé à environ 5 m<sup>3</sup>/h en concertation avec la chambre d'agriculture. Cela correspond globalement au débit minimal nécessaire pour l'irrigation d'une exploitation par la technique du « goutte à goutte ».

Pour des raisons économiques, les ressources nécessitant un forage inférieur à 100 mètres sont privilégiées.

La profondeur maximale est étendue à 200 mètres quand les points suivants sont respectés :

- absence de ressources pérennes dans les cent premiers mètres ;
- présence d'une nappe entre 100 et 200 mètres permettant une exploitation à faible coût (artésianisme, nappe captive présentant des forts débits, etc.).

#### **4.3.2. Caractéristiques de la ressource**

Les débits potentiels de la ressource dépendent des caractéristiques intrinsèques de la ressource visée, telles que :

- la nature de l'aquifère : socle, sédimentaire, alluvial ;
- le type de porosité qui régit les écoulements souterrains : matricielle, de fissure, karstique ;
- l'état de l'aquifère : captif, libre.

Ces différents paramètres sont analysés à partir des référentiels existants et documents associés (BDLISA, BSS), des cartes et notices géologiques et de la bibliographie.

#### **4.3.3. Évaluation de l'accessibilité à la ressource**

L'accessibilité à la ressource correspond à la profondeur de forage nécessaire pour avoir un débit suffisant. L'accessibilité à la ressource est quantifiée à partir des différents paramètres hydrodynamiques (résultats d'essais de pompages : niveau statique, rabattements, transmissivité, débits critiques, etc.). Ces données ont pu être analysées à partir des éléments bancarisés en BRAR, BSS-eau ou encore à travers la bibliographie. Lorsque ces données ne sont pas disponibles, l'analyse s'est basée sur les données présentes en BSS ou dans la base SISE-Eau (profondeur, débit maximum, etc.) ainsi que sur le contexte géologique et hydrogéologique.

En raison de l'absence d'information générale sur les rabattements liés aux débits de captage ou sur l'épaisseur réellement captée, le calcul du débit spécifique n'a pas pu être effectué, comme initialement prévu, sur les différentes zones d'études. Il a néanmoins été approché par le débit moyen estimé à partir des paramètres présents et des débits de forages existants.

L'utilisation d'un débit moyen suppose que l'intégralité de l'aquifère est captée. L'estimation est alors faite à partir des données suivantes, engendrant un degré d'incertitude croissant :

- des données hydrodynamiques et mesures issues des essais de pompages ;
- des débits des forages, données d'exploitations, etc. ;
- de la connaissance géologique du milieu permettant d'extrapoler des données ou d'estimer un ordre de grandeur de débit usuels.

### **4.4. ANALYSE DE LA RECHARGE DES EAUX SOUTERRAINES ET DES RELATIONS NAPPES / RIVIÈRES**

#### **4.4.1. Analyse du mécanisme de recharge**

La recharge des aquifères peu profonds, s'ils ne sont pas captifs, se fait essentiellement via l'infiltration des pluies efficaces, les échanges nappes rivières ou encore les circulations souterraines. Ces mécanismes dépendent de la nature de l'aquifère et de ses paramètres intrinsèques. Les aquifères les plus superficiels sont généralement soumis à des périodes de recharge/décharge annuelles.

Dans des conditions naturelles, la recharge des eaux souterraines profondes est plus longue et s'effectue parfois sur des périodes pluriannuelles. Le renouvellement d'un aquifère profond participant au cycle de l'eau intervient la plupart du temps dans une zone de régénération qui ne peut pas être définie avec précision. Le renouvellement de l'eau souterraine des aquifères profonds est relativement lent. C'est pourquoi les prélèvements importants peuvent modifier l'équilibre du système.

Les nappes profondes ne dépendent cependant pas directement des variations à court ou long terme du taux de renouvellement. Il est donc possible de prélever des quantités plus importantes dans des périodes limitées, par exemple pour couvrir la consommation de pointe hebdomadaire durant les mois d'été (pour l'irrigation par exemple), tant que la nappe n'est pas trop sollicitée sur une longue période: le renouvellement pluriannuel moyen dans la zone de régénération doit correspondre à la quantité pluriannuelle moyenne prélevée.

### IDPR / Pluies efficaces

L'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR) est un indice cartographique qui permet de rendre compte de façon indirecte de la capacité intrinsèque des formations du sous - sol à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de pluie. Il est calculé à partir de la BD Carthage pour la prise en compte du réseau hydrologique naturel (état et type d'écoulements, nature des axes hydrographiques) et du MNT de la BD Alti (IGN) pour définir le réseau théorique des écoulements par l'analyse des talwegs.

Sur le principe que l'organisation du réseau hydrographique est dépendant des formations géologiques (lithologie, structure) qui le supportent, la densité de drainage est révélatrice des formations et permet la substitution des données liées à la perméabilité des sols et sous-sol. Cette approche indirecte permet de s'affranchir de la détermination de critères tels que la perméabilité de l'aquifère, la nature de la zone non saturée et du sol ou la cartographie des discontinuités.

La version utilisée est celle révisée de 2017. L'analyse via l'IDPR, couplée à celle de la répartition des pluies efficaces (cf. Illustration 8), permet d'illustrer le comportement général de la recharge, sans pour autant être en mesure de directement relier ces apports aux aquifères.

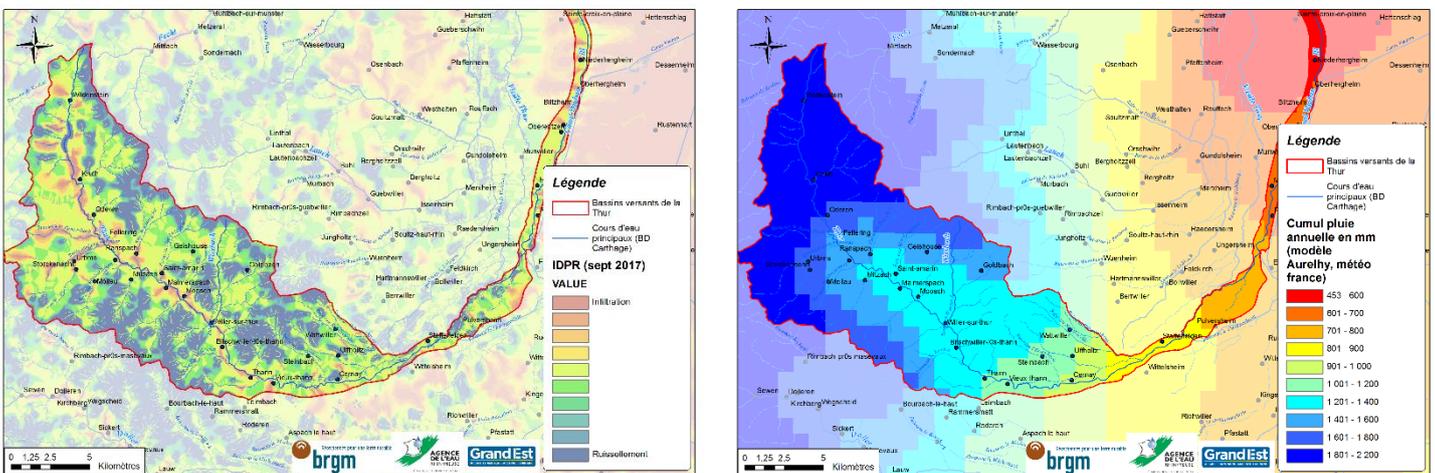


Illustration 8 : Exemple d'analyse des mécanismes de recharge sur le BV de la Thur. À gauche, l'IDPR indiquant les zones d'infiltration ; à droite, le modèle Aurelhy de météo France, permettant d'analyser la répartition des précipitations.

### Base flow index sur les cours d'eau (méthode non retenue)

Dans le cadre de la caractérisation de la recharge, la méthode basée sur le calcul de l'indice d'écoulement de base (Base Flow Index, BFI) a été un temps identifiée pour finalement ne pas être retenue. En effet, cette méthode suppose que les débits sur le bassin versant ne soient pas influencés, ce qui n'est pas le cas dans nos zones d'étude où l'on note la présence de soutien d'étiage (Thur, Doller), de dérivation pour les canaux (Giessen) ou encore de nombreux pompages agricoles (Souffel, Zorn, Moder, Seltzbach).

La méthode de BFI pour caractériser la contribution de base des aquifères libres de surface aux débits des cours d'eau n'est donc pas adaptée à la caractérisation des ressources plus profondes, potentiellement captives et avec une recharge différée.

#### 4.4.2. Relation entre les cours d'eau et les eaux souterraines

Cette analyse concerne uniquement les nappes libres et s'appuie sur une estimation qualitative par comparaison des séries piézométriques, de la pluie et des chroniques de débits.

La comparaison des chroniques piézométriques et hydrométriques, à l'image de l'illustration 9 peut montrer une corrélation entre les événements. En effet, les pics de débits coïncidant avec les pics piézométriques, indiquent des relations très probables entre les eaux souterraines et les eaux superficielles.

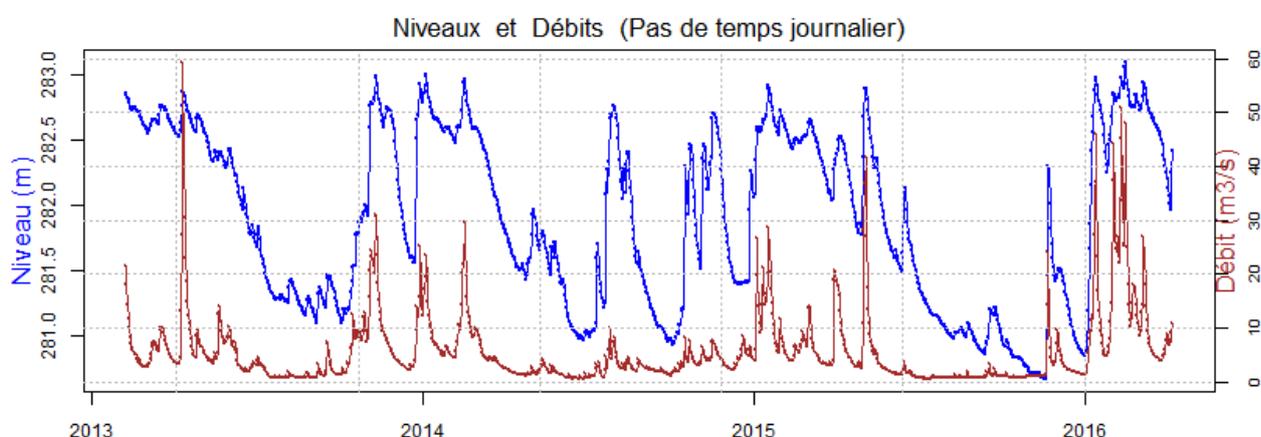


Illustration 9 : Exemple de comparaison de variation piézométrique/hydrométrique sur les alluvions de la Thur. Station hydrométrique de Pulversheim / Piézomètre : 04131X0485/PZ4.

### 4.5. ANALYSE DE LA RÉSISTANCE À LA SÉCHERESSE

#### 4.5.1. Rappel sur les notions de sécheresse en hydrogéologie

En fonction du type de ressource exploitée ou de l'activité économique impactée, plusieurs définitions peuvent être données au terme de sécheresse. Celle-ci peut notamment évoluer sous l'augmentation de la pression démographique et des activités humaines.

Dans le cas présent, on utilisera la définition générale de Collin *et al.* (1994) : « la sécheresse comme une déficience conjoncturelle significative des disponibilités naturelles en eau, pendant une durée assez longue (saisonnaire, annuelle voire pluriannuelle) par rapport aux moyennes (au moins décennales) et sur une étendue assez vaste » qui est aussi la définition utilisée lors de l'évaluation de la résistance à la sécheresse des ressources en eaux souterraines au niveau national (Seguin et Wuilleumier, 2006).

Différentes parties de l'hydro-système peuvent être concernées avec des niveaux différents d'impact pour une même période. Ainsi une sécheresse des sols induira une sécheresse « agricole » dans laquelle les conditions météorologiques telles que le vent et les fortes températures peuvent jouer, en sus de la pluviométrie. Pour la sécheresse hydrologique, concernant cette fois les ressources en eaux, deux systèmes interconnectés sont distingués :

- les eaux de surface où la sécheresse correspond à un déficit des débits des cours d'eau par rapport aux normales saisonnières jusqu'au cas extrême où se produit l'assèchement des rivières pérennes ;

- les eaux souterraines où la sécheresse correspond à un déficit de recharge qui se traduit sur le régime naturel des nappes, jusqu'aux cas extrêmes de l'assèchement des sources pérennes ou l'assèchement des forages dû à l'abaissement des niveaux piézométriques.

L'impact du changement climatique n'a pas été pris en compte dans le cadre de cette étude. En effet, actuellement cet impact peut être considéré comme négligeable à côté de l'impact de l'évolution des prélèvements depuis les années 70/80.

Il est toutefois rappelé que les modèles climatiques prévoient une augmentation des périodes de sécheresse météorologique et les modélisations hydrogéologiques à grandes échelles une baisse générale de la recharge des eaux souterraines (Thierion, 2011 ; Lecluse, 2014). Ces évolutions vont tendre à exacerber les situations de tensions quantitatives et peuvent faire basculer des zones à l'équilibre en zones de tensions quantitatives.

#### **4.5.2. Méthodes applicables sur les ressources pré citées**

La résistance à la sécheresse d'un aquifère dépend à la fois de la qualité de sa recharge et de son inertie. En effet, d'après Seguin et Wulleumier (2006), la capacité d'inertie des aquifères (par exemple dans le cas d'une nappe captive) peut permettre de les exploiter temporairement avec un débit supérieur au flux d'apport annuel. Le régime de déséquilibre temporaire qui en résulte se verra rééquilibré lors de cycles climatiques pluriannuel « normaux ». L'inertie entraînera des comportements différents face à la baisse des niveaux. Par exemple, lors d'un processus de tarissement suivi d'une recharge significative, une nappe à faible inertie répondra rapidement tandis qu'une nappe à forte inertie réagira plus tardivement.

L'indicateur de résistance à la sécheresse est basé sur :

- la nature de l'aquifère (alluvial, sédimentaire / libre, captif) ;
- l'épaisseur, l'extension et le volume de l'aquifère ;
- l'estimation qualitative basée sur l'observation des cours d'eau (assèchements via les données du réseau ONDE, chroniques hydrométriques, etc.), des sources, des données piézométriques, des relations nappes rivières et de l'IDPR.

La résistance à la sécheresse a alors été discrétisée de la manière suivante :

- bonne : nappes captives plus ou moins épaisses (aquifère rhénan sous couverture, grès profonds) ;
- moyenne : nappes libres à forte épaisseur (inertie importante : grès, alluvions épaisses) ;
- faible : nappes libres dépendantes de la pluviométrie (nappe d'accompagnement, socle sans circulation profonde).

### **4.6. ANALYSE DE LA PRESSION SUR LA RESSOURCE**

#### **4.6.1. Pré-ciblage des zones sous tensions**

L'impact quantitatif des prélèvements en eau peut être estimé à partir du rapport entre les prélèvements (flux sortant) et la recharge d'une ressource (flux entrant). Cette méthode permet de donner un premier indicateur de pression sur la ressource.

Les travaux de la Région (axe 2) ont servi de base à ce premier diagnostic.

Les prélèvements sont évalués en fonction :

- de leur volume annuel (en m<sup>3</sup>) ;
- de leur localisation approximative (les données de la BNPE étant rattachées au chef-lieu de la commune) ;
- de leur nature (prélèvements en eaux souterraines / en eaux de surfaces).

Le ratio prélèvement/pluie efficace de cette étude a été calculé :

- à l'échelle des sous-bassins versants (zones hydrographiques de la BD Carthage) ;
- à partir des volumes annuels de prélèvements pour la situation moyenne ;
- à partir de la condensation des prélèvements liés à l'irrigation sur les mois de mai à août, soit 4 mois et de la part des prélèvements annuels sur la saison estivale pour la situation d'été ;
- à partir de la recharge calculée dans les modélisation LOGAR (Région Alsace, 2012).

Ces données ont ensuite été comparées à la situation d'été et aux variations de la ressource. La comparaison entre les variations saisonnières ou interannuelles et les prélèvements permet d'estimer de manière qualitative la pression exercée sur la ressource lorsque le calcul de l'indicateur de pression n'est pas approprié.

#### **4.6.2. Scénarii de travail**

Pour analyser la résistance à la sécheresse des aquifères ciblés, la méthode envisagée se basait sur les techniques d'estimation de volumes prélevables. À partir de l'analyse du suivi piézométrique, couplé à la caractérisation hydrogéologique des zones étudiées (via les temps de transferts des eaux souterraines et à la modélisation des tendances d'évolution (pour les prélèvements et la ressource), le calcul de volumes prélevables annuels permet de caractériser au mieux le bon état quantitatif de l'entité hydrogéologique étudiée.

Au regard des données disponibles sur la majorité des secteurs d'études, cette approche n'a pas pu être menée dans son intégralité. Si la modélisation (maillée ou globale) n'est pas obligatoire pour la définition de volume prélevables, l'absence de suivi piézométrique est un des principaux freins à ces calculs. De la même manière, l'utilisation des données de prélèvements de la BNPE nécessite de nombreuses approximations (concernant la localisation, et extrapolations (sur un pas de temps saisonnier, voire mensuel ou journalier).

L'analyse effectuée reste alors qualitative et reflète la dépendance à la gestion et à exploitation actuelle. Cette analyse se base sur :

- les données de prélèvements (volumes annuels par usages et types d'eau) ;
- l'étude des mécanismes de recharge (via les chroniques piézométriques et hydrométriques, l'IDPR, les jaugeages et les études existantes détaillées) ;
- le contexte hydrogéologique (alluvions de faible inertie, nappes captives)

L'analyse piézométrique, lorsqu'elle est possible, peut notamment permettre d'identifier une baisse globale sur un/des piézomètres représentatifs du bassin versant. Une baisse globale enregistrée sur une longue chronique constitue un indice de pression sur la ressource et tend à montrer que sur le long terme, l'équilibre entre la recharge de la ressource et les volumes captés n'est pas assuré.

## 5. Synthèse des résultats

L'ensemble des résultats pour chaque bassin versant est présenté sous la forme d'un ensemble de cartographies et d'analyses indissociables (proposé en partie 6). Le présent chapitre dresse une synthèse des principaux résultats sur les entités hydrogéologiques rencontrées au droit des zones d'études.

### 5.1. RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES PRÉSENTES AU DROIT DES ZONES D'ÉTUDES

#### 5.1.1. Les alluvions rhénanes

La ressource la plus répandue et accessible au droit des zones d'études est la nappe d'Alsace. Pour rappel, les zones permettant d'obtenir un débit suffisant (50 m<sup>3</sup>/h) avec un ouvrage d'une profondeur maximum de 20 mètres sont exclues des zones d'études.

Localement sous couverture loessique (cas du secteur de la Souffel), l'aquifère rhénan peut se trouver à plus de 30 m de profondeur. Dans le cas d'un forage à 50-90 m, le débit potentiel est alors très bon (supérieur à 100 m<sup>3</sup>/h). C'est le cas par exemple du forage BSS000SSUN (02346X0218/F), qui avec une profondeur de 90 m présente un débit maximum de 600 m<sup>3</sup>/h.

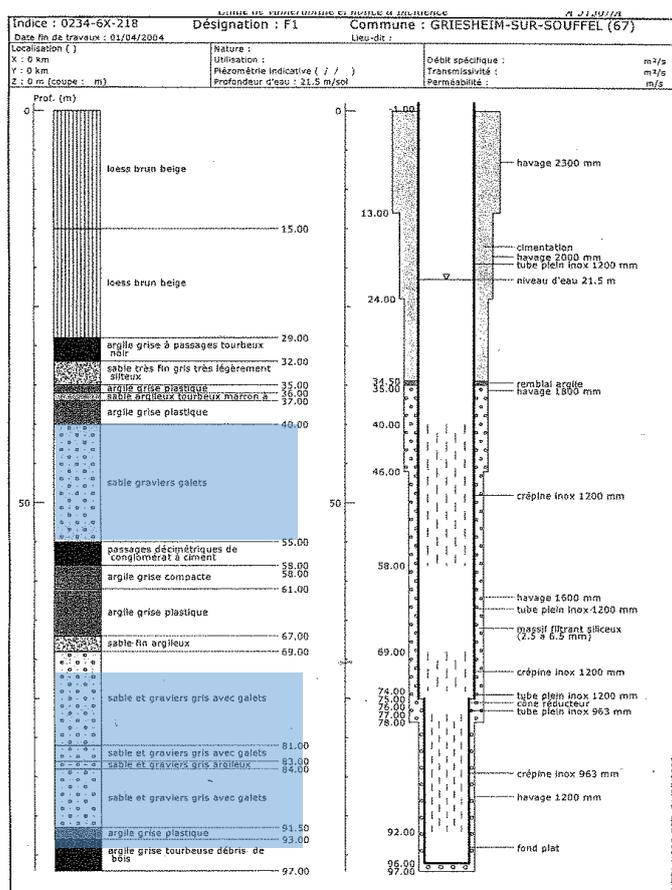


Illustration 10 : Exemple de coupe permettant de localiser les différents niveaux aquifères (représentés en bleu) des alluvions rhénanes sous couverture.

Des niveaux argileux peuvent toutefois s'intercaler dans l'aquifère créant une superposition de niveaux aquifères (cf. Illustration 10).

Au vue de l'épaisseur de l'aquifère et de sa nature captive localement, on peut estimer que cette entité résiste fortement à la sécheresse.

### 5.1.2. Les alluvions vosgiennes

Les alluvions des vallées vosgiennes présentent généralement de bonnes propriétés du point de vue hydrogéologique, même si elles peuvent varier localement, selon leur teneur en argile.

Dans les cônes de déjections, les débits potentiels issus de ces ressources peuvent varier de 25 à plus de 100 m<sup>3</sup>/h selon les secteurs d'études. La résistance à la sécheresse, moyenne si l'aquifère n'est pas captif, va dépendre avant tout de l'épaisseur et de l'extension des alluvions en présence.

Le long des cours d'eau, les épaisseurs d'alluvions ont été déposées sur une plus faible épaisseur et extension que dans les cônes de déjection. Une exploitation durable de cette ressource est difficile. Au vu des relations étroites de ces alluvions avec les cours d'eau, le risque de soutirer du débit à la rivière par pompage est présent. Ce risque est fonction de leur extension et de leur épaisseur.

### 5.1.3. La nappe du Pliocène

Les forages réalisés dans les dépôts Pliocène de la région de Haguenau peuvent fournir des débits assez importants (jusqu'à 100 m<sup>3</sup>/h). Sous couverture loessique (jusqu'à 30 m), l'épaisseur de cet aquifère est importante et peut aller jusqu'à 110 m, comme le montre l'illustration 11.

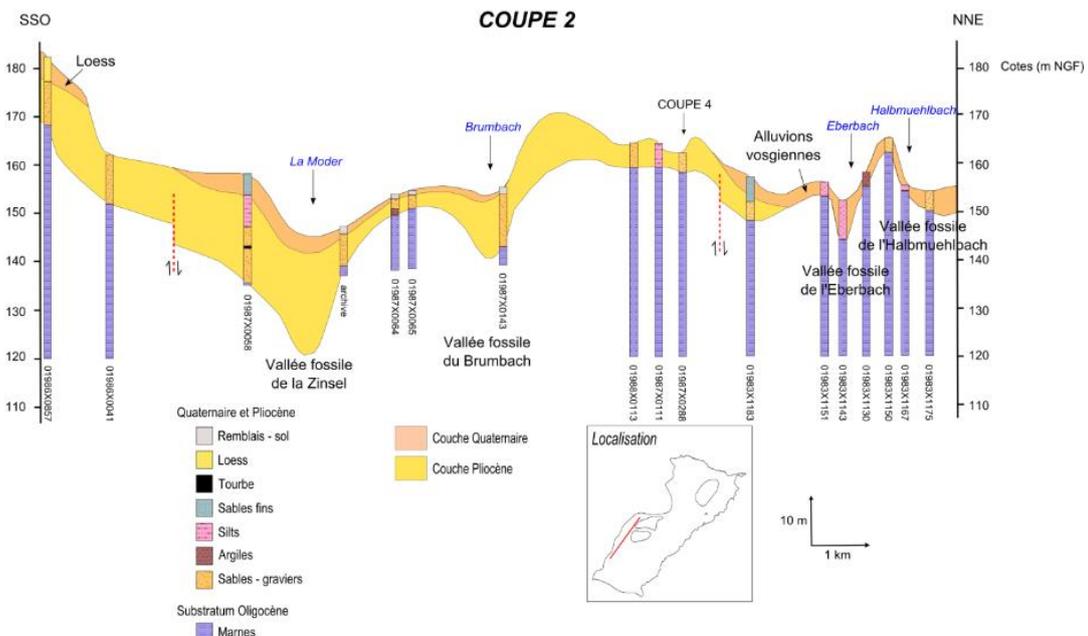


Illustration 11 : Coupe sud-ouest/nord-est de la formation du Pliocène dans la région de Haguenau, d'après APRONA (2013).

D'après Menillet *et al.*(2015), au vu de l'exploitation actuelle de la nappe, il est estimé que l'implantation de nouveaux forages n'est plus possible sans risquer de surexploiter la ressource. Ce constat reste très localisé dans le secteur de Haguenau où de nombreux ouvrages AEP exploitait la ressource avec de forts débits. Suite au déplacement ou à l'arrêt de certains de ces ouvrages, le risque de surexploitation de cette ressource ne semble plus aussi fort.

Le Pliocène représente, dans certains bassins versants comme le Seltzbach, la ressource en eaux souterraines la plus potentielle. Un suivi quantitatif est alors nécessaire à son exploitation afin de garantir de manière durable l'équilibre entre les volumes captés et la recharge de la nappe.

#### **5.1.4. Les Grès triasiques et permien**

Les aquifères de Grès triasiques et permien bénéficient généralement d'une forte extension, ce qui leur confère une assez bonne résistance à la sécheresse. Cette entité constitue une des ressources de substitution privilégiée, notamment dans le secteur Bruche/Mossig. Les débits potentiels moyens pour un forage de 0-100 m sont généralement compris entre 25 et 50 m<sup>3</sup>/h.

L'incertitude sur l'accessibilité et le potentiel de ressource varie de faible à forte selon la localisation. La classe forte illustre ici principalement les zones de transitions, comme sur le bassin du Seltzbach, où la limite des grès n'est pas nettement définie créant une incertitude sur la profondeur de forage nécessaire pour obtenir un débit suffisant.

#### **5.1.5. Les formations complexes et faillées des champs de fractures**

Les potentiels des formations des champs de fractures sont assez variables au droit des zones d'études. La densité du réseau de faille met en contact différentes formations, telles que les grès, les dolomies du Keuper, les calcaires du Muschelkalk. Ces aquifères sont retrouvés à des profondeurs et épaisseurs variables dans le champ de fractures. À l'échelle des bassins versants, la productivité de cette entité est aléatoire et une forte incertitude y est associée.

De manière générale, les aquifères les plus surfaciques, s'ils ne sont pas réalimentés par des circulations profondes auront une très faible résistance à la sécheresse.

Le niveau de connaissance des aquifères locaux est très faible au regard de la complexité des systèmes géologiques et hydrogéologiques. L'implantation de forages nécessiterait alors une amélioration de ces connaissances. Des connaissances supplémentaires pourraient être apportées par l'exploitation pétrolière de Pechelbronn, cependant il n'existe pas à l'heure actuelle de synthèse hydrogéologique de la zone.

#### **5.1.6. Les aquifères de socles cristallins**

Une forte incertitude réside sur la capacité des aquifères de socles à résister à la sécheresse. Les circulations au travers du socle, alimentées par la forte pluviométrie sur les crêtes, reviennent à la surface à travers les sources ou rejoignent directement les fonds de vallée.

Si ces aquifères subissent peu de pression (captage de sources principalement), les débits potentiels sont généralement assez faibles. L'incertitude est également importante concernant les zones d'implantation de forages.

### 5.1.7. Les formations à faible potentiel

D'autres formations à faible potentiel aquifère (débit inférieur à 5 m<sup>3</sup>/h), telles que les marnes de l'Oligocène, sont également présentes sur les zones d'études. Celles-ci sont tout de même décrites succinctement au cas par cas dans les fiches de synthèse de chaque bassin versant étudié.

## 5.2. RECHARGES DES EAUX SOUTERRAINES VIA LA PLUIE EFFICACE INFILTRÉE

Pour les aquifères libres (alluvions, grès, socle), l'analyse de la recharge des eaux souterraines via l'IDPR a permis d'identifier les zones propices à l'infiltration (cf. Illustration 12).

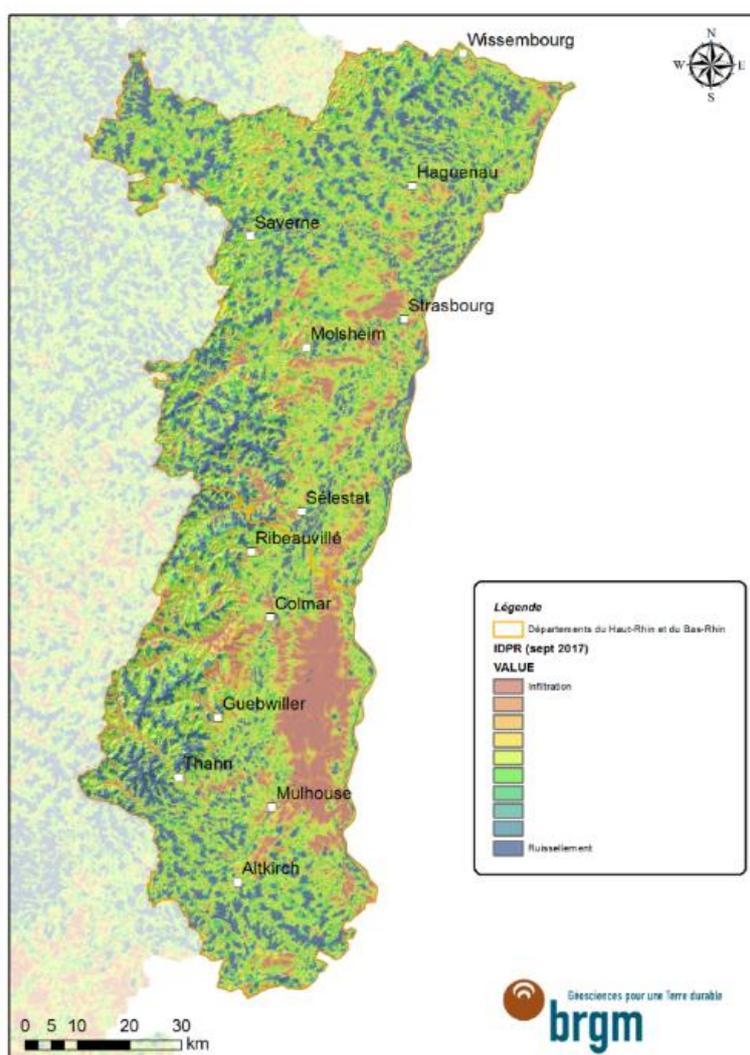


Illustration 12 : IDPR (version 2017) sur les départements alsaciens.

Dans les versants vosgiens, les précipitations efficaces des massifs ont tendance à ruisseler (couleur bleue) jusqu'au fond de vallée où l'infiltration (couleur orangée) se fait le long des linéaires de cours d'eau. Ce phénomène, lié à la topographie de ces zones reflète également le caractère peu infiltrant des formations géologiques affleurantes dans ces secteurs. L'infiltration est alors, en grande partie, concentrée dans les zones de dépôts des alluvions des cours d'eau.

En dehors des Vosges cristallines, on observe une tendance plus mixte (couleurs proches du vert) au ruissellement ou à l'infiltration qui retranscrit les plus faibles variations topographiques mais également les variations de la capacité des formations géologiques à infiltrer les eaux de pluie.

En ce qui concerne les aquifères non libres, les mécanismes de recharge restent mal connus (apports latéraux, circulation profonde, infiltration via les loëss) et méritent des acquisitions de connaissances plus précises localement.

L'absence globale de données piézométriques hors de la nappe rhénane entraîne une forte incertitude. La recharge est analysée de manière qualitative et à travers des hypothèses. Les données disponibles ne permettent pas toujours une meilleure compréhension des différents mécanismes d'alimentation des eaux souterraines.

### **5.3. POTENTIEL DES SECTEURS D'ÉTUDE**

L'analyse conjuguée des débits potentiels des eaux souterraines, de la résistance à la sécheresse et de la pression subie par la ressource a montré des potentiels contrastés sur l'ensemble des secteurs d'étude :

- certaines zones où l'équilibre entre les volumes prélevés et les capacités de la ressource principale ne semble pas durable et qui ne présentent pas de potentiel en eaux souterraines suffisant pour substituer les prélèvements actuels :
  - zones sous couverture de loëss épaisse ou de dépôts marneux de l'Oligocène. Les secteurs concernés sont ceux du Seltzbach, de la Souffel, de la Zorn et de la Moder,
  - zones de dépôts des alluvions vosgiennes sur socle, qui ne bénéficient pas de soutien d'étiage (zone du Giessen) ;
- des zones avec un réel potentiel en eaux souterraines ont été identifiées :
  - dans la partie profonde de l'aquifère rhénan sous couverture (secteur de la Souffel),
  - dans la nappe du Pliocène d'Haguenau (secteur de la Moder),
  - dans les secteurs de Grès vosgiens (Bruche/Mossig principalement),
  - localement dans les domaines de socle cristallin (Giessen) ;
- une forte incertitude demeure sur les zones bénéficiant d'un soutien d'étiage (Thur, Doller) car, à l'état naturel, la ressource est surexploitée mais la gestion des réalimentations semble maintenir un équilibre entre les besoins et la ressource.



## 6. Présentation par bassins versants

### 6.1. LECTURES ET NOTICES DES CARTOGRAPHIES

*Avertissement : Les cartographies ne peuvent être séparées du présent rapport. Elles sont dépendantes de l'état des connaissances des ressources en eau souterraines et des éléments disponibles dans les banques de données accessibles par le BRGM à la date de l'étude.*

*De plus, les cartes ont pour objectif de mettre à disposition des acteurs publics des orientations sur les ressources à privilégier. Elles ne peuvent constituer à elles seules les raisons d'une décision d'implantation d'un ouvrage.*

Chaque bassin versant dispose de trois cartographies au format A3 permettant de visualiser les propriétés de la ressource en eau souterraine principale disponible entre 0 et 100 mètres de profondeur. Les trois cartographies représentent :

- 1) la gamme des débits moyens disponibles entre 0 et 100 mètres de profondeur ;
- 2) la résistance à la sécheresse des aquifères visés ;
- 3) la pression actuelle sur la ressource

Pour rappel, la profondeur maximale est étendue à 200 mètres quand les points suivants sont respectés :

- absence de ressources pérennes dans les cent premiers mètres ;
- présence d'une nappe entre 100 et 200 mètres permettant une exploitation à faible coût (artésianisme, nappe captive présentant des forts débits...).

Chacune de ces cartographies comportent un degré d'incertitude. Celui-ci a donc été catégorisé et représenté sur la base des critères suivants :

- quantité de données sur le secteur ;
- complexité du milieu.

De plus, sur l'ensemble des cartographies, les alluvions des cours d'eaux ont été représentées, car elles constituent localement les seules ressources en eaux souterraines disponibles. Les contours ont été créés à partir des cartes géologiques puis superposés à la ressource principale.

## **6.2. BASSIN VERSANT DE LA SOUFFEL**

### **6.2.1. Situation géographique du bassin versant**

La Souffel prend sa source à Kuttolsheim (215 m d'altitude) puis se jette dans l'Ill au sud de la Wantzenau après un parcours de 25 km. Ses principaux affluents sont le Musaubach, le Plaetzerbach, le Leisbach et le Kolbsenbach (Conseil Général du Bas-Rhin, 2011a).

Situé au nord-ouest de Strasbourg, dans le Bas-Rhin, le bassin versant de la Souffel s'étend sur une surface de 130 km<sup>2</sup>. La nappe rhénane est présente en aval du bassin. Localement peu profonde, on la retrouve également sous couverture.

### **6.2.2. Hydrographie**

Le débit de la Souffel (au niveau de Mundolsheim) à une valeur moyenne (module) de 0,3 m<sup>3</sup>/s. En année sèche, ce débit moyen descend à 0,2 m<sup>3</sup>/s et peut aller en année humide à 0,41 m<sup>3</sup>/s. En période hivernale, le débit avoisine les 0,4 m<sup>3</sup>/s et peut descendre à moins 0,17 m<sup>3</sup>/s en fin d'été.

### **6.2.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales**

Le bassin versant de la Souffel peut se découper en 3 zones hydrogéologiques principales, elles-mêmes subdivisées en plusieurs entités (cf. Illustration 13).

- l'aquifère rhénan, affleurant ou sous recouvrement loessique (entités 1 et 2 sur la carte simplifiée) ;
- les formations Oligocènes recouvrant la partie centrale du bassin versant, elles-mêmes recouvertes de dépôts de loess importants (3) ;
- les formations complexes et faillées du champ de fracture de Saverne, présentant un enchevêtrement de formations telles que les dolomies du Keuper et calcaires du Muschelkalk. À noter la présence potentielle locale d'anhydrite, pouvant présenter des indications particulières au niveau de la réalisation des forages (cf. recommandations sur la réalisation des forages, partie 7) (4).

La frontière entre les 3 principales unités n'est pas clairement définie. Notamment :

- le passage entre les alluvions de l'aquifère rhénan et les formations oligocènes est théorique et n'a pas été confirmé par des acquisitions sur le terrain (forage, géophysique, ...) ;

Le passage entre les formations du champ de fracture de Saverne et les formations oligocènes peut être masqué par le recouvrement des loess. Notamment, les formations du champ de fracture de Saverne pourraient se prolonger en dessous de l'Oligocène.

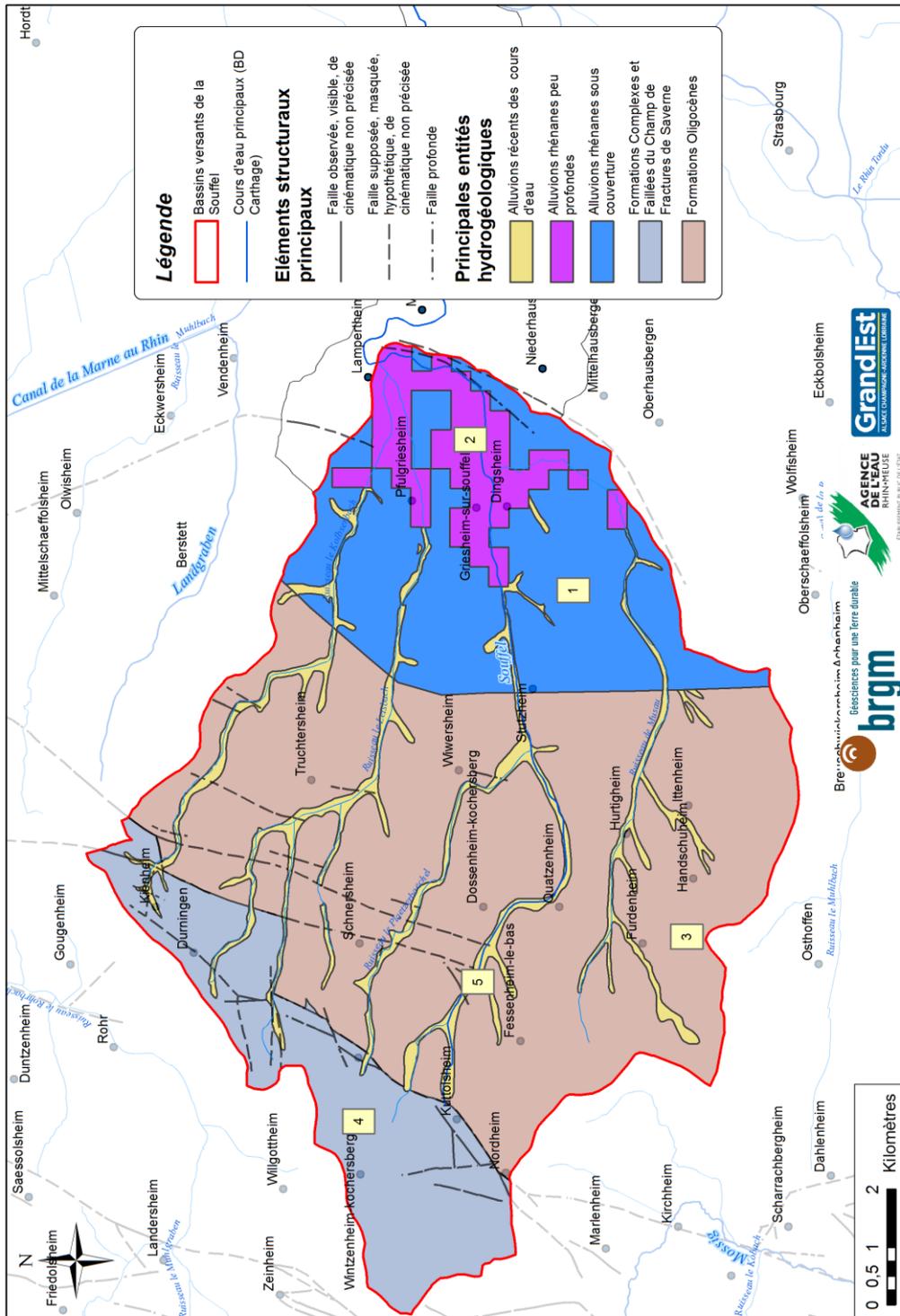


Illustration 13 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Souffel.

#### 6.2.4. Analyse de la recharge

Les pluies efficaces sont relativement homogènes sur le bassin de la Souffel, variant entre 117 et 170 mm/an (cf. Illustration 14). Ces valeurs sont assez faibles comparées aux données analysées sur les autres bassins versants vosgiens.

Les zones de recharge des eaux souterraines sur l'ensemble du bassin versant sont diverses et relativement peu connues, notamment en profondeur :

- l'analyse par IDPR (cf. Illustration 15) indique une majorité d'infiltration de la pluie efficace par rapport au ruissellement sur la majeure partie du bassin versant ;
- peu de relations nappes-rivières (en dehors des alluvions proches des cours d'eau) sont présentes sur toute la partie comportant les loëss. Par contre, 30 % de la recharge de l'aquifère rhénan en aval du bassin provient des cours d'eau. Le reste provient probablement d'apports profonds non connus. L'hypothèse pourrait être une recharge due à une infiltration via les loëss, sur l'ensemble du bassin versant, à laquelle pourrait s'ajouter éventuellement une circulation plus profonde. Dans le cas d'une recharge via les loëss, une attention devra être portée sur la résistance à des sécheresses pluriannuelles et sur la gestion de la ressource au long terme de l'ensemble du système hydrologique du bassin versant.

Les cours d'eau sont principalement alimentés par des sources émergeant au niveau du champ de fracture de Saverne ou de la partie amont de l'oligocène.

*A contrario*, la moitié amont du graben de Pfulgriesheim ainsi que les collines de Brumath sont bien moins connues. Ces dernières, en particuliers, semblent contenir des nappes perchées dans les loëss épais les recouvrant mais l'absence de document descriptif pour certains ouvrages supposés les capter empêche de confirmer cette hypothèse. La réalisation d'ouvrages de reconnaissances sur ces secteurs permettrait d'en améliorer la connaissance.

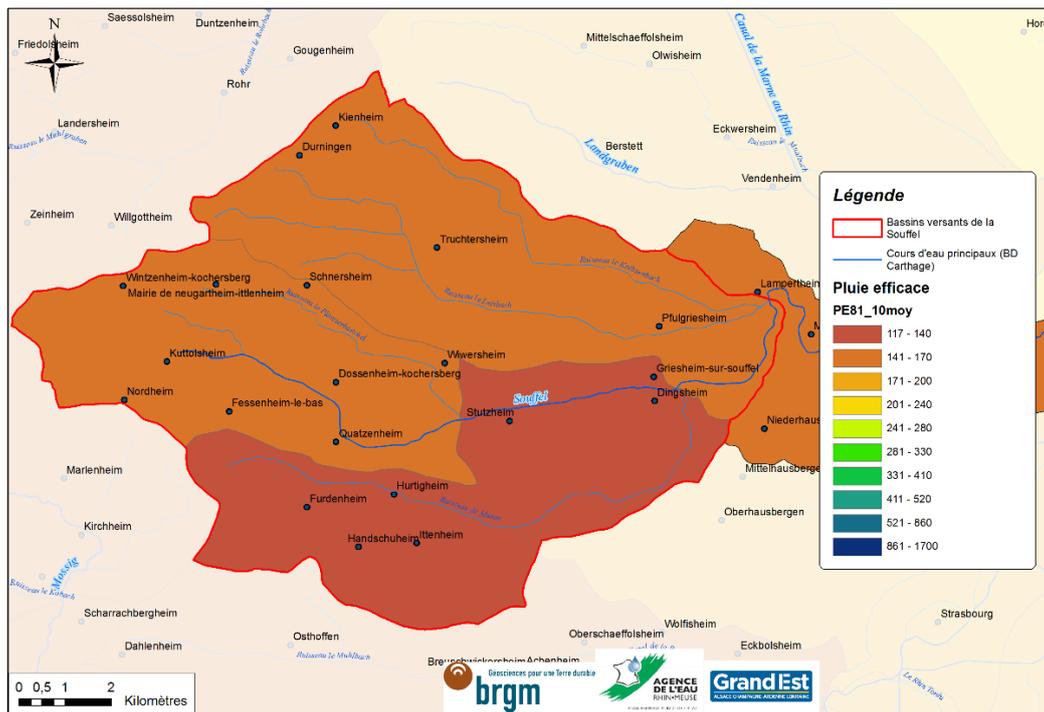


Illustration 14 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Souffel.

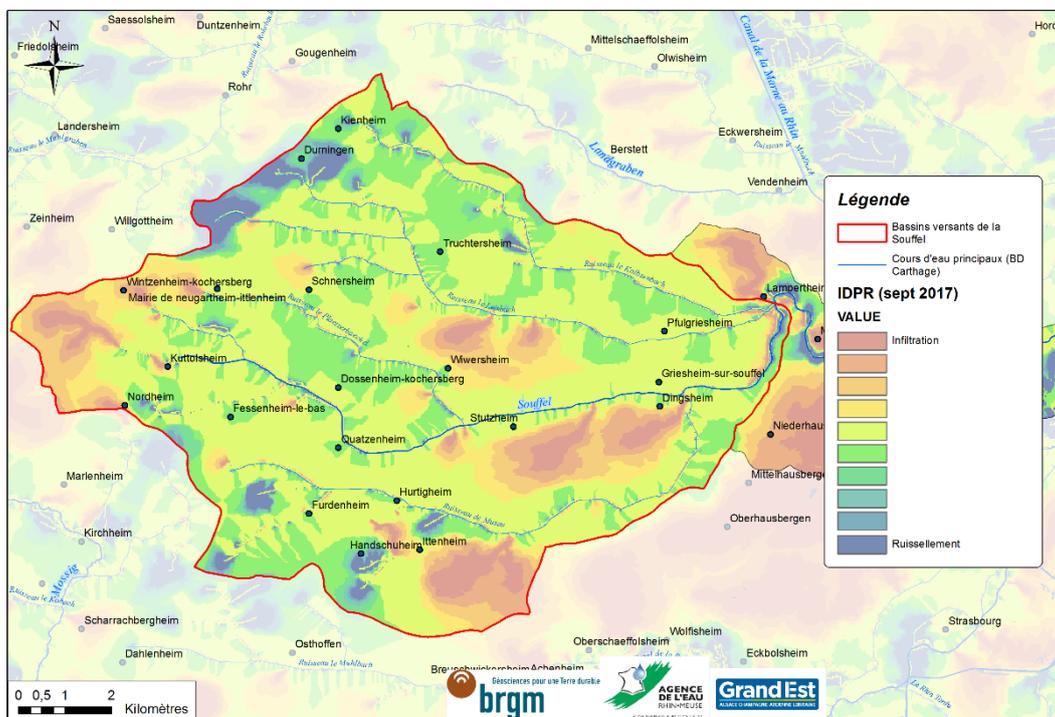


Illustration 15 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Souffel.

### 6.2.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques

#### **Les alluvions rhénanes (entités numéro 1 et 2 de la cartographie simplifiée) :**

Les alluvions rhénans (ou nappe d'Alsace) se situent sur toute la portion est du bassin versant de la Souffel.

La séparation entre les zones de faible profondeur, soit une nappe à moins de 10 mètres (entité numéro 1) et le reste de la nappe a été réalisée (entité numéro 2). La précision du découpage entre les deux zones peut être réalisée *a posteriori* par une analyse de la topographie. En effet, les zones de faibles profondeurs correspondent globalement aux zones de dépression.

L'aquifère rhéman sous couverture peut être subdivisé en plusieurs niveaux aquifères, séparés par des intercalaires argileux. Ces deux niveaux se superposent pour atteindre une profondeur de l'ordre de 90 mètres. La couverture de loess peut dépasser 30 mètres et augmente en allant vers l'ouest.

Au niveau de l'évaluation des caractéristiques de cet aquifère :

- le débit potentiel moyen estimé est basée sur la réalisation d'un futur forage d'une profondeur de l'ordre de 50 à 90 mètres de profondeur ;
- les niveaux les plus profonds de l'aquifère sont captifs. Le niveau piézométrique va donc se situer au-dessus de la profondeur du toit de l'aquifère ;
- les niveaux les plus profonds présentent la meilleure résistance à la sécheresse.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 16)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 17)  | Pression sur la ressource (Illustration 18)  |
|------------------|--|---|--|
| Gamme de valeurs | Supérieur à 100 m <sup>3</sup> /h (réalisation d'un forage entre 50 et 90 mètres de profondeur – aquifères localisés à 40 et 69 m de profondeur))  | Forte   | Faible :<br>Peu de prélèvement au regard des capacités potentielles locales de la nappe d'Alsace |
| Incertitude      | Moyenne<br>Les données disponibles ne sont présentes que sur la partie est de la zone étudiée (réalisation de forages profonds pour l'AEP en 2004).<br>Le niveau d'incertitude se dégrade en allant vers l'ouest en raison de la faible connaissance sur le passage à l'Oligocène (diminution des alluvions ?) | Faible<br>L'épaisseur, l'inertie et le recouvrement de la nappe d'Alsace sont des paramètres suffisants pour caractériser la résistance à la sécheresse.<br>Le niveau d'incertitude se dégrade en allant vers l'ouest en raison de la faible connaissance sur le passage à l'Oligocène (diminution des alluvions ?) | Moyenne<br>Absences de données de suivi.<br>Méconnaissance des phénomènes de recharge.           |

**Les formations oligocènes (entité numéro 3 de la cartographie simplifiée)**

Cette formation, constituée en majorité de marne et recouverte de loess, ne présente qu'un potentiel aquifère très faible.

Les débits sont limités aux petites nappes perchées, souvent en lien avec les cours d'eau, offrant une très faible résistance à la sécheresse et pouvant être rapidement surexploitées.

La présence à grande profondeur (au-delà de 100 mètres) de ressources en eaux souterraines plus conséquentes est néanmoins à considérer, notamment en se rapprochant des formations du champ de fracture et/ou à la faveur de jeu de failles ayant permis localement le développement d'un aquifère.

La confirmation de la présence ou absence des ressources superficielles ou profondes ne peut se faire sans une acquisition supplémentaire de données et de connaissances.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 16)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 17)                          | Pression sur la ressource (Illustration 18)  |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | Inférieur à 5 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne   | Faible :<br>Peu ou pas de prélèvement  |
| Incertitude      | Moyenne<br>Peu de données hydrogéologiques (nappes perchées ?, contexte plus profond ?).<br>Caractérisation par analogie géologique | Moyenne à forte<br>Pas de donnée de suivi. Hétérogénéité potentielle. | Moyenne<br>Absence de donnée de suivi.<br>Méconnaissance des phénomènes de recharge. |

**Les formations complexes et failées du champ de fracture de Saverne (entité numéro 4 de la cartographie simplifiée)**

Cette formation peut contenir des aquifères locaux d'extension limitée. Les profondeurs peuvent être variables. De manière générale, les aquifères les plus superficiels, s'ils ne sont pas réalimentés par des circulations profondes auront une très faible résistance à la sécheresse.

Le niveau de connaissance des aquifères locaux est très faible au regard de la complexité des systèmes géologiques et hydrogéologiques de cette zone.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 16)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 17)  | Pression sur la ressource (Illustration 18)   |
|------------------|--|---|---|
| Gamme de valeurs | 5 à 25 m <sup>3</sup> /h.<br>Le débit peut être nul sur certaines zones.   | Moyenne   | Faible : peu ou pas de prélèvement  |
| Incertitudes     | Forte<br>Les débits sont à la faveur de ressources en eaux souterraines localisées et de faibles extensions. De plus le niveau de connaissance ne permet pas de localiser les entités aquifères de manière précises. | Forte<br>Absence de donnée de suivi : piézométrique et hydrographique (rivières et sources)<br>La résistance à la sécheresse sera liée à la typologie de chaque aquifère local. | Forte<br>Absence de donnée de suivi.<br>Méconnaissance des phénomènes de recharge.<br>Fortes hétérogénéité des situations potentielles. |

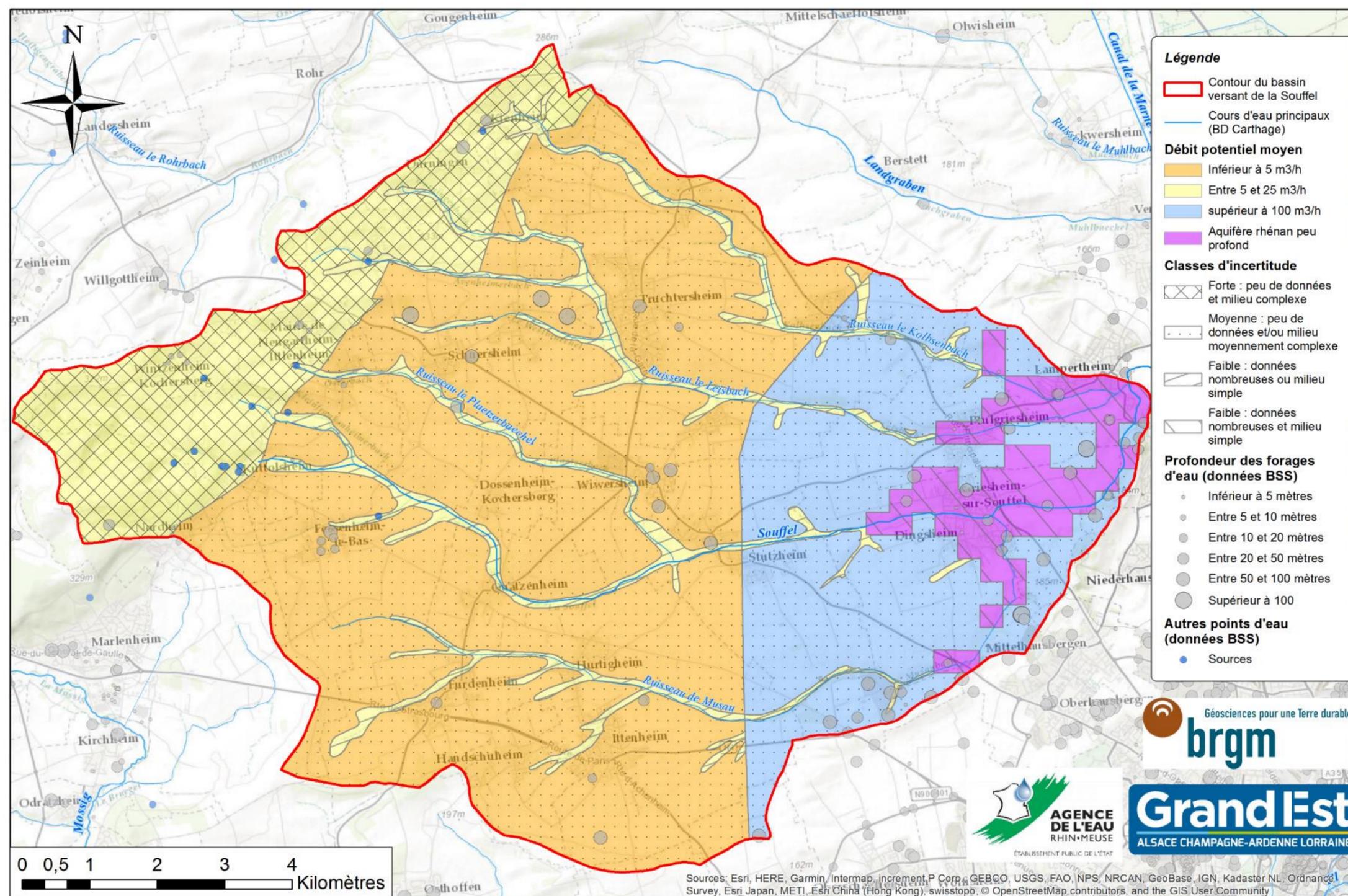


Illustration 16 : Cartographie des débits potentiels sur le BV de la Souffel

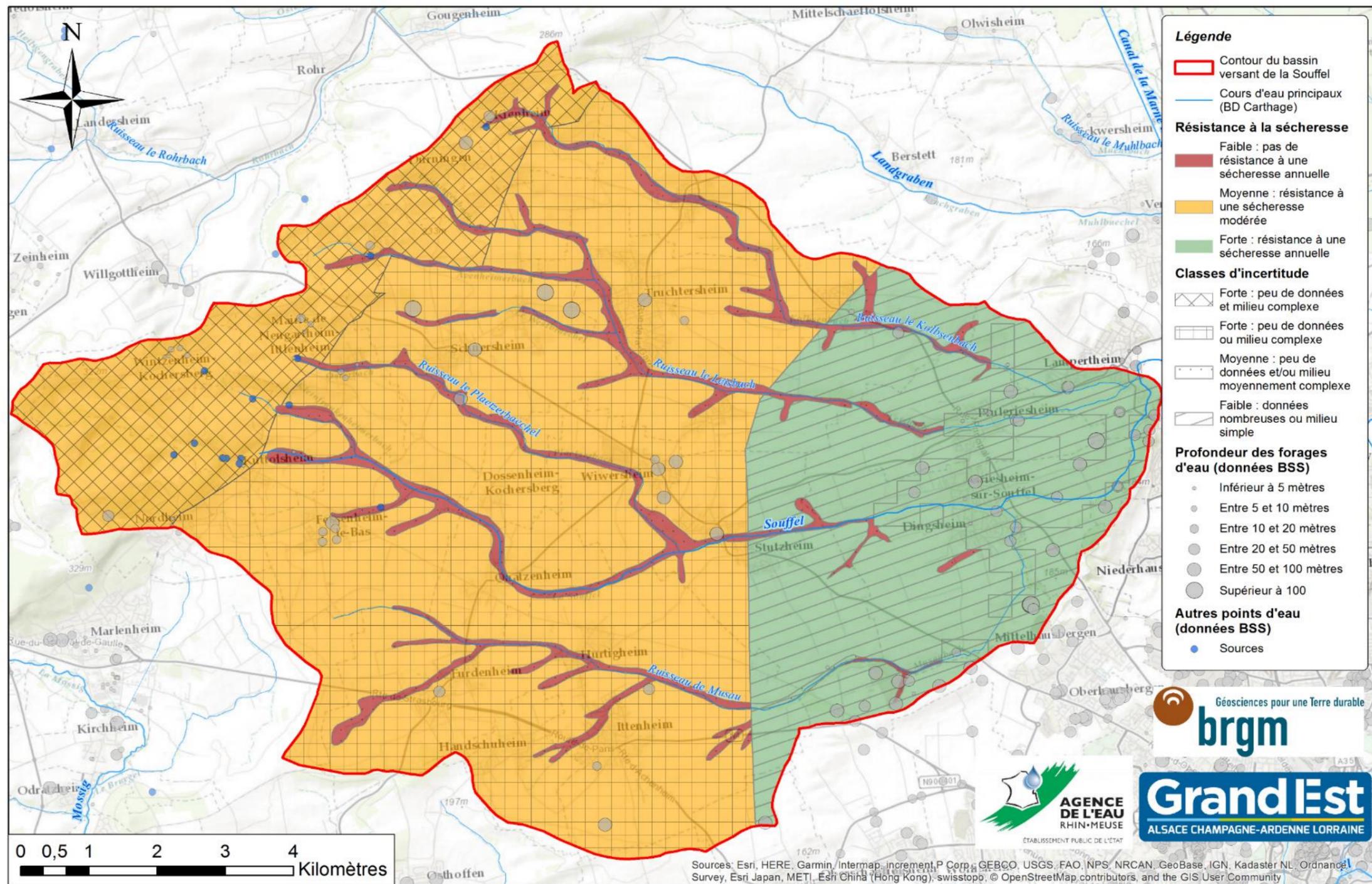


Illustration 17 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du BV de la Souffel.

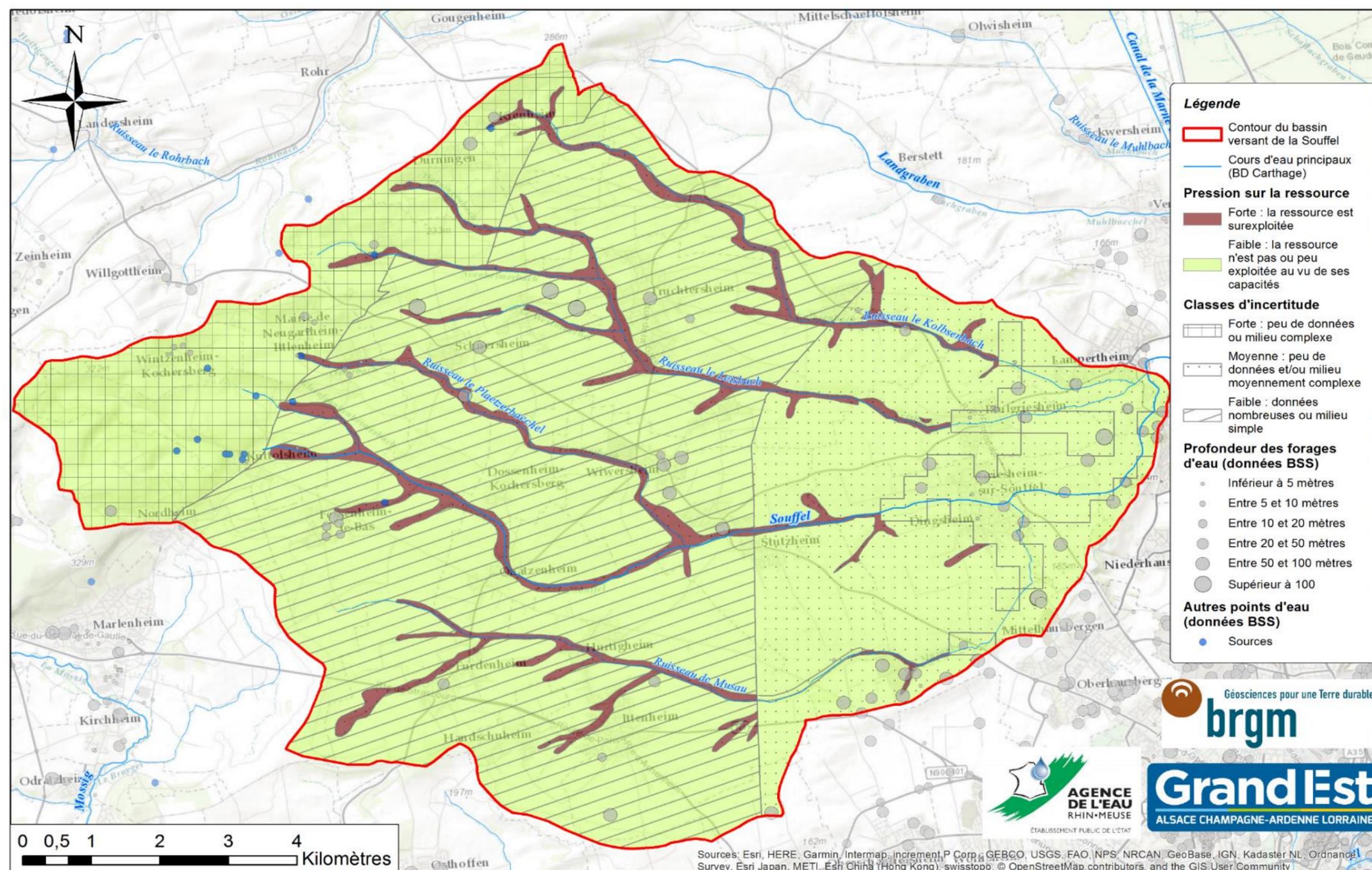


Illustration 18 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du BV de la Souffel.

### **6.3. BASSINS VERSANTS DE LA BRUCHE ET DE LA MOSSIG**

#### **6.3.1. Situation géographique du bassin versant**

La Bruche prend sa source dans le massif des Vosges (Bas-Rhin), au pied du Climont, à 690 m d'altitude et se jette dans l'Ill à Strasbourg à une altitude de 135 m. Son bassin versant s'étend sur 720 km<sup>2</sup> (Conseil Général du Bas-Rhin, 2011b).

#### **6.3.2. Hydrographie**

L'affluent le plus important de la Bruche est la Mossig. Elle prend sa source à l'amont de Wangenbourg-Engenthal et parcourt 33 km avant de confluer avec la Bruche (son bassin s'étend sur 169 km<sup>2</sup>) à Wolxheim, où une partie de l'eau de la rivière est dérivée dans le canal de la Bruche.

La Bruche a un régime pluvio-nival alors que la Mossig se rapproche plus d'un régime pluvial. Le débit de la Bruche (au niveau de la commune d'Holtzheim) a une valeur moyenne (module) de 8,1 m<sup>3</sup>/s. En année sèche ce débit moyen descend à 6,1 m<sup>3</sup>/s et peut aller en année humide à 10,0 m<sup>3</sup>/s. En période hivernale, le débit moyen est de 15 m<sup>3</sup>/s et peut descendre à près de 2,5 m<sup>3</sup>/s en fin d'été.

#### **6.3.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales**

Les bassins versants de la Bruche et de la Mossig peuvent se découper en cinq unités hydrogéologiques principales (sur la cartographie hydrogéologique simplifiée proposée en Illustration 20) :

- les Vosges cristallines (1): socle hercynien ;
- les Vosges gréseuses (2) ;
- les formations complexes et faillées du champ de fracture de Saverne (3) : collines sous-vosgiennes où affleurent des terrains d'âge triasique, jurassique, éocène et oligocène inférieur. Ces affleurements sont découpés par un réseau de failles relativement dense ;
- les formations oligocènes (5) ;
- les alluvions vosgiennes et rhénanes (4 et 6) : alluvions et loess.

La vallée de la Bruche est marquée par la limite apparente entre les Vosges cristalline (entité n° 1) et les Vosges gréseuses (entité n° 2). Le passage entre les Vosges et le champ de fracture de Saverne est également bien défini dans la région d'Oberhaslach. En revanche, la transition entre ce dernier et les alluvions (vosgiennes puis rhénane) est localisée de manière plus approximative par l'interprétation du relief. Les formations sous-jacentes étant masquées par des recouvrements loessiques, comme le montre l'illustration 19.

Coupe géologique schématique de la zone de bordure de la Basse Vallée de la Bruche

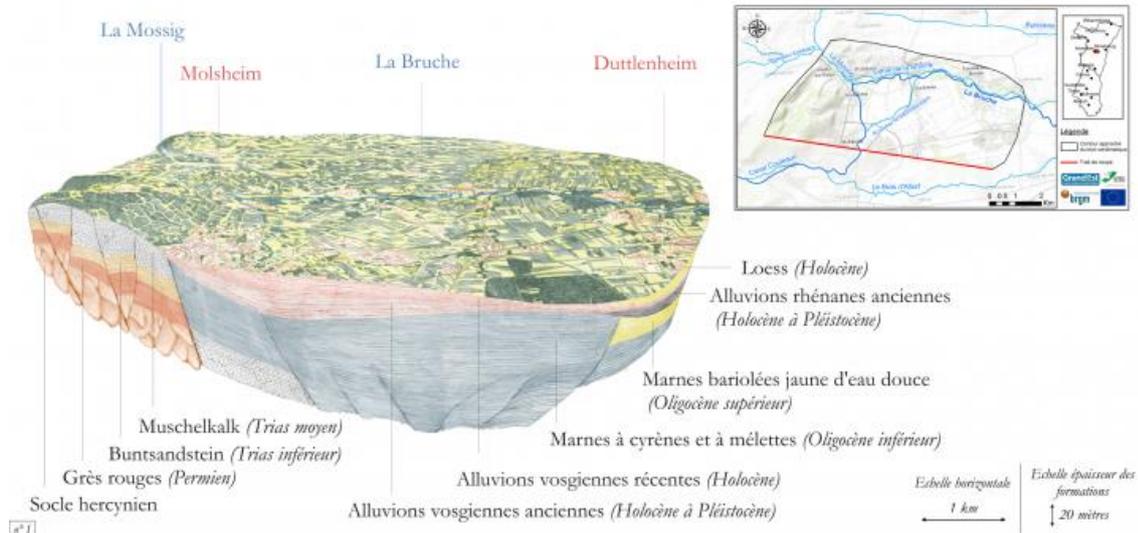


Illustration 19 : Coupe géologique de la basse vallée de la Bruche, à gauche le champ de fracture, à droite les alluvions. D'après Brugeron (2014), issue du SIGES Aquifère Rhénan

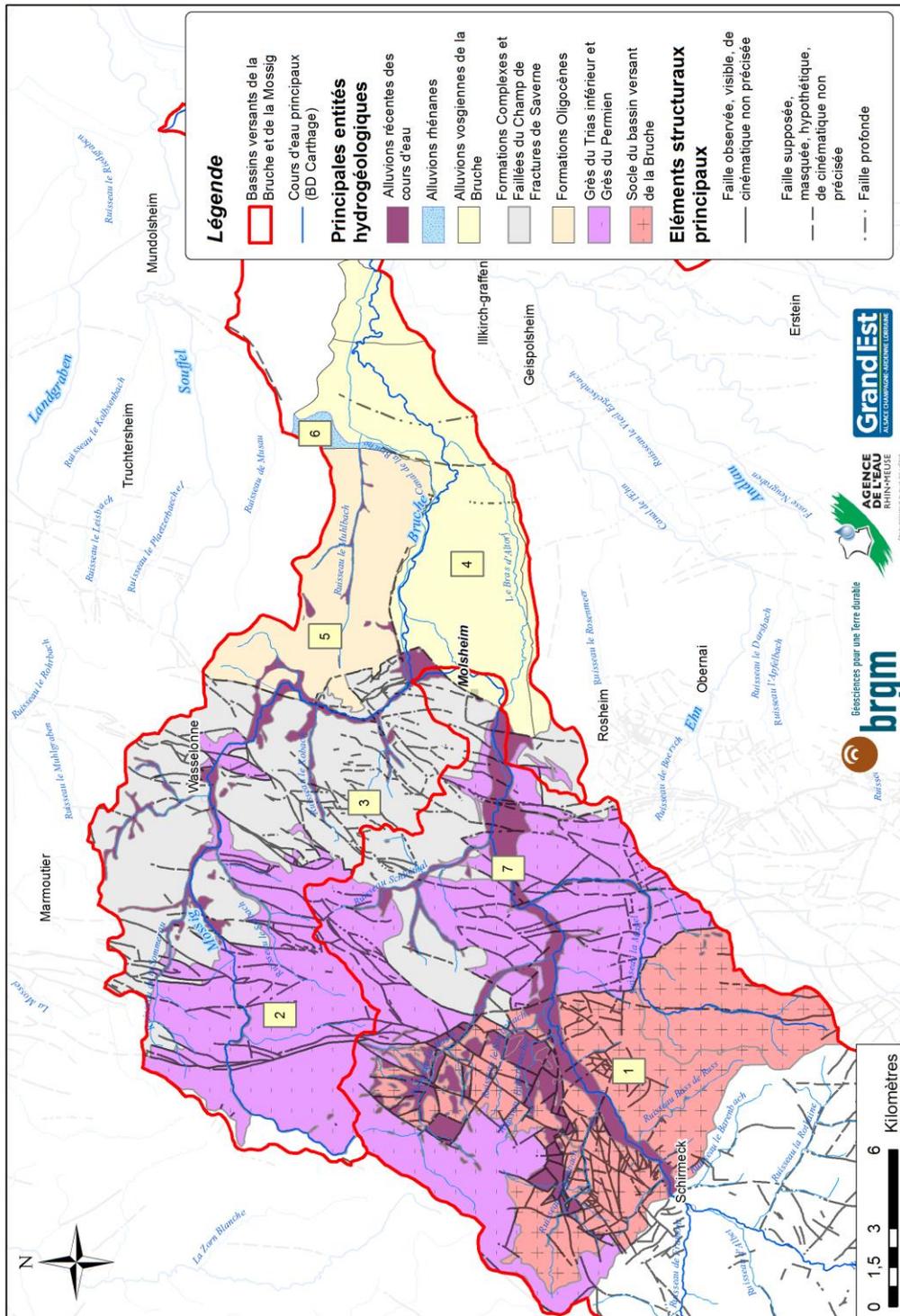


Illustration 20 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Bruche et de la Mossig.

### 6.3.4. Analyse de la recharge

La répartition des pluies efficaces (cf. Illustration 21) présente un fort contraste entre les précipitations d'altitude à l'amont (jusqu'à 860 mm) et celles de plaine (117 à 170 mm). Les pluies efficaces suivent cette répartition sur le bassin versant.

L'analyse par l'IDPR (cf. Illustration 22) montre que l'infiltration des pluies efficaces est essentiellement concentrée sur la partie médiane et aval du bassin versant. Les zones de relief en amont du bassin présentent majoritairement une tendance au ruissellement.

Les alluvions sont essentiellement rechargées par les apports météoritiques et latéraux des collines sous-vosgiennes. Les rivières contribuent également à l'alimentation des nappes libres présentes selon la période hydrologique

La recharge des formations plus profondes est moins bien connue et peut s'effectuer par des apports latéraux ou profonds.

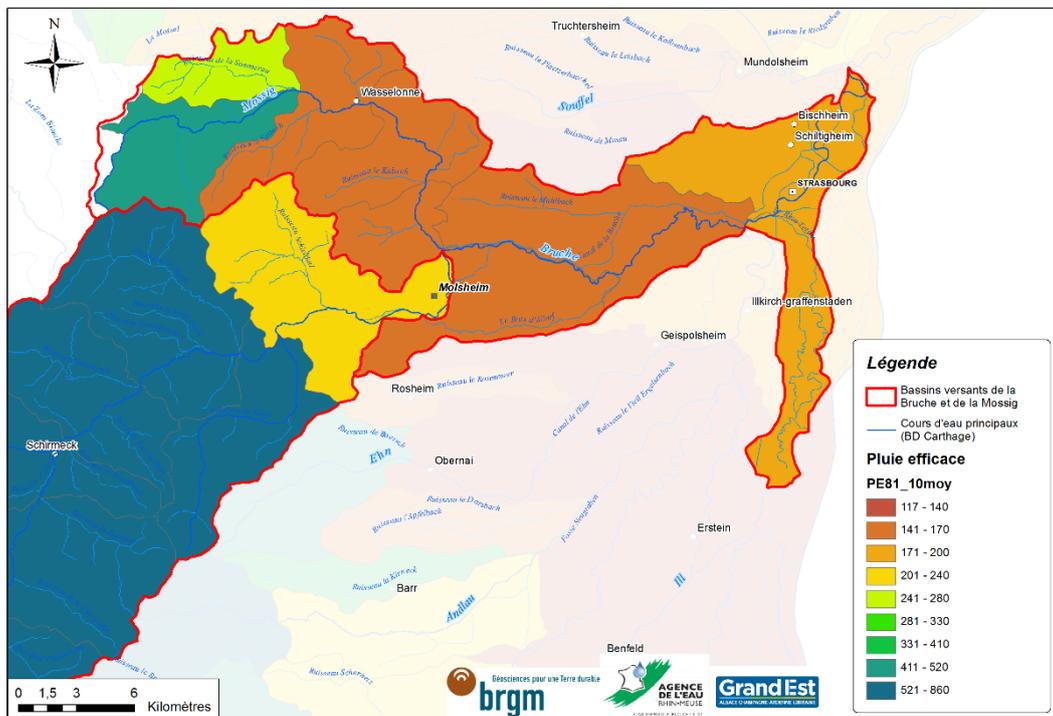


Illustration 21 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Bruche.

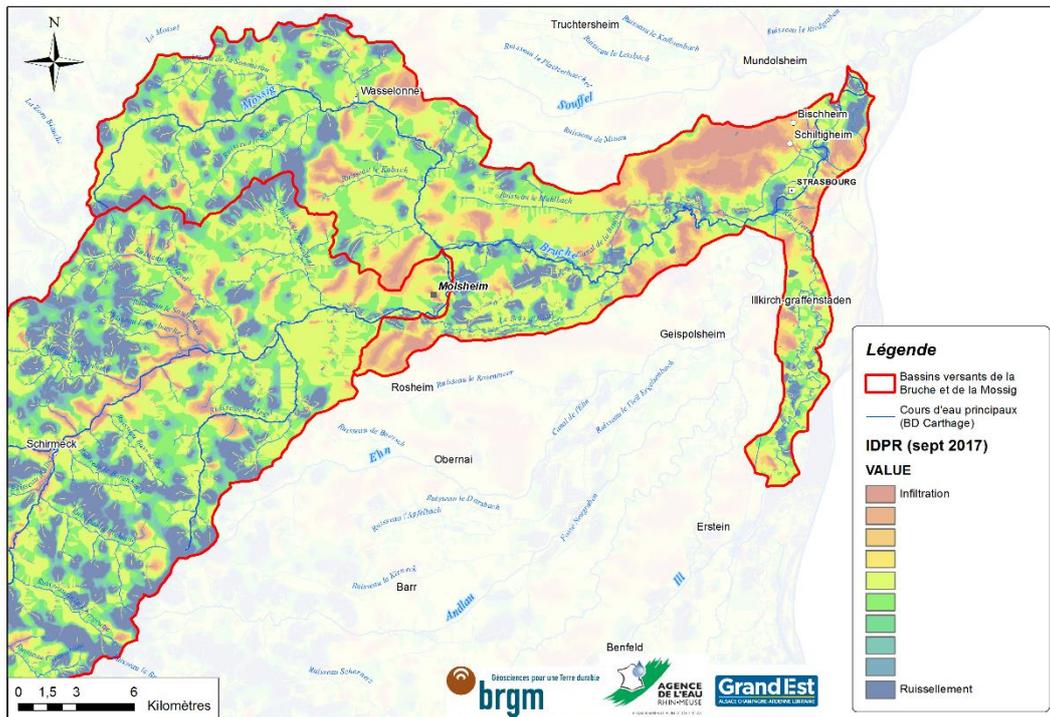


Illustration 22 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Bruche ;

### 6.3.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques

#### **Le socle du bassin de la Bruche (entités numéro 1 de la cartographie simplifiée :**

Les ressources disponibles sont principalement constituées par l'émergence des petites nappes locales. Le captage des sources donne de faible débit dans ces formations primaires et cristallines. Les potentiels des aquifères fracturés, plus profond, est généralement mal connu.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 23)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 24)  | Pression sur la ressource (Illustration 25)  |
|------------------|--|---|--|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h  | Faible  | Moyenne  |
| Incertitude      | Forte :<br><br>Très peu de données sont disponibles hors des captages dans les alluvions du cours d'eau. | Moyenne :<br>La recharge par les précipitations efficaces est modérée par le relief. Dans les versants le ruissellement est supérieur à l'infiltration et peut occasionner un tarissement estival des sources. Néanmoins, aucun piézomètre ne peut valider cette hypothèse. | Forte :<br><br>Absence de réel réseau de suivi des eaux souterraines dans ce secteur. Prélèvement de sources principalement. |

#### **Les Grès du Permien et du Trias (entités numéro 2 de la cartographie simplifiée)**

La nappe contenue dans ces formations, d'épaisseur importante dans ce secteur, est libre dans la partie nord du bassin versant, et recouverte par des colluvions argileuses plus au sud (secteur de Gresswiller, forage 02713X0105/PZ1).

Les sources ont des débits relativement faibles. Les débits des forages varient entre 25 et 50 m<sup>3</sup>/h. Toutefois, des débits plus élevés (de 30 à 75 m<sup>3</sup>/h) ont été obtenus après 100 m de forage dans le secteur de Mutzig. Les rabattements occasionnés peuvent atteindre 15 m.

Le niveau statique moyen est généralement profond, aux alentours de 80m de profondeur.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 23)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 24)  | Pression sur la ressource (Illustration 25)  |
|------------------|--|---|--|
| Gamme de valeurs | De 25 à 50 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne à forte   | Moyenne  |
| Incertitude      | Moyenne :<br>Peu de données hydrodynamiques. Les débits potentiels dépendent du degré de fracturation de la roche. | Moyenne : L'épaisseur de l'aquifère lui confère une bonne résistance à la sécheresse, toutefois l'absence de chroniques piézométriques empêche d'en avoir la certitude. | Moyenne :<br>Les prélèvements sont importants dans ce secteur et de nombreux forages sont présents. Mais peu de données quantitatives permettent d'évaluer les tendances et battement de nappe |

**Les formations complexes et failles du champ de fracture de Saverne (entités numéro 3 de la cartographie simplifiée)**

Collines sous-vosgiennes où affleurent des grès, calcaires et marnes d'âge triasique (Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper), jurassique, parfois recouvert par des alluvions et loëss de l'Eocène et de l'Oligocène inférieur. Le Muschelkalk est affleurant, environ 0,5 m de sol argileux, dans le secteur de Flexbourg (02713X0087).

Ces affleurements sont découpés par un réseau de failles relativement dense. Des aquifères locaux à extension limitée peuvent être rencontrés.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 23)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 24)   | Pression sur la ressource (Illustration 25)  |
|------------------|--|--|--|
| Gamme de valeurs | 5 à 25 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne  | Forte :<br>Les prélèvements les plus importants sur le bassin versant sont effectués dans ce secteur.  |
| Incertitude      | Forte :<br>Les conditions d'accès à la ressource (profondeur et débits) sont variables dans cette zone et le manque de connaissances et de données actuel ne permet pas de caractériser au mieux le potentiel des ressources | Forte :<br>Absence de données de suivi piézométrique et hydrométrique. La recharge et les circulations souterraines sont également mal connue, ce qui ne permet pas de déterminer ce paramètre avec plus de précision. Ce paramètre varie également en fonction de la formation principale locale. | Forte :<br>La méconnaissance des mécanismes de recharge et des épaisseurs des niveaux aquifères ne permet pas de modérer la pression due aux prélèvements. |

L'hétérogénéité globale de cette entité hydrogéologique empêche de pouvoir définir un réel potentiel en eaux souterraines. De ce fait, l'acquisition de données complémentaires semble primordiale au préalable de toute implantation future de forage.

### **Les formations oligocènes (entités numéro 5 de la cartographie simplifiée)**

Excavation de l'oligocène affleurant au nord/est du bassin de la Bruche (Brugeron, 2014)  
Terrains marneux affleurants notamment dans les terrasses du Kochersberg, parfois recouverts par environ 15 m de lœss déposés au Pléistocène.

Le potentiel aquifère de cette zone est limité. Le niveau statique est assez variable et les débits très faibles. L'épaisseur de marnes dépasse 100 m.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 23)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 24)  | Pression sur la ressource (Illustration 25)   |
|------------------|--|---|---|
| Gamme de valeurs | Faible (<5 m <sup>3</sup> /h)  | Moyenne :<br>aquifère sous couverture et épais. Recharge potentielle par une infiltration via les lœss.<br>Pluviométrie plus importante que dans la plaine (due à l'altimétrie du Kochersberg). | Moyenne :<br>les prélèvements dans ce secteur peuvent être importants. Néanmoins la disponibilité de la nappe d'Alsace en Aval de la zone et l'absence de localisation précise des prélèvements fausse l'évaluation des pressions. Compte tenu de la localisation des ouvrages BSS, la ressource ne semble pas être surexploitée. |
| Incertitude      | Moyenne :<br>milieu peu complexe mais manque de données (paramètres hydrodynamiques) pour confirmer l'hypothèse. | Moyenne :<br>l'infiltration reste limitée dans cette entité peu perméable, et l'absence de données ne permet pas d'analyser la capacité de renouvellement de la ressource.                      | Moyenne :<br>absence de données quantitative permettant d'analyser les tendances piézométriques.  |

### **Les alluvions vosgiennes (entités numéro 4 de la cartographie simplifiée) :**

La Bruche a répandu un vaste cône de déjection qui s'étend de Mutzig à Strasbourg. Une paléovallée d'orientation plutôt NO-SE semble indiquer que son cours a évolué au cours des temps géologiques (et potentiellement également celui de la Mossig). Il s'agit ici de dépôts argilo-sableux-graveleux d'âge quaternaire récent à plio-quaternaire, d'une épaisseur estimée ici à 80 m environ.

Ces alluvions sont parfois recouvertes par des formations lœssiques d'origine éolienne, montrant une épaisseur de 2 à 15 m, parfois mélangés à des lehms (limon argileux rougeâtre issus de la décalcification des lœss). Elles reposent sur le substratum marneux d'âge Oligocène (Brugeron, 2014)

La recharge est effectuée par les apports de la Bruche, les apports des collines sous-vosgiennes et les précipitations filtrant à travers la couverture lœssique. Les débits des forages de ces alluvions sont variables, oscillant de 5-15 m<sup>3</sup>/h pour les moins profonds à plus de 80 m<sup>3</sup>/h pour les forages atteignant le substratum marneux.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 23)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 24)   | Pression sur la ressource (Illustration 25)   |
|------------------|--|--|---|
| Gamme de valeurs | 25-50 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne : épaisseur variable (de 5 à près de 100 m) mais aquifère sous couverture  | Moyenne à faible : les prélèvements ne semblent pas dépasser la capacité de renouvellement de la ressource<br>Les niveaux piézométriques montrent malgré tout une baisse générale.  |
| Incertitude      | Moyenne : les débits potentiels dépendent de l'épaisseur captée et peuvent varier plus largement (de 5-15 m <sup>3</sup> /h à 80 m <sup>3</sup> /h pour des profondeurs respectives de l'ordre de 15 m et 80 m). | Faible à moyenne : les alluvions sont réalimentées par les précipitations, les apports latéraux des collines avoisinantes et les cours d'eau (Bruche et Mossig). Le battement de nappe varie avec l'épaisseur des alluvions. Il est plus marqué à proximité du champ de fracture qu'en aval du bassin. | Moyenne : l'indice de pression ne montre pas de situation critique. Une augmentation des prélèvements pourrait rapidement augmenter la pression sur la ressource au vue de la baisse piézométrique amorcée depuis le début des années 2000. |

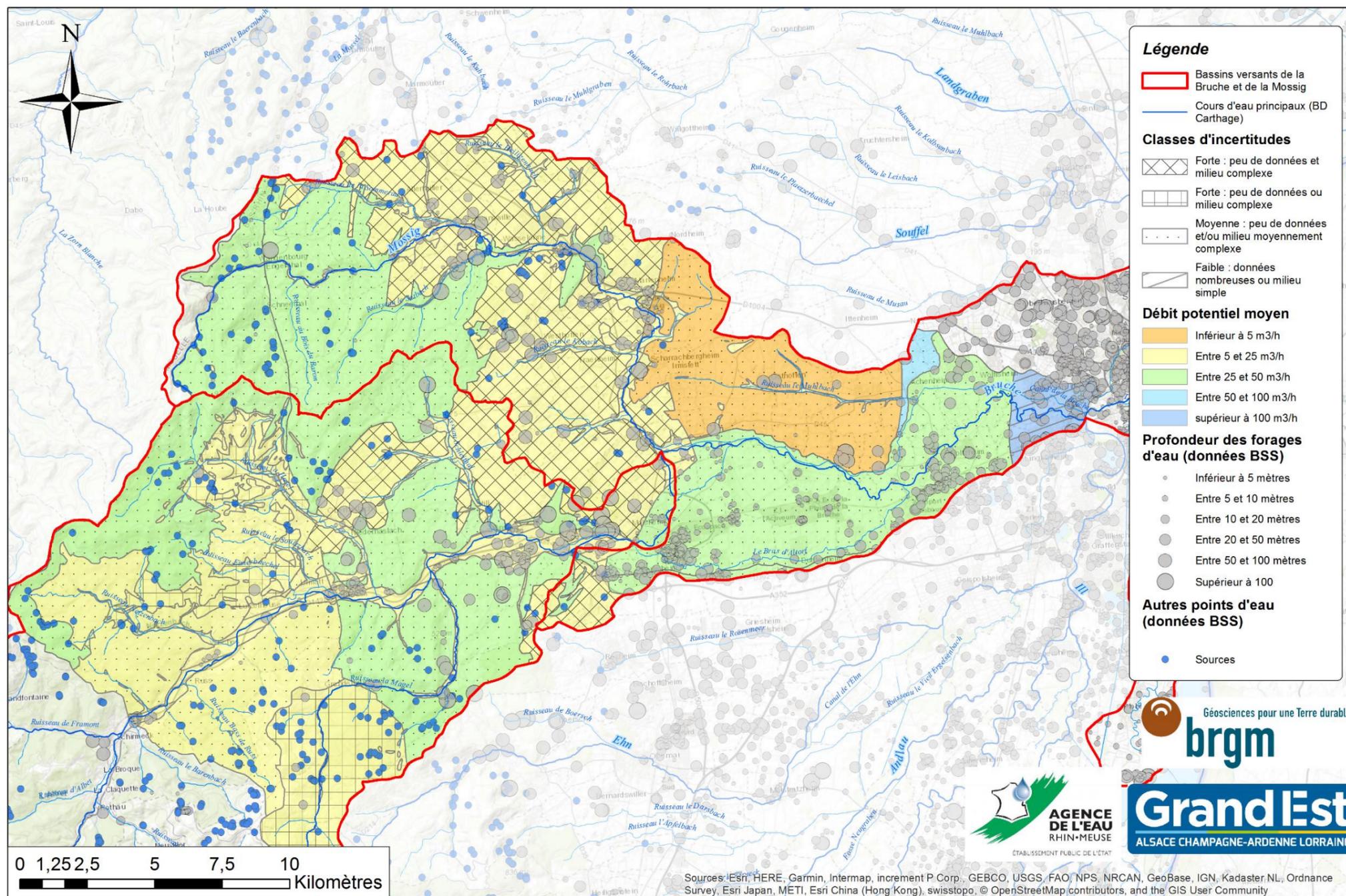


Illustration 23 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Bruche et de la Mossig.

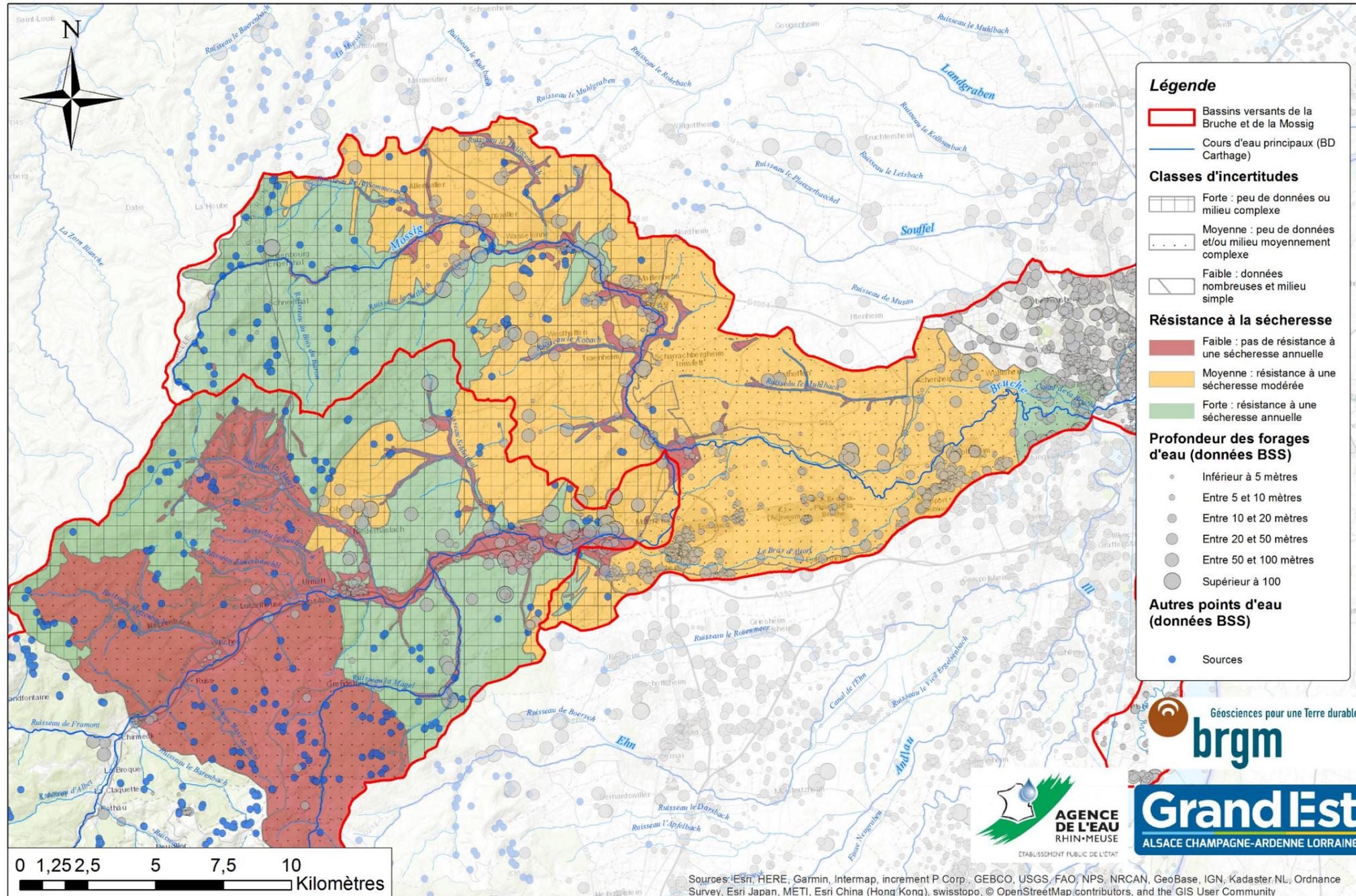


Illustration 24 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de la Bruche et de la Mossig.

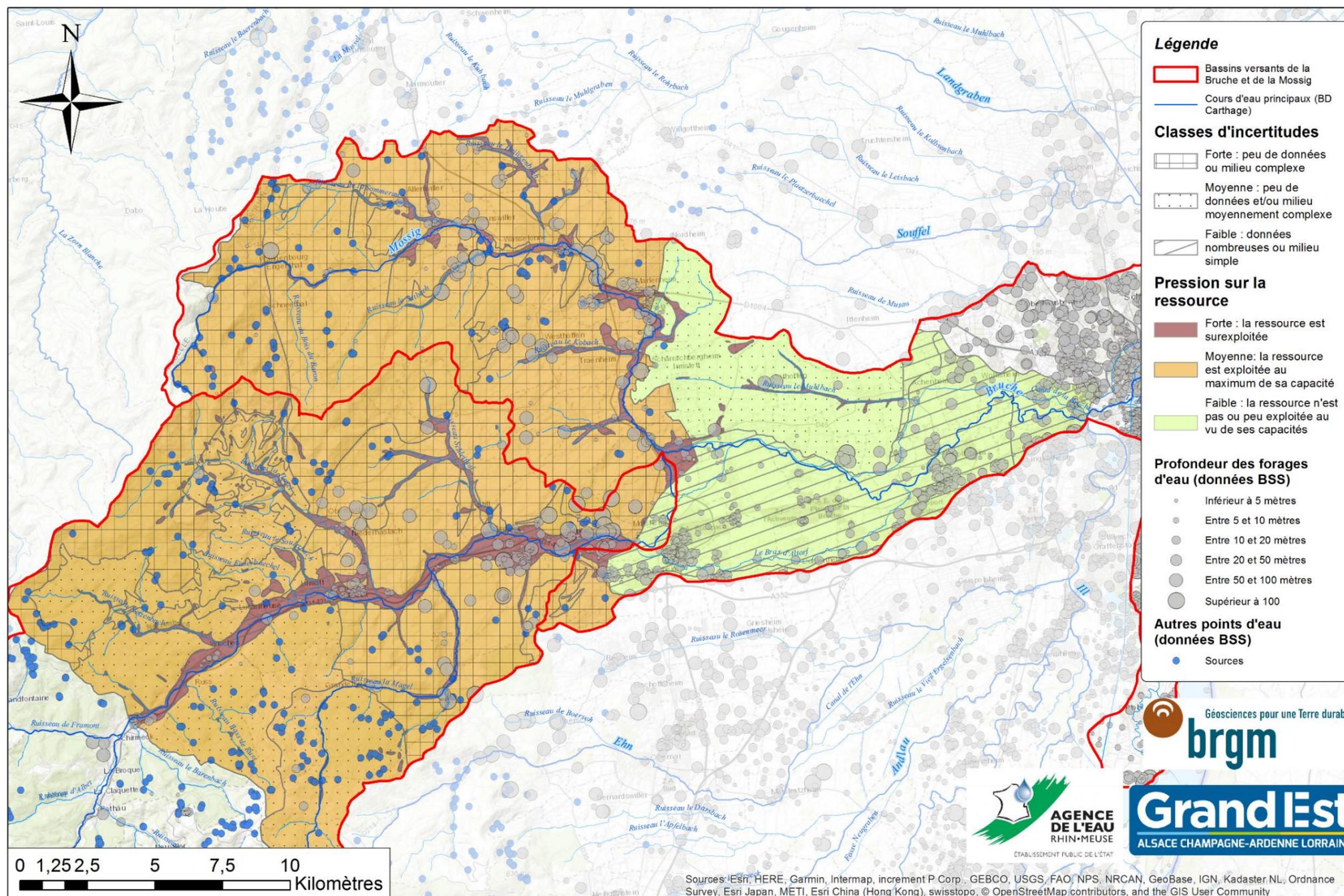


Illustration 25 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de la Bruche et de la Mossig.

## 6.4. BASSIN VERSANT DE LA DOLLER

### 6.4.1. Situation géographique du bassin versant

Le bassin versant de la Doller est situé dans le département du Haut-Rhin. La Doller prend sa source au pied du ballon d'Alsace (point culminant du bassin versant, à 1 247 m), à 922 m d'altitude. Après un parcours d'ouest en est de 46,5 km, elle se jette dans l'Ill à Mulhouse (240 m).

### 6.4.2. Hydrographie

La Doller présente un régime pluvial, avec un débit moyen en hautes-eaux de 6,67 à 8,20 m<sup>3</sup>/s et un débit mensuel moyen pouvant descendre jusqu'à 1,09 m<sup>3</sup>/s. À l'étiage (de mai à octobre), la Doller bénéficie d'une réalimentation par la retenue du Michelbach. Les débits apportés à la Doller pendant cette période oscillent en moyenne entre 1,06 et 2,43 m<sup>3</sup>/s (Conseil Général du Haut-Rhin, 2013).

### 6.4.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales

Les principales grandes unités hydrogéologiques présentes sur le bassin versant de la Doller sont :

- les formations de socle (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée – Illustration 26) L'accumulation des eaux souterraines se fait via les fracturations et zones altérées des roches sous-jacentes ;
- le champ de fractures de Lauw (entité numéro 2 de la cartographie simplifiée – Illustration 26), délimité du socle par la faille vosgienne et du fossé rhénan par une zone de « palier » qui aboutit sur la faille rhénane ;
- les Cailloutis du Pliocène (entité numéro 5 de la cartographie simplifiée – Illustration 26) ;
- les formations de l'Oligocène (entité numéro 3 et 4 de la cartographie simplifiée – Illustration 26) ;
- les alluvions des vallées de la Doller (entité numéro 6 de la cartographie simplifiée – Illustration 26), constituées de sables, graviers, galets et blocs et dont d'épaisseur varie de 8 à 12 m (Menillet *et al.*, 1989). Ces aquifères sont cependant en relation étroite avec les cours d'eau.

Le horst de Mulhouse s'étend vers le sud à partir de Mulhouse et n'est pas concerné par la zone d'étude sauf une partie au sud-est de la zone.

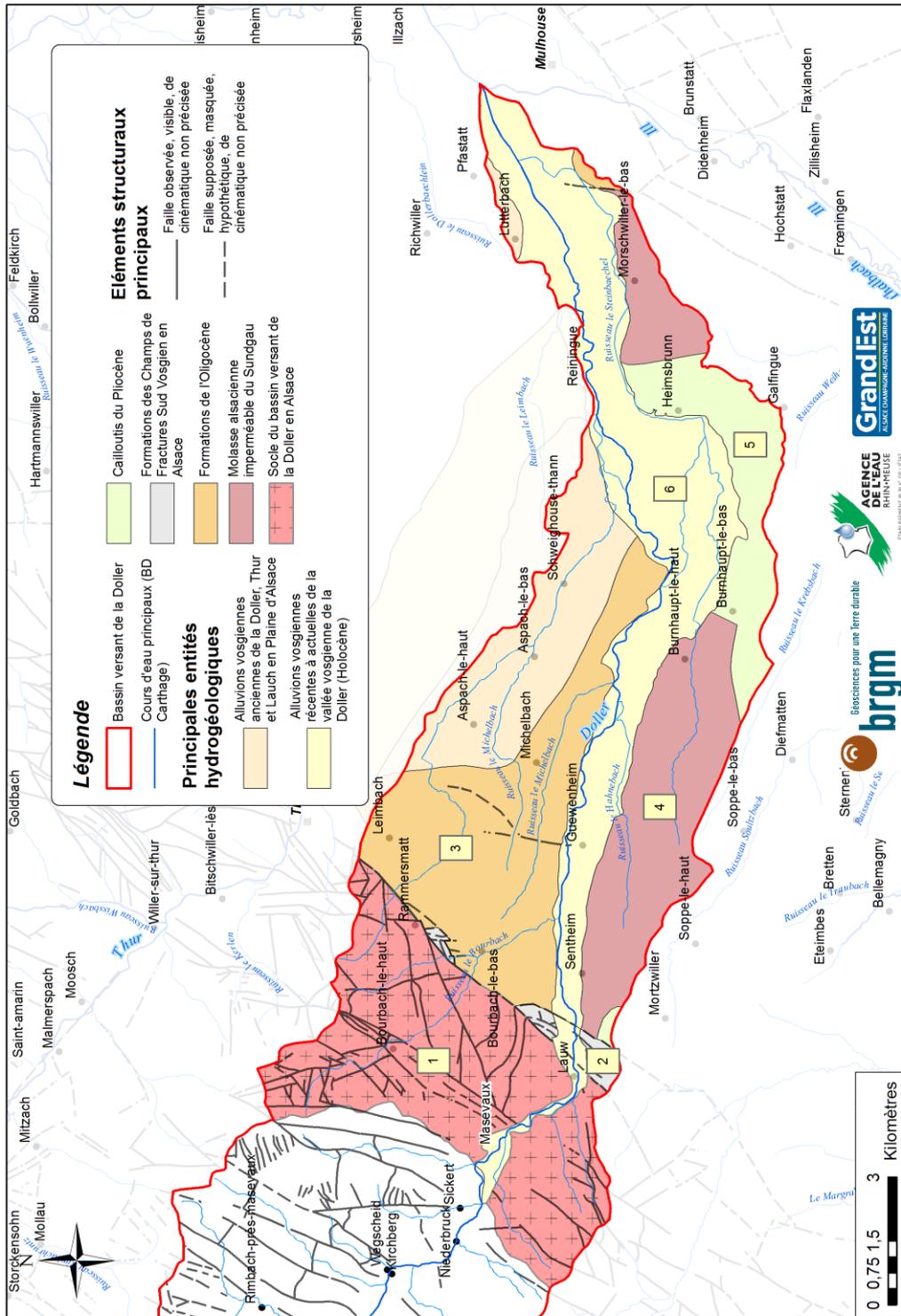


Illustration 26 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Doller.

#### 6.4.4. Analyse de la recharge

La pluviométrie, ainsi que les pluies efficaces, sont réparties selon l'altimétrie du bassin versant (cf. Illustration 27). Les cumuls les plus importants (jusqu'à 1 700 mm/an) sont situés en amont du bassin (zone de Sewen), alors que les plus faibles (entre 281 et 410 mm/an) sont mesurés au début de la plaine d'Alsace, à proximité de Mulhouse.

L'analyse par l'IDPR (cf. Illustration 28) indique une zone de recharge par les pluies efficaces en amont du bassin versant, dans le secteur de Sewen.

Le versant au nord du bassin est lui dominé par le ruissellement, à l'exception des fonds de vallée. Plus en aval du bassin, l'IDPR montre à nouveau une majorité d'infiltration par rapport au ruissellement.

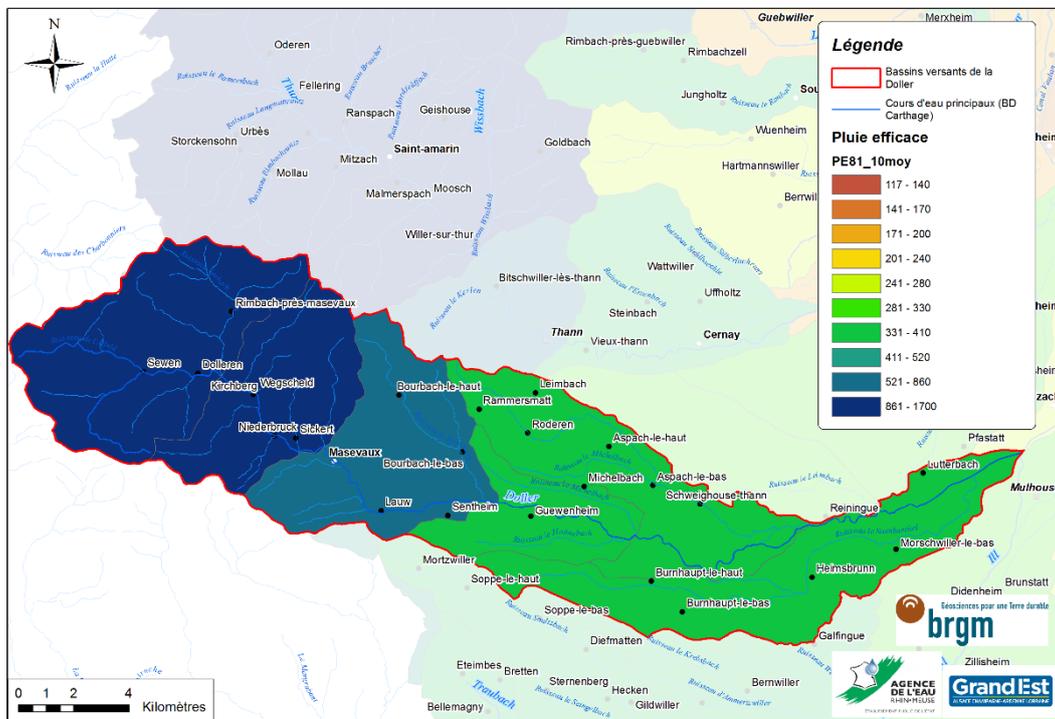


Illustration 27 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Doller.

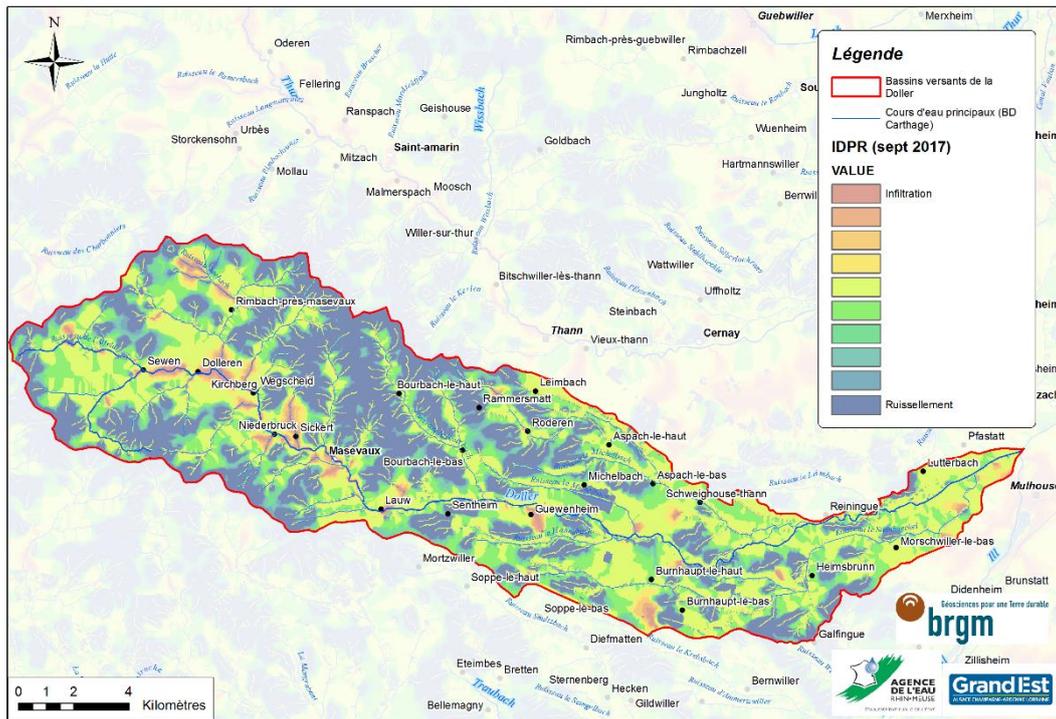


Illustration 28 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Doller.

#### 6.4.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques

##### **Le socle du bassin versant de la Doller (entités numéro 1 de la cartographie simplifiée)**

Les eaux circulent dans l'altération superficielles et les fissures, à des profondeurs n'excédant que rarement 10 à 12 m. Ces circulations hypodermiques finissent par revenir à la surface sous forme de sources ou rejoignent les nappes de fond de vallée. Ces petites nappes sont généralement libres, mais il peut arriver qu'elles soient localement en charge sous les formations morainiques. Le débit potentiel est faible (surtout à l'étiage). Les nappes sont directement en lien avec les précipitations efficaces.

Les quelques forages présents montrent des niveaux statiques profonds (92 m pour le forage 04127X0123/F, à Rammersmatt) et des potentiels faibles (< 5 m<sup>3</sup>/h).

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 29)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 30)                         | Pression sur la ressource (Illustration 31)   |
|------------------|--|--|---|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne  | Faible : captage de source essentiellement, prélèvements faibles sur cette partie du bassin versant                                 |
| Incertitude      | Forte : peu de forage sont présents dans ces zones, les captages sont essentiellement réalisé via les sources. | Forte : ces aquifères sont généralement vulnérables à la sécheresse. | Forte : les circulations profondes dans le socle fissuré sont mal connues, la capacité de la ressource est difficilement évaluable. |

**Les formations complexes du champ de fracture Sud vosgien (entités numéro 2 de la cartographie simplifiée)**

Les réservoirs potentiels sont présents avec le Muschelkalk supérieur et le Grès vosgien (conglomératique du Buntsandstein). Ces aquifères sont profonds et n'ont pas été reconnus en dehors des secteurs de Lauw et Rammersmatt.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 29)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 30)  | Pression sur la ressource (Illustration 31)  |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | 5-25 m <sup>3</sup> /h  | Forte :<br>les aquifères potentiels présentent de fortes épaisseur et une résistance pluriannuelle intéressante.  | Faible :<br>peu de forage et de prélèvements dans ce secteur.  |
| Incertitude      | Forte :<br>Les débits vont varier selon l'épaisseur et le type d'aquifère capté localement. | Très forte :<br>L'état de connaissances actuel ne permet pas d'analyser plus précisément ce paramètre, également variable selon le type de réservoir ciblé. | Moyenne :<br>L'absence de suivi quantitatif ne permet pas de vérifier plus précisément l'impact des prélèvements sur la ressource. |

**Les formations de l'Oligocène (entités numéro 3 et 4 de la cartographie simplifiée)**

L'Oligocène est présent sur le bassin versant de la Doller dans la zone du bassin salifère (à proximité de Guewenheim) et du horst de Mulhouse (secteur de Morschiller-le-bas). Cette formation est composée essentiellement de marnes plus ou moins dolomitiques et/ou silteuses, peu perméables, avec localement quelques intercalations de niveaux sableux ou gréseux (Menillet *et al.*, 1989). Par conséquent le potentiel aquifère général de cette formation est faible, et lié à la présence de grès et de sables.

Un débit potentiel plus élevé peut être capté localement dans le horst.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 29)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 30)                     | Pression sur la ressource (Illustration 31)   |
|------------------|---|--|---|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne à Forte  | Faible à Forte  |
| Incertitude      | Moyenne :<br>Localement les débits peuvent être plus importants en raison de la présence d'intercalations gréseuses/sableuses | Moyenne :<br>Pas de données de suivi. Hétérogénéité potentielle. | Moyenne :<br>Absences de données de suivi. Méconnaissance des phénomènes de recharge. |

### **Les cailloutis du Pliocène (entités numéro 5 de la cartographie simplifiée)**

Reposant sur les marnes oligocènes, les Cailloutis, d'une épaisseur moyenne d'une vingtaine de mètres, sont recouverts de loëss. L'altération des galets et l'envahissement par les limons provenant des loëss sus-jacents réduit la perméabilité de cette formation. Les nappes circulantes dans ces Cailloutis sont généralement perchées par rapport au fond de vallée.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 29)                   | Résistance à la sécheresse (Illustration 30)  | Pression sur la ressource (Illustration 31)   |
|------------------|---|---|---|
| Gamme de valeurs | Variable : 5-25 m <sup>3</sup> /h                         | Moyenne à forte :<br>Nappe captive offrant une résistance à la sécheresse intéressante                                      | Moyenne à faible :<br>Les prélèvements dans cet aquifère sont faibles   |
| Incertitude      | Forte :<br>Peu de données hydrodynamiques sont présentes. | Moyenne :<br>Absence de données de suivi suffisantes pour caractériser mieux la résistance à la sécheresse de cet aquifère. | Moyenne :<br>La pression actuelle paraît faible, toutefois les données de suivis sont assez hétérogènes sur ce secteur. |

### **Les alluvions anciennes des cours d'eau**

Composées de galets et graviers, les alluvions anciennes de la Doller sont parfois entrecoupées de niveaux argileux. Leur faible épaisseur leur confère également une faible résistance à la sécheresse. Un surcreusement a toutefois été identifié à Sewen, où l'on note une épaisseur d'alluvions pouvant atteindre 35 m. Les capacités aquifères des alluvions dépendent de leur teneur en limon argileux. Les alluvions de la Doller sur granite en présentent peu. Les transmissivités relevées sont de l'ordre de  $1.10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 29)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 30)   | Pression sur la ressource (Illustration 31)  |
|------------------|---|--|--|
| Gamme de valeurs | 5-25 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne  | Moyenne :<br>On ne remarque pas de surexploitation ici, toutefois, la zone est très influencée (soutien d'étiage). |
| Incertitude      | Moyenne-Forte :<br>Les débits peuvent varier localement en fonction de la nature plus ou moins argileuse des alluvions. | Moyenne :<br>La résistance à la sécheresse dépend de l'épaisseur locale des alluvions. | Moyenne :<br>En cas d'absence de ce soutien, l'ensemble de la zone pourrait être fortement impactée.               |

**Les alluvions récentes de la Doller (entités numéro 5 de la cartographie simplifiée)**

Le cône de déjection de la Doller est moins puissant que celui de la Thur. L'épaisseur des alluvions ne va pas au-delà de 12 m. En revanche peu d'argile sont présents. Les transmissivités relevées sont comprises entre 1,5 et  $4,5 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s (Urban et Degrelle, 2011). Les débits potentiels sont relativement importants, variant de 60 à 100 m<sup>3</sup>/h.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 29) | Résistance à la sécheresse (Illustration 30)  | Pression sur la ressource (Illustration 31)  |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | 50-100 m <sup>3</sup> /h                | Faible :<br>faible épaisseur.   | Forte :<br>sans soutien d'étiage la ressource apparaît en surexploitation.   |
| Incertitude      | Faible                                  | Moyenne :<br>les alluvions sont de faibles épaisseurs mais la distance à la rivière et le caractère captif peut localement permettre de s'affranchir des relations nappes-rivières. | Moyenne :<br>les prélèvements sont importants dans ce secteur, toutefois la présence de soutien d'étiage permet de limiter cet impact. En cas d'absence de ce soutien, l'ensemble de la zone pourrait être fortement impactée. |

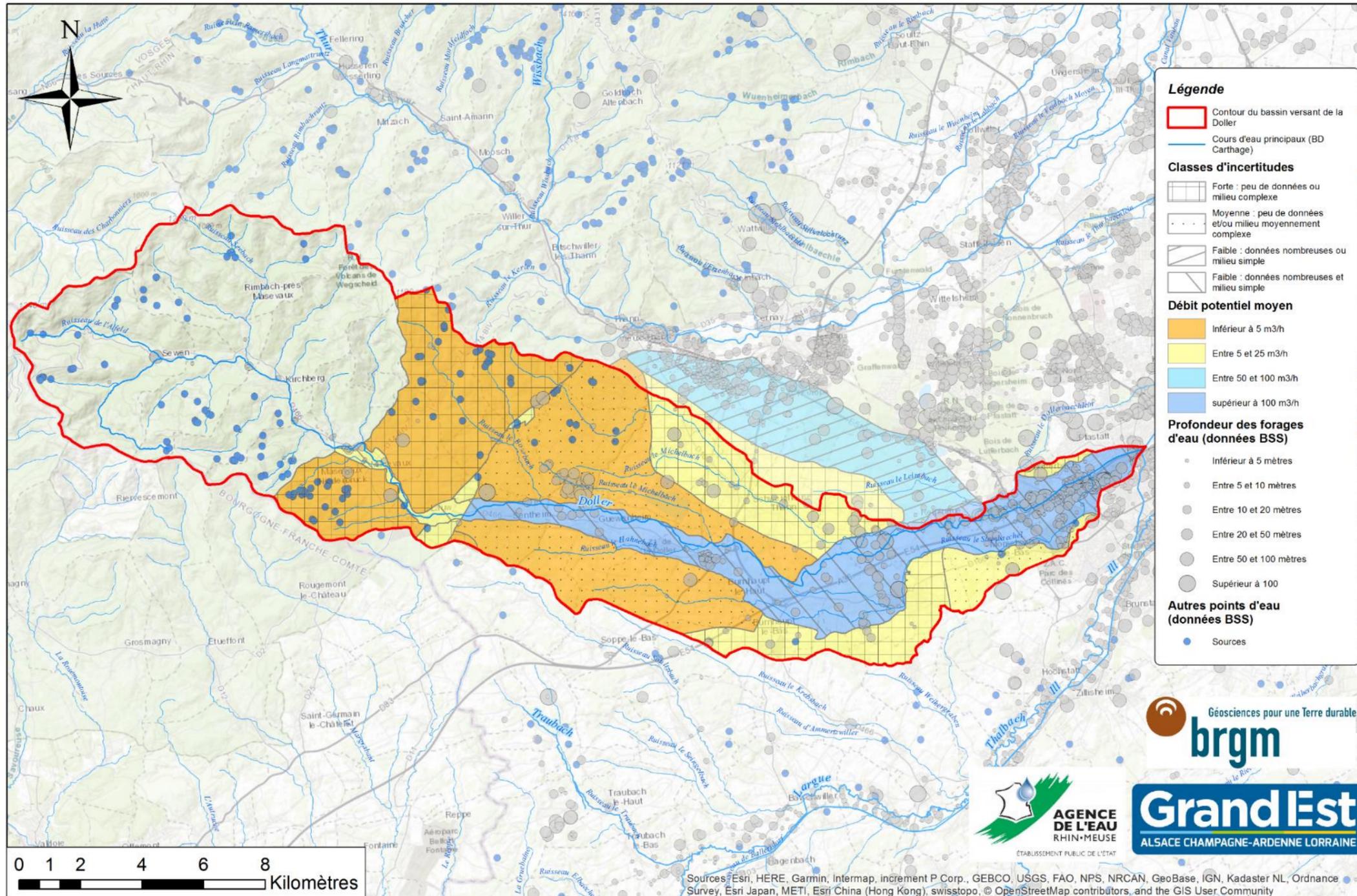


Illustration 29 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Doller.

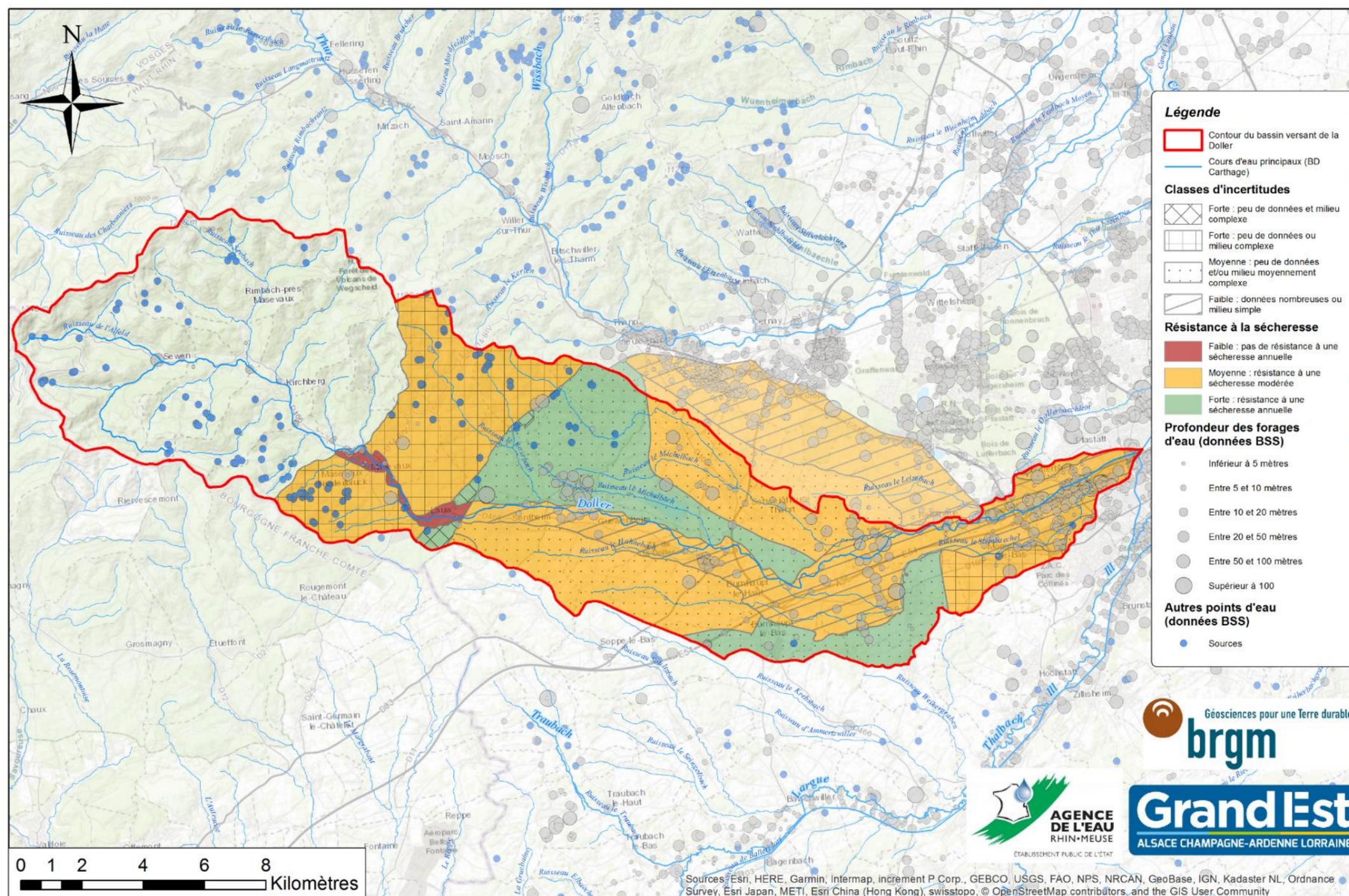


Illustration 30 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de la Doller.

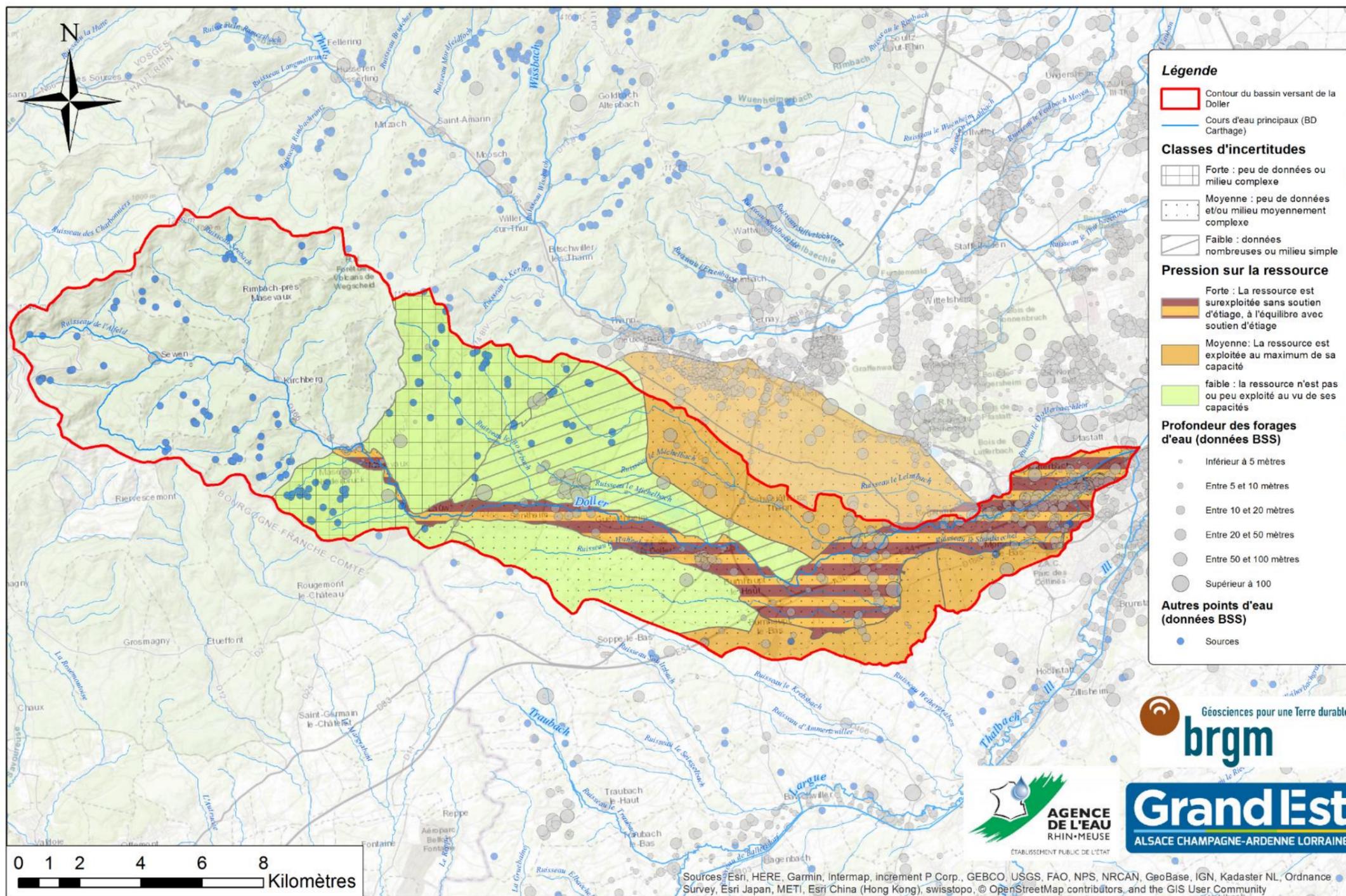


Illustration 31 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de la Doller.

## **6.5. BASSIN VERSANT DE L'EHN**

### **6.5.1. Situation géographique du bassin versant**

L'Ehn prend sa source à 920 m d'altitude au Neuntelstein sur la commune du Hohwald (Bas-Rhin). Il draine un bassin versant de 165 km<sup>2</sup> et parcourt 36 km avant de se jeter dans l'Ill à l'aval de Geispolsheim (Conseil Général du Bas-Rhin, 2011c).

### **6.5.2. Hydrographie**

Les débits de l'Ehn sont assez faibles (module à 0,516 m<sup>3</sup>/s ; QMNA 5 : 0,140 m<sup>3</sup>/s). Avec des hautes eaux en hiver et basses eaux en été, l'Ehn présente un régime pluvial. En période de crue, le débit du cours d'eau est déchargé dans le canal de l'Ehn où les inondations peuvent s'étendre sur des prairies permanentes.

### **6.5.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales**

Les grandes unités hydrogéologiques présentent sur le bassin de l'Ehn sont les suivantes :

- le Socle cristallin du bassin versant de l'Ehn (entité numéro 1 de l'illustration 32) ;
- les Grès du Trias inférieur (entité numéro 2 de l'illustration 32) ;
- les formations complexes et faillées du champ de fracture (entité numéro 3 de l'illustration 32) ;
- les formations de l'Oligocène (entité numéro 4 de l'illustration 32) ;
- les alluvions de l'Ehn et de la plaine rhénane (entité numéro 5, 6 et 7 de l'illustration 32).

Les alluvions rhénanes elles-mêmes ont été redécoupées en deux entités distinctes, afin de dissocier les zones où la nappe d'Alsace est sous recouvrement loessique.

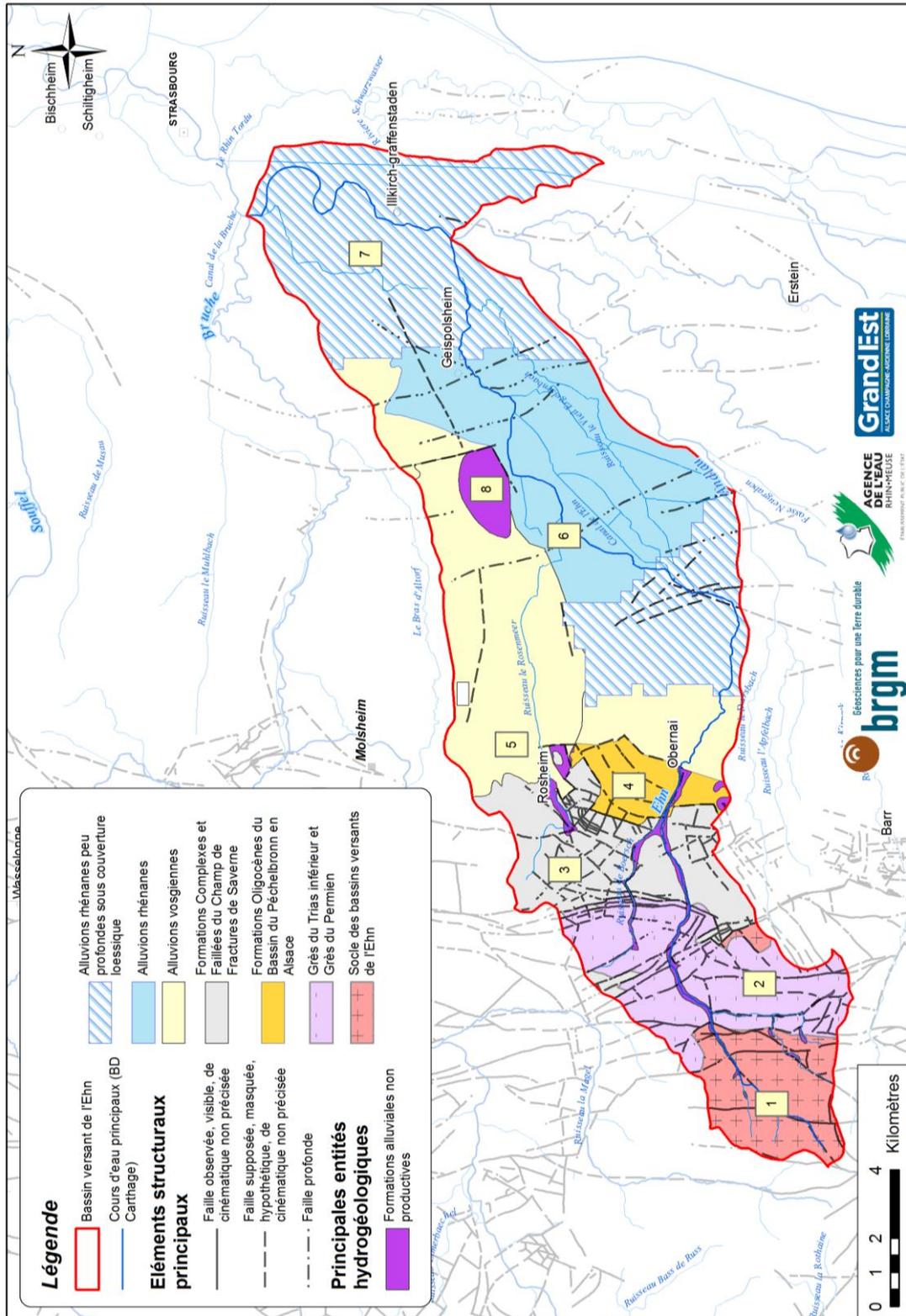


Illustration 32 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de l'Ehn.

#### 6.5.4. Analyse de la recharge

Le cumul des précipitations est assez élevé en amont de l'Ehn, toutefois la pluviométrie moyenne du bassin reste plus faible. Les précipitations efficaces en sont directement impactées, avec des cumuls variant de 117 à 520 mm/an sur le bassin versant (cf. Illustration 33).

L'analyse par l'IDPR (cf. Illustration 34) montre une majorité de zone d'infiltration par rapport aux zones de ruissellement sur l'ensemble du bassin versant. La recharge est principalement assurée par l'infiltration des pluies efficaces et l'alimentation des rivières sur la partie aval du bassin versant.

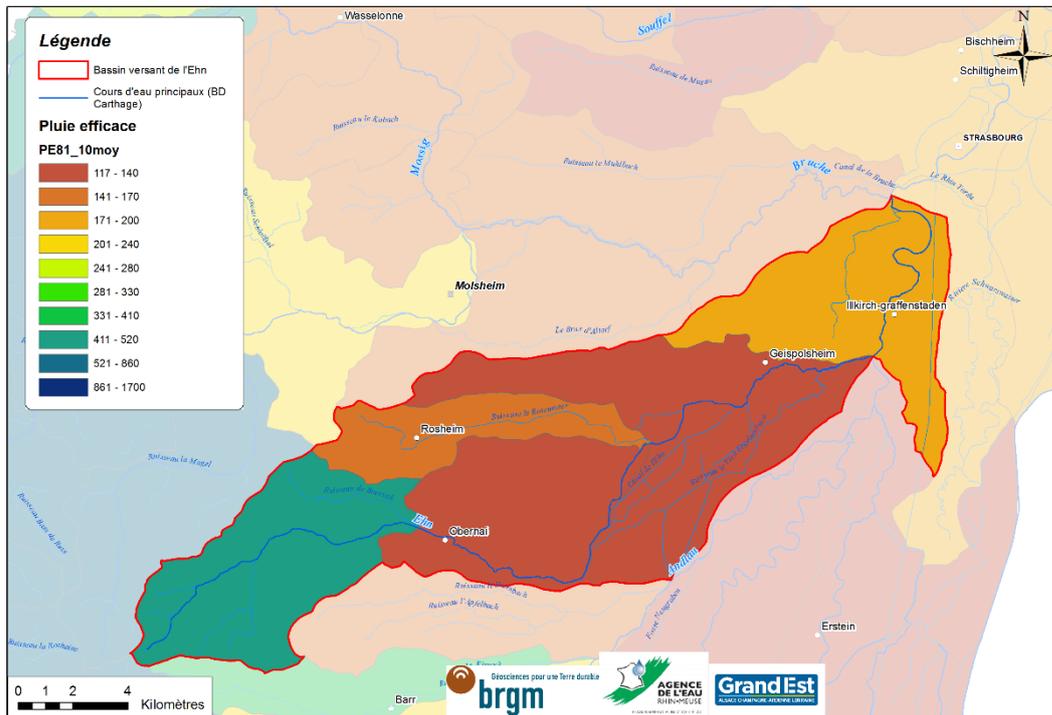


Illustration 33 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de l'Ehn.

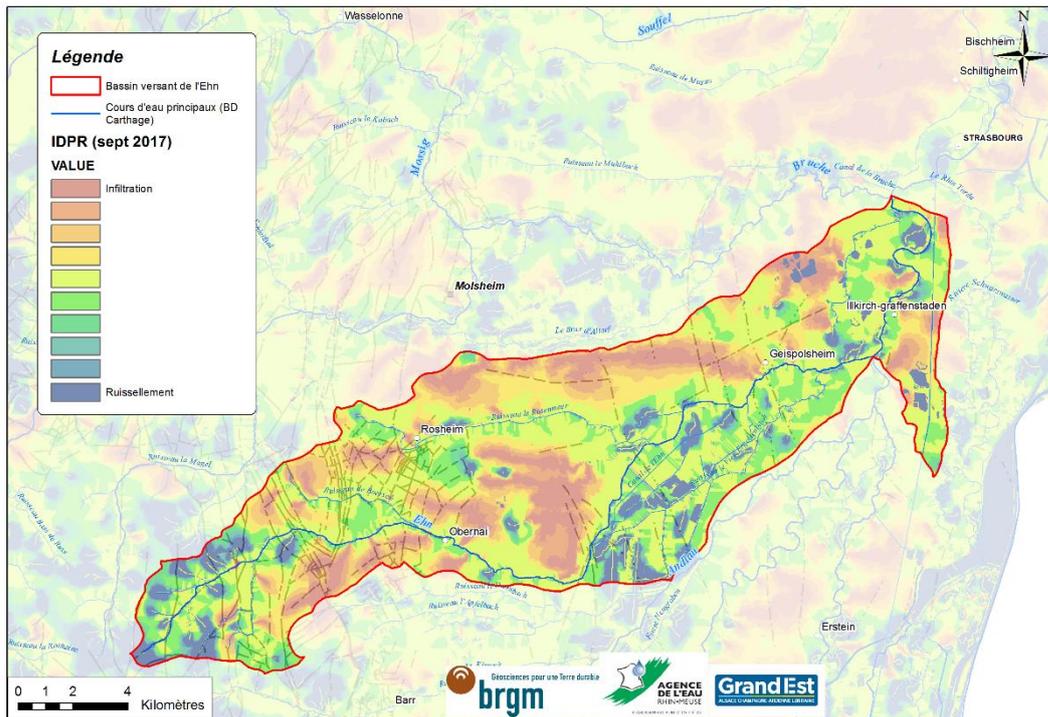


Illustration 34 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de l'Ehn.

### 6.5.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques

#### **Socle du bassin versant de l'Ehn (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée)**

Composé de granites et microgranites, le potentiel aquifère de cette entité est limité. Le captage se fait essentiellement par le biais de sources peu productives. On note la présence de trois forages en amont du bassin versant montrant des épaisseurs d'altérites comprises entre 6 et 18 m surmontant un horizon fissuré épais de 5 à 22 m.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 35)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 36)  | Pression sur la ressource (Illustration 37)  |
|------------------|--|---|--|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne :<br>nappe essentiellement libre, d'épaisseur moyenne (altérites et horizon fissuré). | Faible :<br>La ressource est uniquement captée par quelques sources. Les prélèvements sont relativement faibles                          |
| Incertitude      | Moyenne :<br>Peu de données sont disponibles pour confirmer le potentiel de cette formation. | Faible :<br>L'épaisseur cumulée d'aquifère permet une résistance annuelle intéressante.       | Faible :<br>Malgré le manque de données quantitatives sur cette zone, au vue des prélèvements, la ressource ne semble pas sous pression. |

**Grès du Trias inférieur et du Permien (entité numéro 2 de la cartographie simplifiée)**

L'aquifère des Grès sur le bassin versant de l'Ehn regroupe les Grès du Permien (dits « grès rouges ») et les Grès du Trias inférieur. Ces formations sont essentiellement libres sur cette zone d'étude. Quelques forages artésiens (Par exemple le forage BSS000UWCK, 02717X0037, à Ottrott) montrent malgré cela que localement cette ressource peut être captive, du fait d'intercalaires argileux plus ou moins fins.

Ce forage montre également que l'arène granitique sur laquelle repose les Grès permotriasiens n'est rencontrée qu'après 130 m de forage.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 35) | Résistance à la sécheresse (Illustration 36)  | Pression sur la ressource (Illustration 37)   |
|------------------|---|---|---|
| Gamme de valeurs | 25-50 m <sup>3</sup> /h                 | Forte :<br>La forte épaisseur, l'extension et la capacité de la ressource permet une bonne résistance à la sécheresse | Moyenne :<br>L'aquifère des Grès est exploité à la fois par des sources et des forages. Ces derniers sont minoritaires sur la zone d'étude. Les prélèvements de semblent pas dépasser la capacité de la ressource |
| Incertitude      | Moyenne :                               | Moyenne :<br>L'absence de données piézométriques dans ce secteur d'étude ne permet d'affirmer précisément cela        | Forte :<br>Les prélèvements les plus importants (hors nappe rhénane) sont exercés sur cette partie du bassin versant. Or il n'existe pas de suivi quantitatif de la ressource.                                    |

**Les formations complexes des champs de fracture (entité numéro 3 de la cartographie simplifiée)**

La densité du réseau de faille met en contact et à l'affleurement différentes formations, telles que les grès du Permien et du Trias inférieur (Buntsandstein), les calcaires et marnes du Muschelkalk, les marnes et dolomies du Keuper. Les aquifères rencontrés présentent alors une extension limitée.

Le potentiel en eau souterraines est fonction de la nature de l'aquifère rencontré localement. De la même manière, la capacité de la ressource à se renouveler et à résister à la sécheresse sera plus importante pour les aquifères connectés à travers le réseau de failles et de fissures. La connaissance de ces aquifères locaux reste limitée à l'heure actuelle et nécessite l'acquisition de données complémentaires.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 35))  | Résistance à la sécheresse (Illustration 36)  | Pression sur la ressource (Illustration 37)  |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | 25-50 m <sup>3</sup> /h   | Forte   | Moyenne :<br>Peu de prélèvements dans ce secteur du bassin versant.                              |
| Incertitude      | Moyenne :<br>Les débits sont à la faveur de ressources en eaux souterraines localisées et de faibles extensions. De plus le niveau de connaissance ne permet pas de localiser les entités aquifères de manière précise. | Forte :<br>L'absence de donnée de suivi : piézométrique et hydrographique (rivières et sources) ne permet pas d'analyser la capacité de la ressource de manière suffisamment précise.<br>La résistance à la sécheresse sera liée à la typologie de chaque aquifère local. | Moyenne :<br>Le fonctionnement et les mécanismes de recharge de cet aquifère restent mal connus. |

**Les formations de l'Oligocène (entité numéro 4 de la cartographie simplifiée)**

Les formations oligocènes mêlent ici des conglomérats à galets de Trias gréseux, de Muschelkalk, de Dogger, d'Éocène. Le faciès marneux reste dominant.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 35)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 36)  | Pression sur la ressource (Illustration 37)   |
|------------------|---|---|---|
| Gamme de valeurs | 25-50 m <sup>3</sup> /h   | Forte :<br>La forte épaisseur conglomératique et la présence de marnes confèrent à cet aquifère une bonne résistance à la sécheresse. | Faible :<br>Peu de prélèvements   |
| Incertitude      | Moyenne :<br>Le potentiel est lié à la présence du faciès conglomératique de l'Oligocène. Cependant peu de données hydrodynamique sont disponibles. Localement des variations peuvent être attendues. | Moyenne :<br>Pas de données de suivi. Hétérogénéité potentielle.  | Forte :<br>Les mécanismes de recharge restent mal connus pour cet aquifère multi-couche et l'absence de données de suivi ne permet pas d'affirmer l'absence de pression |

**Les alluvions de l'Ehn (entité numéro 5 de la cartographie simplifiée)**

Les alluvions de l'Ehn sont recouvertes par des dépôts lœssiques (de 2 à 10 m). Certains forages, comme le forage BSS000UWGG (02718X0001/G3) à Bischoffsheim, montrent que l'épaisseur des alluvions peut être assez importante (plus de 60 m). Les sables et graviers sont séparés par quelques niveaux argileux.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 35) | Résistance à la sécheresse (Illustration 36)   | Pression sur la ressource (Illustration 37)  |
|------------------|---|--|--|
| Gamme de valeurs | 50-100 m <sup>3</sup> /h                | Forte :<br>Les alluvions sont épaisses et sous couverture lœssique   | Faible   |
| Incertitude      | Faible                                  | Moyenne :<br>L'épaisseur et le recouvrement des alluvions peuvent être suffisant pour décrire la résistance à la sécheresse des alluvions. | Moyenne :<br>Les données de prélèvement et de suivi de la ressource n'indiquent pas de surexploitation dans la configuration actuelle. |

**Les alluvions rhénanes (entité numéro 6 de la cartographie simplifiée)**

Hors zone trop productives

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 35)                      | Résistance à la sécheresse (Illustration 36)   | Pression sur la ressource (Illustration 37)   |
|------------------|--|--|---|
| Gamme de valeurs | > 100 m <sup>3</sup> /h :<br>paramètres hydrodynamiques bons | Forte :<br>faible battement, forte inertie de la nappe et couverture lœssique  | Faible  |
| Incertitude      | Faible   | Faible :<br>L'épaisseur, l'inertie et le recouvrement de la nappe d'Alsace sont des paramètres suffisants pour caractériser la résistance à la sécheresse. | Faible :<br>Les données disponibles n'indiquent pas de pressions dans la configuration actuelle des prélèvements. |

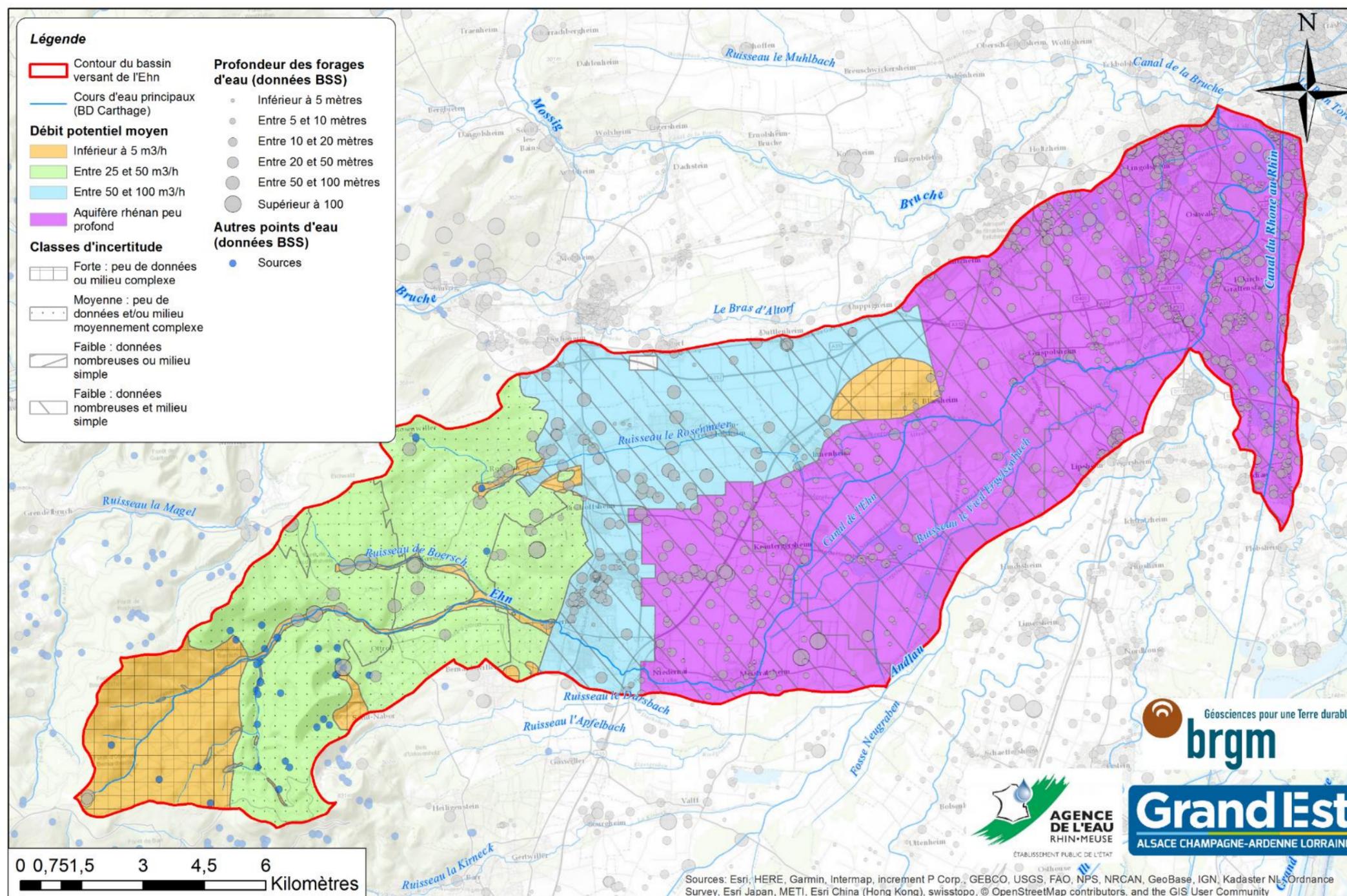


Illustration 35 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de l'Ehn.

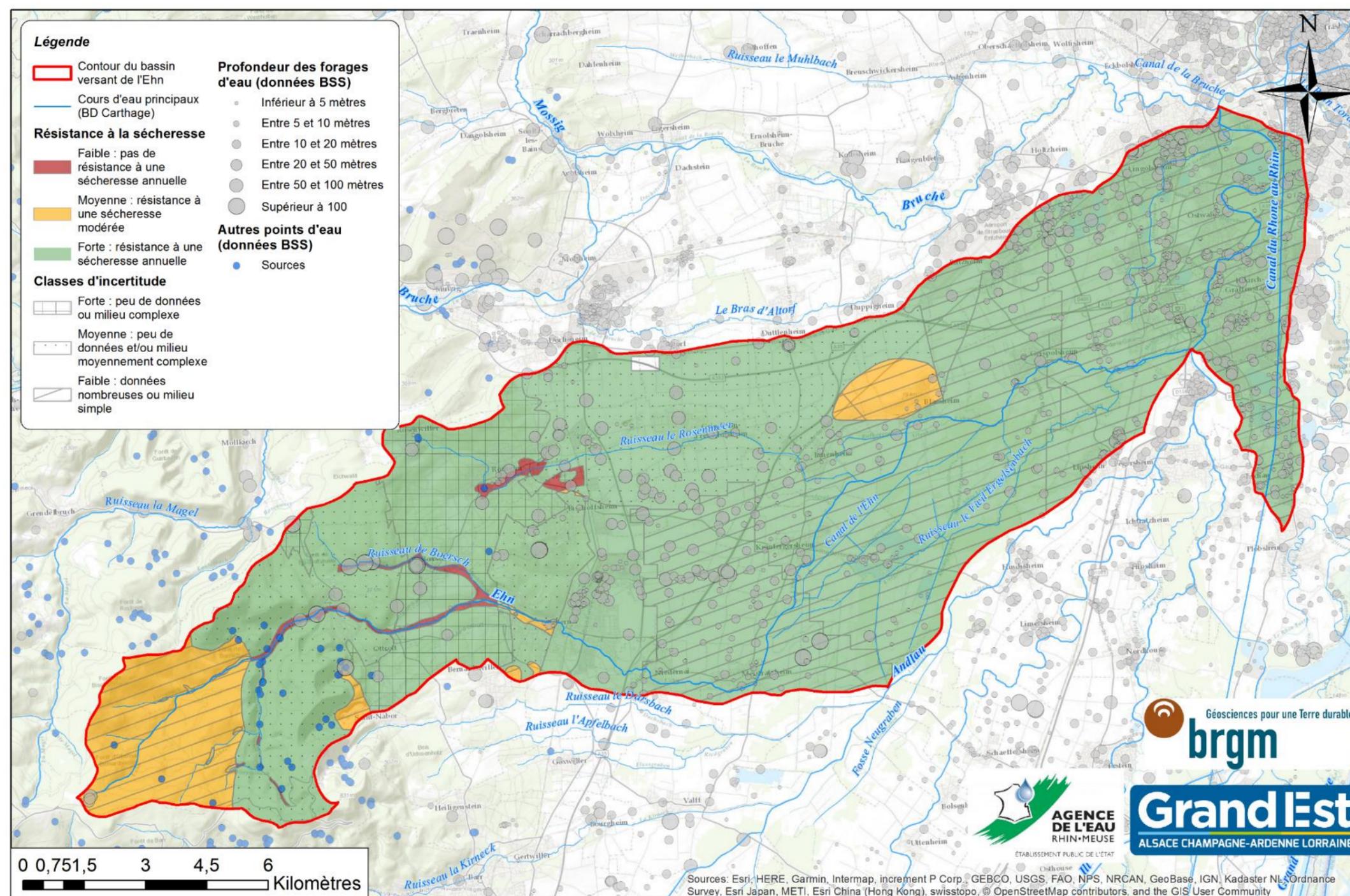


Illustration 36 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologiques du bassin versant de l'Ehn.

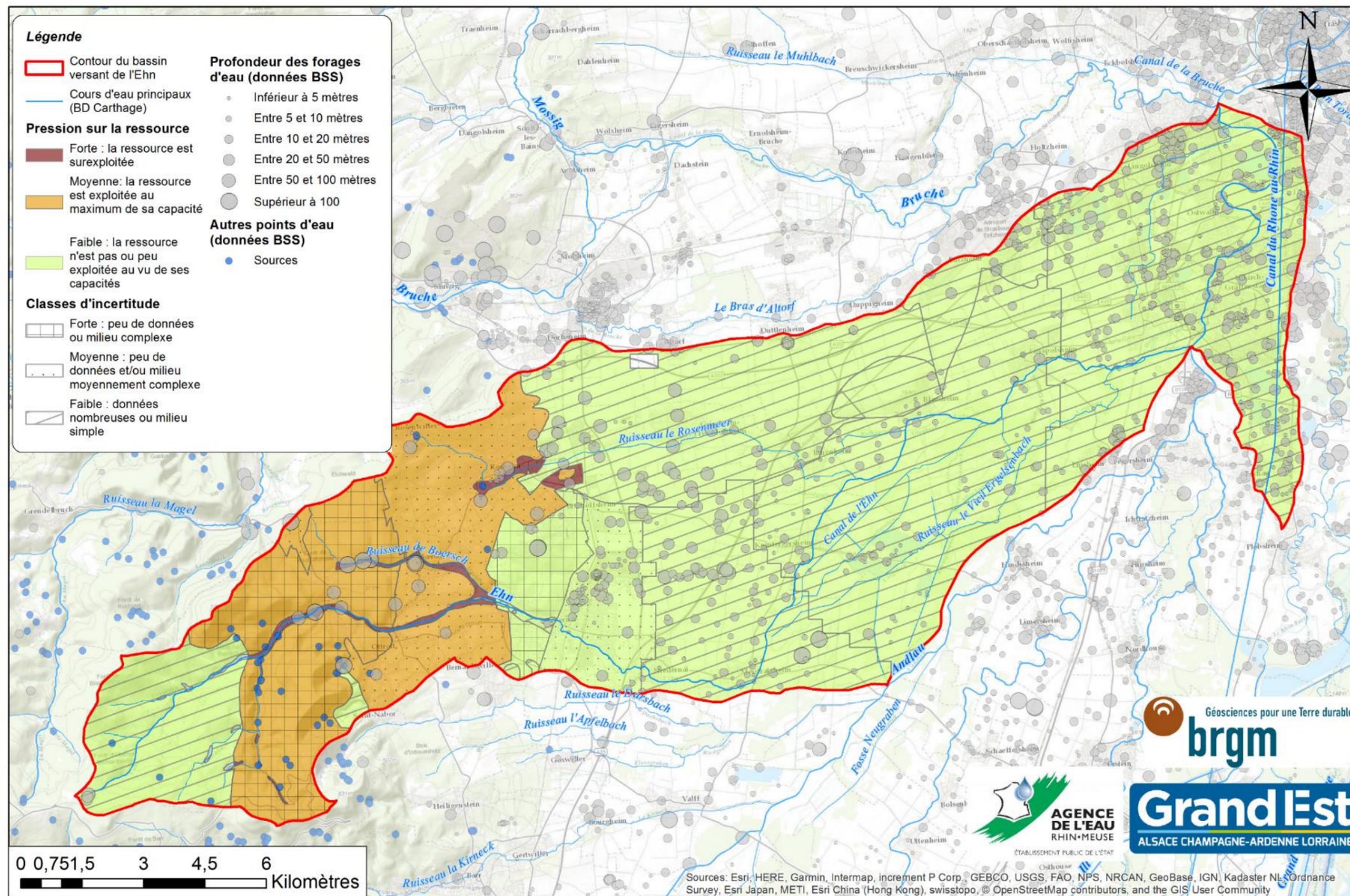


Illustration 37 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de l'Ehn.

## **6.6. BASSIN VERSANT DU GIESSEN**

### **6.6.1. Situation géographique du bassin versant**

Le bassin versant du Giessen et de la Lièpvrette se situe à cheval sur le Haut Rhin et le Bas Rhin. Sa topographie est marquée par un fort changement de relief : les points culminant se situent entre une altitude de 900 mètres (le Climont, 961 m et l'Ungersberg, 901 mètres) et 1 228 mètres (le Brézouard), tandis que la partie en plaine se situe à une altitude d'environ 160 mètres (Conseil Général du Bas-Rhin, 2011d). Ce contraste se retrouve dans les fortes variations climatiques et influence l'occupation du sol entre les parties amonts et aval du bassin versant.

### **6.6.2. Hydrographie**

Le Giessen présente un régime pluvial, à hautes - eaux l'hiver et basse - eaux l'été. À Thanvillé, il présente un module de 1,4 m<sup>3</sup>/s, soit moins que son principal affluent la Lièpvrette (environ 2 m<sup>3</sup>/s en moyenne à la station La Vancelle – Hurst). Après la confluence, au niveau de la station de Sélestat, le Giessen présente un débit moyen interannuel de 3,3 m<sup>3</sup>/s (données calculées sur 15 ans, Banque Hydro).

Deux dérivations peuvent avoir des conséquences sur le débit du Giessen et de la Lièpvrette (SAGE Giessen-Lièpvrette, 2007) :

- la prise d'eau du Muehlbach sur la Lièpvrette, restituée plus tard au Giessen, à Châtenois ;
- le canal de l'Aubach, dérivation du Giessen alimentant le bassin de l'III.

### **6.6.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales**

Les formations géologiques présentant des propriétés aquifères sur la zone d'étude sont :

- les alluvions du Giessen et de la Lièpvrette avec des propriétés différentes entre les parties amont et aval de la Vancelle et de Châtenois (cône de déjection), notées 3 et 4 dans la cartographie simplifiée (cf. Illustration 38) ;
- Les buttes de grès du Permien, alimentant des sources pouvant aller jusqu'à un débit de 5 à 25 m<sup>3</sup>/h (entité numéro 2 de l'illustration 38) ;
- les formations du socle, gneiss et granites, notées 1 dans la cartographie simplifiée (cf. Illustration 38).

En bordure du bassin versant, d'autres formations aquifères peuvent présenter des potentiels intéressants (Brugeron, 2017). C'est pourquoi la zone étudiée a été étendue au sud-est, incluant alors les formations de l'Oligocène et du champ de fracture du secteur de Kintzheim.

À noter que la production d'eau du secteur La Vancelle-Hurst, en amont de la zone de bordure, est assurée par 4 sources avec une capacité de production autour des 150 m<sup>3</sup>/j.

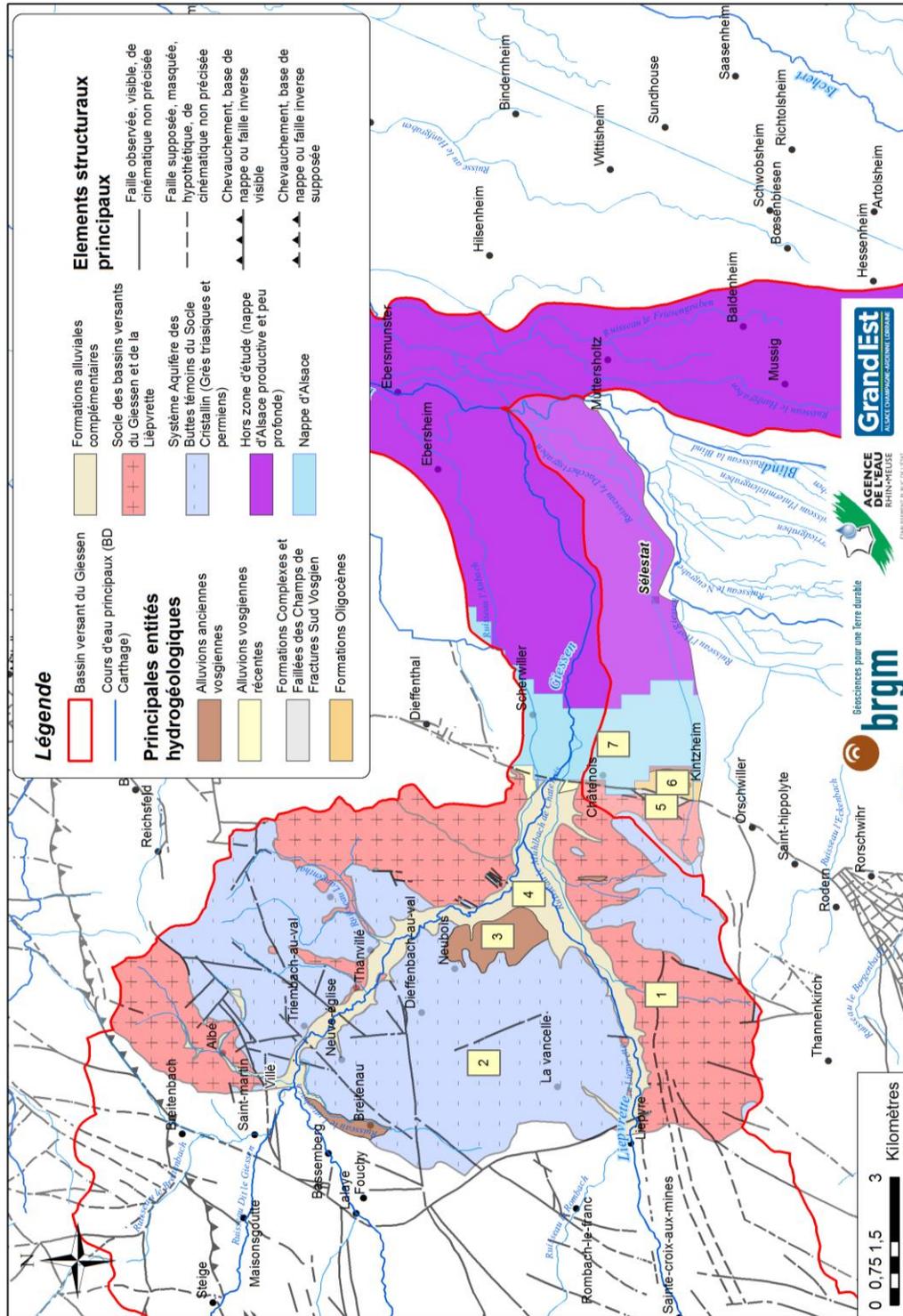


Illustration 38 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant du Giessen.

#### 6.6.4. Analyse de la recharge

En moyenne relativement pluvieux (960 mm en cumul moyen annuel), le bassin versant du Giessen est marqué par une forte variation des précipitations entre les zones de crêtes (1 100 mm de cumul annuel à Sainte-Marie-aux-Mines) et la plaine (600 mm à Sélestat). La répartition des pluies efficaces suit ce gradient altimétriques et montre des variations comprises en 117 mm/an pour la plaine et 860 mm/an pour les sommets (cf. Illustration 39).

L'IDPR indique une majorité de zones de ruissellement sur le bassin versant. L'infiltration étant généralement limité aux fonds de vallées (cf. Illustration 40).

Les chroniques piézométriques du forage de Giessenwald (03077X0238/209F) montrent une baisse générale sur l'ensemble du bassin versant depuis les 20 dernières années (- 0,6 cm en moyenne de 1976 à 2017). Cette baisse du niveau général du bassin versant apparaît également sur les hydrogrammes du Giessen à Sélestat et semble indiquer une surexploitation globale. En l'état actuelle des connaissances, il n'est l'origine de ce phénomène reste inconnue.

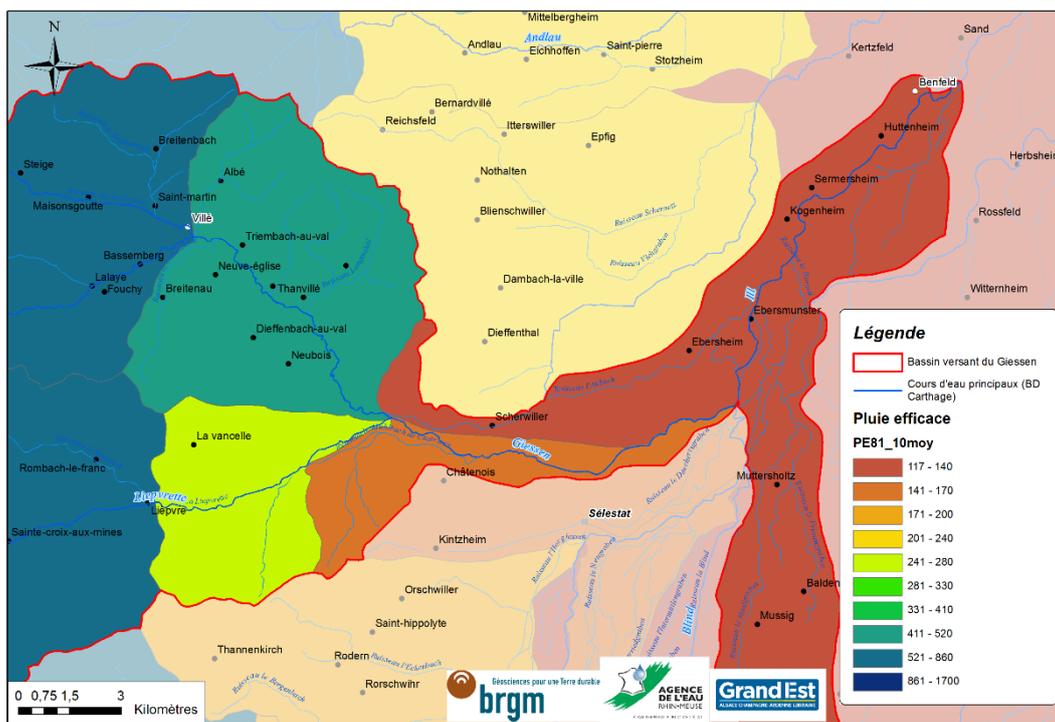


Illustration 39 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant du Giessen.

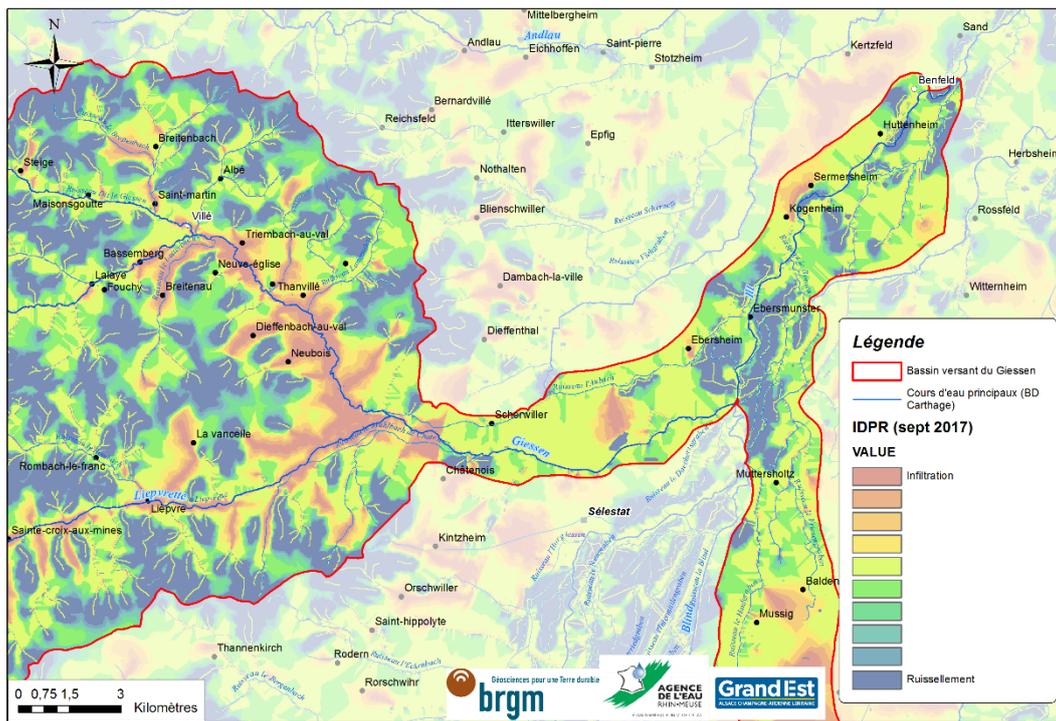


Illustration 40 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant du Giessen.

### 6.6.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques

#### Les Vosges cristallines (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée)

Les ressources disponibles sont principalement constituées par l'émergences des petites nappes locales. Le captage des sources donne de faible débit dans ces formations primaires et cristallines (BRGM, [s d]). Le potentiel des aquifères fracturés, plus profonds, est généralement mal connu. Les possibilités de stockage et de réserve pourraient être plus conséquentes et constituer un paramètre de résistance à un déficit annuel.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 41)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 42)   | Pression sur la ressource (Illustration 43)  |
|------------------|---|--|--|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne  | Moyenne<br>Captage essentiellement par les sources, faible prélèvements  |
| Incertitude      | Forte :<br>Pas de données de suivi,<br>méconnaissance des circulations dans le réservoir. | Très forte :<br>la recharge est principalement assurée par les précipitation efficaces, les circulations dans l'horizon fracturé et le renouvellement de la ressource sont mal connus. | Forte :<br>à l'étiage le tarissement des sources peut provoquer des situations de tension, l'absence de données de suivi empêche d'établir de réelles tendances. |

**Les Grès triasiques et permien (entité numéro 2 de la cartographie simplifiée)**

Les Grès du Trias et du Permien affleurent dans le bassin versant du Giessen sous la forme de butte témoin dans le socle, vestiges de l'ancienne couverture triasique.

Ces zones de butte disposeraient *a priori*, d'une faible capacité de stockage ou d'emmagasinement (Giuglaris *et al.*, 2017). Par conséquent, en l'absence de recharge liés à des aquifères sous-jacents, ces aquifères sont dépendant des aspects climatiques (neige et pluviométrie efficace). Ils sont donc potentiellement peu résistants à un déficit hydrique annuel. L'inertie de l'aquifère (épaisseur pouvant atteindre 200 m) permet d'augmenter cette résistance.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 41)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 42)  | Pression sur la ressource (Illustration 43)  |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | 25-50 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne :<br>Les vestiges de Grès permien présents ont ici une extension limitée.   | Moyenne :<br>Le captage de cet aquifère est réalisé via les nombreuses émergences présentes.   |
| Incertitude      | Moyenne<br>L'épaisseur des buttes témoins de grès va influencer le débit potentiel de manière locale.<br>De plus peu de paramètres hydrodynamiques sont disponibles pour cette formation. | Moyenne :<br>L'inertie et l'épaisseur de l'aquifère peuvent suffire à définir la résistance à la sécheresse de cette formation. | Forte :<br>La ressource est captée par plusieurs sources, n'entraînant pas de surexploitation. Toutefois la baisse globale piézométrique à l'aval du bassin versant indique une surexploitation globale, sans pouvoir localiser ce phénomène plus précisément. |

**Les formations complexes et failles des champs de fracture (entité numéro 5 de la cartographie simplifiée)**

Le champ de fracture présent au droit du bassin versant du Giessen se situe dans la zone de Kintzheim, qui a notamment fait l'objet d'une synthèse des connaissances hydrogéologiques dans le cadre de la BRAR (Brugeron, 2017).

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 41)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 42)   | Pression sur la ressource (Illustration 43)   |
|------------------|---|--|---|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne  | Moyenne   |
| Incertitude      | Forte :<br>Les débits peuvent varier localement selon l'aquifère capté. Le niveau de connaissance actuelle ne permet pas de définir de meilleurs potentiels (absence de données de forages, de paramètres hydrodynamiques, etc.). | Moyenne :<br>Peu, voire pas, de données de suivi. Ce paramètre varie également en fonction des différentes formations hydrogéologiques présentes | Moyenne :<br>Absences de données de suivi. Méconnaissance des phénomènes de recharge. |

### **Les formations de l'Oligocène (entité numéro 6 de la cartographie simplifiée)**

Les formations oligocènes (marnes) sont ici surmontées par quelques formations d'épandage de piémont (glacis) du Riss (Pléistocène moyen ancien). Le potentiel aquifère de cette formation est lié à la présence locale d'intercalaires sableux.

La recherche de ces aquifères locaux, à extensions limitée, ne peut se faire sans acquisition de données complémentaires.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 41)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 42)                   | Pression sur la ressource (Illustration 43)   |
|------------------|---|--|---|
| Gamme de valeurs | 5-25 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne  | Moyenne   |
| Incertitude      | Moyenne :<br>Peu de données hydrogéologiques (nappes perchées dans les intercalaires sableux ?, contexte plus profond ?). | Forte :<br>Pas de données de suivi. Hétérogénéité potentielle. | Moyenne :<br>Absences de données de suivi. Méconnaissance des phénomènes de recharge. |

### **Les alluvions rhénane (entité numéro 7 de la cartographie simplifiée)**

Cette partie des alluvions vosgiennes, située dans le secteur de la nappe rhénane, a été conservée dans l'analyse compte-tenu de l'accessibilité à la ressource :

- niveau statique moyen entre 10 et 15 m ;
- probabilité de forage supérieur à 20 m pour obtenir un débit suffisant élevé.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 41)                                     | Résistance à la sécheresse (Illustration 42)  | Pression sur la ressource (Illustration 43)  |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | Variable :<br>de 50 à 100 m <sup>3</sup> /h                                 | Faible à moyenne :<br>La résistance de cet aquifère est directement liée à la recharge.                   | Moyenne  |
| Incertitude      | Moyenne :<br>Le débit est assuré, l'incertitude concerne la valeur maximale | Moyenne :<br>Les connaissances actuelles des phénomènes de recharge complexes des eaux sont insuffisantes | Moyenne :<br>La baisse globale piézométrique à l'aval du bassin versant indique une surexploitation globale, sans pouvoir localiser ce phénomène plus précisément. |

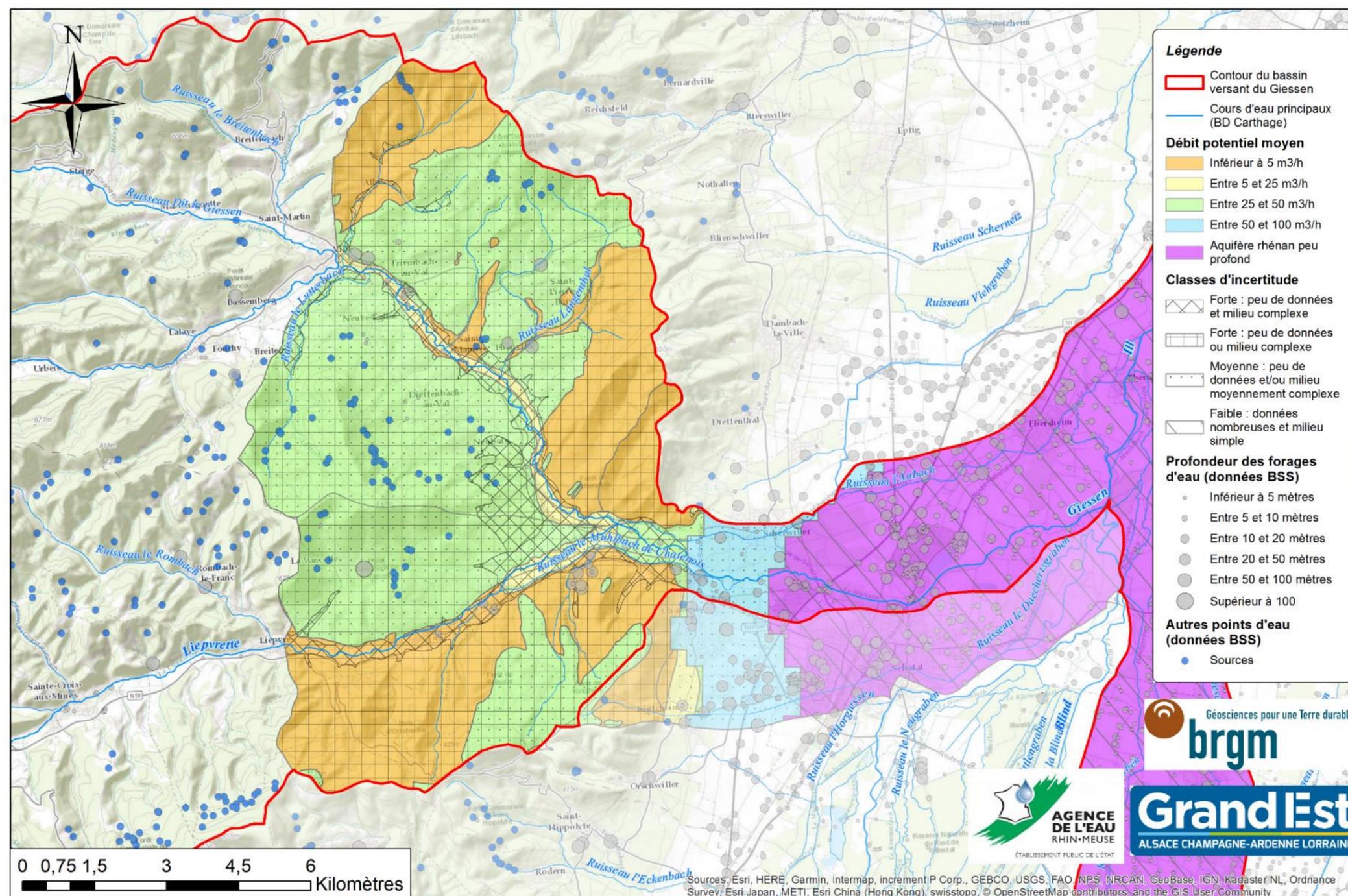


Illustration 41 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant du Giessen.

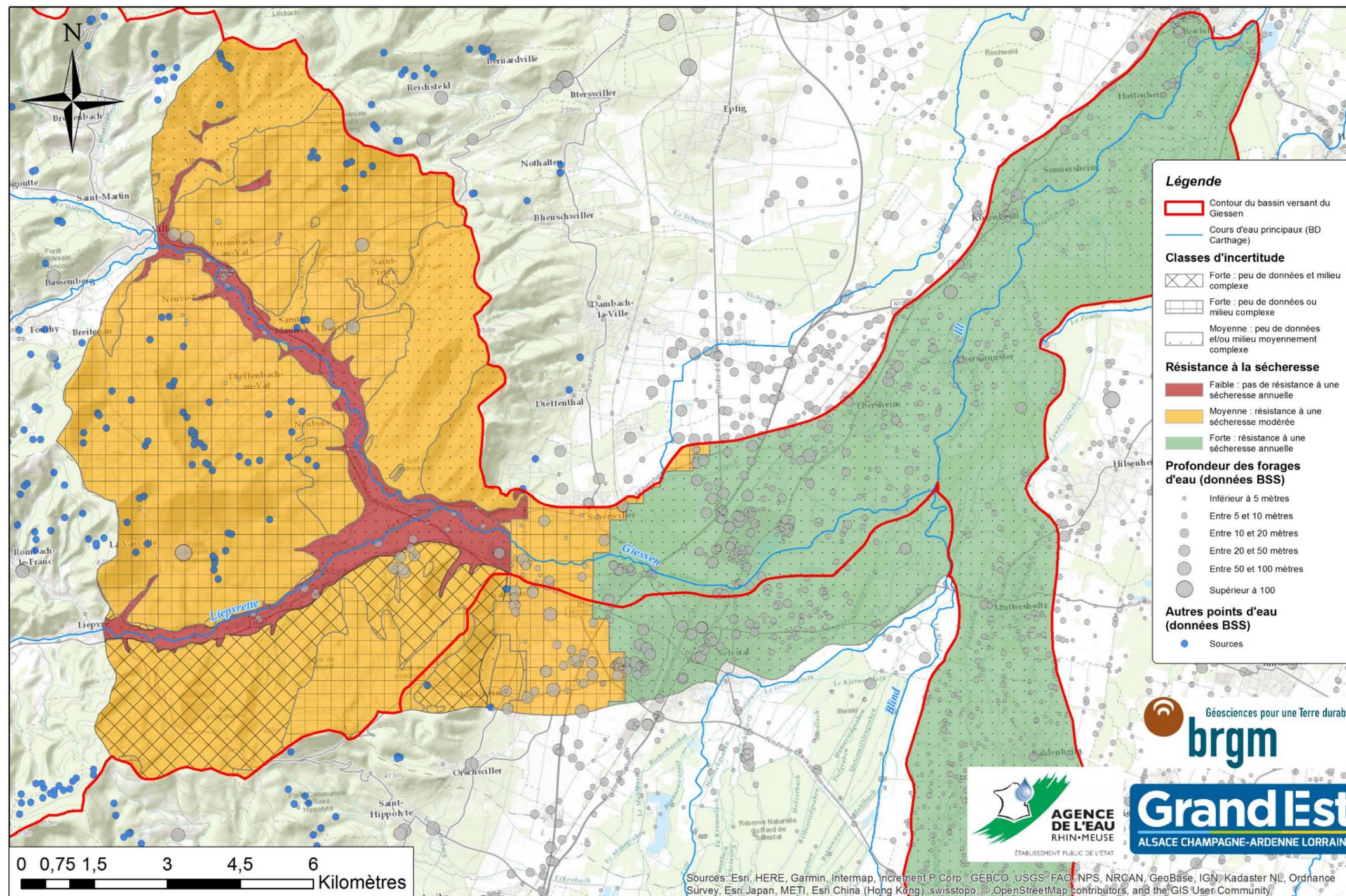


Illustration 42 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant du Giessen.

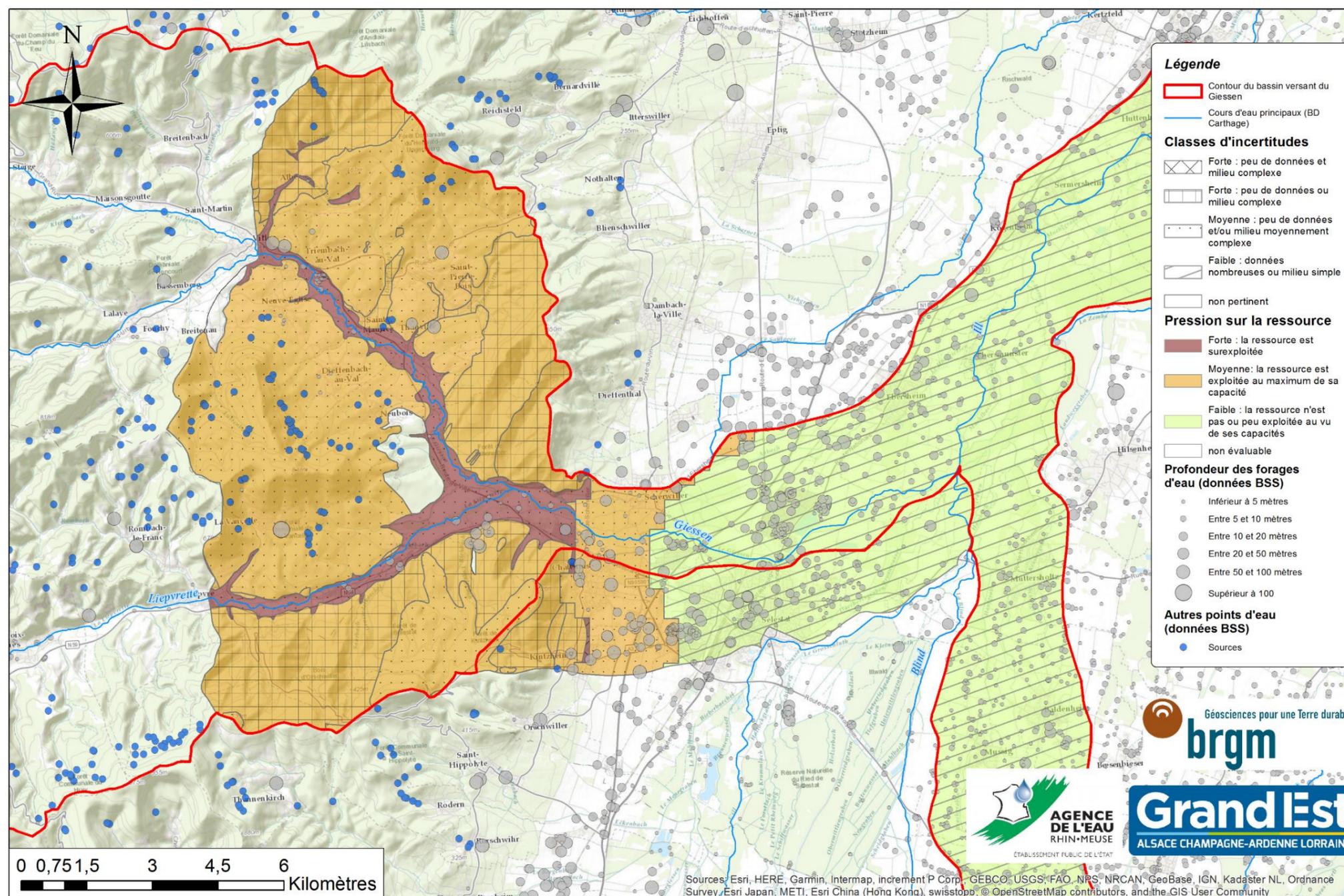


Illustration 43 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant du Giessen.

## **6.7. BASSIN VERSANT DE LA MODER**

### **6.7.1. Situation géographique du bassin versant**

La Moder prend sa source au lieu-dit « Moderfeld » à Zittersheim à 300 mètres d'altitude. Après un parcours d'environ 90 km, elle conflue avec le Rhin à Neuhaeusel. Ses principaux affluents sont : la Zorn en amont de Drusenheim (en rive droite) et le Rothbach à Pfaffenhoffen, la Zinsel du Nord à l'aval de Schweighouse-sur-Moder (en rive gauche).

Le bassin versant présente une topographie relativement plane, avec une ligne de crête à 400-500 m. La nappe phréatique d'Alsace est présente à l'aval du bassin versant sur une très petite partie, à faible profondeur (2 à 5 mètres).

### **6.7.2. Hydrographie**

Le débit de la Moder (au niveau de Schweighouse-sur-Moder) a une valeur moyenne (module) de 5,5 m<sup>3</sup>/s. En année sèche, ce débit moyen descend à 4,2 m<sup>3</sup>/s et peut aller en année humide à 6,8 m<sup>3</sup>/s. En période hivernale, le débit moyen est de 8,2 m<sup>3</sup>/s et peut descendre à près de 3,2 m<sup>3</sup>/s en fin d'été. La pluviométrie moyenne est de 950 mm/an dans les Vosges, cette dernière est un peu plus faible dans la plaine Rhénane avec 840 mm/an en moyenne.

### **6.7.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales**

Le bassin versant de la Moder peut se découper en quatre unités hydrogéologiques principales (d'ouest en est) :

- les Vosges gréseuses (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée - Illustration 44) ;
- les formations complexes et faillées du champ de fracture de Saverne (entité numéro 2 de l' Illustration 44) : collines sous-vosgiennes où affleurent des terrains d'âge triasique, jurassique, éocène et oligocène inférieur. Ces affleurements sont découpés par un réseau de failles relativement dense ;
- les formations oligocènes (entité numéro 3 de l' Illustration 44) ;
- les alluvions vosgiennes et rhénanes (entité numéro 4 à 7 de l' Illustration 44) : les alluvions de la vallée de la Zorn sont constituées de deux aquifères principaux, la nappe des alluvions quaternaire et la formation plio-quaternaire (surmontée par les alluvions quaternaires ou sous recouvrement loessique). Un niveau argileux discontinu s'intercale entre ces formations. Toutefois, la séparation est parfois difficile à interpréter sur les coupes géologiques de forages, du fait de plusieurs niveaux argileux présents.

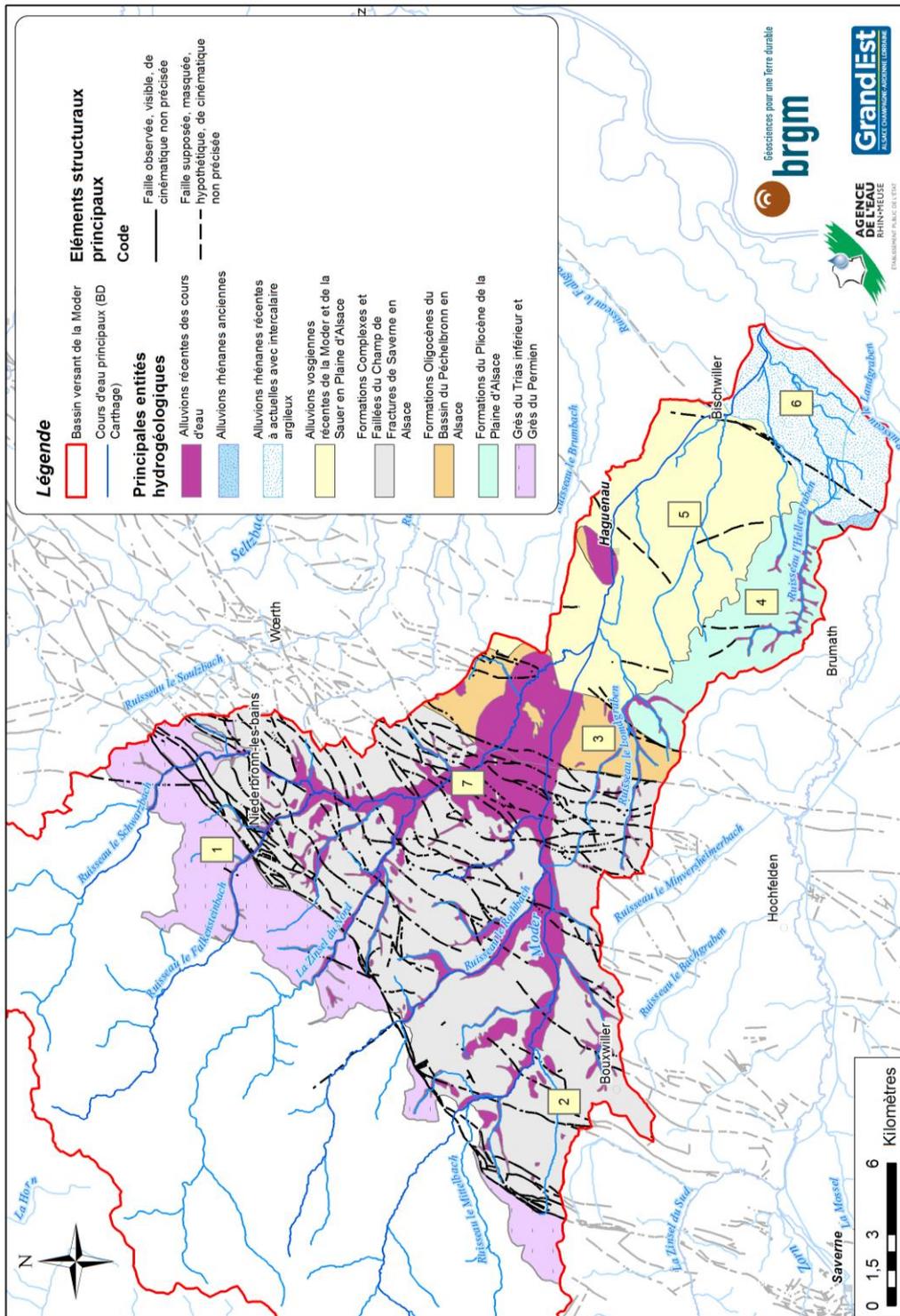


Illustration 44 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Moder.

#### 6.7.4. Analyse de la recharge

Les pluies efficaces varient de 117 mm à 280 mm/an sur le bassin versant de la Moder (moyenne sur la période 1981-2010), comme le montre l'illustration 45.

Les zones où l'infiltration des pluies efficaces est la plus forte sont situées en amont du bassin versant (Dambach, Wimmenau, etc.) et vers le secteur de Haguenau (cf. illustration 46). La zone médiane (qui correspond au champ de fracture) est plus propice au ruissellement et présente également les cumuls les plus faibles de la zone (117-140 mm/an).

La recharge des alluvions quaternaires peut également se faire par des échanges verticaux avec l'aquifère plio-quaternaire, lorsque la séparation argileuse entre ces deux niveaux est moins marquée. Les dépôts plio-quaternaire, légèrement en charge, peuvent alors réalimenter les alluvions quaternaires (Urban *et al.*, 2013).

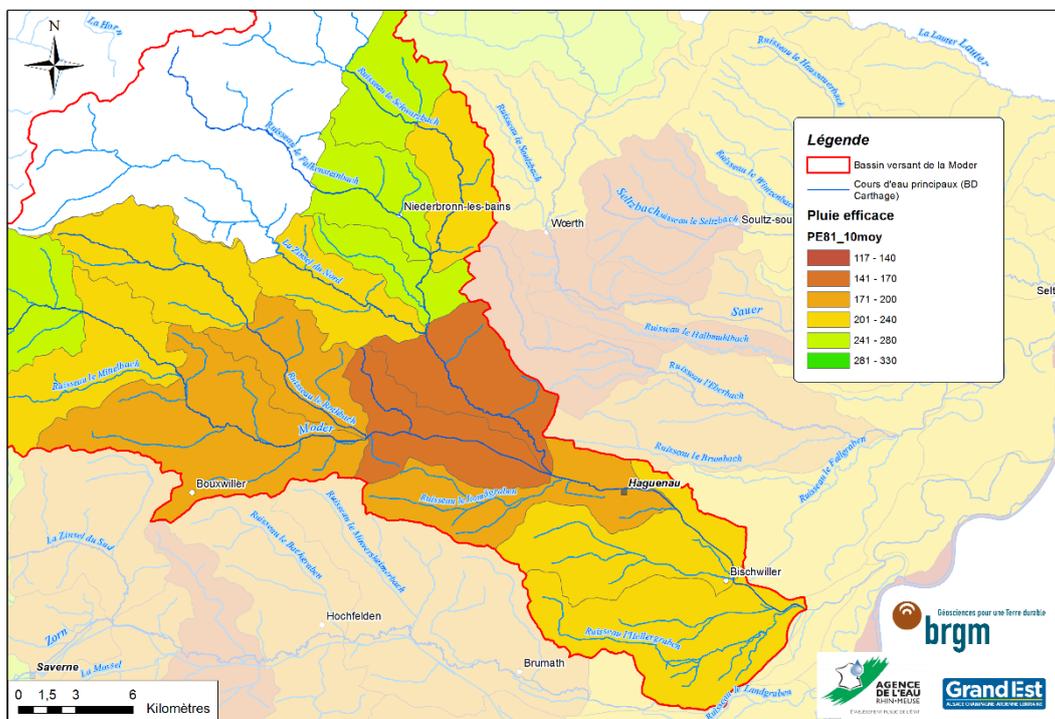


Illustration 45 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Moder.

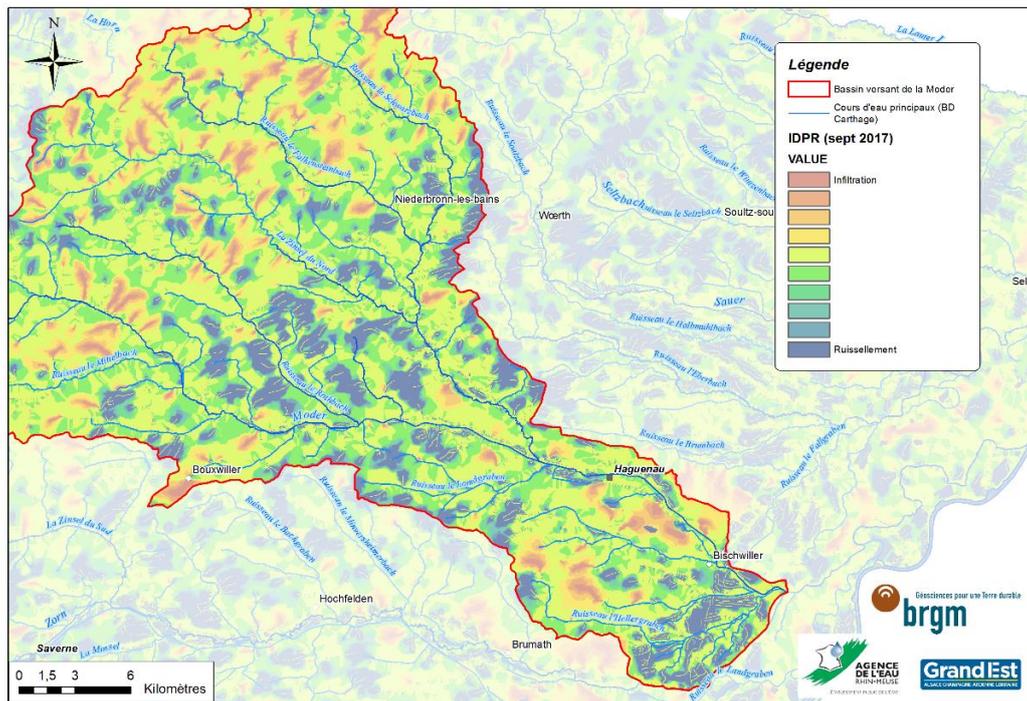


Illustration 46 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Moder.

### 6.7.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques

#### Les grès vosgiens (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée)

Plusieurs niveaux aquifères peuvent se superposer. Les forages profonds montrent des alternances entre les grès et des couches d'argile (réf. : BSS000MHWB, anciennement 01685X0075/F1).

Les débits obtenus par ces forages sont très variables, allant de 3,6 m<sup>3</sup>/h (01685X0075/F1) à plus de 30 m<sup>3</sup>/h (01685X0076/F2).

Certains forages profonds montrent des potentiels plus forts (>100 m<sup>3</sup>/h). Néanmoins ils sont associés à de forts rabattements (de 8 à 60m selon les endroits) susceptibles d'avoir un impact non négligeable sur la ressource.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 47) | Résistance à la sécheresse (Illustration 48)  | Pression sur la ressource (Illustration 49)   |
|------------------|---|---|---|
| Gamme de valeurs | 25-50 m <sup>3</sup> /h                 | L'aquifère de surface est libre donc sa résistance est faible, directement alimenté par les Pluie efficaces. Par ailleurs, d'après l'IDPR, zone où ruissellement > infiltration. En revanche les nappes sous-jacentes peuvent présenter une meilleure résistance. | Faible à moyenne : Prélèvement et taux de prélèvement sur la recharge assez faible sur la zone. L'exploitation se fait majoritairement via les sources présentes. |

|             |  |  |   |
|-------------|--|--|---|
| Incertitude | Moyenne :<br>Malgré la présence de nombreux forages profond et de débits réglementaire AEP, peu de données hydrodynamiques sont disponibles. | Faible :<br>Les données présentes et l'extension de l'aquifère suffisent à définir une bonne résistance à la sécheresse. | Moyenne :<br>Les données de suivi disponibles ne montrent pas de pression. Celles-ci sont peu nombreuses en revanche. |
|-------------|--|--|---|

**Les formations complexes et faillées du champ de fracture de Saverne (entité numéro 2 de la cartographie simplifiée)**

Différentes formations sont présentes dans ce secteur. Des grès, sous couverture argileuse ou lœssique (aquifère captif), des alternances marno-calcaires du bajocien ou encore des marnes du toarcien (à proximité de Mietesheim (01981X0040/1918)).

Le potentiel est alors très varié et comporte une forte incertitude. Des études complémentaires sont nécessaires avant l'implantation de forage dans cette zone, au vue du niveau de connaissances actuel.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 47)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 48)   | Pression sur la ressource (Illustration 49)  |
|------------------|--|--|--|
| Gamme de valeurs | 5-25 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne  | Moyenne :<br>Prélèvements les plus importants hors nappe rhénane du bassin versant dans ce secteur   |
| Incertitude      | Forte<br>Absence de données de suivi : piézométrique et hydrographique (rivières et sources)<br>La résistance à la sécheresse sera liée à la typologie de chaque aquifère local. | Forte<br>Absences de données de suivi. Méconnaissance des phénomènes de recharge.<br>Fortes hétérogénéité des situations potentielles. | Forte<br>Absence de données de suivi : piézométrique et hydrographique (rivières et sources)<br>La résistance à la sécheresse sera liée à la typologie de chaque aquifère local. |

**Les formations de l'Oligocène (entité numéro 3 de la cartographie simplifiée)**

Cette formation est constituée principalement de marnes sous couverture lœssique (épaisse d'environ 7-10 m).

Localement la présence de faciès conglomératique de l'Oligocène inférieur a été reconnue. Toutefois, l'état actuelle des connaissances de cet aquifère sur ce secteur ne permet pas d'en localiser plus précisément les zones d'affleurement.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 47)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 48)                            | Pression sur la ressource (Illustration 49)   |
|------------------|---|---|---|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne   | Faible ? battement relativement faible (2 cm)   |
| Incertitude      | Moyenne :<br>Peu de données hydrodynamiques de cette aquifère, caractérisation par analogie. Le potentiel local peut être plus important selon la présence du faciès conglomératique. | Faible : moyenne<br>Pas de données de suivi. Hétérogénéité potentielle. | Moyenne :<br>Absences de données de suivi. Méconnaissance des phénomènes de recharge. |

#### **La nappe du Pliocène (entité numéro 4 de la cartographie simplifiée)**

Sous couverture lœssique pouvant atteindre 30 m (02343X0141/RECO), la nappe du Pliocène de Haguenau, extension de la nappe rhénane, est constituée de graviers et sables fins ainsi que quelques lentilles d'argiles (APRONA, 2013). L'épaisseur de cet aquifère est importante (entre 90 et 110 m, voire plus).

La nappe présente un aspect libre à semi-captif voire captif localement, notamment au nord du secteur. Elle est sub-affleurante au centre du secteur dans la zone de la forêt de Haguenau. Elle est semi-captive à l'est du secteur entre Soufflenheim et Seltz et dans l'aquifère intermédiaire du nord, captive dans l'aquifère profond du fossé de bordure du nord du secteur. La couverture de limons lœssiques au sud de Haguenau peut aussi potentiellement retenir une nappe superficielle (Babot Y., Krebs G., 1982).

Les débits sont potentiellement très élevés (débit critiques relevés à 200 m<sup>3</sup>/h). Les paramètres hydrodynamiques sont légèrement moins « bons » que dans les alluvions rhénanes (transmissivité entre 2 et 4.10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s).

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 47) | Résistance à la sécheresse (Illustration 48)  | Pression sur la ressource (Illustration 49)  |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | 50-100 m <sup>3</sup> /h                | Moyenne :<br>Recharge faible dans le secteur mais zone d'infiltration. Faible battement de nappe et atténué par la couverture ? | Moyenne : battement variable selon épaisseur (2cm à 50 cm) mais tendance à la baisse, nappe potentiellement insuffisamment rechargée par les pluies efficaces et les apports latéraux. |
| Incertitude      | Moyenne                                 | Forte   | Moyenne : La pression actuelle paraît faible, toutefois les données de suivis sont assez hétérogènes sur ce secteur.   |

### **Les alluvions (entité numéro 5 et 6 de la cartographie simplifiée)**

#### Rhénane

Les paramètres hydrodynamiques de ces alluvions sont bons et les débits potentiels > à 100 m<sup>3</sup>/h.

L'aquifère est localement situé sous une faible couverture argileuse (tourbe épaisse de 1 à 1,5 m), améliorant la résistance à la sécheresse de l'aquifère.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 47)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 48)   | Pression sur la ressource (Illustration 49)   |
|------------------|--|--|---|
| Gamme de valeurs | > 100 m <sup>3</sup> /h  | Bonne  | Moyenne :<br>Peu de prélèvement au regard des capacités potentielles locales de la nappe d'Alsace |
| Incertitude      | Faible :<br>Au regard des connaissances locales de l'aquifère, le débit semble assuré. | Faible :<br>L'épaisseur, l'inertie et le recouvrement de la nappe d'Alsace sont des paramètres suffisants pour caractériser la résistance à la sécheresse. | Faible  |

#### Vosgiennes

Les alluvions sableuses à limono-argileuse de la Moder sont peu épaisses (légèrement > 10 m).

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 47)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 48)   | Pression sur la ressource (Illustration 49)                                     |
|------------------|--|--|---|
| Gamme de valeurs | 50-100 m <sup>3</sup> /h   | Faible :<br>L'épaisseur des alluvions des cours d'eau ne permet pas de résistance à la sécheresse. | Moyenne :<br>Peu de prélèvements sont effectués dans les alluvions de la Moder. |
| Incertitude      | Moyenne :<br>Le débit peut varier localement avec la présence d'argile dans les alluvions. | Moyenne  | Moyenne :<br>La pression va dépendre de l'extension locale des alluvions        |

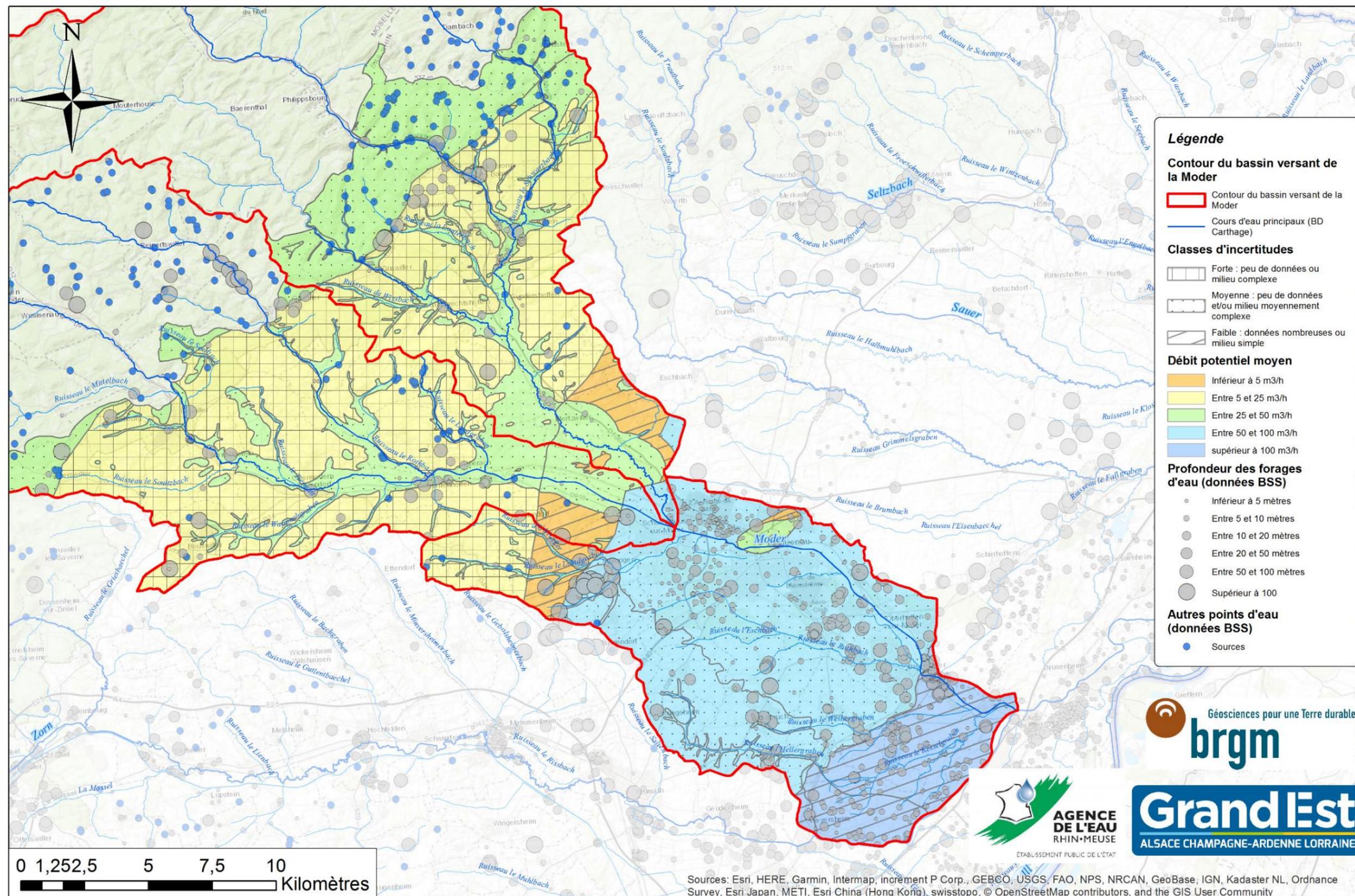


Illustration 47 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Moder.

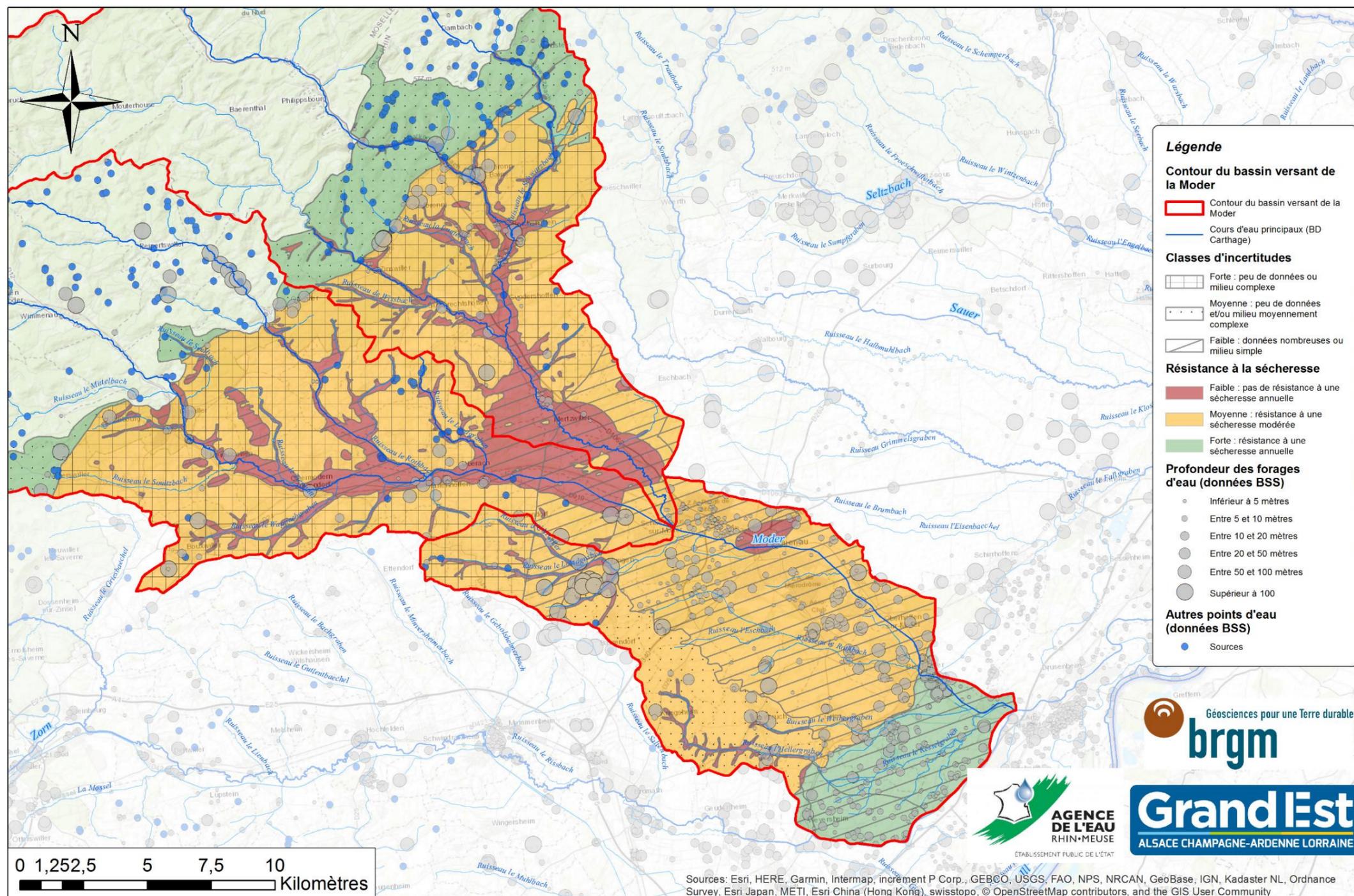


Illustration 48 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de la Moder.

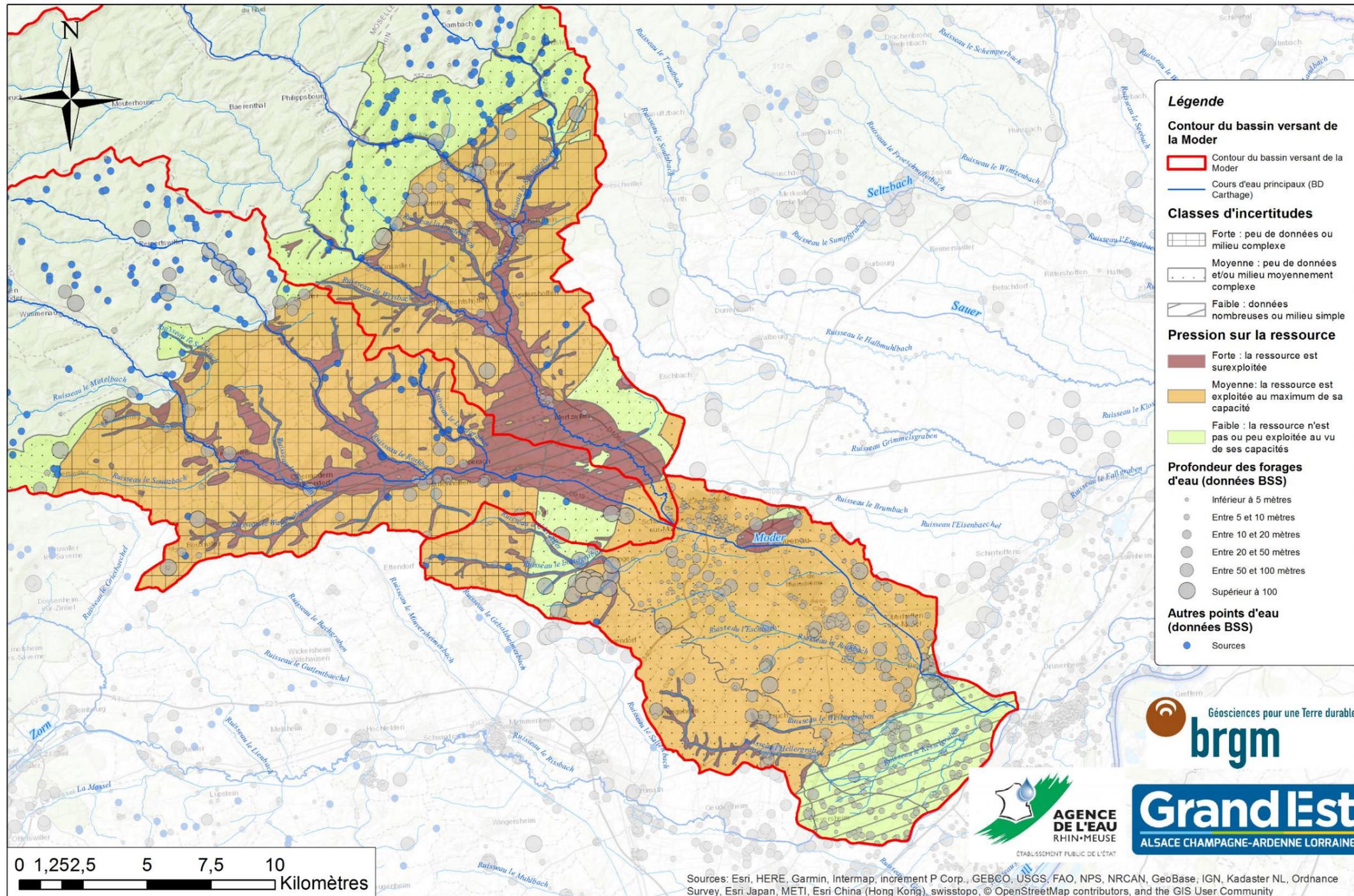


Illustration 49 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de la Moder.

## **6.8. BASSIN VERSANT DU SELTZBACH**

### **6.8.1. Situation géographique du bassin versant**

Au nord du Bas-Rhin, le bassin versant du Seltzbach s'étend sur 220 km<sup>2</sup>. Le cours d'eau prend sa source à Mitschdorf et conflue avec la Sauer à l'aval de Seltz après un parcours de 37 km. Le point culminant du bassin est le Luchsenkopft avec 526 m (Conseil Général du Bas-Rhin, 2011e).

### **6.8.2. Hydrographie**

Le Seltzbach présente un régime pluvial, avec un module de 1,640 m<sup>3</sup>/s. L'écart entre les débits d'étiages (0,3 m<sup>3</sup>/s) et les débits de crues (102 m<sup>3</sup>/s) est assez marqué.

Plusieurs affluents contribuent au débit du Seltzbach, les principaux sont les suivants :

- l'Hausauerbach ;
- le Seebach ;
- le Warsbach ;
- le Froeschwillerbach ;
- l'Eberbach.

### **6.8.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales**

On distingue trois unités hydrogéologiques principales sur le bassin versant du Seltzbach :

- les grès du Trias (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée - Illustration 50) présents sur une faible surface en amont du bassin versant ;
- les formations oligocènes (entité numéro 2 de la cartographie simplifiée - Illustration 50) ;
- l'aquifère rhénan, qui regroupe à la fois les dépôts du Pliocène (entité numéro 3 de la cartographie simplifiée - Illustration 50) et les alluvions quaternaires ((entité numéro 4 de la cartographie simplifiée - Illustration 50).

En raison de conflits d'usages fréquent sur ce bassin versant, les alluvions accompagnant les cours d'eau ne sont pas considérées comme des ressources potentielles et un niveau de pression forte a été attribué dans les cartographies de synthèse.

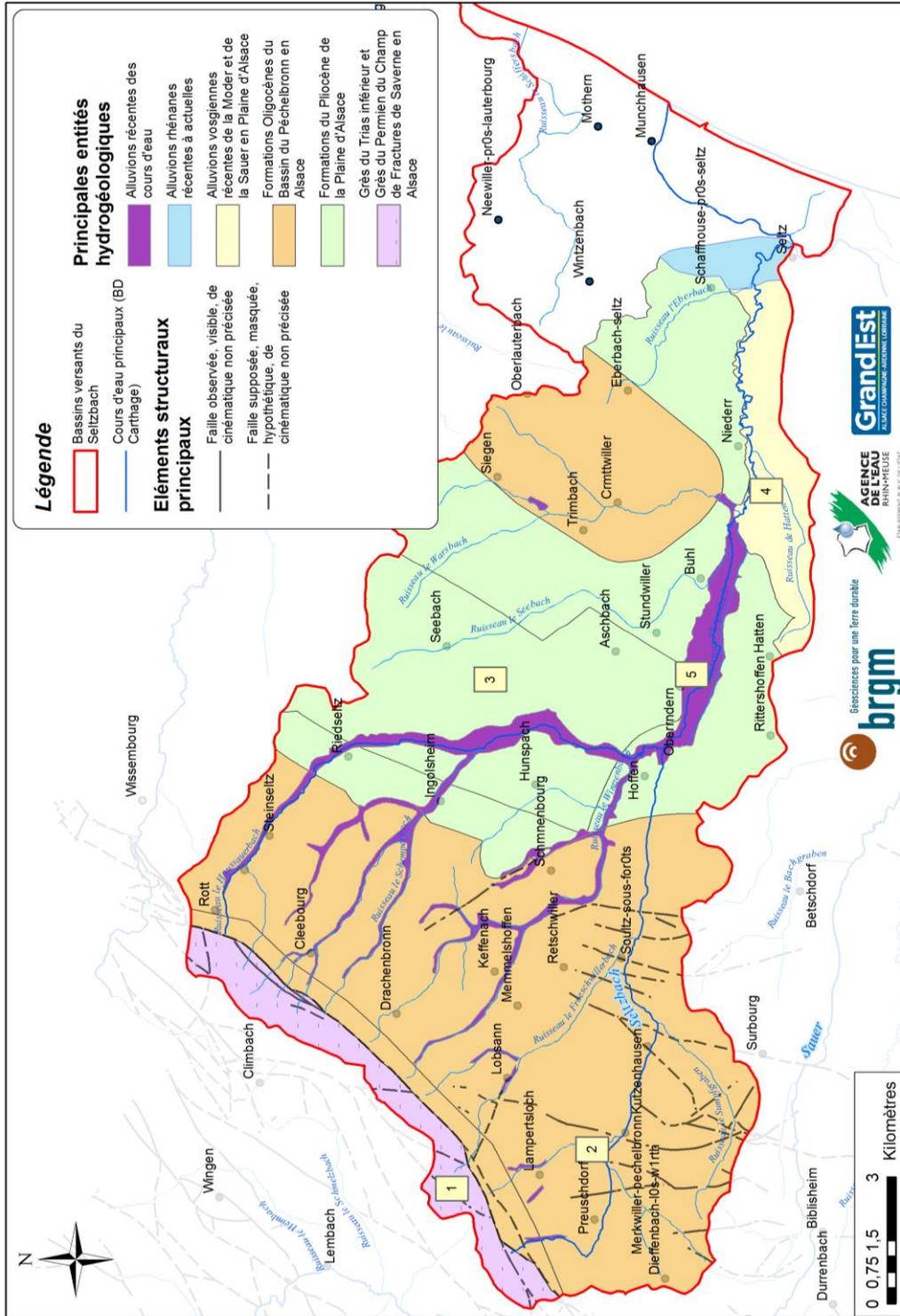


Illustration 50 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant du Seltzbach.

#### 6.8.4. Analyse de la recharge

La pluviométrie est assez homogène sur l'ensemble du bassin versant, avec un cumul annuel moyen de 800 mm (cf. Illustration 51).

L'analyse de la recharge par l'IDPR (cf. Illustration 52) montre que :

- l'amont du bassin est essentiellement concerné par le ruissellement ;
- les zones d'infiltration maximum sont situées à proximité des cours d'eau.

La recharge de la nappe du Pliocène par les précipitations est limitée, voire nulle. L'hypothèse émise dans le cadre du projet INTERREG IV A (2008-2011) décrit une recharge en profondeur via les grès vosgiens en amont du bassin versant.

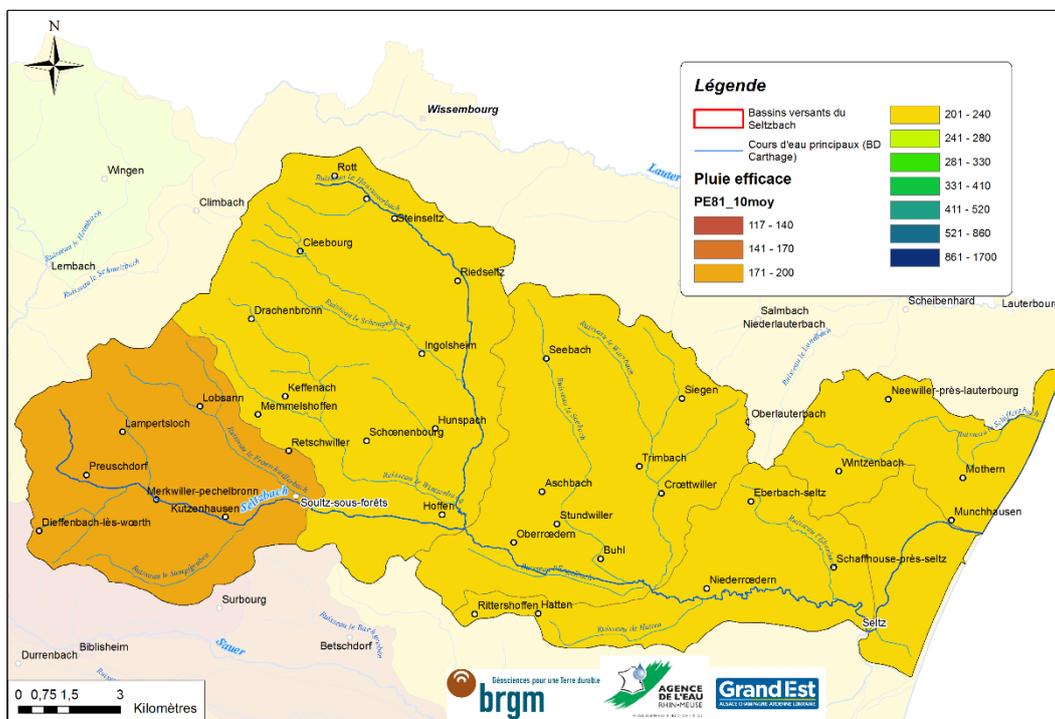


Illustration 51 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant du Seltzbach.

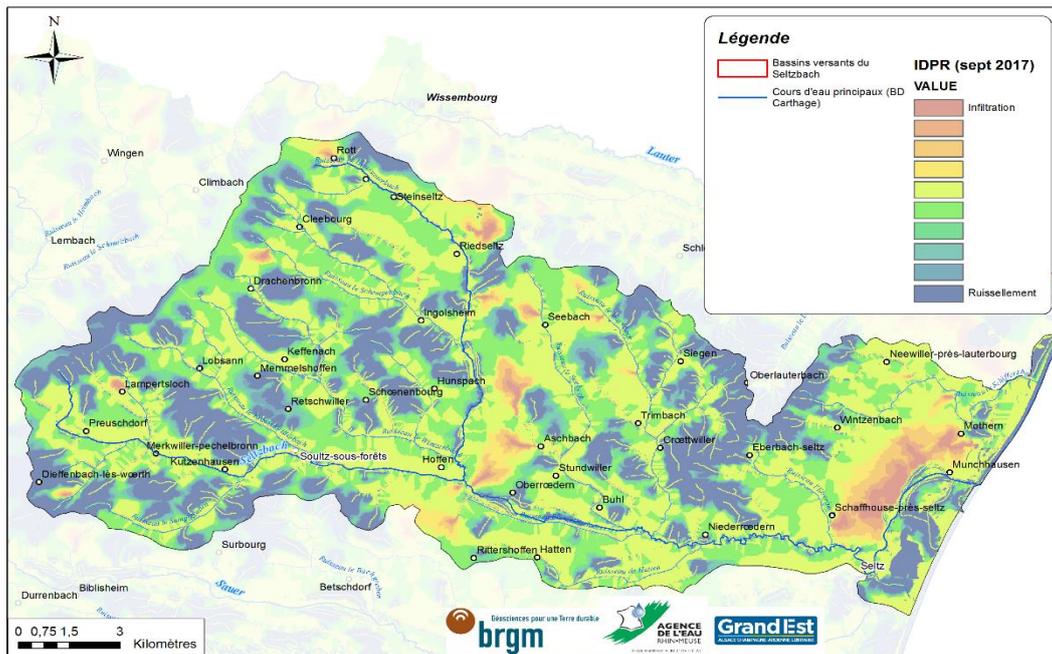


Illustration 52 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant du Seltzbach.

### 6.8.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques

#### Les Grès du Trias (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée)

En amont du bassin versant, les Grès du Trias affleurent et présentent une forte épaisseur (plus de 150 m). Les ouvrages existants fournissent des débits variant entre 5 et 25 m<sup>3</sup>/h pour des profondeurs de forages allant de 70 à 80 m.

L'incertitude quant à ces débits augmente vers la transition avec les formations de l'Oligocène. Les débits de certains ouvrages profonds en bordure de la faille sont relativement faible (< 10 m<sup>3</sup>/h) compte-tenu de la profondeur de forage (> 140 m).

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 53)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 54)  | Pression sur la ressource (Illustration 55)  |
|------------------|--|---|--|
| Gamme de valeurs | 5-25 m <sup>3</sup> /h   | Forte   | Moyenne : La ressource ne semble pas surexploitée bien que les prélèvements les plus importants du bassin soient situés dans ce secteur. |
| Incertaine       | Faible : Le contexte hydrogéologique et les données de forages présentes permettent de fournir un débit potentiel fiable. Une attention particulière devra être portée à proximité de la faille où les paramètres hydrodynamiques ne permettent pas d'atteindre les débits maximums. | Moyenne : l'inertie et l'épaisseur de l'aquifère peuvent suffire à évaluer la résistance à la sécheresse.<br><br>L'absence de données de suivi quantitatif ne permet toutefois pas de confirmer les hypothèses sur la résistance à la sécheresse de l'aquifère. | Moyenne : L'absence de données de suivi ne permet pas de qualifier mieux la pression subit par cette ressource.                          |

### **Les formations de l'Oligocène (entité numéro 2 de la cartographie simplifiée)**

Ces formations, constituées de marnes (série grise) de l'Oligocène, épaisses (supérieur à 200 m), présentent peu de potentiel aquifère.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 53)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 54)  | Pression sur la ressource (Illustration 55)  |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne   | Faible : peu ou pas de prélèvements  |
| Incertitude      | Faible : Les faibles perméabilité et transmissivité de cet aquifère ne permettent pas d'obtenir un débit suffisant. | Moyenne : les phénomènes de recharge sont mal connus ainsi que l'évolution pluriannuelle de la ressource. | Moyenne : localisation approximative des prélèvements et absence de données de suivi quantitatif . |

### **La nappe du Pliocène (entité numéro 3 de la cartographie simplifiée)**

Dans le cadre du projet INTERREG IV A (2008-2011), pour l'alimentation en eau potable de la ville de Wissembourg, cet aquifère a notamment fait l'objet de forages de reconnaissance, de mesures géophysiques et de modélisations (Schomburgk et Hamm, 2011). L'étude géologique réalisée dans le cadre de ce projet a permis de mieux comprendre la structure géométrique de cette formation. La nappe du Pliocène est composé de trois niveaux aquifères séparés par des intercalaires peu perméables.

Par conséquent, les débits potentiels dans cette formation sont assez hétérogènes. Deux zones peuvent être distinguées : une zone productive, avec des débits potentiels moyens de 25 à 50 m<sup>3</sup>/h, et une zone faiblement productive, avec des débits moyens inférieurs à 5 m<sup>3</sup>/h. La différenciation de ces zones s'appuie ici sur les analyses géophysiques réalisées dans le cadre du projet INTERREG IV A.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 53)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 54)   | Pression sur la ressource (Illustration 55)   |
|------------------|---|--|---|
| Gamme de valeurs | - zones productives : 25-50 m <sup>3</sup> /h<br>- Zones faiblement productives : < 5 m <sup>3</sup> /h | Moyenne : D'extension assez importante, cette aquifère est essentiellement libre dans ce secteur. La recharge est liée à la fois aux processus d'infiltration et de circulation profonde.  | Moyenne : Les prélèvements sont modérés dans cette partie du bassin versant.  |
| Incertitude      | Forte : certaines zones présentes de nombreux niveau argileux réduisant fortement le débit potentiel.   | Moyenne : La recharge par les précipitations est faible. Les apports par les Grès en amont du bassin versant semblent plus conséquents. Toutefois, la quantité de ces apports et le temps de recharge restent mal connus. De plus, il n'existe pas de suivi quantitatif de la ressource suffisant. | Faible : Compte-tenu des prélèvements en eaux souterraines réalisés dans ce secteur et de la capacité de la ressource (extension, potentiel, etc.), la ressource ne semble pas exploitée à son maximum. |

**Les alluvions rhénanes et vosgiennes (entité numéro 4 de la cartographie simplifiée)**

Alluvions rhénanes :

sous recouvrement lœssique, les alluvions rhénanes présentent une épaisseur réduite sur la zone d'étude (souvent inférieur à 20 m). Celle-ci augmente à l'est, en direction du Rhin, pour atteindre finalement 40 m. La perméabilité de l'aquifère est bonne ( $K = 10^{-3}$  m/s) et les rabattements occasionnés par l'exploitation sont faibles (1 à 3 m).

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 53) | Résistance à la sécheresse (Illustration 54)   | Pression sur la ressource (Illustration 55)   |
|------------------|---|--|---|
| Gamme de valeurs | 25-50 m <sup>3</sup> /h                 | Moyenne  | Faible  |
| Incertitude      | Moyenne :                               | Faible : La couverture lœssique de l'aquifère lui confère une meilleure résistance à la sécheresse. La faible épaisseur des alluvions sur la zone d'étude. | Faible : Les prélèvements existants ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource. |

Alluvions vosgiennes :

composées de sables et graviers vosgiens (datés du Riss au Würm), ces formations présentent des caractéristiques hydrodynamiques légèrement moins « bonnes » que celles des alluvions rhénanes. Ces alluvions peu épaisses reposent sur des sables et argiles du Pliocène.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 53)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 54)   | Pression sur la ressource (Illustration 55)   |
|------------------|---|--|---|
| Gamme de valeurs | 5-25 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne :  | Faible :<br>Peu de prélèvements et de forages sont présents dans cette zone.              |
| Incertitude      | Forte :<br>Peu de données permettent d'identifier précisément le potentiel de ces formations. | Faible :<br>L'épaisseur des alluvions des cours d'eau ne permet pas de résistance à la sécheresse. | Moyenne :<br>Dans la configuration actuelle, il y a peu de pressions sur cette ressource. |

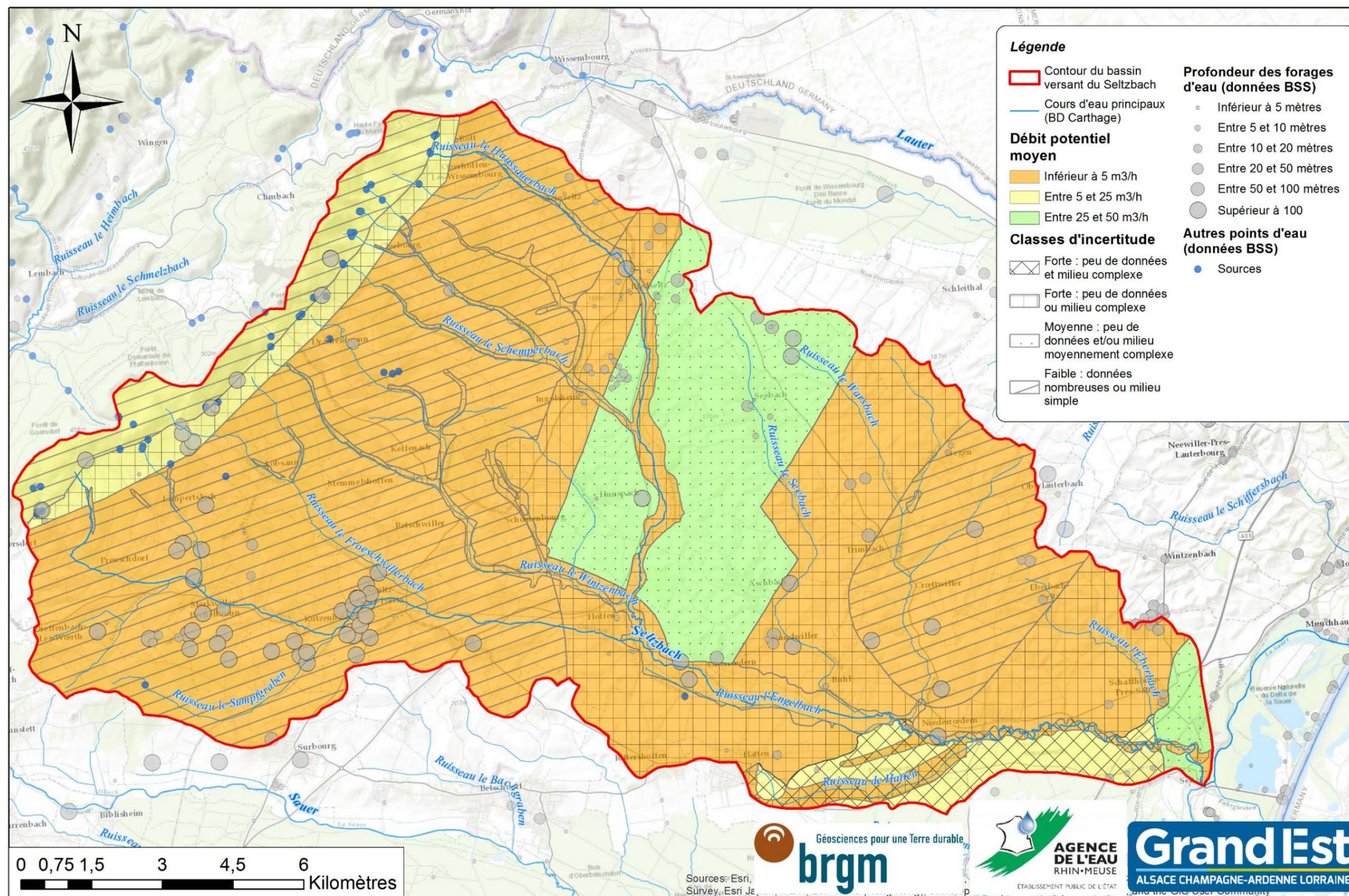


Illustration 53 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant du Seltzbach.

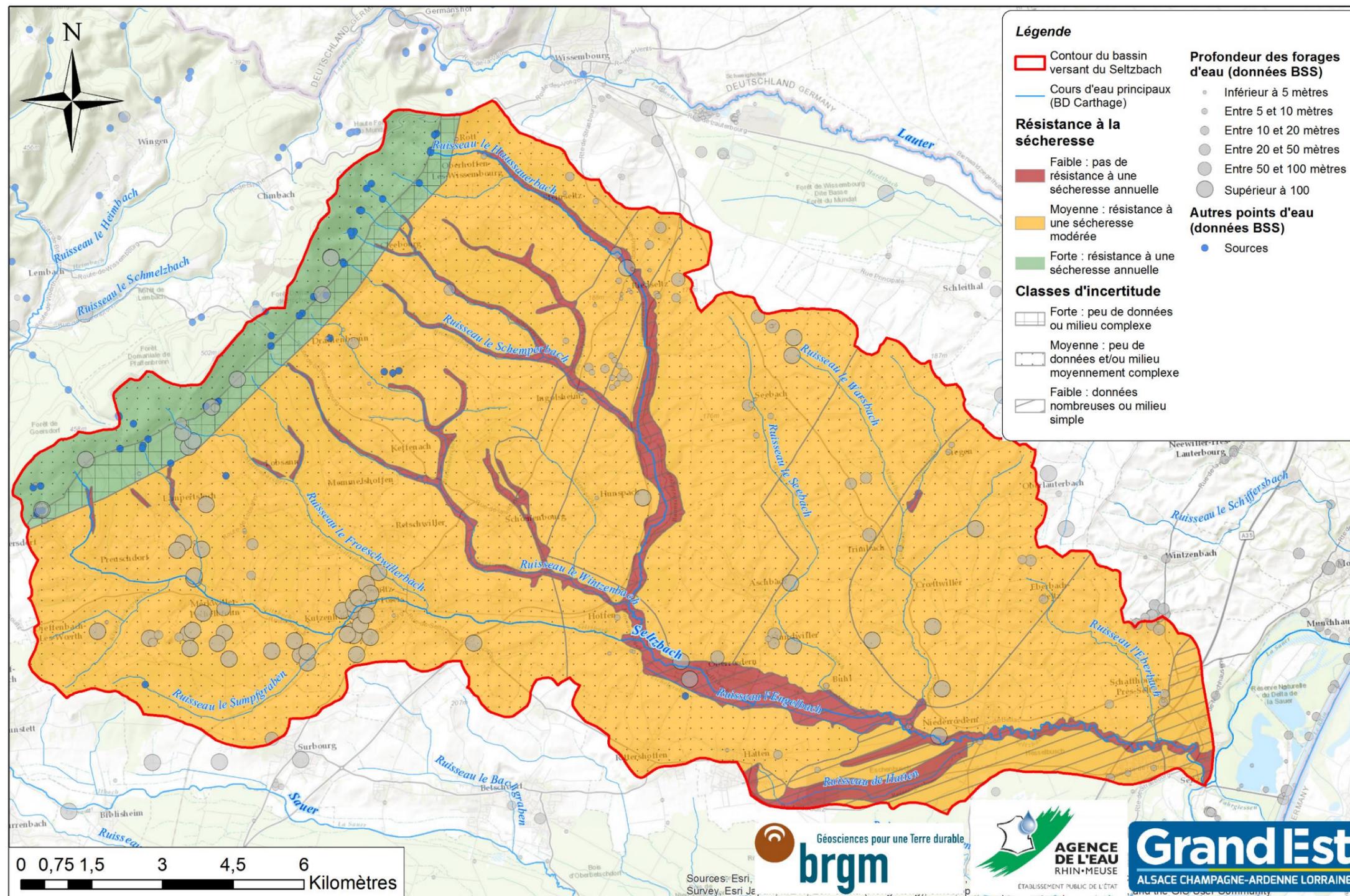


Illustration 54 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant du Seltzbach.

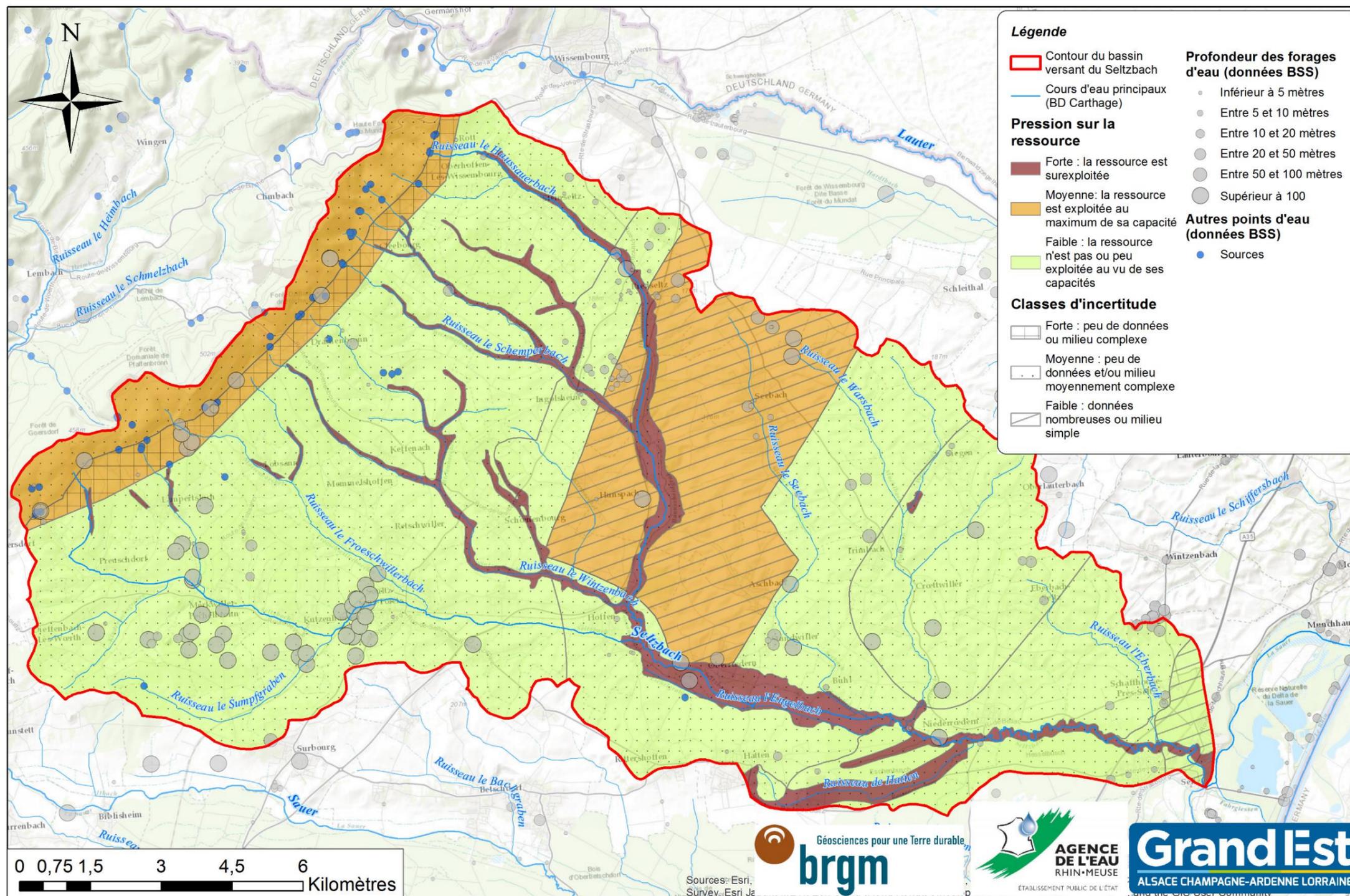


Illustration 55 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant du Seltzbach.

## **6.9. BASSIN VERSANT DE LA THUR**

### **6.9.1. Situation géographique du bassin versant**

Situé dans le département du Haut-Rhin, le bassin versant de la Thur se trouve au nord de celui de la Doller. C'est la crête du Rossberg (1191 m) qui sépare les vallées de la Thur et de la Doller.

### **6.9.2. Hydrographie**

Le débit de la Thur (au niveau de Pulversheim) a une valeur moyenne (module) de 6,070 m<sup>3</sup>/s. En année sèche ce débit moyen descend à 4,7 m<sup>3</sup>/s et peut aller en année humide à 7,4 m<sup>3</sup>/s. En période hivernale, le débit moyen est de 10,5 m<sup>3</sup>/s et peut descendre à près de 2,5 m<sup>3</sup>/s en fin d'été.

En période d'étiage, le lac de Kruth Wildenstein, situé en amont du bassin versant, est utilisé pour soutenir le débit de la Thur.

### **6.9.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales**

D'un point de vue structural la zone de Thur se situe à cheval entre le socle hercynien et le fossé rhénan. L'aval du bassin versant constitue le bassin potassique. Il est séparé du socle par le champ de fracture du Vieux Thann.

Le secteur d'étude se divise en deux types de formations principales :

- formations volcano-sédimentaires d'âge primaire (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée Illustration 56) : tuffs, ignimbrites, grauwackes, latites et formations indifférenciées du Dévonien-Carbonifère (Menillet *et al.*, 1989). Ces formations constituent les zones de reliefs en amont du bassin versant ;
- alluvions (tertiaires et quaternaires) de la Thur (entité numéro 5 de la cartographie simplifiée Illustration 56), allant de quelques mètres dans la partie ouest à environ 800 m en aval de Thann (Baierer, 2012).

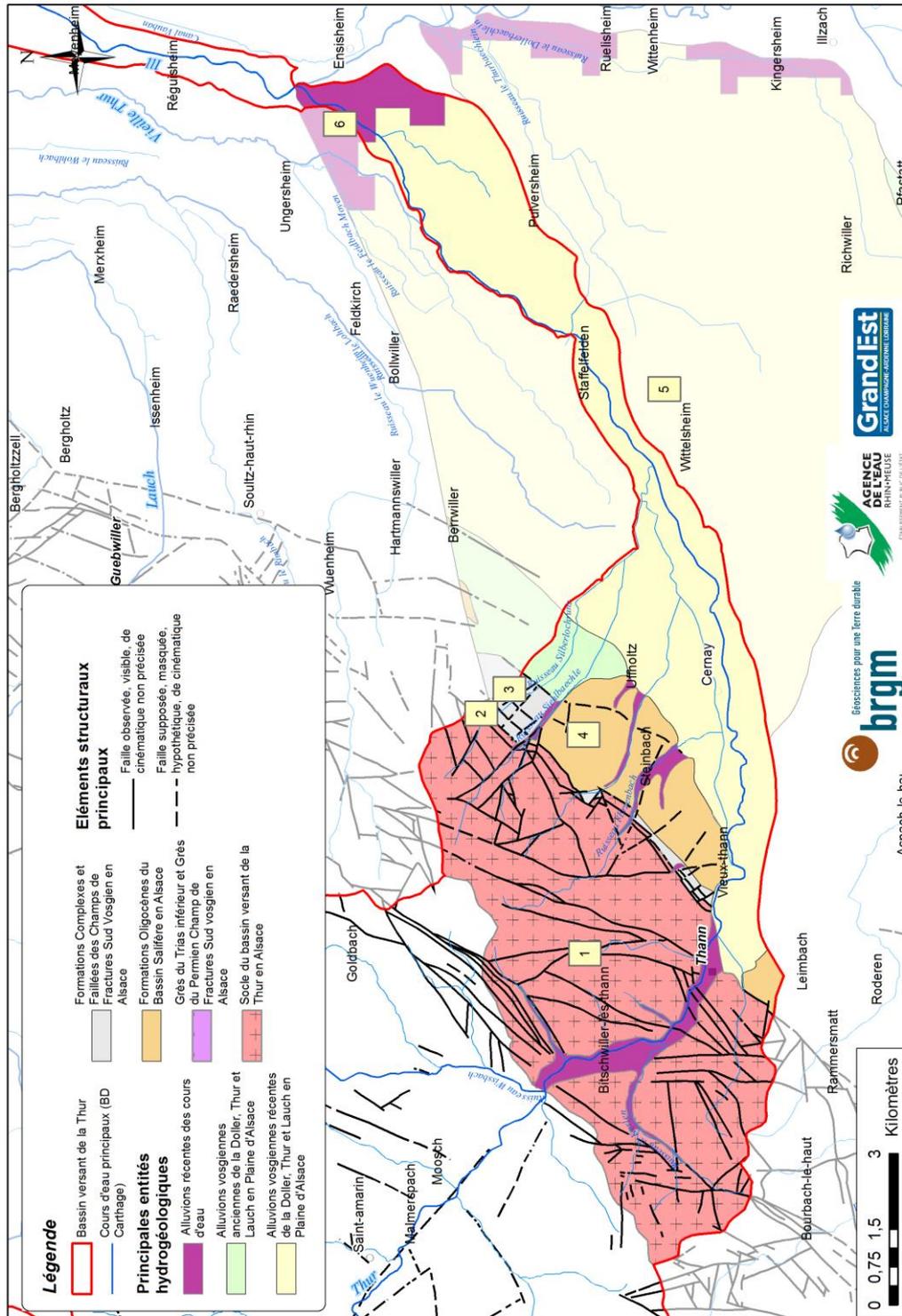


Illustration 56 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Thur.

### 6.9.4. Analyse de la recharge

La pluviométrie moyenne est de 657 mm/an. Les précipitations efficaces sont importantes sur l'amont du bassin versant (jusqu'à 1 700 mm/an) et diminuent rapidement avec le relief pour atteindre des valeurs minimales en plaine (cf. Illustration 57).

Le bassin de la Thur présente de nombreuses zones propices au ruissellement. L'infiltration se fait principalement dans les fonds de vallées aux abords des cours d'eau et en aval du bassin versant (cf. Illustration 58).

La piézométrie montre une alimentation quasi permanente des alluvions par la Thur et les apports des collines sous-vosgiennes, avec toutefois un léger décalage possible selon la teneur en argiles présentes réduisant la perméabilité.

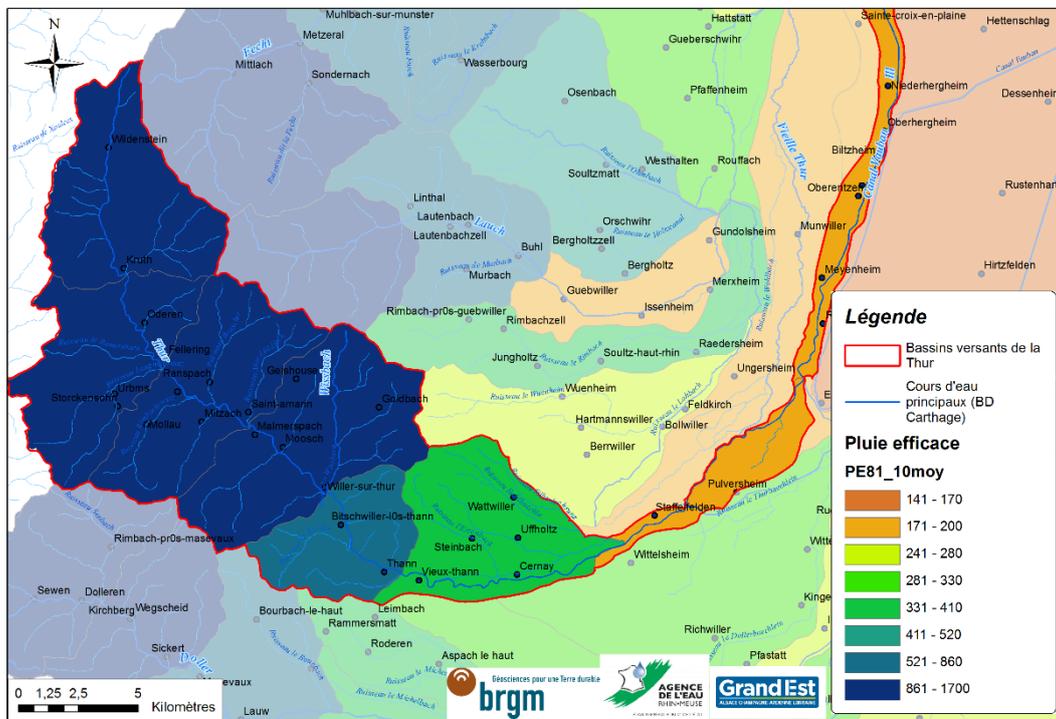


Illustration 57 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Thur.

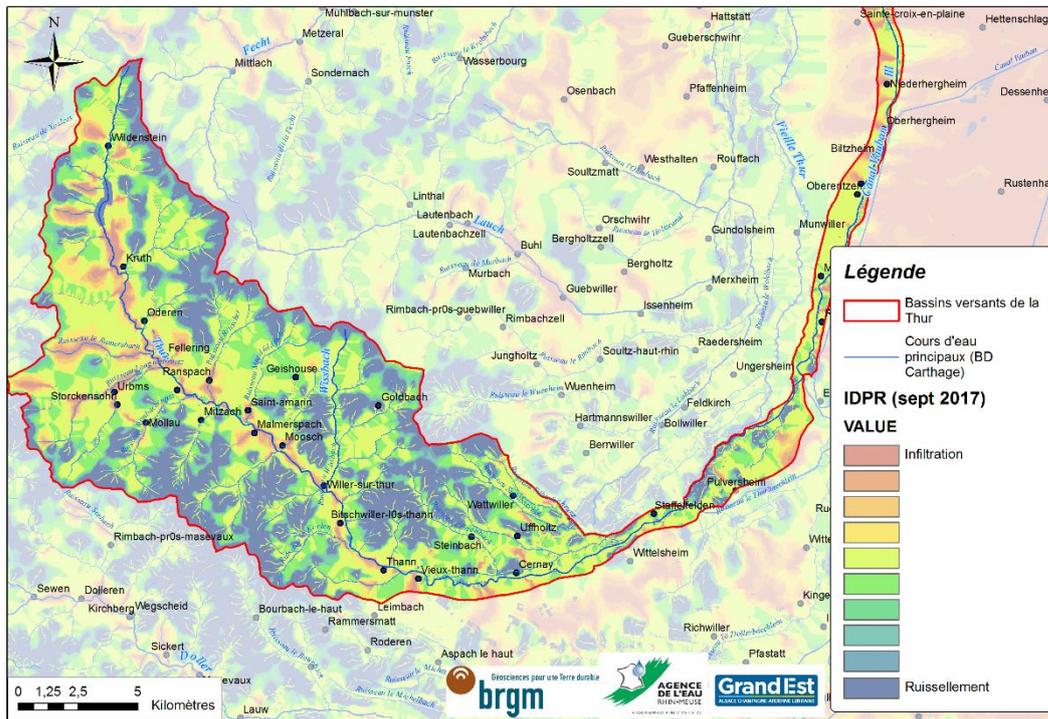


Illustration 58 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Thur.

### 6.9.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques

#### Le socle du bassin de la Thur (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée)

L'alimentation en eau se fait essentiellement par le captage de sources issues de nappes essentiellement libres et superficielles. La productivité de l'aquifère fracturé est mal connue.

La majorité des ressources sont répertoriées dans les secteurs à schistes et grauwackes du Primaire (70 % contre 20 % dans les granites).

Le débit des sources reste assez faible, surtout à l'étiage (moins de 3,6 m<sup>3</sup>/h).

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 59)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 60)  | Pression sur la ressource (Illustration 61)     |
|------------------|--|---|---|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h : le socle du bassin versant de la Thur est considéré comme peu perméable (Urban <i>et al.</i> 2013)   | Faible  | Faible : exploitation de source principalement. |
| Incertitude      | Moyenne : Le potentiel en profondeur reste très mal connu. Le fonctionnement est complexe, hétérogène et le manque de données hydrodynamique ne permet pas de mieux caractériser ce débit potentiel. | Moyenne : Pas de données de suivi. Hétérogénéité potentielle entre les horizons du réservoir. | Moyenne : Absences de données de suivi.         |

**Les formations complexes du champ de fracture Sud Vosgien (entité numéro 2 et 3 de la cartographie simplifiée)**

Ce secteur est mal connu d'un point de vue hydrogéologique. Les différentes formations retrouvées sont :

- aquifères médiocres (conglomérats oligocènes cimentés avec des silts argileux de couleur rouge) ;
- calcaires et dolomie.

Le potentiel des forages est lié aux ressources souterraines profondes (>100 m) telles que le Muschelkalk qui peut donner lieu à un aquifère intéressant s'il est karstifié. Le réservoir est potentiellement en charge localement et à l'origine de source et forages artésiens.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 59)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 60)  | Pression sur la ressource (Illustration 61)  |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | 5-25 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne à forte selon les aquifères   | Moyenne  |
| Incertitude      | Forte : Les débits sont à la faveur de ressources en eaux souterraines localisées et de faibles extensions. De plus le niveau de connaissance ne permet pas de localiser les entités aquifères de manière précises. | Forte : Absence de données de suivi : piézométrique et hydrographique (rivières et sources)<br><br>La résistance à la sécheresse sera liée à la typologie de chaque aquifère local. | Forte : Absences de données de suivi.<br>Méconnaissance des phénomènes de recharge.<br><br>Fortes hétérogénéité des situations potentielles. |

**Les formations Oligocène (entité numéro 4 de la cartographie simplifiée)**

Ces formations sont constituées de conglomérats oligocènes cimentés avec des silts argileux de couleur rouge et d'alternances de grès fins et de marnes. Leur potentiel en eaux souterraines est faible.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 59)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 60)                     | Pression sur la ressource (Illustration 61)  |
|------------------|---|--|--|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne  | Moyenne : peu de prélèvements  |
| Incertitude      | Moyenne : Peu de données sur cette entité hydrogéologique. Localement, le potentiel peut être plus important du fait de la présence du faciès conglomératique de l'Oligocène. | Moyenne : Pas de données de suivi.<br>Hétérogénéité potentielle. | Faible : Absences de données de suivi.<br>Méconnaissance des phénomènes de recharge. |

### **Les alluvions de la Thur (entité numéro 5 de la cartographie simplifiée)**

Ces alluvions quaternaires sont constituées de sables, graviers et galets avec une épaisseur variant de 8 à 12 m (Menillet *et al.*, 1989). La présence d'alluvions issues de l'érosion glaciaire (Riss-Würm) peut augmenter l'épaisseur alluvionnaire (plusieurs dizaines de mètres potentiellement). L'épaisseur totale est croissante de Thann à Cernay (de 10 à 25 m).

Les potentiels de ces formations dépendent de leur teneur en limons argileux. Les alluvions de la Thur, à l'inverse de celles de la Doller qui sont essentiellement issues de l'érosion des granites donc peu argileuses, sont généralement limono-argileuses, conséquences de l'altération des formations schisto-grauwackeuses affleurantes en amont.

Attention toutefois à la palléovallée de la Thur qui occasionne des surcreusements locaux et des alluvions très argileuses. Les caractéristiques hydrodynamiques s'en trouvent alors fortement modifiées ( $Q_{max}$  5-10 m<sup>3</sup>/h et rabattement de 5 m).

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 59)                                | Résistance à la sécheresse (Illustration 60)   | Pression sur la ressource (Illustration 61)   |
|------------------|--|--|---|
| Gamme de valeurs | 50-100 m <sup>3</sup> /h   | Moyenne : épaisseur augmente vers l'ouest, parfois captif  | Moyenne à forte : Sans le soutien d'étiage, le secteur peut être fortement impacté, battements de nappe important.  |
| Incertitude      | Faible : Le débit est assuré, seule la valeur maximale est incertaine. | Moyenne : Les alluvions sont parfois de faibles épaisseurs mais la distance à la rivière et le caractère captif peut localement permettre de s'affranchir des relations nappes-rivières. | Moyenne : Les prélèvements sont importants dans ce secteur, toutefois la présence de soutien d'étiage permet de limiter cet impact. En cas d'absence de ce soutien, l'ensemble de la zone pourrait être impactée. |

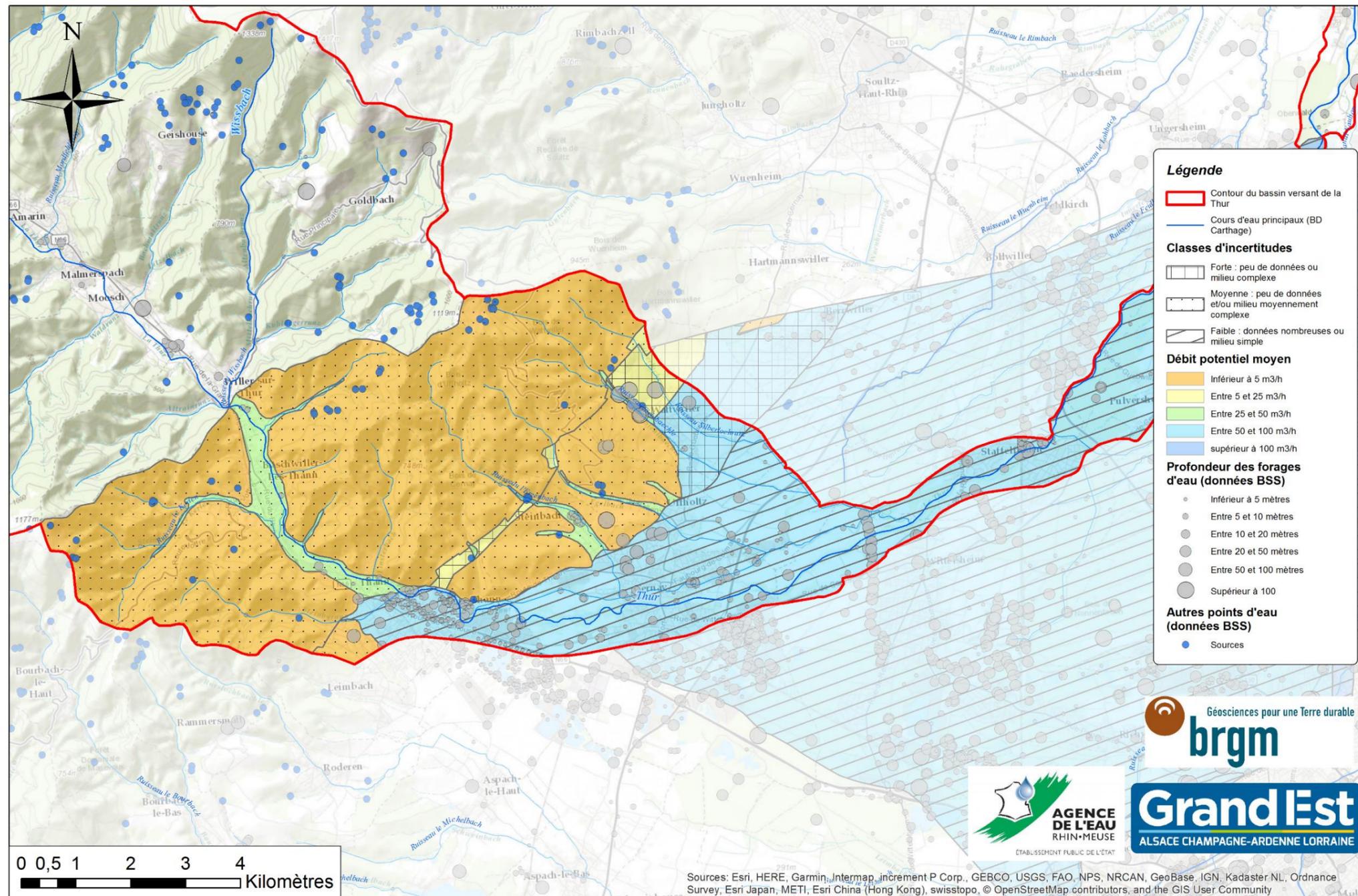


Illustration 59 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Thur.

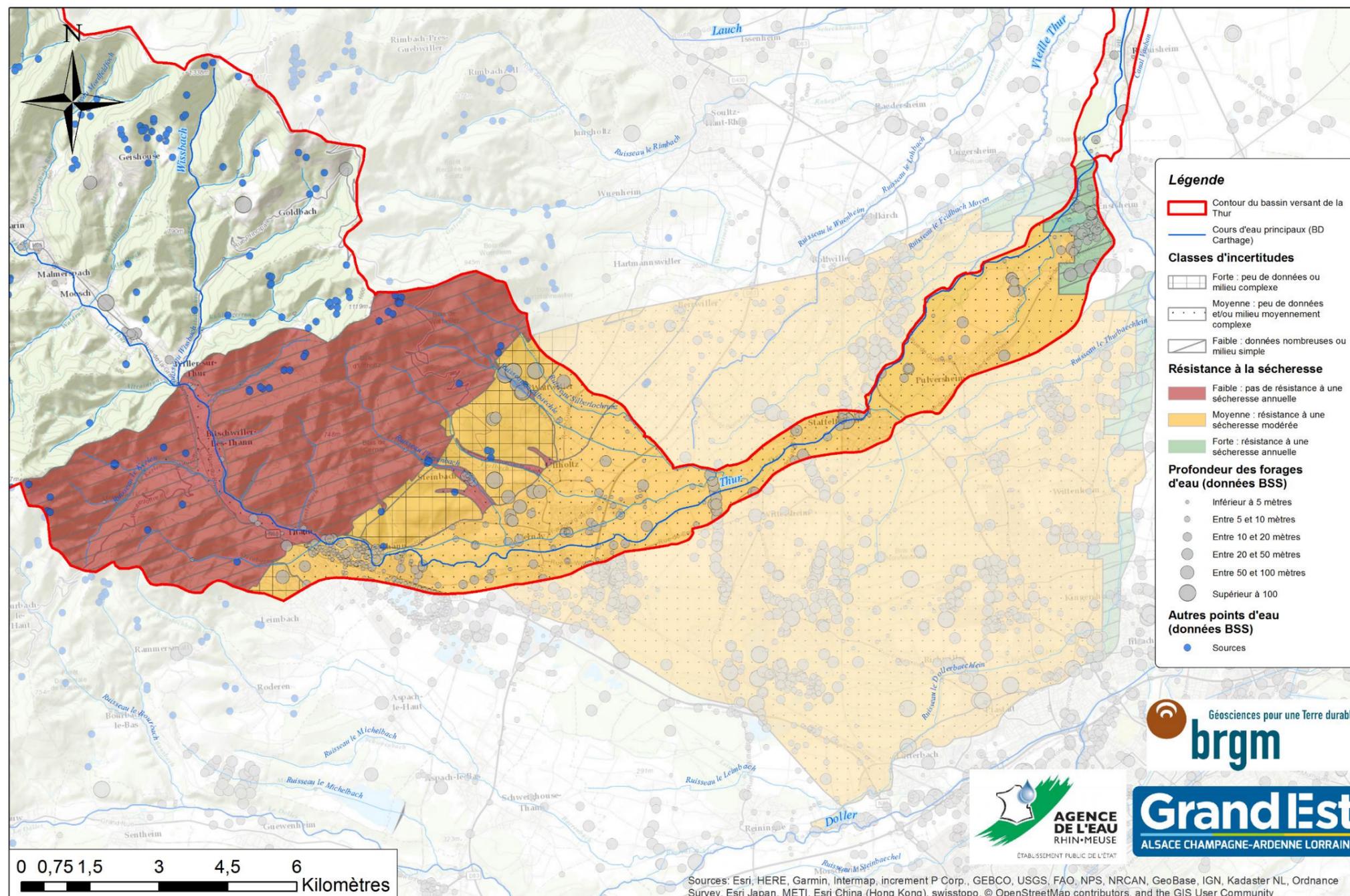


Illustration 60 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologiques du bassin versant de la Thur.

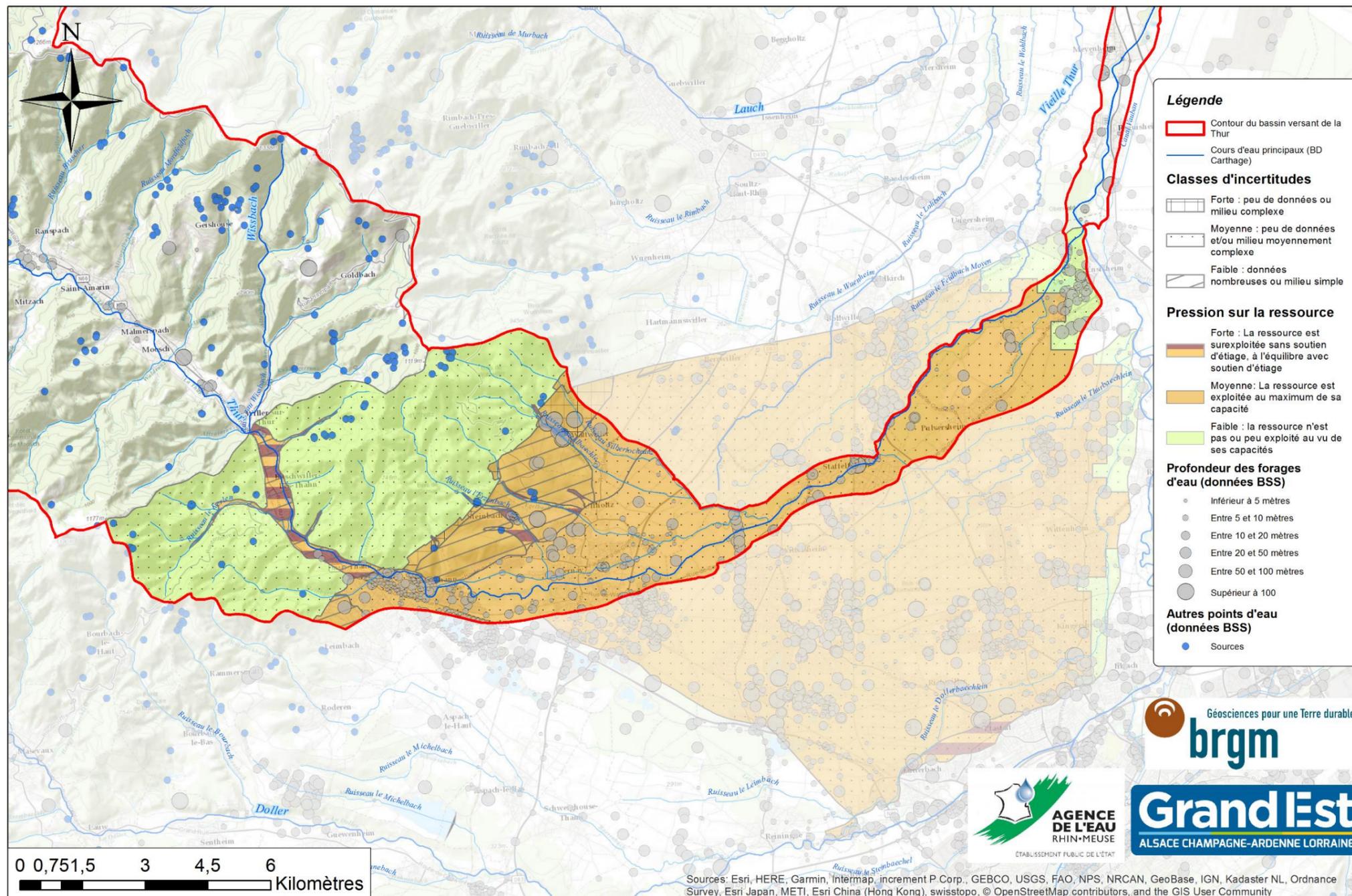


Illustration 61 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de la Thur.

## **6.10. BASSIN VERSANT DE LA ZORN**

### **6.10.1. Situation géographique du bassin versant**

La Zorn est issue de la confluence entre la Zorn jaune et la Zorn blanche. La Zorn Jaune prend sa source en Lorraine, au sud de Dabo, dans le massif de Grossman à 950 m d'altitude et la Zorn Blanche dans le massif voisin de Hengst à 845 m d'altitude. Elle parcourt 102 km avant de se jeter dans la Moder à Rohrwiler (Conseil Général du Bas-Rhin, 2011f).

Le bassin versant de la Zorn s'étend sur une surface de 750 km<sup>2</sup>. La nappe phréatique d'Alsace est présente à l'aval du bassin sur une petite partie de ce dernier. Peu profonde (2 à 10 mètres), on note juste la présence d'une profondeur plus élevée (≥ à 20 mètres) dans le secteur de Vendenheim.

### **6.10.2. Hydrographie**

Le débit de la Zorn a une valeur moyenne (module) de 2,2 m<sup>3</sup>/s. En année sèche ce débit moyen descend à 1,6 m<sup>3</sup>/s et peut aller en année humide à 2,8 m<sup>3</sup>/s. En période hivernale, le débit moyen est de 3,5 m<sup>3</sup>/s et peut descendre à près de 1,2 m<sup>3</sup>/s en fin d'été.

### **6.10.3. Description générale géologique et hydrogéologiques des formations principales**

On distingue quatre grandes unités hydrogéologiques sur le bassin versant de la Zorn, représentée sur l'illustration 62 (carte hydrogéologique simplifiée) :

- les Grès du Permien et du Trias (entité numéro 1 sur la cartographie simplifiée) ;
- les formations complexes et faillées du champ de fracture de Saverne (entité numéro 2 sur la cartographie simplifiée) ;
- les formations oligocènes (entité numéro 3 sur la cartographie simplifiée);
- les alluvions pliocènes et quaternaires (entités numéros 4 et 5 sur la cartographie simplifiée).

En aval du bassin versant, la zone de transition entre les alluvions de la Zorn et d'autres horizons productifs est parfois délicate à localiser, uniquement sur la base des coupes de forages disponibles. Une délimitation plus précise, permettant de quantifier l'épaisseur du cône de déjection, nécessiterait des investigations complémentaires d'une technicité plus poussée. En dehors du cône de déjection, les alluvions n'ont pas une épaisseur suffisante pour aller à plus de 20 mètres de profondeur et ne peuvent donc pas constituer une ressource de substitution.

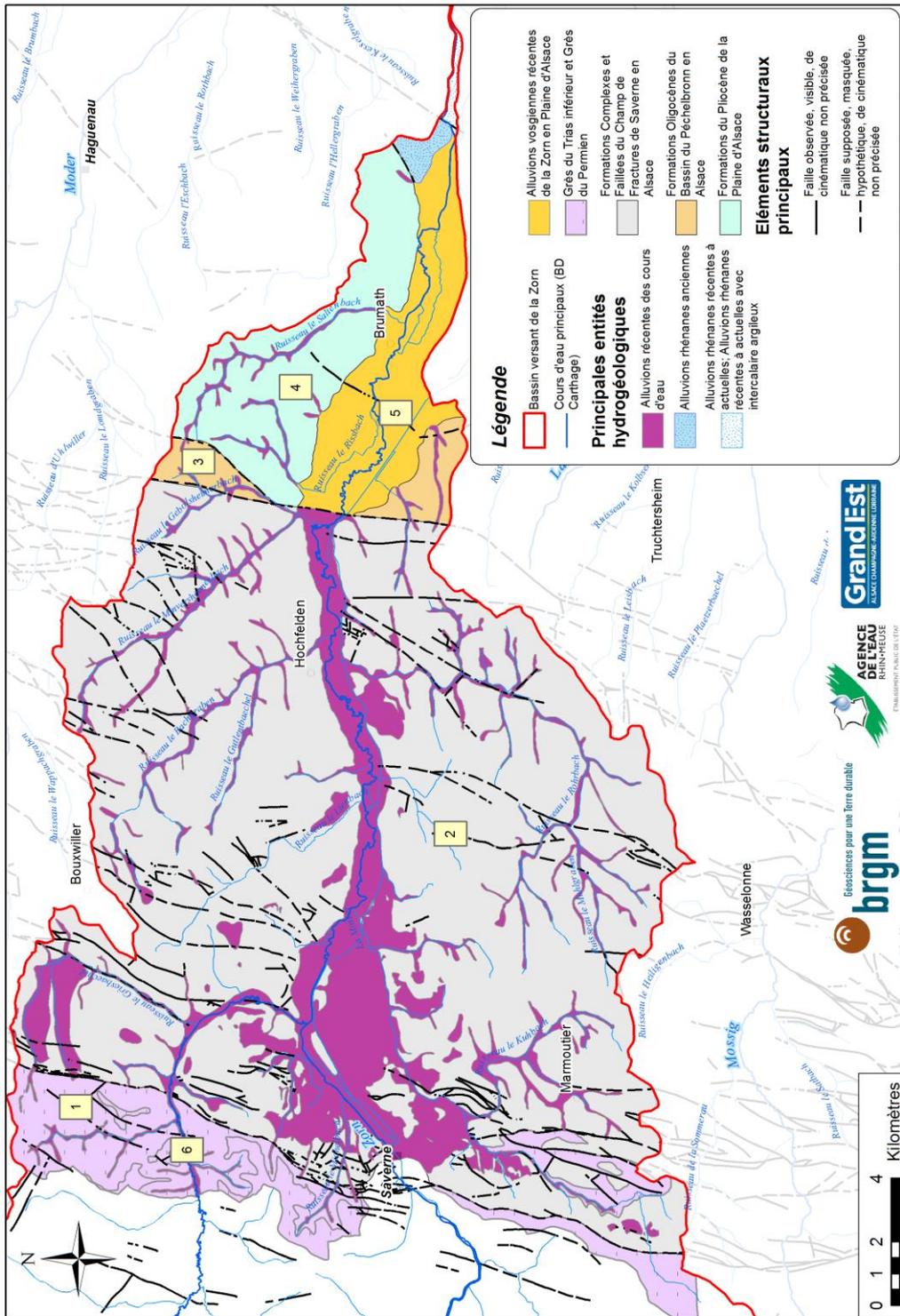


Illustration 62 : Carte hydrogéologique simplifiée du bassin versant de la Zorn.

#### 6.10.4. Analyse de la recharge

La pluviométrie est assez homogène avec en moyenne 700 à 800 mm/an. Les précipitations efficaces sont plus faibles que sur les bassins versants des Vosges cristallines, du fait d'un relief moins marqué. Les cumuls de précipitations efficaces sur le bassin de la Zorn sont compris entre 141 et 520 mm/an (cf. Illustration 63).

L'analyse par l'IDPR (cf. Illustration 64) montre que beaucoup de zones de ruissellement sont présentes sur l'ensemble du bassin versant (notamment au niveau du champ de fracture de Saverne). Les zones d'infiltrations sont principalement rencontrées en aval du bassin versant.

La recharge des alluvions est assurée par l'infiltration des précipitations, les apports de la nappe du Pliocène (rechargée par les flux de bordures), et l'infiltration des eaux de la Zorn et des canaux.

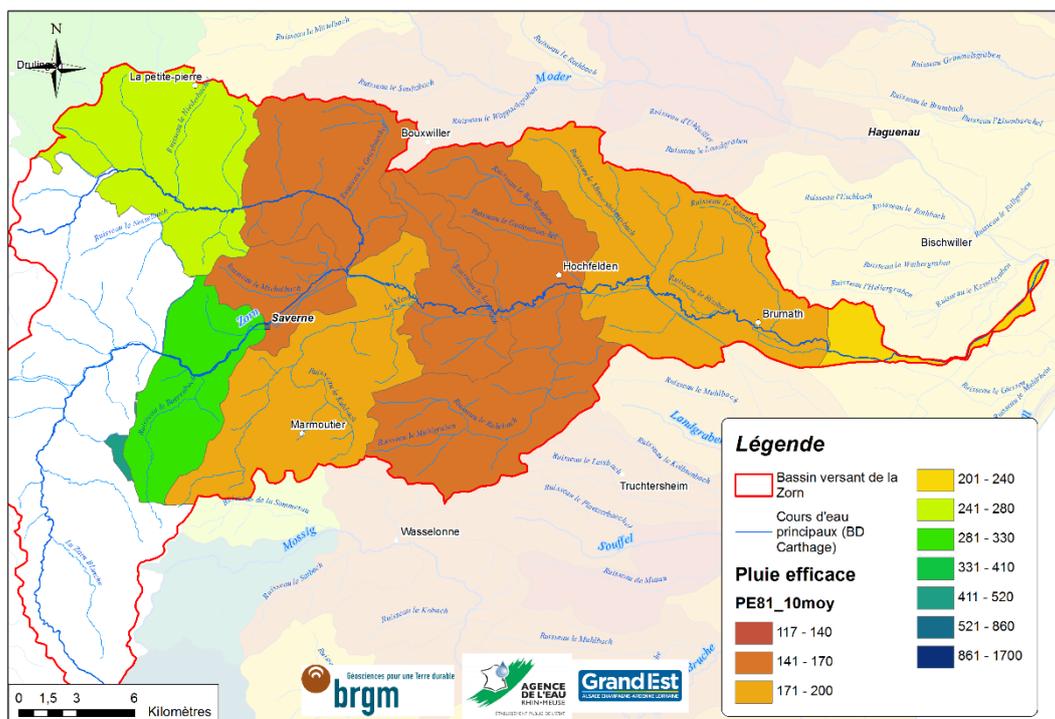


Illustration 63 : Carte de la répartition des pluies efficaces sur le bassin versant de la Zorn.

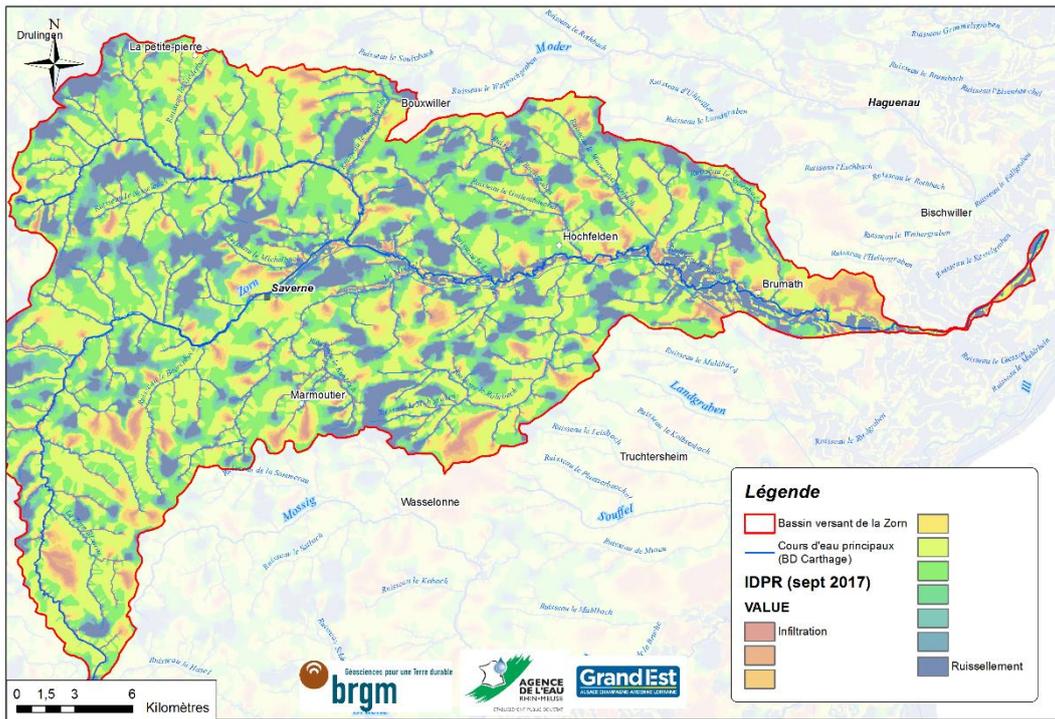


Illustration 64 : Cartographie de l'IDPR (2017) sur le bassin versant de la Zorn.

### 6.10.5. Caractéristiques principales des entités hydrogéologiques

#### Les Grès (entité numéro 1 de la cartographie simplifiée)

Le potentiel des Grès est variable selon la densité de fracture. Les perméabilités oscillent alors de 1 à  $8 \cdot 10^{-5}$  m/s et les débits spécifique de 0,5 à 4 m<sup>3</sup>/h/m. Les débits ainsi que sa forte épaisseur (> 200 m en moyenne) font de cette formation une ressource potentiel intéressante.

Les forages profonds montrent des alternances entre les grès et des couches d'argile (exemple : forage 01685X0075/F1)

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 65)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 66)   | Pression sur la ressource (Illustration 67)   |
|------------------|---|--|---|
| Gamme de valeurs | 25-50 m <sup>3</sup> /h :   | Forte : inertie de l'aquifère importante, forte résistance à un sécheresse annuelle  | Moyenne : Peu de prélèvement au regard des capacités potentielles                               |
| Incertitude      | Moyenne : Malgré la présence de nombreux forages profonds et de débits réglementaires AEP, peu de données hydrodynamiques sont disponibles. | Moyenne : La forte inertie de l'aquifère semble lui donner une bonne résistance à la sécheresse mais peu de données de suivi quantitatif peuvent le confirmer. | Moyenne : Absences de données de suivi et de connaissances sur le comportement de la ressource. |

**Le champ de fracture de Saverne (entité numéro 2 de la cartographie simplifiée)**

Les potentiels rencontrés dans cette entité sont très variables et dépendent des niveaux d'argiles et des formations rencontrées. Ainsi, les grès avec quelques niveaux argileux, rencontrés dans le forage de Marmoutie (02332X0074/F) présentent un fort potentiel, en opposition aux marnes du secteur de Hochelden (02341X0002/F1). Des alternances marno-calcaires (Keuper) sont également présentes dans le secteur (forage 01977X0014). Ces formations peuvent également être recouvertes de lœss plus ou moins épais (de 1 à quelques mètres).

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 65)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 66)   | Pression sur la ressource (Illustration 67)  |
|------------------|---|--|--|
| Gamme de valeurs | 5-25 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne : Aquifère souvent sous couverture permettant une résistance accrue  | Moyenne : Prélèvements les plus importants hors nappe rhénane du bassin versant dans ce secteur  |
| Incertitude      | Forte :<br>Le fonctionnement hydrogéologique du champ de fracture reste relativement mal connu. | Forte<br>Absence de données de suivi : piézométrique et hydrographique (rivières et sources)<br>La résistance à la sécheresse sera liée à la typologie de chaque aquifère local. | Forte<br>Absences de données de suivi. Méconnaissance des phénomènes de recharge.<br>Fortes hétérogénéité des situations potentielles. |

**Les formations oligocènes (entité numéro 3 de la cartographie simplifiée)**

Ces formations sont constituées de marnes sous couverture lœssique (environ 7-10 m), les arrivées d'eau sont généralement profondes dans les forages. Le potentiel aquifère est très limité.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 65)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 66)                  | Pression sur la ressource (Illustration 67)  |
|------------------|--|---|--|
| Gamme de valeurs | < 5 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne   | Faible : Les prélèvements sont faibles dans cette zone, il n'y a pas de pression particulière dans la configuration actuelle |
| Incertitude      | Moyenne : La connaissance de cette formation est limitée. La caractérisation a été effectuée par analogie. | Moyenne : Pas de données de suivi. Hétérogénéité potentielle. | Forte : Absences de données de suivi. Méconnaissance des phénomènes de recharge.   |

**La nappe du Pliocène (entité numéro 4 de la cartographie simplifiée)**

Cette formation marque le début du cône de déjection de la Zorn. L'épaisseur, faible en bordure, est croissante. La formation du Pliocène est recouverte par une épaisseur moyenne de 15 m de lœss et lehm.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 65)   | Résistance à la sécheresse (Illustration 66)   | Pression sur la ressource (Illustration 67)   |
|------------------|---|--|---|
| Gamme de valeurs | 50-100 m <sup>3</sup> /h  | Moyenne :<br>Recharge par les pluies efficaces faible dans le secteur. Alimentation probable par les apports latéraux (Brugeron, 2014)<br><br>Faible battement de nappe et atténué par la couverture | Moyenne :<br>Battement variable selon épaisseur (2 cm à 50 cm)  |
| Incertitude      | Moyenne :<br>L'incertitude est liée à la présence de niveau argileux ou non en profondeur.<br><br>Cet aquifère peut représenter un fort potentiel et nécessite des données complémentaires. | Forte :<br>Incertitude quant au processus de recharge pour caractériser la résistance à la sécheresse de cette formation.  | Moyenne : La surexploitation mise en avant par Menillet <i>et al.</i> (2015) ne semble pas avérée sur l'ensemble de la nappe du Pliocène. L'amélioration du suivi de cette ressource pourrait permettre son exploitation durable. |

**Les alluvions (entité numéro 5 de la cartographie simplifiée)**

Rhénane

Le niveau statique des alluvions rhénane est faible (1 à 2 m). Toutefois, le caractère semi-captif de la formation, lié à la couverture argileuse (jusqu'à 15 m) lui confère une résistance à la sécheresse accrue.

|                  | Débit moyen potentiel (Illustration 65)  | Résistance à la sécheresse (Illustration 66)   | Pression sur la ressource (Illustration 67)   |
|------------------|--|--|---|
| Gamme de valeurs | > 100 m <sup>3</sup> /h  | Bonne  | Moyenne : Les prélèvements ne semblent pas dépasser la capacité de la ressource.                          |
| Incertitude      | Faible : Les données liées au forages présents dans ce secteur permettent de limiter l'incertitude quant au débit potentiel dans ce secteur de la nappe rhénane. | Faible : L'inertie de la nappe (épaisseur, extension) et sa couverture imperméable permet une bonne résistance à la sécheresse | Faible : Les données piézométriques et les prélèvements ne semblent pas indiquer de pression particulière |

### Vosgiennes

Ces dépôts sont constitués de sables et limon vosgiens, déposés sur une épaisseur allant jusqu'à 20 m. À noter que les alluvions récentes des cours d'eau, elles, sont peu épaisses (environ 3 m). Les alluvions reposent sur le substrat marneux de l'Oligocène.

Dans le relief marqué par le Horst du Kochersberg, la recharge s'effectue essentiellement par les apports latéraux et les interactions nappe-rivières (Brugeron, 2014).

|                  | Débit moyen potentiel<br>(Illustration 65)                                | Résistance à la<br>sécheresse<br>(Illustration 66)  | Pression sur la ressource<br>(Illustration 67)   |
|------------------|---|---|--|
| Gamme de valeurs | 50 – 100 m <sup>3</sup> /h  | Faible : faible épaisseur, connexion avec le cours d'eau  | Moyenne  |
| Incertitude      | Moyenne :<br>L'incertitude provient des épaisseurs des niveaux aquifères. | Moyenne :<br>L'épaisseur des alluvions des cours d'eau ne permet pas de résistance à la sécheresse. | Moyenne : L'incertitude demeure quant à la recharge de cet aquifère (temps, quantité). |

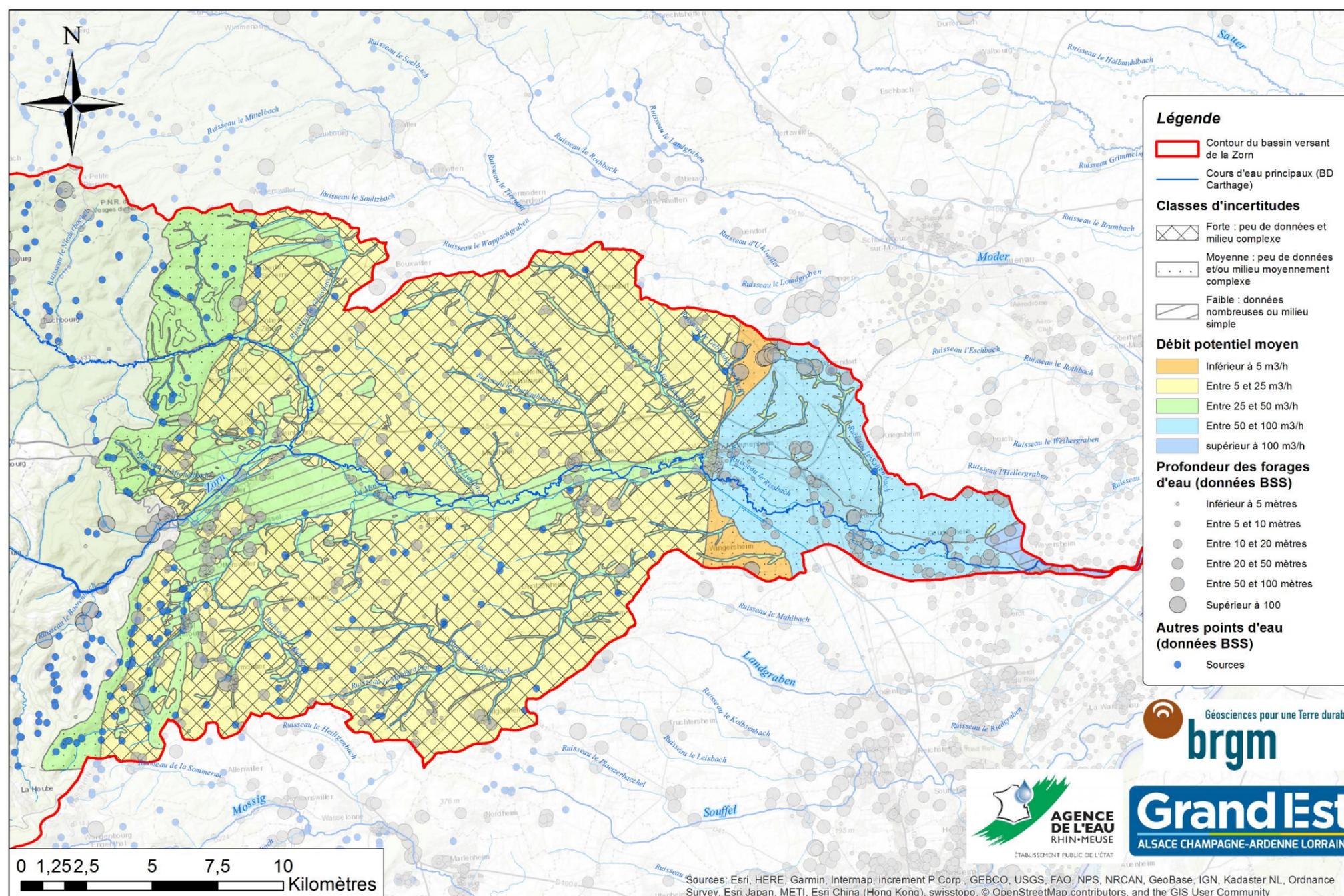


Illustration 65 : Cartographie des débits potentiels sur le bassin versant de la Zorn.

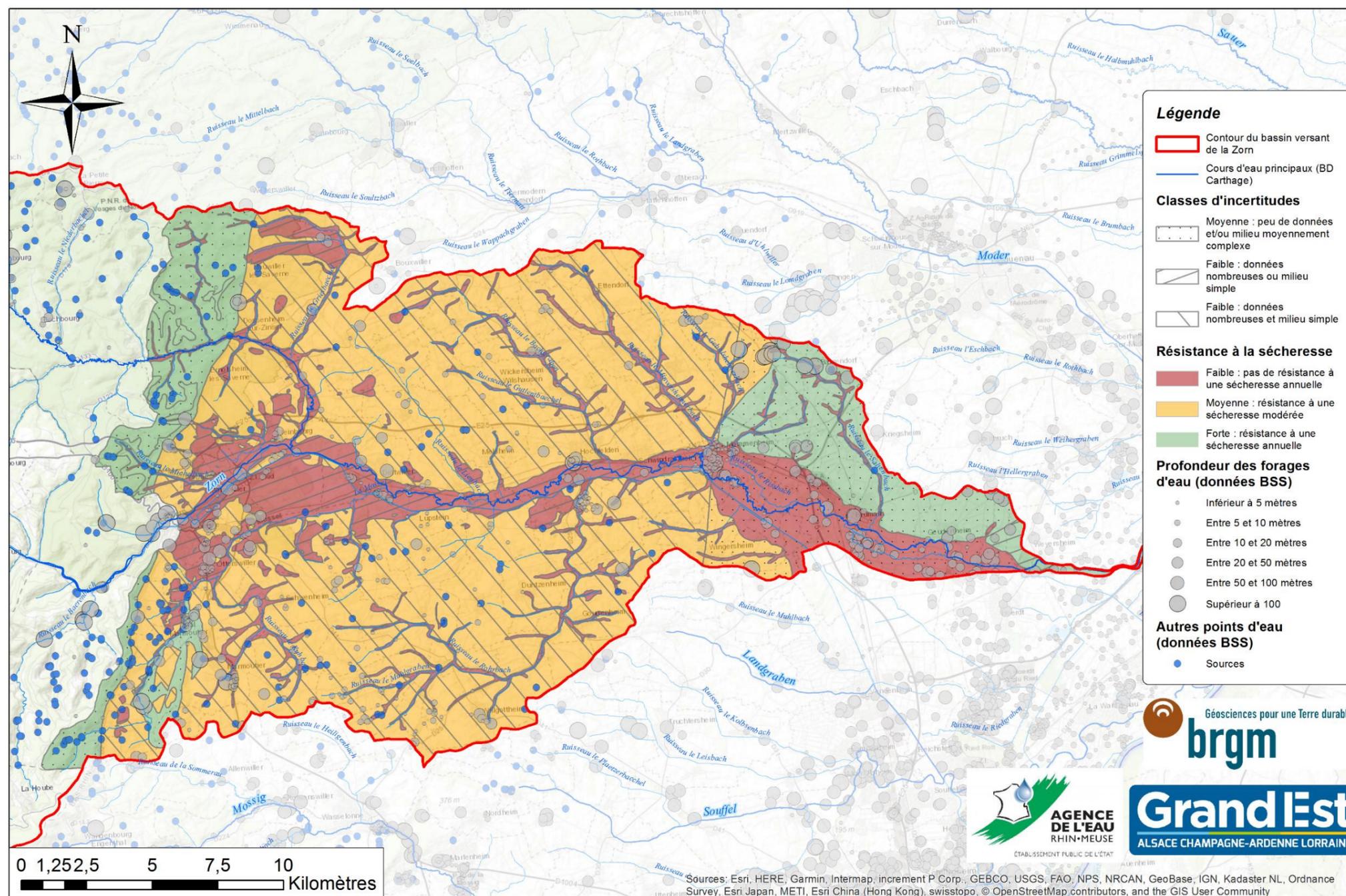


Illustration 66 : Cartographie de la résistance à la sécheresse des entités hydrogéologique du bassin versant de la Zorn.

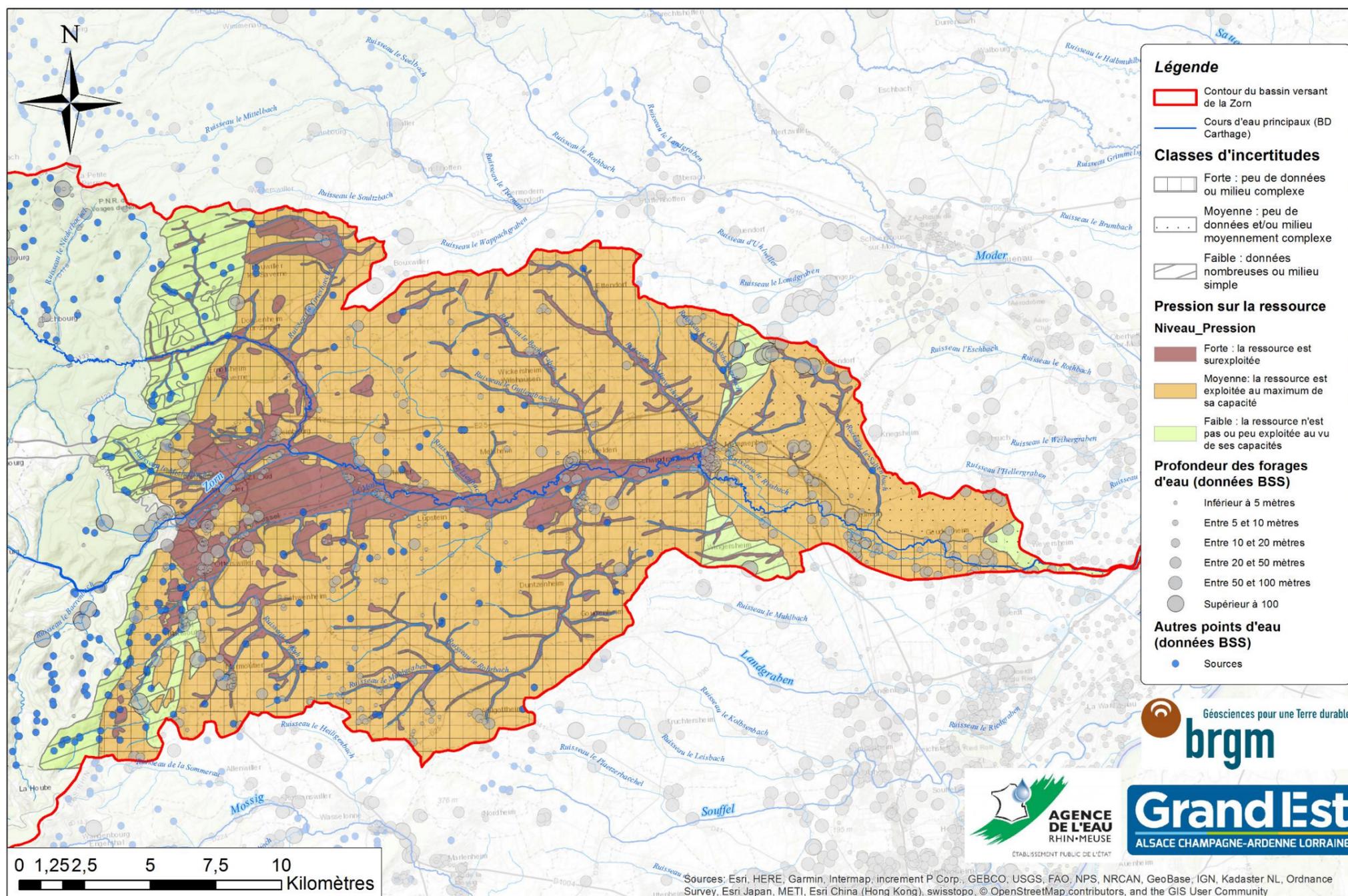


Illustration 67 : Cartographie de la pression exercée sur la ressource du bassin versant de Zorn.

## 7. Recommandations

### 7.1. GESTION ET SÉCURISATION DES RESSOURCES EN EAUX

#### 7.1.1. Anticipation des périodes de crises

Au niveau des eaux souterraines, la situation doit être évaluée dès la fin de la période de recharge saisonnière. Si celle-ci a été faible ou n'a pas permis un retour à l'équilibre après une année sèche, une attention particulière devra être apportée dans le cadre d'une gestion préventive de la ressource. Dans ce cadre, la mise en place d'une gestion rationnée des prélèvements pourra être recommandée, selon la situation, dès mars ou avril.

Les aquifères captifs ou profonds ont une dépendance moindre aux variations saisonnières pluviométriques en raison du décalage entre les temps de circulations des eaux souterraines et les pluies efficaces. Ils sont à privilégier pour la création de forages agricoles sur le court terme.

#### 7.1.2. Mise en place d'indicateurs de suivi

Au cours de la période d'étiage des indicateurs de gestion durable de la ressource pourraient être mis en place afin d'évaluer :

- la quantité d'eau consommée par rapport à la recharge saisonnière ;
- les niveaux d'eau hors de la nappe du Rhin (réseau de surveillance).

Un dispositif de suivi de la ressource permet de fixer des objectifs de gestion (objectif d'étiage). Sur la base des seuils hydrométriques, des niveaux d'alertes et de crises piézométriques peuvent être définis. Ces indicateurs doivent être définis à partir de piézomètres représentatifs (pas ou très peu influencés par des pompes à proximité) du fonctionnement hydrodynamique de la nappe à considérer (Seguin *et al.*, 2009).

#### 7.1.3. Vers une mise en place des volumes prélevables ?

Le calcul de volume prélevable ne peut être évalué sur les eaux souterraines qu'à partir d'une connaissance précise de la recharge et de la réaction du système aquifère (Arnaud, 2016). Cela nécessite des chroniques d'exploitation (débits et suivi piézométriques) et la mise en place de modélisations (maillées ou paramétriques).

La mise en place de tels dispositifs peut permettre une gestion efficace de la ressource, adaptée à chaque bassin versant, afin d'abaisser les tensions à l'étiage, notamment sur les bassins versants ne disposant pas de réalimentation. Une bonne estimation de ces volumes prélevables permet également de mieux prendre en compte le « besoin » en eau des milieux naturels et de limiter l'impact des prélèvements.

## 7.2. ACQUISITION DE CONNAISSANCES

De manière globale, les variations des paramètres hydrodynamiques et des niveaux d'eau en dehors de la nappe rhénane sont mal connus, ce qui engendre une incertitude non négligeable.

Les différents secteurs étudiés comportent tous des zones à potentiels très différents. Toutefois, il convient de rappeler que le débit peut varier en fonction de la hauteur captée de l'aquifère. Lorsque le rabattement dans le puits devient trop important, le débit finit par devenir très faible. Cette notion de rabattement maximum est très importante dans le cadre de débits potentiels des eaux souterraines.

La localisation des nappes perchées dans les loëss doit également faire l'objet de campagne d'acquisition de données, au travers de forages de reconnaissances ou encore de campagnes géophysiques hautes résolutions.

Une source importante d'incertitude vient de l'absence de réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines hors nappe rhénane. L'implantation d'un réseau de mesures plus dense, notamment dans les ressources identifiées comme présentant un potentiel en eaux souterraines, devrait être envisagée. Un tel réseau constitue par ailleurs la base de toute mesure de gestion des périodes d'étiages.



## 8. Conclusion

L'analyse de l'utilisation des eaux souterraines en zones de « piémont » a montré des potentiels contrastés :

- certaines zones, où une forte pression est exercée sur la ressource principale, ne présentent pas de potentiel en eaux souterraines suffisant pour substituer les prélèvements actuels :
  - zones sous couverture de lœss épaisse ou de dépôts marneux de l'Oligocène. Les secteurs concernés sont ceux du Seltzbach, de la Souffel, de la Zorn et de la Moder,
  - zones de dépôts des alluvions vosgiennes sur socle, qui ne bénéficient pas de soutien d'étiage (zone du Giessen) ;
- des zones avec un réel potentiel en eaux souterraines ont été identifiées :
  - dans la partie profonde de l'aquifère rhénan sous couverture (secteur de la Souffel),
  - dans la nappe du Pliocène d'Haguenau (secteur de la Moder),
  - dans les secteurs de Grès vosgiens (Bruche/Mossig principalement),
  - localement dans les domaines de socle cristallin (Giessen) ;
- des zones où la ressource paraît surexploitée localement (Thur, Doller) mais où la gestion du soutien d'étiage permet un équilibre entre les prélèvements et la ressource en période de basses eaux.

Les différentes analyses ont également permis d'identifier un certain manque de connaissance sur les capacités de la ressource :

- à court terme :
  - des incertitudes résident sur les débits potentiels et les profondeurs de forages nécessaires. Selon les aquifères, ces incertitudes sont liées à la complexité et/ou au manque de données/connaissances,
  - il existe également un aléa sur la réalisation des forages demandant potentiellement une technicité plus poussée et un niveau de connaissance plus local ;
- à long terme :
  - le fonctionnement de la recharge des aquifères captifs est globalement mal connu, que ce soit sur la durée (pluriannuelle ?) ou sur la provenance de l'eau (apports latéraux, circulation profonde, infiltration via la couche de couverture ?),
  - l'évaluation de la pression et de la résistance à la sécheresse nécessite un suivi des eaux souterraines, souvent absent.

Dans le cadre d'une gestion durable de la ressource en eaux souterraines, la situation doit être évaluée dès la fin de la période de recharge saisonnière. Si celle-ci a été faible ou n'a pas permis un retour à l'équilibre après une année sèche, la mise en place d'une gestion rationnée des prélèvements peut être recommandée dès mars ou avril.

La mise en place d'un système de suivi des eaux souterraines plus important en dehors de la nappe rhénane est recommandé. Il s'agit de la première étape de l'acquisition de connaissances complémentaires sur les aquifères étudiés.

Des propositions de veille sur l'acquisition de connaissances à la réalisation de forages sont établies dans l'annexe 1.



## 9. Bibliographie

**AFNOR** (2014) - Norme française NF X 10-999. Forage d'eau et de géothermie - Réalisation, suivi et abandon d'ouvrage de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages. 71 p.

**Allier, D., Tormo, F., et Brugeron, A.** (2011) - Étude préliminaire du risque d'inondations par remontées de nappes. BRGM/RP-59890-FR. 61 p.

**APRONA** (2013) - Étude sur la nappe du Plio-Quaternaire de la terrasse de Haguenau-Riedseltz. 107 p.

**Arnaud, L.** (2016) - Estimation des volumes prélevables dans les aquifères à nappe libre: retour d'expériences sur les méthodes utilisées, identification des problèmes rencontrés, recommandations. BRGM/RP-64615-FR. 107 p.

**Baierer, C.** (2012) - Expertise en vue d'un constat de reconnaissance de catastrophe naturelle par remontée de nappe. Commune de Thann. BRGM/RP-60873-FR. 23 p.

**BRGM** ([s d]) - Étude hydrologique des bassins de la Lèpvrette et du Giessen. 100 p.

**Brugeron, A.** (2014) - Synthèse hydrogéologique des zones de bordure « Graben de Pfulgriesheim », « Mommenheim – Brumath - Cône de la Zorn » et « Entzheim - Basse vallée de la Bruche ». Coll. « Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan. », BRGM/RP-64204-FR. 148 p.

**Brugeron, A.** (2017) - Synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Kintzheim. Coll. « Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan. », BRGM/RP-66604-FR. 78 p.

**Chambre d'Agriculture Alsace** (2017) - Diagnostic des pratiques de l'irrigation sur différents bassins versants alsaciens. Perspectives et cohabitation entre les différents usages de l'eau. Volet 1-Axe 1. 72 p.

**Collin, J. J., Genna, A., Margat, J., et Landreau, A.** (1994) - Cartographie de la résistance à la sécheresse des principaux systèmes aquifères régionaux à nappe libre. BRGM R37734.

**Conseil Général du Bas-Rhin** (2011a) - Service Rivières « Le Bassin Versant de la Souffel ».

**Conseil Général du Bas-Rhin** (2011b) - Service Rivières « Le Bassin Versant de la Bruche et de la Mossig ».

**Conseil Général du Bas-Rhin** (2011c) - Service Rivières « Le Bassin Versant de L'Ehn, de L'Andlau et de la Scheer ».

**Conseil Général du Bas-Rhin** (2011d) - Service Rivières « Le Bassin Versant du Giessen et de la Lièpvrette ».

**Conseil Général du Bas-Rhin** (2011e) - Service Rivières « Le Bassin Versant du Seltzbach ».

**Conseil Général du Bas-Rhin** (2011f) - Service Rivières « Le Bassin Versant de la Zorn ».

**Conseil Général du Haut-Rhin** (2013) - SAGE de la Doller « Diagnostic du bassin versant – les enjeux du SAGE ».

**Giuglaris, E., Baierer, C., Mesquita Muniz, J., et Agnus, C.** (2017) - Étude de la sensibilité à la sécheresse des ressources en eau dans les Vosges (versant alsacien). BRGM/RP-66696-FR. 144 p.

**Hirlemann, G.** (1972) - Géologie du champ de fractures de Ribeauvillé (Haut Rhin). Institut de Géologie, 29 p.

**Lachassagne, P., Wyns, R., Bérard, P., Bruel, T., Chéry, L., Coutand, T., Desprats, J.-F., et Strat, P. L.** (2001) - « Exploitation of High-Yields in Hard-Rock Aquifers: Downscaling Methodology Combining GIS and Multicriteria Analysis to Delineate Field Prospecting Zones ». Groundwater, vol. 39, n° 4, p. 568-581. doi: 10.1111/j.1745-6584.2001.tb02345.x.

**Lecluse, S.** (2014) - « Modélisation de l'influence du changement climatique sur la nappe phréatique du Rhin Supérieur ». Thèse, Université de Strasbourg, 292 p.

**Manlay, A.** (2017) - Analyse et cartographie des besoins et ressources en eaux souterraines et superficielles en Alsace. Perspectives et cohabitation entre les différents usages de l'eau. Volet 1-Axe 2. Région Grand Est, 84 p.

**Menillet, F., Vogt, H., Schwoerer, P., Boudot, J.-P., Geissert, F., et Lougnon, J.-M.** (1980) - Notice explicative, Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille de Saverne. BRGM, 59 p.

**Menillet, F., Coulon, M., Fourquin, C., Paicheler, J.-C., Lougnon, J.-M., et Letterman, M.** (1989) - Notice explicative, Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille de Thann. BRGM, 137 p.

**Menillet, F., Durand, M., Genter, A., et Party, J.-P.** (2015) - Notice explicative, Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille de Haguenau (2ème édition). BRGM, 345 p.

**Ministère de l'écologie et du développement durable** (2004) - Guide d'application de l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 relatif à la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau. 89 p.

**Région Alsace** (2012) - Rapport final Projet Interreg IV « Liaison Opérationnelle pour la Gestion de l'Aquifère Rhénan (LOGAR) ». 252 p.

**SAGE Giessen-Lièpvrette** (2007) - Bilan hydrologique. 61 p.

**Schomburgk, S. et Hamm, V.** (2011) - Modélisation de la nappe profonde du Pliocène de Wissembourg/Bad Berzabern. BRGM/RP-60230-FR. 89 p.

**Seguin, J. J., Gomez, E., et Wuilleumier, A.** (2009) - Les indicateurs piézométriques. Un outil dans la gestion des hydrosystèmes. Orientations méthodologiques. BRGM/RP-58139-FR. 162 p.

**Seguin, J. J. et Wuilleumier, A.** (2006) - Exploitabilité des ressources en eau souterraine en France - Résistance à la sécheresse des principaux aquifères à nappe libre. BRGM/RP-55188-FR. 116 p.

**Thierion, C.** (2011) - « Modélisation du fonctionnement de l'aquifère alluvial du fossé rhénan supérieur, vulnérabilité sous l'impact du changement climatique ». Thèse, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 190 p.

**Urban, S., Boucher, J., Mardhel, V., Xu, D., et Schomburgk, S.** (2013) - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Rhin-Meuse. Délimitation des entités hydrogéologique de niveaux 1, 2 et 3 en Alsace. BRGM/RP-62217-FR. 101 p.

**Urban, S. et Degrelle, F.** (2011) - Capacité d'alimentation du SIAEP par la nappe de la Doller (68). BRGM/RP-60470-FR. 19 p.

**Wyns, R., Baltassat, J.-M., Lachassagne, P., Legchenko, A., Vairon, J., et Mathieu, F.** (2004) - « Application of proton magnetic resonance soundings to groundwater reserve mapping in weathered basement rocks (Brittany, France) ». Bulletin de la Société Géologique de France, vol. 175, n° 1, p. 21-34. doi: 10.2113/175.1.21.

**Sites internet consultés :**

ADES. <http://www.ades.eaufrance.fr/>

AERM. [www.eau-rhin-meuse.fr](http://www.eau-rhin-meuse.fr)

APRONA. <http://www.aprona.net/>

Banque Hydro. [www.hydro.eaufrance.fr](http://www.hydro.eaufrance.fr)

BNPE. <http://www.bnpe.eaufrance.fr/>

GéoGrandEst. <https://www.cigalsace.org/portail/>

Infoterre. <http://infoterre.brgm.fr/>

Legifrance. <https://www.legifrance.gouv.fr>

SANDRE. <http://www.sandre.eaufrance.fr/>

SIGES Aquifère Rhénan. <http://sigesar.brgm.fr/>

Météo France. <https://donneespubliques.meteofrance.fr/>



## **Annexe 1**

# **Rappels concernant la réalisation et le suivi des forages**



## Réalisation et réception d'un forage

### Les cadres réglementaires applicables

Les différents codes applicables à la réalisation d'un forage sont :

- le Code minier applicable à tout ouvrage de plus de 10 mètres de profondeur. Il est donc applicable à tous les forages d'eau quel que soit le volume de prélèvements ou son statut dépassant une profondeur de mètres ;
- la « Loi sur l'Eau » qui fait partie du *Code de l'Environnement* encadrant spécifiquement tous les forages d'eau. Plus précisément on fera référence par la suite aux points suivants :
  - articles L. 214-1 et 214-3 du Code de l'Environnement,
  - arrêté interministériel « forage » du 11 septembre 2003 relatif à la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau. Tous les forages agricoles (sauf rares exceptions) présentant un prélèvement supérieur à 1 000 m<sup>3</sup>/an que le forage soit abouti ou infructueux.

Un guide d'application de l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 est par ailleurs disponible sur internet, avec un découpage possible par fiches et thématiques. Cette note est essentiellement basée sur cet ouvrage pour le cadre réglementaire

### Les normes complémentaires :

La principale norme existante est la norme AFNOR NF X 10-999 sur le forage d'eau (AFNOR, 2014). Les points spécifiques sont précisés dans le texte ci-dessous.

### Réalisation d'un forage

#### Déclaration du forage et code « BSS »

*Code minier et code BSS :*

L'obligation de déclaration *préalable* s'impose à tout forage (ou ouvrage souterrain) dépassant 10 mètres (article 131 du Code minier). Ces informations sont archivées et conservées dans la banque du sous-sols (BSS) gérée par le BRGM et accessible au public (article 132 du Code minier).

Le code BSS est attribué par le BRGM. Ce code est unique pour « tout objet ayant trait à la géologie » qu'il s'agisse, dans le cas de l'irrigation, d'un puits d'une source ou d'un forage. Ce code unique et stable est un identifiant national qui est utilisé par l'ensemble des services : Agence de l'eau, DREAL, ARS...

Le guide interministériel précise : « La déclaration relève du propriétaire de l'ouvrage et du foreur intervenant pour son compte. Il s'agit d'une responsabilité conjointe pouvant être recherchée en cas de désordres constatés. Le défaut de déclarations est passible de sanctions pénales ».

Dans le cadre de forage agricole, cette déclaration inclut aussi les forages infructueux.

### Étapes de la déclaration applicable au forage d'eau :

Les étapes sont :

- la déclaration d'intention en préfecture : les éléments nécessaires pour obtenir le récépissé de déclaration sont listés dans le guide interministériel ;
- si nécessaire, les éléments complémentaires à fournir après réception du récépissé et au plus tard 1 mois avant les travaux ;
- le rapport de fin de travaux qui doit être remis dans les deux mois maximum suivant la fin des travaux.

### Acquisition de connaissances durant la phase de foration

Lors de la réalisation du forage les éléments suivants doivent être recueillis :

- la coupe géologique détaillée avec repérage des niveaux particuliers (présence de pyrite par exemple) ;
- les profondeurs et les débits estimés des arrivées d'eau successives ;
- la qualité de ces arrivées d'eau ;
- les problèmes rencontrés lors de la foration, notamment la différence entre le volume de ciment réellement injecté et le volume calculé.

La norme NF X 10-999 précise que la coupe géologique détaillée doit être établie sur la base de l'analyse des échantillons tous les mètres dans des milieux homogènes et à chaque changement de faciès. En sus des échantillons, les éléments suivants doivent être contrôlés en continu lors du forage :

- la profondeur ;
- la vitesses d'avancement du forage ;
- les pertes ;
- les arrivées d'eau.

La coupe géologique peut être revue *a posteriori* si une préservation des échantillons adaptée a été réalisé durant le forage. La norme NF X 10-999 indique ainsi que les « Les échantillons doivent être entreposés sans avoir été préalablement lavés, à l'abri des intempéries soit dans des sacs étanches ou des casiers fermés portant l'indication des profondeurs forées et des références du forage (ces indications doivent être indélébiles) ».

### Essais de pompage

Deux types d'essais sont à réaliser :

- les tests de l'ouvrage ou essais par paliers. Ils consistent *a minima* en 3 à 5 paliers de débits croissant mais de durées constantes de minimum 1 h chacun et espacés d'un temps d'arrêt au moins équivalent permettant un retour à l'équilibre de la nappe ;
- le test de la nappe ou essais longue durée. Il consiste à pomper à un débit constant en mesurant le rabattement sur l'ouvrage et les points environnants pendant une durée minimale de 12 h (arrêté forage). Les durées peuvent être ajustées en fonction du débit visé et notamment dans le cadre de la demande d'autorisation de prélèvements. Les durées minimales raisonnables sont les suivantes :
  - pour les débits journaliers inférieurs ou égaux à 20 m<sup>3</sup>/j, une durée de 12 h peut être suffisante,
  - etc.

La norme NF X 10-999 explicite avec précision les conditions matérielles nécessaires à la réalisation des essais : matériel, mise en place, pas de temps minimal pour les mesures etc...

## **Rapports de fin de travaux et interprétation des données**

### Contenu

Déclaration au titre de la rubrique 1.1.1.0 de l'article R 214-1 du Code de l'Environnement accompagnant la création d'un ouvrage d'accès à la nappe.

À joindre impérativement, par ouvrage (cf. guide et arrêté du 11/09/03, (Ministère de l'écologie et du développement durable, 2004) :

- une coupe lithologique représentant les résultats du carottage et indiquant le niveau de nappe au repos pour chaque nappe traversée ;
- une coupe technique de l'ouvrage précisant, les diamètres, les matériaux, les hauteurs de tubages, pré-tubages, la cote NGF de la crépine et la hauteur crépinée) ;
- une photographie de la tête de forage ;
- les résultats d'essais de pompages ;
- les modalités de contrôles et de suivi pour les ouvrages conservés ;
- les résultats d'analyse d'eau ;
- pour les ouvrages abandonnés, une coupe récapitulative des modalités de comblement.

### Éléments préliminaires

Pour rappel, « un même ouvrage ne peut en aucun cas permettre le prélèvement simultané dans plusieurs aquifères distincts superposés » ainsi « chaque formation aquifère non exploitée doit être accompagnée par cuvelage et cimentation ».

### Interprétation des essais de pompage

La norme NF de l'ISO 22282 traite des exigences relatives aux essais de pompage réalisés dans le cadre d'une mission de reconnaissance géotechnique conformément à l'EN 1997-1 et l'EN 1997-2. En principe, un essai de pompage consiste à rabattre le niveau piézométrique de la nappe par pompage à partir d'un puits (puits d'essai), et mesurer le débit pompé et le niveau d'eau dans le puits d'essai et les piézomètres, avant, pendant et après le pompage, en fonction du temps. Elle s'applique aux essais de pompage réalisés sur des formations aquifères dont la perméabilité est telle que le pompage à partir d'un puits peut créer un rabattement du niveau piézométrique en quelques heures ou jours selon les conditions de terrain et l'objectif. Il traite des essais de pompage réalisés dans les sols et les roches. Les essais concernés sont ceux destinés à évaluer les paramètres hydrodynamiques d'une formation aquifère et les paramètres du puits, tels que la perméabilité de la formation aquifère, le rayon d'influence du pompage, le débit de pompage d'un puits, la réponse en termes de rabattement dans une formation aquifère pendant le pompage, l'effet pariétal, l'emménagement du puits, et la réponse en termes de remontée dans une formation aquifère après pompage.

## **Cas d'aquifères complexe, présentant une incertitude sur le débit ou sur le maintien au long terme (recharges, paramètres physico chimiques, zones de karsts...).**

### **Suivi d'une exploitation**

#### **Les cadres réglementaires applicables**

Le principal texte portant sur le suivi de l'exploitation est le Code de l'Environnement. Elle comprend notamment le texte encadrant les redevances des agences de l'eau et la police de l'eau.

- nomenclature 1.1.1 du Code de l'Environnement ;
- articles L 214.1 à 6 pour les prélèvements.

À nouveau, le guide d'application de l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 présente des points complémentaires relatifs au suivi d'un forage d'eau et le cas ultime, les procédures d'abandon.

#### **Les différentes normes existantes et leur champs d'applications**

##### **Suivi des prélèvements**

Partie réglementaire : *des préconisations existent sur la mise en place des compteurs débitométriques, notamment dans les normes. Notamment :*

- équipements nécessaires de la tête de forage pour assurer un suivi des prélèvements ;
- précision d'un cahier de suivi.

##### **Suivi des forages**

D'après le guide interministériel :

« Les conditions de réalisation et d'équipements d'un forage doivent permettre de relever le niveau statique de la nappe au minimum par sonde électrique ».

##### **Suivi de la piézométrie**

Dépend des collectivités.

Demande de mesure de niveau d'eau dans le puits avant et après chaque mise en exploitation annuelle.

#### **Proposition sur l'acquisition de connaissances**

Les demandes pouvant être réalisées pour l'octroi de la subvention d'un forage sont :

##### **Veille sur l'acquisition de connaissances à la réalisation de forages**

1) Les éléments réglementaires tels que :

- la déclaration préalable à la préfecture avec la déclaration d'incidence ;
- la présentation du code BSS après réalisation du forage avec l'ensemble des éléments déclaratifs :
  - coordonnées GPS + localisation sur un plan cadastral,

- cote NGF du forage,
  - l'entreprise en charge du forage + maitre d'ouvrage et maitre d'œuvre si nécessaire,
  - date de la réalisation du forage ;
- la présentation du rapport de fin de travaux tel que défini dans le cadre de l'arrêté interministériel du 11/9/2003 relatifs à la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau. Pour rappel ce rapport doit notamment comprendre ;
- une coupe géologique avec indication du ou des niveaux des nappes rencontrées,
  - une coupe technique de l'ouvrage précisant les caractéristiques des équipements,
  - les modalités d'équipements des forages aboutis,
  - les résultats des pompages d'essais, interprétation et évaluations de l'incidence de ces pompages sur la ressource en eau souterraine et sur les ouvrages voisins. Pour rappel deux types de pompages d'essais sont demandés (cf. paragraphe 0 ),
  - les résultats d'analyse d'eau le cas échéant.
- 2) De manière à conforter les informations réglementaires, et sans demander la mise en place d'opérations particulières au regard de la loi sur l'eau, les éléments de précisions suivants peuvent être demandés :
- une coupe géologique détaillée peut être requise, notamment dans les zones complexes ou les zones présentant plusieurs niveaux aquifères ;
  - au niveau des résultats des essais de pompage, il peut être précisé les demandes suivantes :
    - le protocole utilisé incluant les dates, les durées de pompage et les débits,
    - les courbes de débits et de rabattement mesurées et enregistrées,
    - les chroniques numériques de débits et de rabattement (ou pression le cas échéant) des essais de longue durée,
    - le suivi sur 3 points environnants pour les forages prétendant exploiter à des débits supérieurs à 80 m<sup>3</sup>/h ou les justificatifs de la non-réalisation de cette acquisition de données,
    - la courbe caractéristique sur tous les ouvrages présentant au moins trois points ainsi que l'interprétation en terme de débit critique et d'exploitation. La référence en terme d'interprétation peut être la norme NFX 10-999,
    - une interprétation minimum des résultats de l'essai de longue durée telle que l'absence ou la présence de limites à l'aquifère et le calcul d'une transmissivité moyenne ;
  - les prévisions d'exploitation avec le débit prévu justifié au regard des éléments géologiques et hydrogéologiques.

Les éléments proposés peuvent totalement être intégrés dans le rapport de fin de travaux car ce ne sont que des précisions des éléments obligatoires.

- 3) En complément de ces éléments, des opérations complémentaires pourraient être demandé dans le cadre de la caractérisation d'aquifères complexes présentant de fortes incertitudes et/ou nouvellement exploités.

### **Veille sur l'acquisition de connaissances lors du suivi de l'ouvrage**

Normatif :

- 1) À la réception de l'ouvrage il peut être demandé une description technique de la tête de forage et des éléments prévu pour le suivi des prélèvements et du niveau d'eau.
- 2) Cahier d'entretien obligatoire : relevé bi annuels du niveau d'eau avant et après la période d'irrigation .

## **Annexe 2**

### **Note de travail concernant la sélection des bassins versants de l'étude**



Note méthodologique : Sélection des BV

## 1. Introduction

Cette note présente la méthode utilisée pour la sélection des bassins versants (BV) qui seront soumis à proposition pour être étudiés dans le cadre du projet « Perspectives et cohabitation entre les différents usages de l'eau : de l'équilibre entre les usages agricoles à une gestion partagée des bassins versants ».

L'objectif étant de définir au mieux les secteurs d'étude pour lesquels, durant la tâche 2, seront calculés les différents indicateurs (recharge, résistance à la sécheresse, propriété de l'aquifère, liens eaux souterraines/eaux superficielles, etc.).

Le principe de l'approche s'appuie sur 4 critères principaux :

- La répartition des zones de cultures dites « à hautes valeurs ajoutées », également appelées « cultures spéciales » ou « cultures à enjeux » ;
- Les indices témoignant d'une forte tension quantitative en termes de ressource en eau ;
- L'accessibilité à la ressource en eau souterraine qui se traduit par la profondeur de la nappe ;
- Le volume d'eau destiné à l'irrigation.

L'unité de travail retenue est la zone hydrographique de la BD CARTHAGE. Plusieurs zones hydrographiques forment un sous-secteur hydrographique. Cette échelle est également utilisée dans l'étude.

## 2. Présentation des critères

Le tableau ci-après présente les 4 critères utilisés pour le choix des bassins versants :

| Critère           | Cultures à enjeux            | Tension quantitative                        | Accessibilité à l'eau                  | Volume d'eau destiné à l'irrigation                        |
|-------------------|------------------------------|---|--|--|
| Source            | RPG anonyme 2013             | Arrêtés préfectoraux sécheresse depuis 2003 | BRGM (2011)                            | AERM/BNPE  |
| Données utilisées | Surface de cultures à enjeux | Nombre max. d'arrêtés « sécheresse »        | Epaisseur de la Zone Non Saturée (ZNS) | Volumes moyens annuels destinés à l'irrigation (2008-2013) |

Tableau 1 – Présentation des critères utilisés pour la sélection des BV

### 3. Traitement des données

#### 3.1. ZONES DE CULTURES A ENJEUX

Les zones hydrographiques sont classées en fonction de leur surface en zones de cultures spéciales. La notation par zone hydrographique étant la suivante :

- Absence de cultures spéciales = 0
- < 25 ha = 1
- Entre 25 et 50 ha = 2
- Entre 50 et 100 ha = 4
- Entre 100 et 200 ha = 8
- > 200 ha = 16

Pour évaluer l'impact de la classe de culture « autres cultures industrielles » du RPG anonyme, deux cas distincts ont été évalués :

- Un cas où les cultures industrielles étaient prises en compte ;
- Un autre cas où elles n'étaient pas considérées.

En l'absence d'éléments complémentaire, le choix a été porté sur la moyenne des deux cartographies précédentes.

#### 3.2. INDICES DE FORTE TENSION QUANTITATIVE

L'approche du traitement des indices de forte tension quantitative a consisté à :

- 1) Comptabiliser le nombre d'arrêtés sécheresse par commune et par année depuis 2003 ;
- 2) Sommer le nombre d'arrêtés sécheresse par commune ;
- 3) Pour chaque zone hydrographique, attribuer la valeur maximale du nombre d'arrêtés par commune parmi les communes de la zone.

#### 3.3. ACCESSIBILITE DE LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE

A l'aide des données d'interpolation de la ZNS datant de 2011, il a été décidé de raisonner selon trois classes d'épaisseur de ZNS (et donc de profondeur de la nappe d'eau souterraine) :

- De 0 à 10 m ;
- De 10 à 20 m ;
- Plus de 20 m.

La profondeur de 20 mètres est la profondeur usuellement considérée comme engendrant un coût de forage conséquent.

Une zone 10-20 mètres a été créée de manière à prendre en compte les hétérogénéités du milieu et permettre une meilleure visualisation de l'évolution de la profondeur.

Note méthodologique : Sélection des BV

Ensuite, pour chaque zone hydrographique, il a été calculé la superficie qu'occupait chaque classe de profondeur au sein de la zone. Ces superficies ont ensuite été ramenées en pourcentages.

Enfin, une note pondérée a été calculée pour chaque zone hydrographique en fonction des superficies déterminées précédemment selon la formule suivante :

$$\text{NOTE} = (\% \text{ZNS } 10-20) + (\% \text{ZNS} > 20) * 2$$

La classe ZNS 0-10 n'a pas été prise en compte car elle était éliminatoire en termes de facilité d'accès.

Les notes s'étendent de 0 à 192 :

- 0 signifie que la nappe d'eau souterraine se situe à faible profondeur (entre 0 et 10 m majoritairement) ;
- 192 signifie que la nappe d'eau souterraine se situe à une profondeur supérieure à 20 m.

#### 3.4. VOLUME IRRIGUE

Les données de volume d'irrigation de la BNPE sont fournies par point de prélèvement, par type d'eau (eaux souterraines et eaux superficielles) et par année. Elles ont été traitées de la manière suivante :

- Traitement des données sur les prélèvements en eau : volume par commune, par type d'eau, par année puis moyenne annuelle sur la période 2008-2013 ;
- Calcul des prélèvements moyens annuels sur la période 2008-2013 par zone hydrographique ;
- Rendu graphique.

## 4. Classement des BV

Les données liées aux cultures à enjeux et à la tension quantitative ont été croisées dans un premier temps. Puis, l'analyse de la ZNS et du critère irrigation a permis d'affiner le choix des BV.

### 4.1. CULTURES A ENJEUX ET INDICES DE FORTE TENSION QUANTITATIVE

L'approche est, pour chaque zone hydrographique, de multiplier les notes obtenues sur le critère « zones de cultures à enjeux » par le critère de forte tension quantitative traduit par le « nombre maximal d'arrêtés sécheresse ».

La multiplication de ces deux classes fait alors ressortir les zones hydrographiques prioritaires d'un point de vue de la superficie des cultures à enjeux en relation avec les indices de forte tension quantitative.

Le croisement de ces données est présenté dans la figure ci-après (cf. Figure 1).

Note méthodologique : Sélection des BV

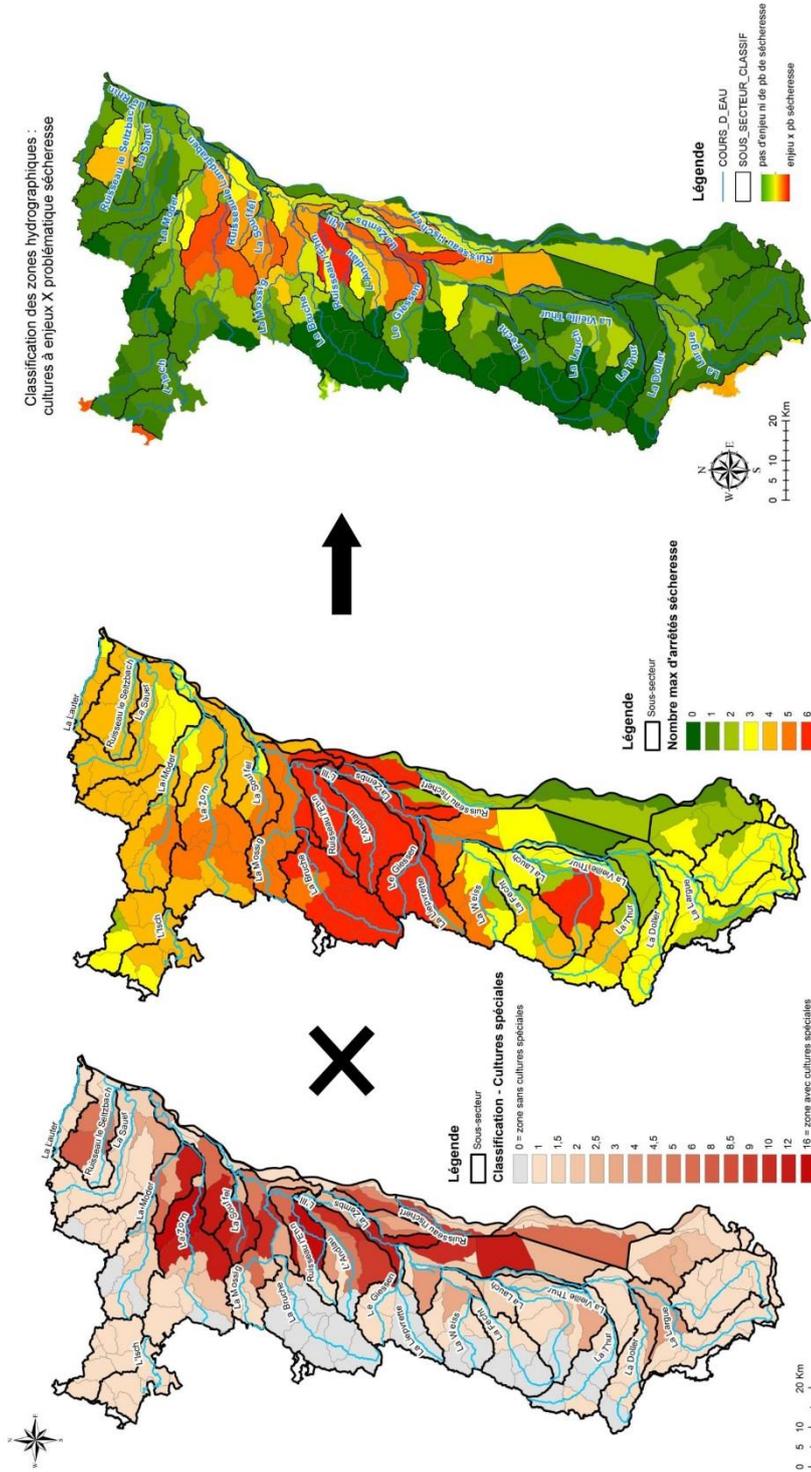


Figure 1 – Carte des critères « cultures à enjeu », et « forte tension quantitative », et résultat du croisement de ces données (à droite)

Note méthodologique : Sélection des BV

Les notes s'étendent de 0 (pas d'enjeux) à 96 (zones à enjeux).

Pour la zone du piémont vosgien, le croisement des cultures à enjeux avec le critère « sécheresse » met en évidence une première liste de 10 BV :

- Andlau
- Ehn
- Giessen aval
- Horgiessen
- Landgraben
- Moder
- Mossig/Bruch aval
- Seltzbach
- Souffel
- Zorn aval

#### 4.2. ACCESSIBILITE A LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE

L'analyse de la classification ZNS des zones hydrographiques montre que l'épaisseur de la ZNS est plus importante dans les zones hydrographiques de piémont que dans les zones hydrographiques de plaine.

En d'autres termes, la grille ZNS indique que l'eau souterraine est plus accessible en plaine d'Alsace que dans le piémont vosgien.

L'étude de la ZNS a permis de retirer le Giessen aval et le Landgraben en raison du niveau de la nappe, inférieur à 10 m.

Les 8 BV retenus, après avoir utilisé le critère ZNS, sont les suivants :

- Andlau
- Ehn
- Horgiessen
- Moder
- Mossig/Bruch aval
- Seltzbach
- Souffel
- Zorn aval

#### 4.3. VOLUME IRRIGUE

En termes de volume irrigué, les irrigants de la plaine d'Alsace et particulièrement de la région du Grand Ried, pompent des volumes bien plus importants que ceux du piémont vosgien.

Pour les BV du piémont vosgien, les prélèvements destinés à l'irrigation sont globalement du même ordre de grandeur.

L'irrigation est toutefois plus importante dans les bassins versants de la Fecht (en aval, après la confluence avec la Weiss, au niveau de Guémar et Ribeauvillé), du Giessen (en aval, à Scherwiller et Ebersheim par exemple), et de l'Andlau (particulièrement sur les communes de Stotzheim et Dambach-la-Ville).

La figure 2 ci-après présente les cartes du classement des zones hydrographiques pour les critères « accessibilité à l'eau » et « volumes irrigués ».

Note méthodologique : Sélection des BV

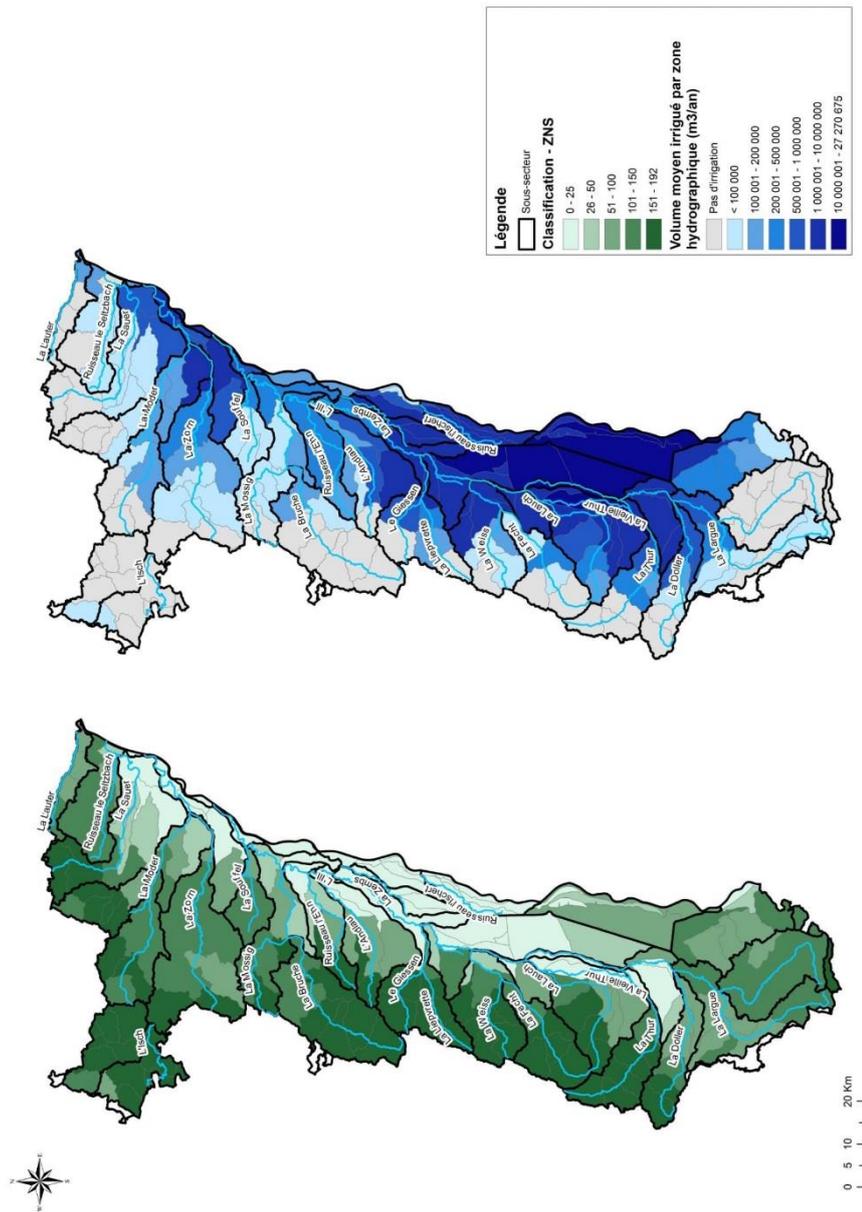


Figure 2 – Zones hydrographiques classées selon le critère d'accessibilité à l'eau traduit par l'épaisseur de la ZNS (à gauche) et volume moyen irrigué par zone hydrographique en m<sup>3</sup>/an pendant la période 2008-2013 (à droite)

BRGM – Document de travail

7

Note méthodologique : Sélection des BV

## 5. Proposition de sélection des BV

Le croisement et l'analyse des critères « cultures à enjeux », « indices de forte tension quantitative », « accessibilité à l'eau » et « volume irrigué » ont permis de dégager une liste de 8 BV :

- Andlau
- Ehn
- Horgiessen
- Moder
- Mossig / Bruche aval
- Seltzbach
- Souffel
- Zorn aval

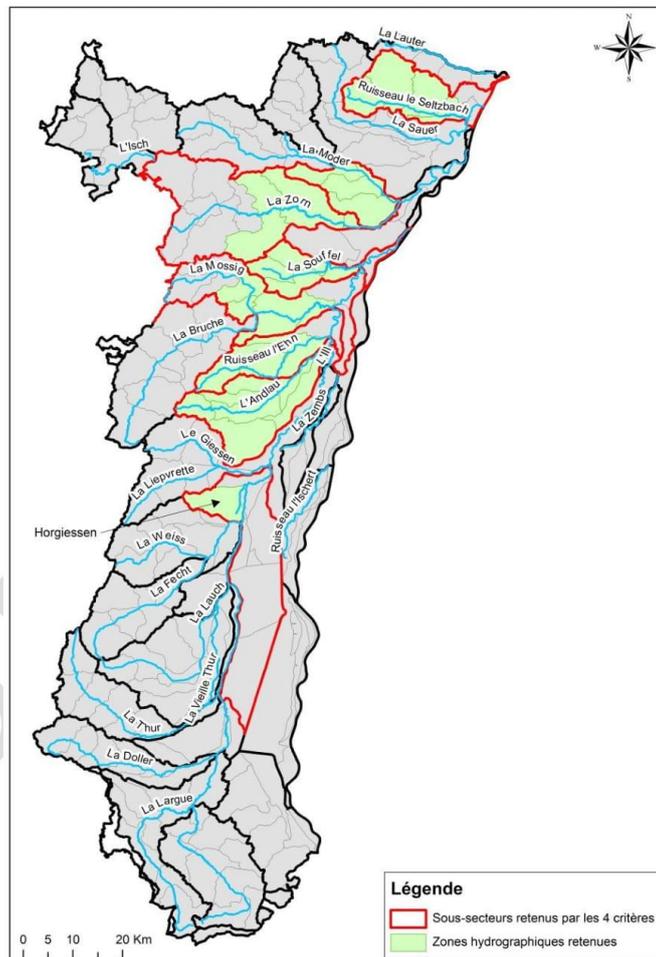


Figure 3 – Sous-secteurs et zones hydrographiques mis en avant par le croisement des données

Note méthodologique : Sélection des BV

## **Annexe 1**

### **Tableau de synthèse des études de la Chambre d'Agriculture**

NOTE DE TRAVAIL

BRGM – Document de travail

11

Note méthodologique : Sélection des BV

|  | Andlau   | Bruche  | Ehn  | Fecht   | Giessen  | Seltzbach   | Souffel  |
|--|--|---|--|---|--|---|--|
| Recouvrement de la nappe d'Alsace        | Moitié du BV   | Faible partie du BV   | Moitié du BV   | Très peu présente   | Giessen  | Absente   | Présente en partie aval  |
| Profondeur de la nappe d'Alsace          | En aval : 5 à 10 m ;<br>En amont : plus de 20 m  | En aval : qq mètres<br>En amont : jusqu'à 30 m  | En aval : peu profonde<br>En amont : jusqu'à 30 m  | Assez profond (~20 m)   | En aval : peu profonde<br>En amont : jusqu'à 30 m  | -   | Moins de 5 m à plus de 30 m  |
| Soils et réserve utile                   | En aval : bonne RU ;<br>En amont : RU faible   | Variable, sols hétérogènes  | Variable. La moitié du BV a une RU ~ 200 mm  | Soils relativement superficiels en majorité (faible RU)   | Soils diversifiés ; faible RU  | 80% des sols du BV avec une bonne RU (~200 mm)  | Soils avec RU importantes (> 200 mm)   |
| Généralités sur l'agriculture dans le BV | Premières zones de cultures sur la moitié aval. Viticulture en piémont. Prairies en amont.                       | Partie aval : zone de cultures, notamment industrielles et viticultures. Prairies en amont. | Viticulture, vergers puis cultures céréalières en aval. Prairies en amont.                                       | Partie aval : viticulture essentiellement, élevage intensif ; cultures et vergers le long de la Fecht à l'extrême aval<br>Partie amont : élevage laitier extensif | Agriculture sur 22% du territoire. Partie amont : prairies, quelques cultures, viticulture<br>Partie aval : cultures annuelles (céréales à paille et maïs) | Partie aval : surfaces importantes en prairies et en cultures de maïs et vigne ;<br>Partie amont : terres labourables (maïs, blé, betteraves) | Agriculture sur 80 % du territoire ; dominante de cultures annuelles (maïs, blé, tabac, betteraves)  |
| Pratique de l'irrigation                 | Partie aval : pratique d'appoint pour cultures spéciales ;<br>Partie intermédiaire : 6 tours d'eau (180 mm)      | Destinée en majorité aux cultures spéciales (pommes de terre, tabac, etc.)                  | Cas par cas  | Secteur de Wehr-au-Val, 1 à 6 tours d'eau pour le maïs, 1 tour d'eau par coupe de fourrage (3 à 4 coupes).  | Secteur « Plaine » : l'ensemble de cette surface est irriguée  | Pratique récente et localisée   | Prélèvement en eau superficielle majoritairement ; débits variables  |
| Cultures                                 | Productions céréalières majoritaires, avec présence importante de productions légumières (chou, pommes de terre) | Cultures industrielles, viticultures, vergers, maïs, etc.                                   | Productions céréalières majoritaires, avec présence importante de productions légumières (chou, pommes de terre) | Maïs, fourrage, arboriculture, prairies   | Cultures d'hiver (blé), maïs grain et fourrage, betterave, maïs semence  | Maïs (grain, fourrage, semence), betterave, pommes de terre, cultures légumières, tabac   | Tabac (60 ha en 2016), poireaux, pissenlits, échalotes, betteraves   |
| Besoins en eau                           | Blé, maïs grain, fourrage, betterave, tabac  | Pommes de terre, maïs semence   | Maïs, betteraves, oignons, chou, pommes de terre, carotte  |   |  |   |  |
| Matériel d'irrigation                    | Partie aval : enrouleurs<br>Partie amont : couverture intégrale  |   | Enrouleurs   | Enrouleurs (70 m <sup>3</sup> /h) ; Canaux (submersion)   | Secteur « Plaine » : forages à 25 m ;<br>Secteur « La Vancelle » : prélèvement dans le Giessen ; Enrouleurs + pivot  | Canons d'irrigation   | Retenues d'eau tampons (< 1000 m <sup>3</sup> ) pour stocker l'eau de la Souffel en hiver.<br>Enrouleurs, gouttes à gouttes, micro-aspersion |
| Surface irriguée                         | 15-20 ha via ESU   | 60 ha via ESU   | 75 à 100 ha  | -   | Secteur « Plaine » : 150 ha<br>Secteur La Vancelle : 57 ha   | 138 ha  | 80 à 110 ha répartis de l'amont à l'aval   |
| Nombre d'irrigants et structure          | Premier réseau collectif du Bas-Rhin (250 ha) (Stotzheim)<br>6 irrigants via ESU                                 | 9 irrigants   | 10 irrigants   | 6 irrigants   | 3 irrigants  | 3 irrigants   | 13 irrigants   |
| Nombre de points de pompage              | Moins de 10 pts de pompage via ESU   | 17 points de pompages   | Environ 20   | -   | Environ 10   | 7   | Un peu plus de 20 points   |
| Volume irrigué                           | 3 600 à 12 000 m <sup>3</sup> /an  | 18 000 m <sup>3</sup> (2013) à 37 000 m <sup>3</sup> /an                                    | 20 000 m <sup>3</sup> (2013) à 60 000 m <sup>3</sup> (en 2015)   | 30 000 m <sup>3</sup> à 150 000 m <sup>3</sup>  | 60 000 m <sup>3</sup> (2014) à 100 000 m <sup>3</sup> (2016)   | 16 770 m <sup>3</sup> à 44 000 m <sup>3</sup>   | 30 000 m <sup>3</sup> (2014) à 100 000 m <sup>3</sup> (2016)   |
| Pompage en nappe souterraine             | -  | Quelques forages relativement profonds notamment  | -  | Pas de prélèvement  | Prélèvements existants   | Pas de prélèvement  | Peu de forages enregistrés ; 3 déclarations avec débits faibles (8 à 15 m <sup>3</sup> /h) et profondeurs entre 25 et 50 m                   |
| Nombre de projets                        | 2 projets  | 5 projets   | 5 projets  | Aucun   | Aucun retour   | 2   | Une 15aine   |
| Perspectives d'irrigation                | Développement nécessaire   | Développement nécessaire  | Développement nécessaire   | Pas de développement nécessaire maïs maintien   | Irrigation vitale  | Développement nécessaire  | Irrigation vitale  |

BRGM – Document de travail



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 - Orléans Cedex 2 - France  
Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale Grand Est  
Délégation de Strasbourg**  
Parc d'Activité Porte Sud - Bât H1  
Rue du Pont du Péage  
67118 - Geispolsheim - France  
Tél. : 03 88 77 48 90