



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne- Franche-Comté

Rapport final

BRGM/RP-73205-FR

Version 3 du 25 janvier 2024

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques publiques

DONEY C., VANCRAENENBROECK V. (CEREMA) avec la participation de SALL
H., LECONTE S., LION F.,

Vérificateur :

Nom : Pierre DURST

Fonction : Référent thématique

Date : 11/12/2023

Signature :

Approbateur :

Nom : Patrick CHARBONNIER

Fonction : Directeur Adjoint des Actions
Territoriales- Centre, Nord et Est

Date : 22/12/2023.

Signature :

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

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés : Géothermie, analyse des risques, cartographie, code minier, minime importance, télédéclaration, cartes réglementaires, Bourgogne-Franche-Comté

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

DONEY C., VANCRAENENBROECK V. (CEREMA) avec la participation de SALL H., LECONTE S., LION F., 2024. Modèle de rapport. Rapport final V2. BRGM BRGM/RP-73205-FR, 8 p.

© BRGM, 2023, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-09/03/2023

Synthèse

Dans le contexte du développement des énergies renouvelables et de la transition énergétique, la géothermie est une activité promue par le Ministère de la Transition Ecologique (MTE), notamment dans le cadre des actions de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). Afin de favoriser le recours à la géothermie, de tenir compte des évolutions technologiques et de mieux prendre en compte l'incidence des installations sur l'environnement, la réglementation relative à la géothermie de minime importance a fait l'objet d'une révision en 2015 (décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015).

Une carte indiquant les zones géographiques où peuvent exister des risques liés à la réalisation d'un forage géothermique a été réalisée à l'échelle nationale. Elle est appelée « carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance (GMI) ».

L'arrêté du 25 juin 2015, relatif à la carte des zones en matière de géothermie de minime importance, prévoit la possibilité de réviser localement la carte nationale pour apporter plus de précisions en matière de connaissance et de localisation des phénomènes redoutés. Dans cette carte régionale, les niveaux d'aléa ou de susceptibilité attribués à chaque phénomène peuvent être différents de ceux de la carte nationale en fonction des spécificités régionales.

Dans l'objectif d'avoir une carte régionale plus précise sur la Bourgogne-Franche-Comté, la DGPR, l'ADEME, le CEREMA et le BRGM ont financé la révision de la carte sur la région. Celle-ci a été réalisée conjointement par le BRGM et le Cerema pour le compte de la DREAL de Bourgogne-Franche-Comté.

L'élaboration de la carte de Bourgogne-Franche-Comté tient compte de 8 phénomènes redoutés pouvant être rencontrés lors de la réalisation des travaux d'un forage géothermique ou lors de l'exploitation du gîte géothermique. Conformément au guide méthodologique de 2015 et les préconisations faites dans son addendum (2023), les phénomènes retenus sont :

- Affaissement/surrection lié aux formations évaporitiques ;
- Affaissement/effondrement lié aux cavités (hors mines) ;
- Affaissement/effondrement lié aux cavités minières ;
- Mouvement de terrain de type glissement ;
- Pollution des sols et/ou des nappes souterraines ;
- Artésianisme ;
- Mise en communication d'aquifères ;
- Remontée de nappe.

Au total, six cartes proposant un nouveau zonage réglementaire ont été réalisées avec un maillage 500*500 mètres. Elles correspondent à deux technologies : les doublets sur aquifère (échangeur ouvert) et les sondes géothermiques verticales (SGV), et à trois gammes de profondeur : 10-50 m, 10-100 m, 10-200 m.

Elles distinguent trois zones selon l'importance des enjeux au regard des intérêts mentionnés aux articles L. 161-1 du code minier :

- Les zones dites « **rouges** » dans lesquelles la réalisation d'ouvrages de géothermie est réputée présenter des dangers et inconvénients graves et ne peut pas bénéficier du régime de la minime importance. Pas de procédure simplifiée, un dossier d'autorisation doit être déposé ;

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

- Les zones dites « **orange** » dans lesquelles les activités géothermiques de minime importance ne sont pas réputées présenter des dangers et inconvénients graves, mais dans lesquelles est exigée la production d'une attestation de compatibilité d'un projet de géothermie de minime importance, rédigée par un expert agréé prévue à l'article 22-2 du décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 modifié. La déclaration du projet est réalisée via un téléservice avec attestation de compatibilité d'un projet de GMI établie par un expert agréé ;
- Les zones dites « **vertes** » dans lesquelles les activités géothermiques de minime importance sont réputées ne pas présenter de dangers et inconvénients graves. La déclaration du projet est réalisée via un téléservice.

Quelle que soit la tranche de profondeur (10-50, 10-100 et 10-200 m), pour les doublets, la zone verte représente globalement 71-72% de la surface totale de la région Bourgogne-Franche-Comté, la zone orange 28% et la zone rouge 0,5-0,7%, tandis que pour les SGV les proportions sont respectivement de 69%, 28% et 2-3%.

Une comparaison de la carte réglementaire GMI nationale avec la carte réglementaire GMI régionale pour la gamme 10 à 200m a permis de mettre en évidence :

- Diminution des surfaces « éligible à la GMI » - 87-88% pour la carte nationale sur doublet et sur SGV contre 71-72% pour les cartes régionales sur doublet et 69% sur SGV ;
- Augmentation des surfaces « éligibles à la GMI après expertise » - 12 % pour la carte nationale sur doublet et sur SGV contre 28% pour la carte régionale sur doublet et sur SGV ;
- Une légère augmentation des surfaces « non éligibles à la GMI » avec 0,4 % pour la carte nationale contre 0,7% et 2-3% pour la carte régionale sur doublet et sur SGV.

Après validation des critères par les services de l'Etat, consultation publique et publication d'un arrêté par le Préfet, les cartes des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance de la région Bourgogne Franche Comté seront mises à disposition sur le site internet <http://www.geothermies.fr>

Sommaire

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introduction..... | 9 |
| 2 | Réglementation applicable à la géothermie de minime importance..... | 11 |
| 2.1 | Le Code minier..... | 11 |
| 2.2 | Les réglementations territorialisées..... | 12 |
| 3 | Méthodologie de réalisation de la carte réglementaire | 13 |
| 3.1 | Méthodologie utilisée | 13 |
| 3.2 | Grille utilisée et ses attributs..... | 15 |
| 3.3 | Calcul de cotation et élaboration des zones | 18 |
| 4 | Fiches des phénomènes redoutés..... | 19 |
| 4.1 | Phénomène "affaissement/surrection lié aux formations évaporitiques" | 19 |
| 4.1.1 | Description du phénomène et occurrences | 19 |
| 4.1.2 | Qualification du phénomène..... | 19 |
| 4.1.3 | Données utilisées et traitement | 19 |
| 1.1.1 | Cartographie du phénomène | 21 |
| 1.1.1 | Cotation des niveaux d'aléa | 22 |
| 4.2 | Phénomène « Affaissements / effondrements liés aux cavités (hors mines) » | 23 |
| 4.2.1 | Description du phénomène..... | 23 |
| 4.2.2 | Qualification du phénomène..... | 23 |
| 4.2.3 | Données utilisées et méthodologie employée..... | 24 |
| 4.2.4 | Cartographie du phénomène redouté | 25 |
| 4.2.5 | Cotation des niveaux d'aléa | 26 |
| 4.3 | Phénomène « Affaissements / effondrements liés aux cavités minières » | 26 |
| 4.3.1 | Description du phénomène..... | 26 |
| 4.3.2 | Qualification du phénomène..... | 27 |
| 4.3.3 | Données utilisées et méthodologie employée..... | 27 |
| 4.3.4 | Cartographie du phénomène redouté | 27 |
| 4.3.5 | Cotation des niveaux d'aléa | 28 |
| 4.4 | Phénomène « Mouvements de terrain (ou glissements de terrain) » | 29 |
| 4.4.1 | Description du phénomène..... | 29 |
| 4.4.2 | Qualification du phénomène..... | 29 |
| 4.4.3 | Données utilisées et méthodologie employée..... | 30 |
| 4.4.4 | Cartographie du phénomène redouté | 30 |
| 4.4.5 | Cotation des niveaux d'aléa | 32 |
| 4.5 | Phénomène « Pollution des sols et des nappes d'eau souterraine » | 32 |
| 4.5.1 | Description du phénomène..... | 32 |

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

| | | |
|-------|---|----|
| 1.1.1 | Données utilisées et méthodologie employée..... | 32 |
| 4.5.2 | Cartographie du phénomène redouté | 33 |
| 4.5.3 | Cotation des niveaux d'aléa | 34 |
| 4.6 | Phénomène « artésianisme »..... | 35 |
| 4.6.1 | Phénomène redouté | 35 |
| 4.6.2 | Qualification du phénomène..... | 35 |
| 4.6.3 | Données utilisées et traitement | 35 |
| 4.6.4 | Cartographie du phénomène redouté | 38 |
| 4.6.5 | Cotation des niveaux d'aléa | 39 |
| 4.7 | Phénomène « Mise en communication des eaux souterraines entre différents aquifères ».... | 39 |
| 4.7.1 | Description du phénomène..... | 39 |
| 4.7.2 | Qualification du phénomène..... | 39 |
| 4.7.3 | Données utilisées et méthodologie employée..... | 40 |
| 4.7.4 | Cartographie du phénomène redouté | 42 |
| 4.7.5 | Cotation des niveaux d'aléa | 43 |
| 4.8 | Phénomène « Inondation par remontée de nappe » | 43 |
| 4.8.1 | Description du phénomène..... | 43 |
| 4.8.2 | Qualification du phénomène..... | 44 |
| 4.8.3 | Données utilisées et méthodologie employée..... | 44 |
| 4.8.4 | Cartographie du phénomène redouté | 45 |
| 4.8.5 | Cotation des niveaux d'aléa | 46 |
| 5 | Cartes réglementaires | 47 |
| 5.1 | Les résultats..... | 47 |
| 5.2 | Comparaison entre les cartes réglementaires GMI nationales (10-200 m) et les cartes réglementaires GMI Régionales | 55 |
| 6 | Conclusion | 59 |
| 7 | BIBLIOGRAPHIE..... | 61 |
| 8 | ANNEXE | 63 |

Liste des figures

| | |
|---|-----------|
| Illustration 1 - Couverture géographique de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance de la région Bourgogne-Franche-Comté | 16 |
| Illustration 2 - Extrait de la table attributaire de la grille GMI Bourgogne-Franche-Comté | 18 |
| <i>Illustration 3 - Surface d’affleurement des formations géologiques contenant ou susceptibles de contenir des dépôts évaporitiques et localisation des forages BSS contenant des passes évaporitiques massives ou disséminées en région Bourgogne-Franche-Comté</i> | <i>21</i> |
| <i>Illustration 4 - Cartes des niveaux d’aléa du phénomène « affaissement /surrection lié aux formations évaporitiques » (tranche 10-200 m) en région Bourgogne-Franche-Comté</i> | <i>22</i> |
| <i>Illustration 5 - Carte des niveaux d’aléa du phénomène « affaissement/effondrement lié aux cavités minières » (tranche 10-200 m) en région Bourgogne-Franche-Comté</i> | <i>25</i> |
| <i>Illustration 6 - Carte des niveaux d’aléa du phénomène « affaissement/effondrement lié aux cavités minières » (tranche 10-200 m) en région Bourgogne-Franche-Comté</i> | <i>28</i> |
| <i>Illustration 7 - Carte des niveaux d’aléa du phénomène « mouvement de terrain de type glissement » (tranche 10-200 m).....</i> | <i>31</i> |
| <i>Illustration 8 - Carte des niveaux d’aléa du phénomène « pollution des sols et des nappes d’eau souterraines » (tranche 10-200 m)</i> | <i>34</i> |
| <i>Illustration 9 - Carte des niveaux d’aléa du phénomène « artésianisme » (tranche 10-200 m)</i> | <i>38</i> |
| <i>Illustration 10 - Localisation des zones présentant des multi-aquifères de 0 à 200 m en région Bourgogne-Franche-Comté.....</i> | <i>40</i> |
| <i>Illustration 11 - Localisation des zones de «mise en communication des nappes d’eau de 0 à 200 m en région Bourgogne-Franche-Comté.....</i> | <i>42</i> |
| <i>Illustration 12 - Localisation des zones de remontée de nappe d’eau de 0 à 50 m en région Bourgogne-Franche-Comté.....</i> | <i>46</i> |
| <i>Illustration 13 : Cartes réglementaires régionales pour les doublets sur nappe pour la gamme de profondeur 10 - 50 mètres.....</i> | <i>49</i> |
| <i>Illustration 14 : Cartes réglementaires régionales pour les doublets sur nappe pour la gamme de profondeur 10 - 100 mètres.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Illustration 15 : Cartes réglementaires régionales pour les doublets sur nappe pour la gamme de profondeur 10 - 200 mètres.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Illustration 16 : Cartes réglementaires régionales pour les SGV pour la gamme de profondeur 10 - 50 mètres</i> | <i>52</i> |
| <i>Illustration 17 : Cartes réglementaires régionales pour les SGV pour la gamme de profondeur 10 - 100 mètres</i> | <i>53</i> |
| <i>Illustration 18 : Cartes réglementaires régionales pour les SGV pour la gamme de profondeur 10 - 200 mètres</i> | <i>54</i> |
| <i>Illustration 19 : Carte réglementaire nationale pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeur 10 - 200 mètres.....</i> | <i>55</i> |
| <i>Illustration 20 : Carte réglementaire régionale pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeur 10 - 200 mètres.....</i> | <i>55</i> |
| <i>Illustration 21 : Carte réglementaire nationale pour les SGV sur nappe de la gamme de profondeur 10 - 200 mètres</i> | <i>56</i> |
| <i>Illustration 22 : Carte réglementaire régionale pour les SGV sur nappe de la gamme de profondeur 10 - 200 mètres</i> | <i>57</i> |

Illustration 23 : Répartition graphique des zone d'éligibilité pour les cartes réglementaires nationales et régionales sur doublet dans la gamme de profondeur 10 - 200 mètres 57

Illustration 24 : Répartition graphique des zone d'éligibilité pour les cartes réglementaires nationales et régionales sur SGV dans la gamme de profondeur 10 - 200 mètres..... 58

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 - Phénomènes redoutés et facteurs aggravants utilisés pour la cartographie réglementaire de la région Bourgogne-Franche-Comté..... | 14 |
| Tableau 2: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Affaissement / surrection lié aux niveaux évaporitiques et à la présence d'eau" | 22 |
| Tableau 3: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Affaissements / Effondrements liés aux cavités (hors mines)" | 26 |
| Tableau 4: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Affaissements / Effondrements liés aux cavités minières" | 28 |
| Tableau 5: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Mouvements de terrain"..... | 32 |
| Tableau 6: Cotation et facteur aggravant du phénomène « pollution des sols et des nappes d'eau souterraine » | 34 |
| Tableau 7 : Couches BDLISA associées aux nappes identifiées comme potentiellement captives | 37 |
| Tableau 8: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Artésianisme"..... | 39 |
| Tableau 9 : Liste des ressources stratégiques NAEP pouvant être mise en communication avec des eaux souterraines d'autres aquifères | 42 |
| Tableau 10 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Mise en communication des eaux souterraines entre différents aquifères..... | 43 |
| Tableau 11 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Inondation par remontée de nappe " | 46 |
| Tableau 12 : Répartition des 3 zones réglementaires au sein de la région Bourgogne-Franche-Comté pour la GMI sur doublet | 47 |
| Tableau 13 : Répartition des 3 zones réglementaires au sein de la région Bourgogne-Franche-Comté pour la GMI sur SGV | 48 |
| Tableau 14 : : Répartition des 3 zones réglementaires au sein de la région Bourgogne-Franche-Comté pour la GMI en fonction de la population | 48 |

Liste des annexes

| | |
|--|----|
| Annexe 1 : Cartes des phénomènes étudiés | 65 |
|--|----|

1 Introduction

Dans le contexte du développement des énergies renouvelables et de la transition énergétique, la géothermie est une activité promue par le Ministère de la Transition Energétique (MTE), notamment dans le cadre des actions de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). Afin de favoriser le recours à la géothermie, de tenir compte des évolutions technologiques et de mieux prendre en compte l'incidence des installations sur l'environnement, la réglementation relative à la géothermie de minime importance a fait l'objet d'une révision en 2015 (décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015).

La filière "géothermie" doit actuellement répondre à deux grands enjeux :

- Se développer fortement et conformément aux attentes sur les énergies renouvelables;
- Se développer en tenant compte des incidences sur l'environnement.

Une carte, indiquant les zones géographiques où peuvent exister des risques liés à la réalisation d'un forage géothermique, a été réalisée à l'échelle nationale. Elle est appelée « carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance (GMI) ». Un guide d'élaboration de cette carte a été mis au point par le Ministère, en juillet 2015. Ce guide constitue la méthodologie fixée dans l'arrêté relatif à la carte des zones en matière de géothermie de minime importance, pris en application de l'article 22-6 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié.

La carte nationale tient compte d'un ensemble de 8 phénomènes redoutés pouvant être rencontrés lors de la réalisation des travaux d'un forage géothermique ou lors de l'exploitation d'un gîte géothermique. Elle distingue trois zones selon l'importance des enjeux au regard des intérêts mentionnés aux articles L. 161-1 du code minier :

- Les zones dites « rouges » dans lesquelles la réalisation d'ouvrages de géothermie est réputée présenter des dangers et inconvénients graves et ne peut pas bénéficier du régime de la minime importance ;
- Les zones dites « orange » dans lesquelles les activités géothermiques de minime importance ne sont pas réputées présenter des dangers et inconvénients graves, mais dans lesquelles est exigée la production d'une attestation de compatibilité d'un projet de géothermie de minime importance, rédigé par un expert agréé, prévue à l'article 22-2 du décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 modifié ;
- Les zones dites « vertes » dans lesquelles les activités géothermiques de minime importance sont réputées ne pas présenter de dangers et inconvénients graves.

Cette carte nationale est entrée en vigueur le 1er juillet 2015 et est disponible sur le site : <https://www.geothermies.fr/>.

L'arrêté du 25 juin 2015, relatif à la carte des zones en matière de géothermie de minime importance, prévoit la possibilité de réviser localement la carte nationale pour apporter plus de précision en matière de connaissance et de localisation des phénomènes redoutés. Dans cette carte régionale, les niveaux d'aléa ou de susceptibilité, attribués à chaque phénomène, peuvent être différents de ceux de la carte nationale.

Dans l'objectif d'avoir une carte régionale plus précise en Bourgogne-Franche-Comté (BFC), la DGPR, l'ADEME, le CEREMA et le BRGM ont financé la révision de la carte de la région. Celle-

ci a été réalisée par le CEREMA et le BRGM avec le concours d'acteurs locaux (DREAL, Conseils Départementaux, DDTs, Agences de l'eau...)

L'élaboration de la carte de Bourgogne-Franche-Comté tient compte de huit phénomènes redoutés pouvant être rencontrés lors de la réalisation des travaux d'un forage géothermique ou lors de l'exploitation du gîte géothermique. Conformément au guide méthodologique de 2015 et à son addendum de 2023, les phénomènes retenus sont :

- Affaissement/surrection lié aux formations évaporitiques ;
- Affaissement/effondrement lié aux cavités (hors mines) ;
- Affaissement/effondrement lié aux cavités minières ;
- Mouvement de terrain de type "glissement" ;
- Pollution des sols et/ou des nappes souterraines ;
- Artésianisme ;
- Mise en communication d'aquifères ;
- Problèmes liés à la réinjection (anciennement nommé remontée de nappe).

Le phénomène redouté du biseau salé – salinisation des nappes phréatiques par exploitation d'un système géothermique n'a pas été retenu pour la région Bourgogne-Franche-Comté n'étant pas concernée par ce phénomène.

Les conséquences considérées de ces huit phénomènes peuvent être d'ordre :

- Géologique causant, notamment en surface, des désordres affectant la solidité des bâtiments situés au voisinage du forage ou la dégradation des échangeurs géothermiques mis en place ;
- Environnemental notamment par la dégradation ou la pollution des eaux souterraines.

2 Réglementation applicable à la géothermie de minime importance

2.1 LE CODE MINIER

La géothermie est réglementée par le Code minier, qui considère comme des mines les gîtes renfermés dans le sein de la terre dont on peut extraire de l'énergie sous forme thermique, notamment par l'intermédiaire des eaux chaudes et des vapeurs souterraines qu'ils contiennent. Les installations de géothermie nécessitent des autorisations de recherche et d'exploitation, ainsi qu'une autorisation d'ouverture des travaux miniers. Les installations qualifiées de « géothermie de minime importance » bénéficient d'une dérogation et sont soumises à une simple déclaration.

Les critères de la géothermie de minime importance sont définis dans le paragraphe II de l'article 3 du décret n°78-498 du 28 mars 1978 modifié. Les conditions de mise en œuvre sont précisées dans le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 modifié, relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains.

Les critères de la géothermie de minime importance (GMI) sont :

- Pour les échangeurs géothermiques fermés :
 - La profondeur du forage est comprise entre 10 et 200 mètres ;
 - La puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW ;
 - La température du fluide réinjecté est comprise entre -3 et 40°C ;
 - Les échangeurs ne doivent pas être situés dans une zone rouge.
- Pour les échangeurs géothermiques ouverts :
 - La profondeur du forage est comprise entre 10 et 200 mètres ;
 - La puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW ;
 - La température de l'eau prélevée en sortie des ouvrages de prélèvement est inférieure à 25°C ;
 - Les eaux prélevées sont réinjectées dans le même aquifère et la différence entre les volumes d'eaux prélevés et réinjectés est nulle ;
 - Les débits prélevés ou réinjectés sont inférieurs au seuil d'autorisation fixé à la rubrique 5.1.1.0 de l'article R. 214-1 du Code de l'environnement ;
 - Les échangeurs ne doivent pas être situés dans une zone rouge.

La réalisation des travaux de forages géothermiques mis en œuvre pour l'exploitation d'un gîte géothermique de minime importance (aussi dénommés ouverture de travaux d'exploitation d'un gîte géothermique) est encadrée comme suit :

- Préalablement aux travaux de forage, l'activité géothermique répondant aux critères de la géothermie de minime importance doit être déclarée. Cette démarche doit être réalisée sur le téléservice dédié sur le site du réseau développement-durable.gouv.fr (<https://geothermie.developpement-durable.gouv.fr/>), également accessible depuis le site « geothermies.fr » (<https://www.geothermies.fr/>);

- Les forages doivent être réalisés par une entreprise qualifiée selon les conditions techniques prévues par l'arrêté relatif à la qualification des entreprises de forage intervenant en matière de géothermie de minime importance ;
- La localisation d'un échangeur doit répondre aux prescriptions définies par l'arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance. En outre, selon la localisation de l'échangeur au regard de la carte des zones réglementaires en matière de géothermie de minime importance, une attestation de compatibilité est jointe à la déclaration. **Cela est notamment requis lorsque le projet se situe dans une zone orange.**

L'exploitation d'un gîte géothermique de minime importance et sa cessation d'exploitation doivent être mises en œuvre conformément à l'arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance. Les travaux de cessation d'exploitation et le changement d'exploitant de la ressource sont à déclarer. Ces démarches doivent être réalisées par voie dématérialisée. L'ensemble des informations nécessaires à ces démarches est disponible sur le site internet « geothermies.fr ».

2.2 LES REGLEMENTATIONS TERRITORIALISEES

Les forages envisagés dans le cadre de la GMI, puis l'exploitation de l'ouvrage, induisent la prise en compte de certaines précautions au regard des enjeux et des risques présents dans le sous-sol. **Le régime de la minime importance s'applique sans préjudice des autres réglementations. Il s'agit en particulier de respecter les prescriptions relatives aux zones à proximité de captages d'eau potable, d'eau minérale, les zones mentionnées dans les SDAGE et les SAGE (zones de sauvegarde, etc.) ainsi que les périmètres qui disposent de servitudes d'utilité publique encadrant l'utilisation du sol et du sous-sol.**

Ces réglementations sont indépendantes de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance. Elles devront être prises en compte lors de la réalisation d'un forage de géothermie.

Il appartient à l'exploitant et à tout sous-traitant, impliqué dans l'activité de géothermie de ce dernier, de s'informer et de mettre en œuvre la réglementation spécifique applicable dans la zone.

3 Méthodologie de réalisation de la carte réglementaire

3.1 METHODOLOGIE UTILISEE

La réalisation de la carte de la région Bourgogne-Franche-Comté suit la méthode définie dans le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance (MEDDE, 2015), ainsi que les préconisations faites dans son addendum (2023). Les caractéristiques du sous-sol et les phénomènes redoutés pouvant être rencontrés lors de travaux de forage des échangeurs géothermiques de minime importance sont pris en compte.

Les phénomènes géologiques, hydrogéologiques et environnementaux de type "affaissement", "mouvement de terrain", "pollutions", etc. susceptibles d'être rencontrés lors de la réalisation d'un projet de géothermie de minime importance dans la région Bourgogne-Franche-Comté ont été identifiés par le CEREMA et le BRGM.

Pour chaque phénomène redouté :

- Sa nature est décrite et caractérisée par des niveaux d'aléa (nul, faible, moyen, fort, très fort) lorsque des cartes d'aléas existent ou en termes de probabilité d'occurrence (susceptibilité) ;
- Une valeur est attribuée à chaque niveau ;
- Un facteur aggravant est ensuite attribué en fonction du phénomène redouté et de la technique d'exploitation géothermique employée (échangeur fermé ou ouvert) ;
- La disponibilité des données utilisées est précisée.

La carte des zones réglementaires relatives à la GMI de la région Bourgogne-Franche-Comté se compose en réalité de six cartes, car elle distingue, pour chaque type d'échangeur (doublets, SGV), trois intervalles de profondeur : 10-50 mètres, 10-100 mètres et 10-200 mètres. Toutefois, pour certains phénomènes une seule carte a été réalisée pour une gamme de profondeur 10 à 200 m. Cela s'explique par :

- Un manque d'informations ne permettant pas de proposer les 3 tranches de profondeur citées ci-dessus
- Un phénomène redouté n'impactant que la première tranche de profondeur (exemple : remontée de nappe, ...)

La méthodologie d'élaboration de la carte utilise une analyse multicritère (c'est-à-dire basée sur la superposition de plusieurs phénomènes). Les cartes ont été réalisées à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) dans lequel chacun des phénomènes identifiés est représenté par une couche spécifique.

Le tableau de synthèse de la région Bourgogne-Franche-Comté, avec les cotations appliquées à chaque phénomène décrit dans l'analyse multicritère, est présenté par type d'échangeur (Tableau 1). Les valeurs de la carte nationale, ainsi que celles recommandées dans le guide méthodologique pour les cartes régionales sont rappelées.

| Phénomène redouté | Carte | Niveaux aléa | | | | | | | | | | | Facteur aggravant | |
|---------------------------------|------------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-------------------|-----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10+ | Doublet | SGV |
| Evaporite | Nationale | 0 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 6 | 10 |
| | Régionale | 0 | 1 | - | - | - | 5 | - | 7 | - | - | - | | |
| | Région BFC | 0 | 1 | - | 3 | - | 5 | - | 7 | - | - | - | | |
| Cavité (nm) | Nationale | 0 | 1 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 2 |
| | Régionale | 0 | 1 | 2 | 3 | - | 5 | - | 7 | - | - | - | | |
| | Région BFC | 0 | 1 | 2 | 3 | - | 5 | - | 7 | - | - | - | | |
| Cavité minière | Nationale | 0 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 2 |
| | Régionale | 0 | 1 | - | 3 | - | 5 | - | 7 | - | - | - | | |
| | Région BFC | 0 | 1 | - | 3 | - | 5 | - | 7 | - | - | - | | |
| MVT | Nationale | 0 | 1 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 2 |
| | Régionale | 0 | 1 | 2 | 3 | - | 5 | - | 7 | - | - | - | | |
| | Région BFC | 0 | 1 | 2 | 3 | - | 5 | - | 7 | - | - | - | | |
| Pollution sol et eau | Nationale | 0 | 1 | - | - | 4 | - | 6 | - | - | - | - | 3 | 3 |
| | Régionale | 0 | - | - | - | 4 | - | 6 | - | - | - | - | | |
| | Région BFC | 0 | 1 | - | - | 4 | - | 6 | - | - | - | - | | |
| Artésianisme | Nationale | 0 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 4 |
| | Régionale | 0 | - | - | 3 | - | - | - | 7 | - | - | - | | |
| | Région BFC | 0 | 1 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Comm. aquifère | Nationale | 0 | 1 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | 4 |
| | Régionale | 0 | 1 | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | | |
| | Région BFC | 0 | 1 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Problèmes liés à la réinjection | Nationale | 0 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 0 |
| | Régionale | 0 | 1 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | Région BFC | 0 | 1 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | | |

Tableau 1 - Phénomènes redoutés et facteurs aggravants utilisés pour la cartographie réglementaire de la région Bourgogne-Franche-Comté

Pour chacun de ces phénomènes, des niveaux d'aléa ou de susceptibilité ont été attribués conformément aux recommandations du guide méthodologique et de son addendum. Cependant, pour les phénomènes « artésianisme » et « mise en communication d'aquifères », le système de notation maximum de ces aléas est équivalent à celui utilisé pour la carte nationale (note maximum ne dépassant pas 3). Ce choix a été fait au regard de la faible densité d'informations disponible et de leur imprécision sur le territoire de la région Bourgogne-Franche-Comté.

De fait général, la disponibilité et la fiabilité de la donnée utilisées pour renseigner les différents phénomènes étudiés sont très hétérogènes sur le territoire Bourgogne-Franche-Comté. Compte-tenu de ces imprécisions, le maillage de la carte révisée pour la région Bourgogne-Franche-Comté est au pas de 500 mètres ; chaque pixel (ou maille) fait ainsi 500 x 500 mètres.

La superposition de l'ensemble des couches au sein du SIG, avec l'application de la pondération des critères associés, permet d'obtenir une carte composée de zones vertes, orange et rouges. La carte distingue les zones selon l'importance des enjeux au regard des intérêts mentionnés aux articles L. 161-1 du Code minier :

- **Les zones « vertes »** dans lesquelles les activités géothermiques de minime importance sont réputées ne pas présenter de dangers et inconvénients graves ;
- **Les zones « orange »** dans lesquelles les activités géothermiques de minime importance ne sont pas réputées présenter des dangers et inconvénients graves, mais dans lesquelles est exigée la production de l'attestation prévue à l'article 22-2 du décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 modifié ;
- **Les zones « rouges »** dans lesquelles la réalisation d'ouvrages de géothermie est réputée présenter des dangers et inconvénients graves et ne peut pas bénéficier du régime de la minime importance.



Il est rappelé que les périmètres et prescriptions fixés à l'échelle locale par d'autres réglementations relatives à l'usage du sol et du sous-sol doivent être considérés en priorité par les maîtres d'ouvrage, au-delà de la prise en compte des zones réglementaires de la GMI (vertes, orange et rouges).

Pour chaque couche d'information utilisée pour la carte, sont précisées les métadonnées avec :

- L'identification de l'origine de la donnée (origine de la couche cartographique, origine de la source de la donnée) ;
- La date d'extraction pour les données issues de bases de données.

3.2 GRILLE UTILISEE ET SES ATTRIBUTS

La grille de la région Bourgogne-Franche-Comté a été construite à partir d'un extrait de la grille nationale ; elle-même créée dans le système géodésique officiel en France : le réseau géodésique français 1993 (RGF93-Lambert93), qui répond à la directive INSPIRE. Le modèle numérique de terrain (MNT) a été constitué en prenant la médiane des valeurs de cote d'altitude (valeur Z) du MNT-IGN au pas de 25 m pour chaque pixel de 500 m x 500 m. La couverture de la région Bourgogne-Franche-Comté compte 254 997 mailles au total, soit environ 63 749 km² (Illustration 1).

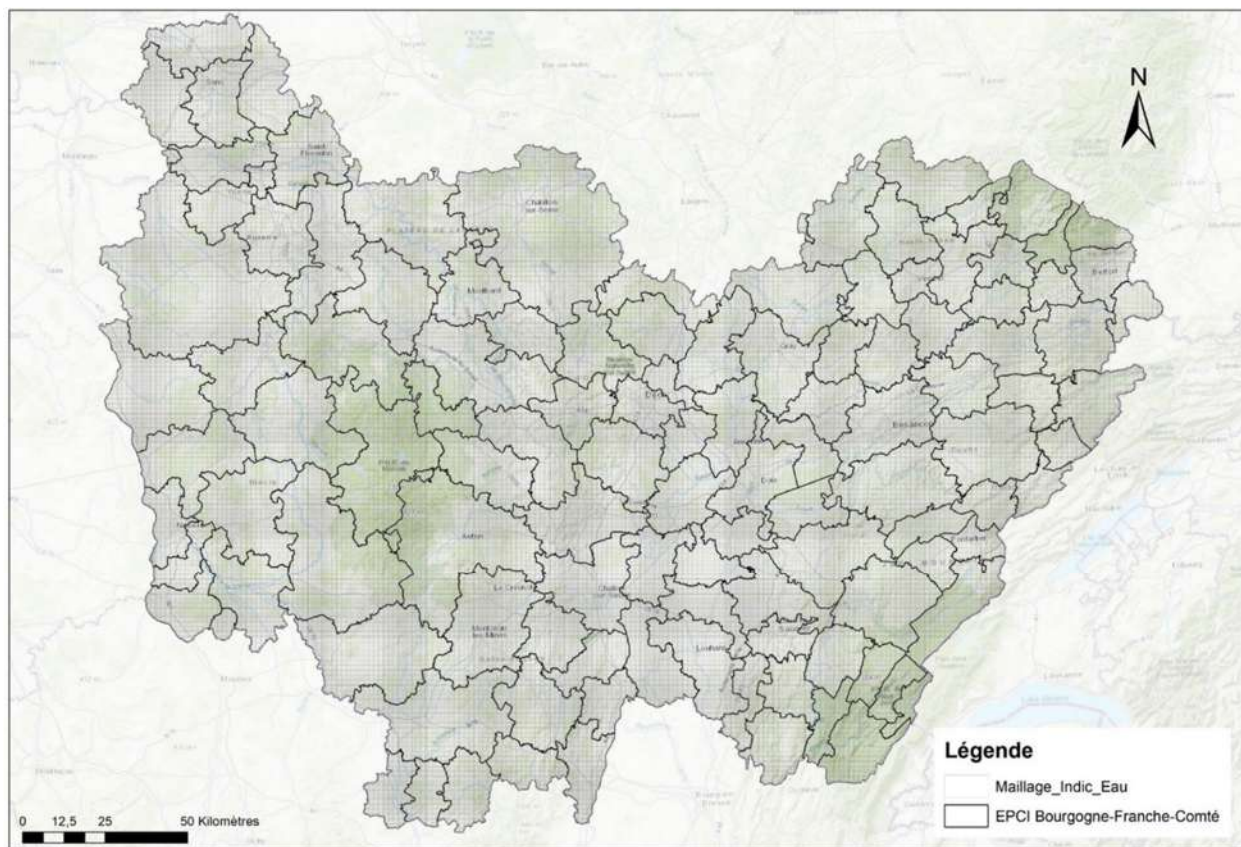


Illustration 1 -Couverture géographique de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance de la région Bourgogne-Franche-Comté

La table attributive de la grille de la région Bourgogne-Franche-Comté (au format « shapefile » ou « fichier de formes ») comprend, outre les champs obligatoires FID et Shape, les attributs suivants :

- « Maille », de type entier long, correspondant à un identifiant unique attribué à chaque maille ;
- « Profondeur », de type entier court. L'intervalle de profondeur en mètre est précisé (50, 100, 200) ;
- « X_RGF93 » et « Y_RGF93 », de type entier long. Ces coordonnées sont exprimées en mètre. Elles correspondent au centre de chaque maille dans le système RGF93-Lambert93 ;
- « Z_NGF », de type entier court. Il correspond à l'altitude moyenne du sol au sein de la maille ; cette altitude est définie par rapport au NGF. Elle est exprimée en mètre avec une précision au mètre ;
- 9 champs, de type entier court, correspondant aux dix phénomènes définissant un risque potentiel. Ces dix champs contiennent la valeur attribuée au niveau d'aléa associé :
 - « Evaporites » : phénomène d'affaissement/surrection lié aux formations évaporitiques ;
 - « Cavite nm » : phénomène d'affaissement/effondrement lié aux cavités (hors mines) ;

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

- « cav_min » : phénomène d'affaissement/effondrement lié aux cavités minières ;
- « MVT » : phénomène mouvements de terrain de type "glissement" ;
- « BASOL » : phénomène pollution des sols et/ou des nappes ;
- « Artesien » : phénomène d'artésianisme ;
- « Com_aquif » : phénomène de « mise en communication d'aquifères » ;
- « Remontee » : phénomène de « problèmes liés à la réinjection » ;
- « Admin » : ce caractère binaire (soit 0, soit 1) pose le pixel considéré en zone rouge ou pas. La cotation 1 qui place le pixel en zone rouge est posée au regard du retour d'expérience ou de la connaissance locale, que dispose l'administration vis-à-vis des conséquences d'un forage géothermique de minime importance ou tout autre forage du sol et du sous-sol dans la zone. La réalisation d'un ouvrage de géothermie dans la zone est alors réputée présenter des dangers et inconvénients graves et ne peut pas bénéficier du régime de la minime importance prévu par l'article L.112-3 du Code minier ;

Dans le cadre des cartographie GMI de la région Bourgogne-Franche-Comté toutes les valeurs sont égales à 0.

- « Doublet », de type entier court. Ce champ correspond à la somme des niveaux d'aléa pondérés des facteurs aggravants pour la carte qui décrit les zones pour les échangeurs de type « doublet sur aquifère » ;
- « SGV », de type entier court. Ce champ correspond à la somme des niveaux d'aléa pondérés des facteurs aggravants pour la carte qui décrit les zones pour les échangeurs de type « sonde géothermique verticale » ;
- « cl_doublet », de type entier court. Ce champ présente la classification des zones réglementaires retenue pour la carte qui décrit les zones pour les échangeurs de type « doublet sur aquifère » (1=vert, 2=orange, 3=rouge) ;
- « cl_sgv », de type entier court. Ce champ présente la classification des zones réglementaires retenue pour la carte qui décrit les zones pour les échangeurs de type « sonde géothermique verticale » (1=vert, 2=orange, 3=rouge).

Un extrait de la table attributaire de la grille GMI Bourgogne-Franche-Comté est présenté en Illustration 2.

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

| ID | Shape * | Maille | Profondeur | X RGF93 | Y RGF93 | Z NGF | evaporites | cavite nm | cav min | MVT | BASOL | artésien | com aquif | remontée | biseau sal | admin | Doublet | SGV | cl doublet | cl sgv |
|----|----------|--------|------------|---------|---------|-------|------------|-----------|---------|-----|-------|----------|-----------|----------|------------|-------|---------|-----|------------|--------|
| 0 | Polygone | 100 | 200 | 660238 | 6137238 | 1328 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | Polygone | 200 | 200 | 660738 | 6137238 | 1443 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Polygone | 300 | 200 | 661238 | 6137238 | 1427 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Polygone | 400 | 200 | 661738 | 6137238 | 1338 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Polygone | 500 | 200 | 662238 | 6137238 | 1263 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Polygone | 600 | 200 | 657238 | 6137738 | 1128 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Polygone | 700 | 200 | 657738 | 6137738 | 1078 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Polygone | 800 | 200 | 659238 | 6137738 | 1222 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Polygone | 900 | 200 | 659738 | 6137738 | 1269 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Polygone | 1000 | 200 | 660238 | 6137738 | 1192 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Polygone | 1100 | 200 | 660738 | 6137738 | 1177 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | Polygone | 1200 | 200 | 661238 | 6137738 | 1181 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | Polygone | 1300 | 200 | 661738 | 6137738 | 1091 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | Polygone | 1400 | 200 | 662238 | 6137738 | 1118 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | Polygone | 1500 | 200 | 662738 | 6137738 | 1077 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | Polygone | 1600 | 200 | 671738 | 6137738 | 581 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | Polygone | 1700 | 200 | 672238 | 6137738 | 513 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | Polygone | 1800 | 200 | 672738 | 6137738 | 468 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | Polygone | 1900 | 200 | 656738 | 6138238 | 1180 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | Polygone | 2000 | 200 | 657238 | 6138238 | 1131 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | Polygone | 2100 | 200 | 657738 | 6138238 | 1136 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | Polygone | 2200 | 200 | 658238 | 6138238 | 1227 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | Polygone | 2300 | 200 | 658738 | 6138238 | 1267 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | Polygone | 2400 | 200 | 659238 | 6138238 | 1249 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | Polygone | 2500 | 200 | 659738 | 6138238 | 1066 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | Polygone | 2600 | 200 | 660238 | 6138238 | 950 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | Polygone | 2700 | 200 | 660738 | 6138238 | 955 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | Polygone | 2800 | 200 | 661238 | 6138238 | 996 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | Polygone | 2900 | 200 | 661738 | 6138238 | 1041 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | Polygone | 3000 | 200 | 662238 | 6138238 | 1041 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | Polygone | 3100 | 200 | 662738 | 6138238 | 1087 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | Polygone | 3200 | 200 | 663238 | 6138238 | 1065 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | Polygone | 3300 | 200 | 663738 | 6138238 | 714 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | Polygone | 3400 | 200 | 664238 | 6138238 | 643 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | Polygone | 3500 | 200 | 664738 | 6138238 | 623 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | Polygone | 3600 | 200 | 665238 | 6138238 | 565 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | Polygone | 3700 | 200 | 670238 | 6138238 | 543 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | Polygone | 3800 | 200 | 670738 | 6138238 | 535 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | Polygone | 3900 | 200 | 671238 | 6138238 | 493 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | Polygone | 4000 | 200 | 671738 | 6138238 | 529 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | Polygone | 4100 | 200 | 672238 | 6138238 | 537 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 41 | Polygone | 4200 | 200 | 672738 | 6138238 | 637 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | Polygone | 4300 | 200 | 673238 | 6138238 | 553 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 43 | Polygone | 4400 | 200 | 656738 | 6138738 | 1355 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | Polygone | 4500 | 200 | 657238 | 6138738 | 1250 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Illustration 2 - Extrait de la table attributive de la grille GMI Bourgogne-Franche-Comté

3.3 CALCUL DE COTATION ET ELABORATION DES ZONES

Les notes finales par pixel sont calculées en fonction des facteurs aggravants, selon les formules suivantes :

Valeur résultante pour les doublets :

$$(6x\text{«évaporites»}) + (2x\text{«cavitésnonminières»}) + (2x\text{«cavitésminières»}) + (2x\text{«MVT»}) \\ + (3x\text{«Basol»}) + (2x\text{«artésianisme»}) + (4x\text{«communicationaquifère»}) \\ + (2x\text{«problèmesliésàlaréinjection»}) + (4x\text{«biseau salé»})$$

Valeur résultante pour les SGV :

$$(10x\text{«évaporites»}) + (2x\text{«cavitésnonminières»}) + (2x\text{«cavitésminières»}) + (2x\text{«MVT»}) \\ + (3x\text{«Basol»}) + (4x\text{«artésianisme»}) + (4x\text{«communicationaquifère»}) \\ + (0x\text{«remontéedenappe»}) + (0x\text{«biseau salé»})$$

Les valeurs résultantes sont ensuite regroupées selon les trois classes suivantes :

| Valeur résultante par maille de 250 x 250 m : Σ (niveau d'aléa x facteur aggravant) | | |
|--|----------------|-----------------|
| Vert [0-13] | Orange [14-41] | Rouge ≥ 42 |

Le classement en zone verte, orange ou rouge est effectué pour les trois tranches de profondeur : 10-50 m, 10-100 m et 10-200 m, avec une règle d'héritage de la zone sus-jacente lorsque l'aléa est plus élevé que celui des autres profondeurs (sauf exception pour les aléas « remontée de nappe »). Il est convenu, en termes de représentation, qu'un aléa élevé, présent en surface, c'est-à-dire entre 10 et 50 m de profondeur, décrit un risque pour la réalisation d'un ouvrage de GMI dans cette tranche d'épaisseur. Tout ouvrage qui traverse cette tranche, comme c'est également le cas des niveaux 10-100 m et 10-200 m de profondeur, est soumis à cet aléa. De ce fait, la valeur résultante de l'intervalle 10-100 m ne pourra pas être inférieure à celle calculée pour l'intervalle 10-50 m, et celle de l'intervalle 10-200 m ne pourra pas être inférieure à celle de l'intervalle 10-50 m ni à celle de l'intervalle 10-100 m.

4 Fiches des phénomènes redoutés

4.1 PHENOMENE "AFFAISSEMENT/SURRECTION LIE AUX FORMATIONS EVAPORITIQUES"

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

4.1.1 Description du phénomène et occurrences

Le phénomène concerne les affaissements, voire les effondrements ou les surrections, des terrains de surface, liés soit à la dissolution d'un niveau d'évaporite, soit au gonflement de ce niveau en présence d'anhydrite. Ces phénomènes sont provoqués par la mise en communication d'aquifères superficiels ou profonds avec des horizons évaporitiques à la faveur d'ouvrages souterrains mal réalisés ou difficilement réalisables dans ce contexte.

4.1.2 Qualification du phénomène

Il n'existe pas de cartographie des aléas liés à ce phénomène ni à l'échelle nationale, ni en région Bourgogne-Franche-Comté. Toutefois, ces formations évaporitiques sont présentes sur le territoire régional qui a été exploité dans le passé plus particulièrement dans le Jura (Salins-les-Bains, Lons-le-Saunier, Miserey-Saline...). En l'absence de cartographie bien détaillée de ce phénomène, celui-ci a été qualifié en fonction de sa susceptibilité (probabilité d'occurrence) comme préconisé dans le guide :

- Susceptibilité forte : présence avérée d'un ou plusieurs horizons évaporitiques en quantité importante (épaisseur cumulée d'évaporite supérieure à 2m) ;
- Susceptibilité moyenne : présence avérée d'un ou plusieurs horizons évaporitiques en faible importance (épaisseur cumulée d'évaporite comprise entre 0,5 et 2m) ;
- Susceptibilité faible : pas d'horizon évaporitique connu, mais formation susceptible d'en contenir.
- Susceptibilité nulle : formation ne pouvant pas contenir d'horizon évaporitique.

4.1.3 Données utilisées et traitement

Les données utilisées en région Bourgogne-Franche-Comté pour établir la carte du phénomène « affaissement/surrection lié aux formations évaporitiques » sont :

- Les tracés cartographiques des cartes géologiques recouvrant la région Bourgogne-Franche-Comté au 1/50 000 et les informations contenues dans les notices associées ;
- Les descriptions géologiques des forages recensés dans la BSS (Banque de données du Sous-Sol - extraction en décembre 2022) ;
- Les tracés cartographiques de la carte géologique harmonisée régionale Bourgogne-Franche-Comté au 1/50 000 comme supports pour produire la carte de susceptibilité.

Remarque : D'après les données SIGMines (extraction en décembre 2022), les anciens sites d'exploitation d'évaporites (principalement le Sel) en Bourgogne-Franche-Comté se situent à une profondeur supérieure à 200M. Ils n'ont donc pas été inclus dans l'analyse de ce phénomène.

En Bourgogne-Franche-Comté, la présence d'évaporites est principalement observée dans les formations géologiques datant :

- Du Trias/Lias (Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper Rhetien, ; Pliensbachien, Toarcien ...);
- Du Tithonien – faciès Purbeckien (formation de transition entre le Jurassique et le Crétacé).

Le Trias est principalement affleurant au pied des massifs des Vosges et du Morvan, tandis que le Purbeckien est principalement affleurant dans le massif du Jura (*Illustration 3*).

Les principales formes que peuvent prendre les évaporites sont le gypse, l'anhydrite et le sel. Une recherche systématique des occurrences de ces termes, complétés par les adjectifs « gypsifère, gypseuse, salifère... », a ainsi été effectuée dans les tables attributaires des polygones des formations géologiques cartographiées, dans les notices des cartes géologiques et les descriptions des forages géologiques bancarisés en BSS.

Une zone tampon de 250 m a été appliquée aux contours des affleurements des formations géologiques, et aux nouveaux tracés dessinés, afin de tenir compte 1) de l'échelle du 1/50 000^{ème} des données cartographiques utilisées et 2) du pendage des couches contenant les évaporites qui peut conduire à leur présence sous couverture, sous une formation limitrophe de susceptibilité nulle.

Le guide méthodologique de 2015 préconise d'utiliser la base de données des logs géologiques vérifiés de la BSS : LOGISO. Cependant, parmi les logs géologiques disponibles dans la région, trop peu ont été vérifiés. Par conséquent, l'ensemble des descriptions de forages disponibles dans la BSS a été pris en compte dans cette étude.

En région Bourgogne-Franche-Comté, la BSS compte 35 808 forages dont 18 537 forages avec des coupes géologiques initiales, qui renseignent sur l'âge et la lithologie des formations rencontrées lors de la foration. **460 passes contenant des évaporites massives et disséminées** ont été identifiées dans la zone d'étude, celles-ci étant **réparties sur 172 forages**.

Une fois les données de forages et les couches lithologiques présentant des évaporites cartographiées, les différentes gammes de profondeur ont pu être déterminées. Ainsi la profondeur 10 - 50 mètres a été attribuée aux formations affleurantes (issues de la carte géologique). La profondeur des autres formations a été déterminée en fonction des profondeurs renseignées dans les colonnes lithostratigraphiques de la BSS.

Ainsi, les cartes des 3 gammes de profondeur : 10 - 50 mètres, 10 - 100 mètres et 10 - 200 mètres, sont identiques. D'après les descriptions géologiques des cartes géologiques au 1/50 000 de Bourgogne-Franche-Comté, et les descriptions des coupes de forages de la BSS. Ces formations **affleurent sur** une surface de plus de 6 756 km², soit **14% de la superficie de la zone d'étude** (*Illustration 3*).

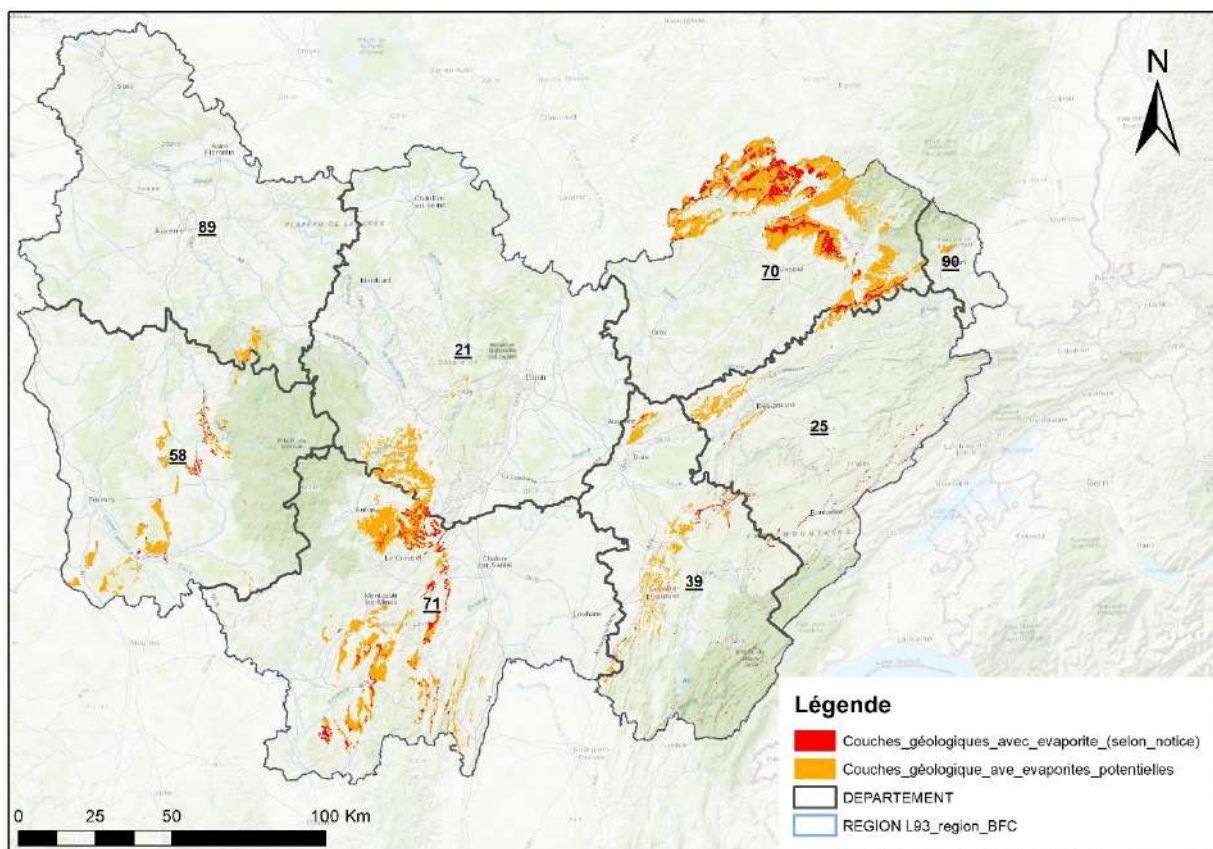


Illustration 3 - Surface d'affleurement des formations géologiques contenant ou susceptibles de contenir des dépôts évaporitiques et localisation des forages BSS contenant des passes évaporitiques massives ou disséminées en région Bourgogne-Franche-Comté

1.1.1 Cartographie du phénomène

La cartographie de cet aléa est présentée ci-dessous pour la gamme de profondeur 10-200 m (*Illustration 4*). La cartographie de cet aléa pour les 3 gammes de profondeur est présentée en Annexe 1.

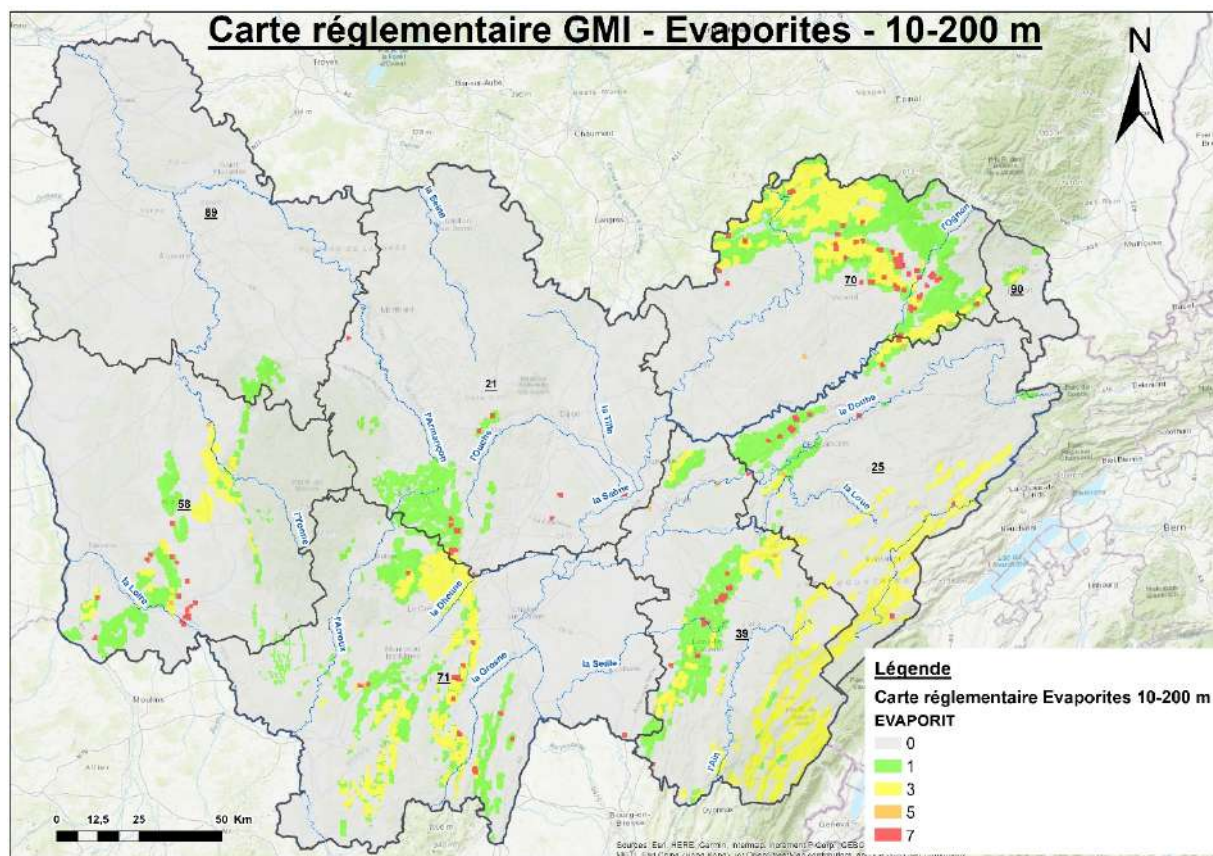


Illustration 4 - Cartes des niveaux d'aléa du phénomène « affaissement /surrection lié aux formations évaporitiques » (tranche 10-200 m) en région Bourgogne-Franche-Comté

1.1.1 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans Tableau 2 ci-dessous.

| Susceptibilité | Niveau d'aléa | Facteur aggravant | | Résultat maximal | |
|----------------|---------------|-------------------|-----|------------------|-----|
| | | Doublets | SGV | Doublets | SGV |
| Forte | 7 | 6 | 10 | 42 | 70 |
| Moyenne | 5 | | | 30 | 50 |
| Faible | 1 | | | 6 | 10 |
| Nulle | 0 | | | 0 | 0 |

Tableau 2: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Affaissement / surrection lié aux niveaux évaporitiques et à la présence d'eau"

Compte-tenu des impacts potentiels liés à ce type de phénomène, le facteur aggravant potentiel est estimé de niveau fort (6), pour les doublets sur nappe, à très fort (10), pour les sondes géothermiques verticales. Ces facteurs proviennent de la méthode nationale. La valeur résultante de l'aléa « affaissement/surrection lié aux évaporites » varie ainsi entre « 0 » et « 42 » pour les doublets et entre « 0 » et « 70 » pour les SGV (Tableau 2).

4.2 PHENOMENE « AFFAISSEMENTS / EFFONDREMENTS LIES AUX CAVITES (HORS MINES) »

Ce phénomène a été traité par le Cerema.

4.2.1 Description du phénomène

Les phénomènes d'affaissement ou d'effondrement liés aux cavités souterraines pourraient être provoqués, soit par foration au cours de la mise en place du dispositif, soit pour toute la durée de l'ouvrage, par la mise en communication d'eau de surface ou d'aquifères superficiels ou profonds avec les cavités à la faveur de forages mal réalisés ou difficilement réalisables dans ce contexte. Les cavités de dissolution des réseaux anciens, potentiellement remplies de matériaux sans cohérence, sont aussi concernées (phénomène d'infiltration et de soutirage).

Les cavités sont, de plus, une difficulté pour la réalisation d'un forage, en particulier pour la cimentation.

La Bourgogne-Franche-Comté est principalement impactée par le phénomène de karstification, consistant en un système de cavités et conduits formés naturellement par la dissolution hydrochimique des formations carbonatées ou sulfatées.

4.2.2 Qualification du phénomène

Comme indiqué dans la méthodologie nationale, l'ensemble des données ont été agrégées aux mailles 500x500 m afin de procéder aux calculs d'aléa.

En présence d'une carte de l'aléa dans la commune concernée, la qualification est la suivante :

- Niveau fort : zone potentiellement concernée par des effondrements localisés, généralisés ou en masse.
- Niveau moyen : zone potentiellement concernée par un aléa affaissement progressif.
- Niveau faible : zone concernée par des cavités mais qui ne peuvent engendrer que des mouvements résiduels de faible ampleur ou zone sans cavités connues mais susceptible d'en contenir (exemple de présence d'une formation carbonatée).
- Niveau nul : zone non susceptible de contenir des cavités.

Sur les communes qui ne bénéficient pas d'une cartographie détaillée de l'aléa « effondrement » et / ou d'une cartographie précise des cavités, la méthodologie arrêtée repose sur le critère de densité des cavités connues, comme prévue dans la méthodologie nationale.

Sur cette base, les critères retenus pour la qualification de l'aléa à la maille 500x500 m sont les suivants :

- Susceptibilité forte : > 8 cavités recensées par maille.
- Susceptibilité moyenne : 5 à 8 cavités recensées par maille.

- Susceptibilité faible : 2 à 4 cavités recensées par maille ou présence d'une formation géologique susceptible d'en contenir.
- Susceptibilité nulle : 0 à 1 cavité recensée et pas de formation géologique susceptible d'en contenir.

4.2.3 Données utilisées et méthodologie employée

Selon le guide méthodologique, les données prioritaires à recenser sont :

- Les cartes d'aléas existantes sur toute la région Bourgogne-Franche-Comté, fournies par chaque Direction Départementale des Territoires de la région Bourgogne-Franche-Comté et par les services de la DREAL Bourgogne-Franche-Comté, et qui peuvent être de plusieurs types :
 - ↳ Les cartes d'aléas des Plans de Prévention aux Risques (PPR), cartes réglementaires ;
 - ↳ Les cartes d'aléas hors PPR ;
 - ↳ Les cartes des formations géologiques susceptibles à la karstification.

Plus précisément, les données suivantes ont été utilisées :

- ↳ Pour le Doubs : le zonage réglementaire des PPR de Morre et de St Hippolyte ;
- ↳ Pour la Côte d'Or, le zonage réglementaire du PPR d'Ivry en Montagne ;
- ↳ Pour la Nièvre, le zonage réglementaire du PPR d'Oudan ;
- ↳ Pour le Jura, la carte départementale de l'aléa effondrement ainsi que les PPR multirisques concernés par le phénomène d'affaissement / effondrement.

Il n'a pas été récupéré de cartes d'aléas pour les départements de Saône-et-Loire, Yonne, Haute-Saône et le Territoire de Belfort.

Enfin, les formations susceptibles de contenir des cavités ont été fournies par le BRGM à partir de la BDLISA.

- Les événements ponctuels recensés essentiellement à partir des bases de données (BD-MVT, BDCAVITE, inventaire des cavités de l'Yonne).
- Les susceptibilités d'événements, recensées dans les différents atlas départementaux mouvements de terrains (Côte d'Or, Doubs, Haute-Saône et Territoire de Belfort).

Le résultat sera très hétérogène sur l'ensemble de la région Bourgogne-Franche-Comté, car d'un département à l'autre, les données seront plus ou moins présentes, et plus ou moins précises. Il y a très peu de données par exemple pour le département de la Saône-et-Loire, et beaucoup de données pour les départements du Doubs et du Jura.

4.2.4 Cartographie du phénomène redouté

La cartographie de cet aléa pour la gamme de profondeur 10-200 m est présentée ci-dessous (*Illustration 5*) et en Annexe 1

Pour information, il n'y a aucune différence pour les 3 gammes de profondeur concernant cet aléa.

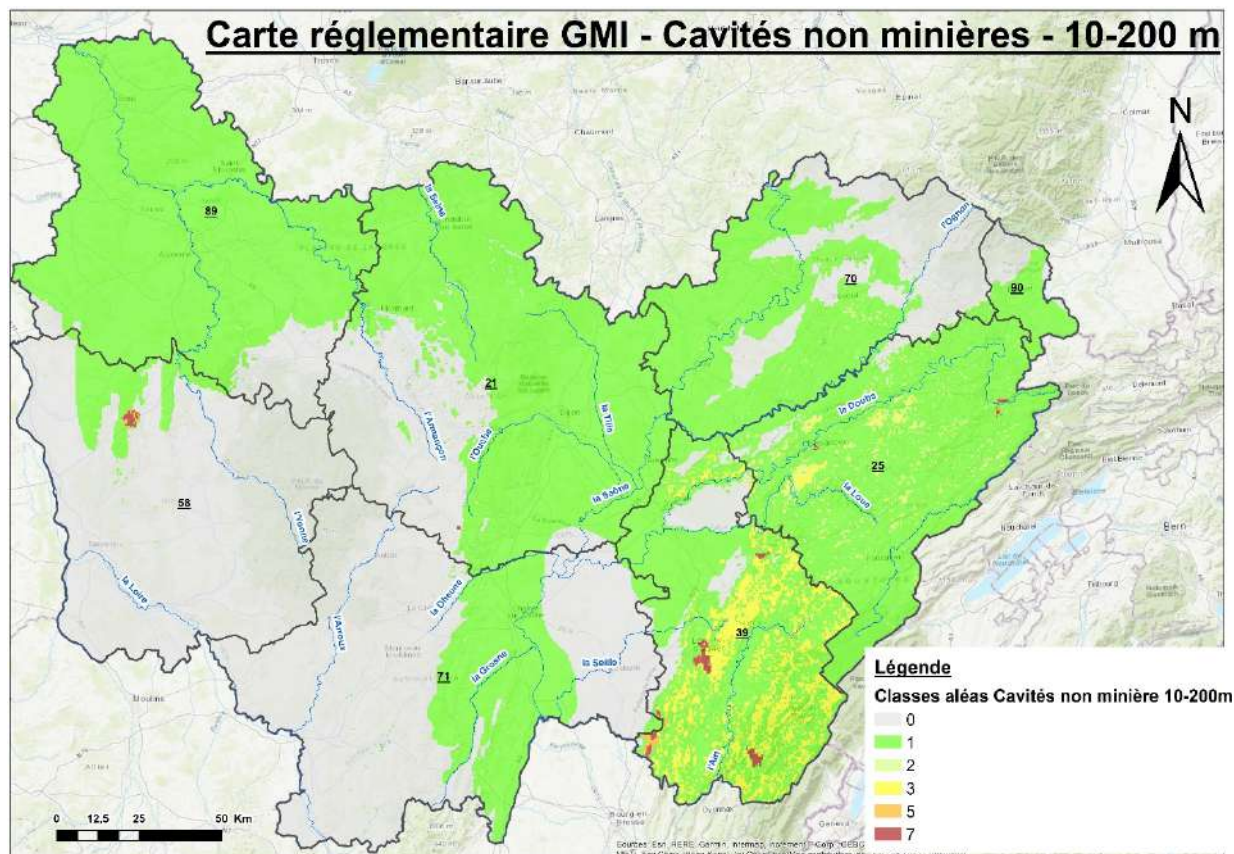


Illustration 5 - Carte des niveaux d'aléa du phénomène « affaissement/effondrement lié aux cavités minières » (tranche 10-200 m) en région Bourgogne-Franche-Comté

4.2.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le Tableau 3 ci-dessous.

| Susceptibilité | Niveau d'aléa | Facteur aggravant | | Résultat maximal | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----|------------------|-----|
| | | Doublets | SGV | Doublets | SGV |
| Forte (carte aléa) | 7 | 2 | 2 | 14 | 14 |
| Moyenne (carte aléa) | 5 | | | 10 | 10 |
| Forte (données ponctuelles) | 3 | | | 6 | 6 |
| Moyenne (données ponctuelles) | 2 | | | 4 | 4 |
| Faible | 1 | | | 2 | 2 |
| Nulle | 0 | | | 0 | 0 |

Tableau 3: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Affaissements / Effondrements liés aux cavités (hors mines)"

Les facteurs aggravants proviennent de la méthode nationale.

4.3 PHENOMENE « AFFAISSEMENTS / EFFONDREMENTS LIES AUX CAVITES MINIERES »

Ce phénomène a été traité par le Cerema.

4.3.1 Description du phénomène

Il s'agit ici des effondrements localisés (de type « fontis »), ainsi que des affaissements. De par leur brutalité, les effondrements localisés, potentiellement généralisés à de larges surfaces, sont susceptibles de mettre en péril la sécurité des personnes. Ils génèrent donc un impact plus fort que celui associé aux affaissements (phénomènes plus lents), qui n'induisent qu'un risque économique menaçant principalement les constructions. Dans le cadre d'un projet de géothermie basse température, la foration peut avoir des conséquences sur la tenue des terrains et ainsi provoquer des phénomènes d'affaissement/effondrement dans les zones concernées par des cavités minières. Ces phénomènes pourraient donc être provoqués soit par la foration au cours de la mise en place du dispositif soit, sur toute la durée de vie de l'ouvrage, par la mise en communication d'eau de surface ou d'aquifères superficiels ou profonds avec les cavités à la faveur d'ouvrages souterrains mal réalisés ou difficilement réalisables dans ce contexte.

Il n'existe pas de carte de ce phénomène à l'échelle nationale actuellement en France. Localement, sans prise en compte de la spécificité de la géothermie et de ses interactions avec les cavités minières, des études ont pu être menées sur l'aléa mouvements de terrain liés aux cavités minières au niveau des bassins et concessions miniers ou au niveau communal (PPRM). L'ensemble de ces études sont réalisées par le Groupement d'Intérêt Public (GIP) Géoderis. Les études sont ensuite utilisées par la DREAL.

4.3.2 Qualification du phénomène

Pour les activités minières disposant d'une cartographie détaillée de l'aléa, les niveaux d'aléa ont été qualifiés comme suit :

- Aléa faible (tassement, mouvement résiduel de faible ampleur ; cotation : 1) ;
- Aléa moyen (affaissement progressif ; cotation : 5) ;
- Aléa fort (effondrement localisé, généralisé, en masse ; cotation : 7).

Pour les activités minières ne disposant pas d'une cartographie détaillée de l'aléa, les niveaux seront considérés comme faibles (cotation à 3).

4.3.3 Données utilisées et méthodologie employée

Les activités minières disposant d'études sur les aléas ont été fournies par la DREAL Bourgogne-Franche-Comté.

En absence d'une carte d'aléas dédiée, les données utilisées ont été celles des Ressources Minières du Territoire Métropolitain du SIG Mines. Ce SIG recense 157 sites d'extraction en Bourgogne-Franche-Comté.

Ces données d'inventaire ne disposent que d'une localisation ponctuelle et les coordonnées XY correspondent uniquement à une localisation approximative du site. Il peut s'agir des coordonnées du principal site d'extraction, du barycentre, de l'implantation des infrastructures...

La méthodologie nationale prévoyait d'appliquer une zone tampon de 5 km de rayon, mais, en concertation entre différents acteurs régionaux, il a été décidé qu'un tampon de 1 km de rayon serait plus adéquat pour ce phénomène en Bourgogne-Franche-Comté.

4.3.4 Cartographie du phénomène redouté

La cartographie de cet aléa pour la gamme 10-200 m de profondeur est présentée ci-dessous (*Illustration 6*) et en Annexe 1.

Pour information, il n'y a aucune différence pour les 3 gammes de profondeur concernant cet aléa.

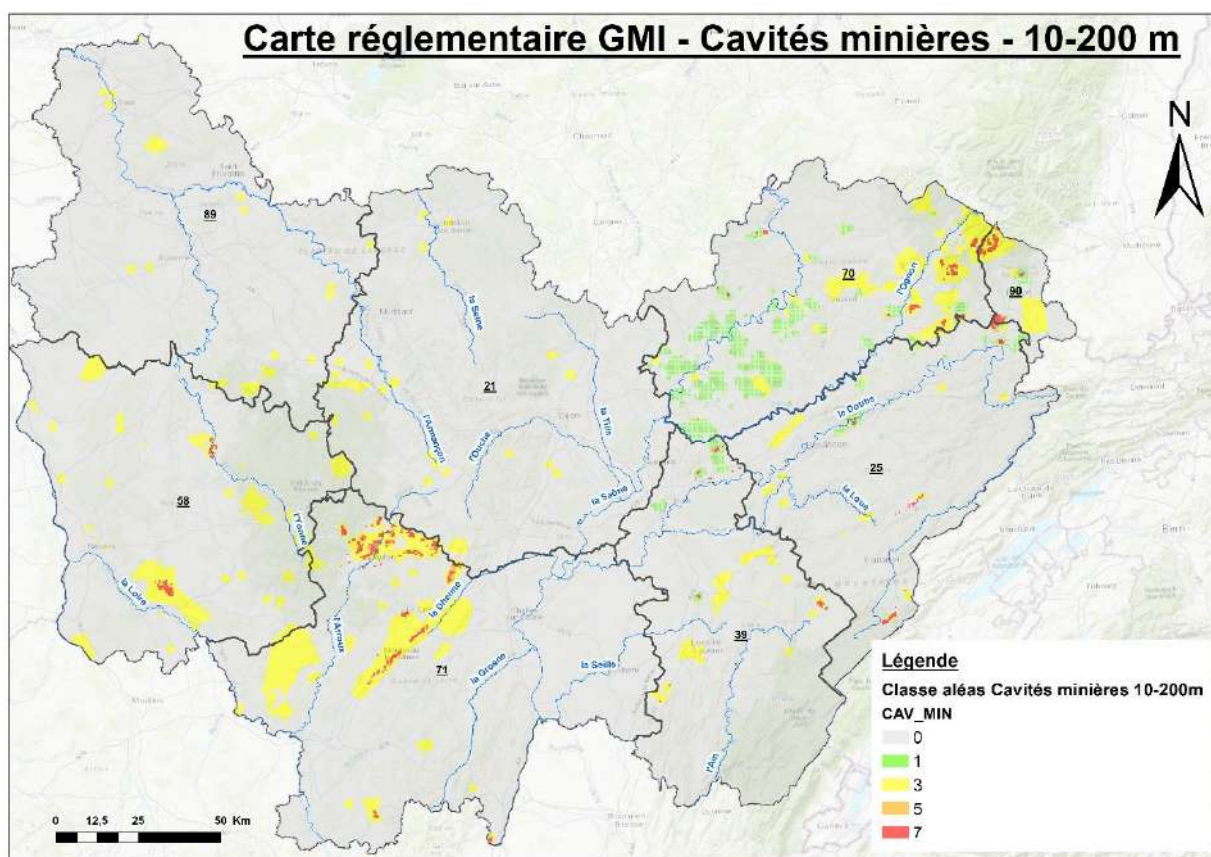


Illustration 6 - Carte des niveaux d'aléa du phénomène « affaissement/effondrement lié aux cavités minières » (tranche 10-200 m) en région Bourgogne-Franche-Comté

4.3.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le Tableau 4 ci-dessous.

| Susceptibilité | Niveau d'aléa | Facteur aggravant | | Résultat maximal | |
|---------------------|---------------|-------------------|-----|------------------|-----|
| | | Doublets | SGV | Doublets | SGV |
| Forte | 7 | 2 | 2 | 14 | 14 |
| Moyenne | 5 | | | 10 | 10 |
| Faible (SIG Mines) | 3 | | | 6 | 6 |
| Faible (carte aléa) | 1 | | | 2 | 2 |
| Nulle | 0 | | | 0 | 0 |

Tableau 4: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Affaissements / Effondrements liés aux cavités minières"

Les facteurs aggravants proviennent de la méthode nationale.

4.4 PHENOMENE « MOUVEMENTS DE TERRAIN (OU GLISSEMENTS DE TERRAIN) »

Ce phénomène a été traité par le Cerema.

4.4.1 Description du phénomène

Le phénomène décrit ici correspond au glissement de terrain. Les zones présentant les conditions géométriques et lithologiques nécessaires au déclenchement d'un phénomène de type glissement de terrain peuvent rester stables, en l'absence d'un déclencheur du processus. En revanche, la foration en cours de la mise en place du dispositif de géothermie peut être un déclencheur de ce type de phénomène. Il en est de même pour la mise en communication avec des eaux superficielles ou souterraines ou, le fluide caloporteur. Un tel phénomène est donc susceptible de se produire durant la foration ou durant l'exploitation géothermique.

En présence d'une nappe captive, un phénomène de glissement de terrain peut se produire en cas de percement non contrôlé de l'aquifère, avec un processus de saturation d'une couche supérieure qui ne l'était pas, ce qui, selon les couches lithologiques affectées et la géométrie de celles-ci, pourrait être très défavorable à la tenue des terrains. En dehors de la présence d'une nappe captive, le phénomène est réduit, car les volumes potentiellement infiltrés sont moins importants. Cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de phénomène naturel de glissement de terrain, mais que l'impact de la géothermie sur ce phénomène est limité.

4.4.2 Qualification du phénomène

En présence d'une carte d'aléa, la qualification de l'aléa est la suivante :

- Niveau nul (cotation : 0) dans les zones cartographiées en aléa « nul » ;
- Niveau faible (cotation : 1) dans les zones cartographiées en aléa « faible » ;
- Niveau moyen (cotation : 5) dans les zones cartographiées en aléa « moyen » ;
- Niveau fort (cotation : 7) dans les zones cartographiées en aléa « fort ».

En l'absence de carte d'aléa, le phénomène est qualifié en fonction de la probabilité d'occurrence, elle-même quantifiée selon 2 manières :

- Basée sur la densité de mouvements de terrains recensés dans une maille de 500 m x 500 m.
 - ↳ Probabilité d'occurrence nulle (cotation : 0) : pas de mouvement de terrain recensé ;
 - ↳ Probabilité d'occurrence faible (cotation : 1) : 1 à 4 mouvements de terrain recensés ;
 - ↳ Probabilité d'occurrence moyenne (cotation : 2) : 5 à 7 mouvements de terrain recensés.
- Basée sur les susceptibilités d'aléas identifiées dans les atlas départementaux.
 - ↳ Susceptibilité faible : cotation 1 ;
 - ↳ Susceptibilité moyenne : cotation 2 ;
 - ↳ Susceptibilité forte à très forte : cotation 3.

4.4.3 Données utilisées et méthodologie employée

Selon le guide méthodologique, les données prioritaires à recenser sont :

- Les cartes d'aléas existantes sur toute la région Bourgogne-Franche-Comté, fournies par chaque Direction Départementale des Territoires de la région Bourgogne-Franche-Comté et par les services de la DREAL Bourgogne-Franche-Comté, et qui correspondent aux cartes d'aléas des Plans de Prévention aux Risques (PPR), cartes réglementaires ;
- Les événements ponctuels recensés essentiellement à partir des bases de données (BD-MVT, cartes géologiques) ;
- Les susceptibilités d'événements, recensées dans les différents atlas départementaux mouvements de terrains (Côte d'Or, Doubs, Haute-Saône et Territoire de Belfort).

Concernant les données ponctuelles issues de la BD-MVT, une zone tampon a été créée autour de chaque événement. Cette zone est proportionnelle à l'imprécision de la donnée et a été réalisée selon les principes suivants :

- Un tampon de 100 m pour les événements possédant une précision métrique à décamétrique ;
- Un tampon de 200 m pour les événements possédant une précision hectométrique ;
- Un tampon de 1000 m pour les événements possédant une précision kilométrique.

Selon le guide méthodologique, les glissements de terrains non localisés, et représentés par convention au centroïde des communes, n'ont pas été pris en compte.

Concernant les données ponctuelles issues de la carte géologique, un tampon de 100 m a également été appliqué.

Sur la région Bourgogne-Franche-Comté, la couverture de l'aléa mouvement de terrain n'est pas identique d'un département à l'autre. Pour les départements Côte d'Or, Doubs, Haute-Saône et Territoire de Belfort, il existe des atlas départementaux de susceptibilités de ce phénomène. Le département du Jura dispose d'un atlas de l'aléa sur l'ensemble de son territoire. Ces données permettent d'avoir une couverture plus ou moins précise sur l'ensemble du territoire de ces départements. Pour compléter ces atlas, il a été utilisé la base de données BD MVT (extraction en décembre 2022).

Pour les autres départements (Yonne, Nièvre, Saône-et-Loire), ces atlas n'existent pas, la cartographie de cet aléa a donc été réalisée uniquement avec la BD MVT.

On constate donc une forte disparité de l'information sur l'aléa mouvement terrain pour le territoire Bourgogne-Franche-Comté.

4.4.4 Cartographie du phénomène redouté

La cartographie de cet aléa pour la gamme de profondeur 10-200 m est présentée ci-dessous (*Illustration 7*) et en Annexe 1.

Pour information, il n'y a aucune différence pour les 3 gammes de profondeur concernant cet aléa.

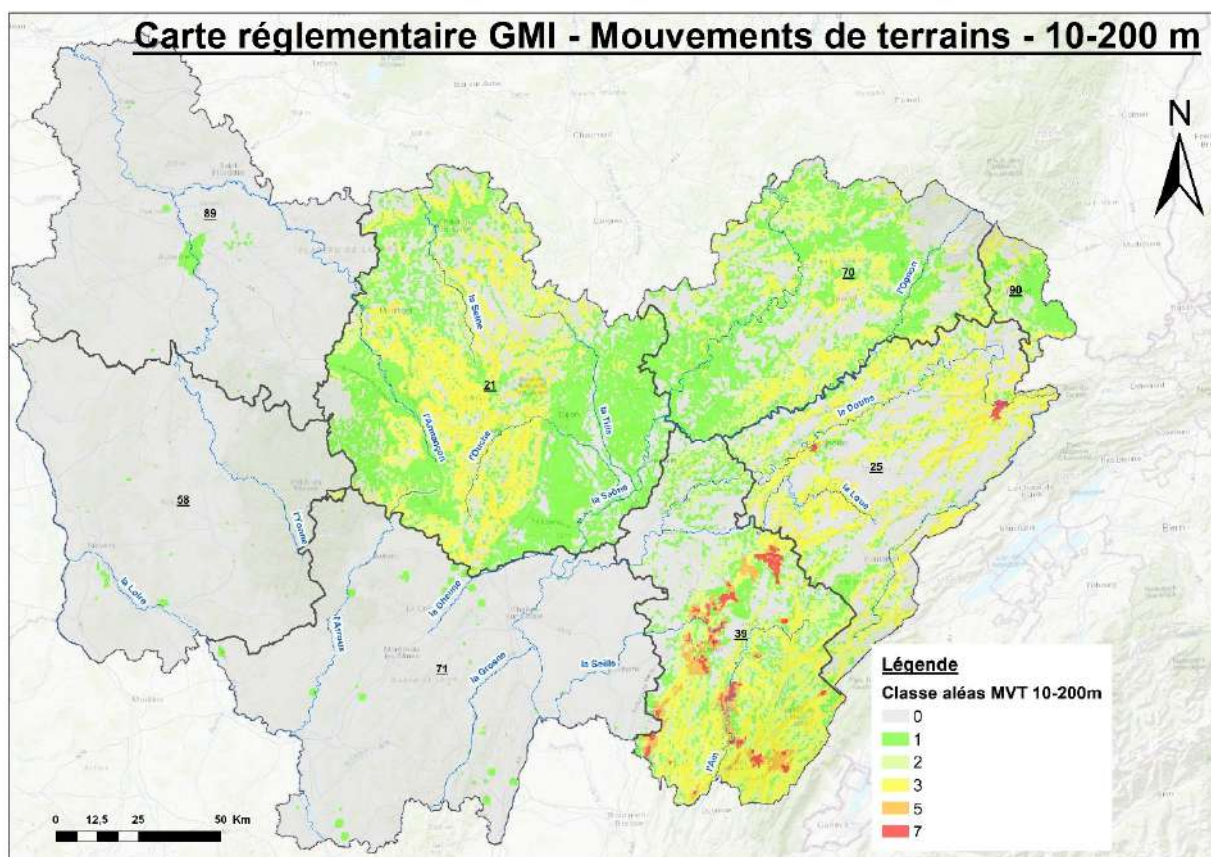


Illustration 7 - Carte des niveaux d'aléa du phénomène « mouvement de terrain de type glissement » (tranche 10-200 m)

4.4.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le Tableau 5 ci-dessous.

| Susceptibilité | Niveau d'aléa | Facteur aggravant | | Résultat maximal | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----|------------------|-----|
| | | Doublets | SGV | Doublets | SGV |
| Forte (carte aléa) | 7 | 2 | 2 | 14 | 14 |
| Moyenne (carte aléa) | 5 | | | 10 | 10 |
| Forte (données ponctuelles) | 3 | | | 6 | 6 |
| Moyenne (données ponctuelles) | 2 | | | 4 | 4 |
| Faible | 1 | | | 2 | 2 |
| Nulle | 0 | | | 0 | 0 |

Tableau 5: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Mouvements de terrain"

Les facteurs aggravants proviennent de la méthode nationale.

4.5 PHENOMENE « POLLUTION DES SOLS ET DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE »

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

4.5.1 Description du phénomène

Ce phénomène correspond à la possibilité d'infiltrer des polluants depuis la surface vers une nappe ou de mettre en communication une nappe superficielle polluée avec des aquifères plus profonds (non contaminés), soit au cours de la foration des ouvrages, soit tout au long de la durée de vie d'un ouvrage en cas de défaut d'étanchéité.

1.1.1 Données utilisées et méthodologie employée

La méthodologie appliquée pour ce phénomène a été adaptée par rapport au guide de 2015.

La cartographie de ce phénomène s'appuie sur les données présentes dans les sites BASOL et SIS ainsi que sur les couches de la BDLISA de niveau 3.

Les sites « libres de toutes restrictions, travaux réalisés, aucune restriction, pas de surveillance nécessaire » ont été exclus et codés avec un niveau de susceptibilité nulle.

Une zone tampon de 500 mètres est appliquée aux autres sites des bases BASOL et SIS, puis ces zones sont croisées avec les couches de la BDLISA de niveau 3. Ce croisement permet de déterminer si un site se situe au droit d'une nappe et à quelle profondeur celle-ci se situe afin de pouvoir coder les sites avec les niveaux de susceptibilités de niveau « moyenne » et « faible ».

Pour la gamme de profondeur 10 - 50 mètres, les zones tampon des sites répertoriés dans les bases BASOL et SIS sont croisées avec les couches de la BDLISA d'ordre 1. Ces couches correspondent aux couches situées à l'affleurement et donc à moins de 50 mètres de profondeur. Dans le cas où plus de 50 % de la surface de la zone tampon est occupée par une unité aquifère et/ou une unité semi-perméable (codes 5 et 6 du statut « Nature de l'entité hydrogéologique ») d'une ou plusieurs couches BDLISA, alors le site est codé avec un niveau de susceptibilité moyen.

Les autres sites sont de nouveau croisés avec les couches de la BDLISA d'ordre supérieur. L'objectif de ces nouveaux croisements est de déterminer quelles nappes couvrent plus de 50 % de la surface de la zone tampon du site. Une fois la nappe déterminée, sa profondeur est déterminée à l'aide des colonnes lithostratigraphiques des ouvrages BSS situés à proximité. Comme pour la gamme de profondeur 10 - 50 mètres, le site est codé avec une susceptibilité moyenne uniquement si plus de 50 % de la surface de la zone tampon est occupée par une unité aquifère et/ou une unité semi-perméable pour la profondeur considérée, sinon il reste codé avec une susceptibilité faible.

Une fois les sites codés avec la susceptibilité moyenne ou faible pour les 3 gammes de profondeur, les sites issus des bases de données BASOL et SIS dont la nappe a été atteinte par la pollution du site (pollution avérée) sont listés. Si ces sites présentent une susceptibilité moyenne pour une gamme de profondeur donnée, une susceptibilité forte est appliquée à la place de la susceptibilité moyenne. En effet, si le site est codé avec une susceptibilité moyenne, cela signifie que la nappe est présente dans la gamme de profondeur considérée et donc polluée par les sites dont la pollution est avérée.

Il est à noter que les zones de dénitrification naturelle, bien que présentant un intérêt majeur dans la qualité de l'eau, ne sont pas prises en compte dans le cadre de l'élaboration des zones réglementaires de la GMI. En revanche, en cas de projet de géothermie de minime importance au sein d'une maille classée en zone orange, l'impact des forages sur la dénitrification naturelle devra être pris en compte. Dans le cas de zone classée en rouge, ces zones de dénitrification naturelle seront prises en compte en dehors du contexte réglementaire de la GMI.

4.5.2 Cartographie du phénomène redouté

La cartographie de cet aléa pour la gamme de profondeur 10-200 m est présentée ci-dessous (*Illustration 8*). La cartographie de cet aléa pour les 3 gammes de profondeur est présentée en Annexe 1.

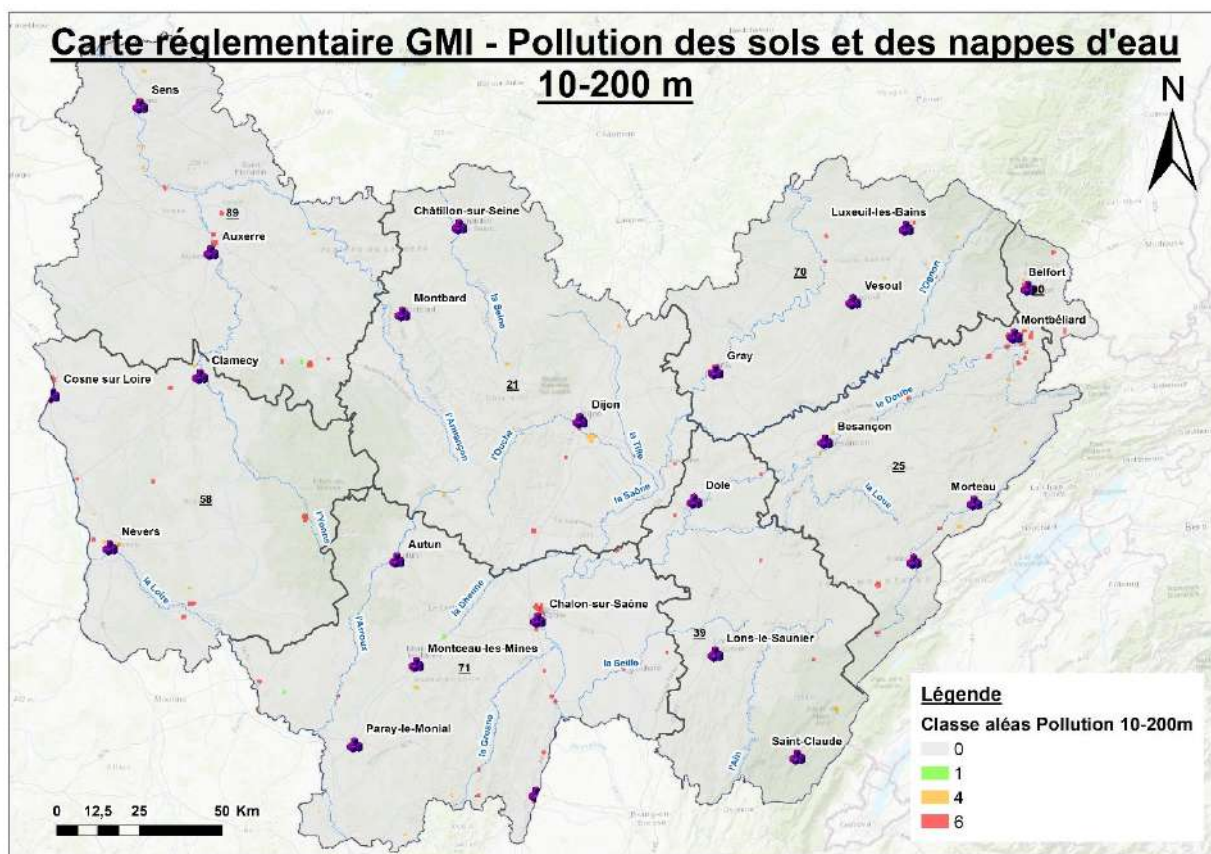


Illustration 8 - Carte des niveaux d'aléa du phénomène « pollution des sols et des nappes d'eau souterraines » (tranche 10-200 m)

4.5.3 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le Tableau 6 ci-dessous.

| Susceptibilité | Niveau d'aléa | Facteur aggravant | | Résultat maximal | |
|----------------|---------------|-------------------|-----|------------------|-----|
| | | Doublets | SGV | Doublets | SGV |
| Forte | 6 | 3 | 3 | 18 | 18 |
| Moyenne | 4 | | | 12 | 12 |
| Faible | 1 | | | 3 | 3 |
| Nulle | 0 | | | 0 | 0 |

Tableau 6: Cotation et facteur aggravant du phénomène « pollution des sols et des nappes d'eau souterraine »

Compte tenu des impacts potentiels liés à ce type de phénomène, le facteur aggravant potentiel est estimé à « 3 » pour les doublets sur aquifère et les sondes géothermiques verticales, soit une valeur maximale résultante de 18 en Bourgogne-Franche-Comté. Les facteurs aggravants proviennent de la méthode nationale.

4.6 PHENOMENE « ARTESIANISME »

4.6.1 Phénomène redouté

L'artésianisme se définit comme l'aptitude d'un aquifère captif à permettre la remontée d'eau spontanée par des ouvrages (puits, forages). Cette remontée d'eau en surface ou jaillissante peut provoquer des écoulements d'eau sur le sol, et/ou une déstabilisation d'une formation superficielle. L'aquifère concerné a une surface piézométrique située au-dessus de la surface du sol.

4.6.2 Qualification du phénomène

Le phénomène « Artésianisme » a été qualifié comme suit, conformément aux préconisations du guide :

- 1 **Niveau fort** : présence d'un aquifère artésien connu (retour d'expérience).
- 1 **Niveau moyen** : présence d'un aquifère ayant un niveau piézométrique connu pour être supérieur à la surface du sol dans la tranche de terrain considérée.
- 2 **Niveau nul** : pas d'aquifère artésien connu dans la tranche de terrain considérée.

Cependant la qualification de l'ensemble des phénomènes d'artésianisme avéré avec un niveau d'aléa fort a été jugée trop importante et impactant de façon disproportionnée la note finale pour ce phénomène et donc pour la carte réglementaire. En effet, les informations disponibles sur le territoire régional sont insuffisantes et peu précises pour une telle classification. Ainsi un niveau d'aléa supplémentaire a été créé (niveau faible) et il a été décidé de garder le même système de notation que celui utilisé pour la carte nationale, c'est-à-dire des notes allant de 3 à 0.

Le phénomène « artésianisme » a été qualifié comme suit :

- Susceptibilité forte : présence d'un (ou plusieurs) aquifère(s) artésien(s) connu(s) dans la tranche de terrain considérée ;
- Susceptibilité moyenne : présence d'un aquifère ayant présenté un niveau piézométrique ponctuel au-dessus du sol dans la tranche de terrain considérée ;
- Susceptibilité faible : présence d'aquifère susceptible d'être artésien ;
- Susceptibilité nulle : pas d'aquifère artésien connu dans la tranche de terrain considérée.

La susceptibilité du phénomène « artésianisme » a été cartographiée pour les trois gammes de profondeur 10-50 m, 10-100 m et 10-200 m.

4.6.3 Données utilisées et traitement

La méthodologie appliquée pour ce phénomène est conforme au guide de 2015.

A ce jour, il n'existe pas de carte permettant d'identifier clairement et précisément les nappes artésiennes sur le territoire de la région Bourgogne-Franche-Comté.

Afin d'évaluer ce phénomène, plusieurs types d'informations, plus ou moins précises, ont été utilisées.

La première étape de cartographie de ce phénomène consiste à sélectionner les couches BDLISA de niveau 3 dont l'état renseigné est « Entité hydrogéologique à nappe captive » ou « Entité hydrogéologique à parties libres et captives ».

La seconde étape est de collecter dans la BSS l'ensemble des points d'eau pour lesquels le niveau piézométrique est supérieur à l'altitude du sol. Dans ce cas, un travail de vérification de l'information a été nécessaire à l'aide notamment des coupes de forages et après renseignement sur le type de nappes d'eau capté afin de valider ou non la donnée.

Enfin la base de données ADES (Portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines) a été exploitée (extraction de la donnée en décembre 2022) afin de collecter l'ensemble des piézomètres présentant une chronique piézométrique et plus particulièrement les ouvrages faisant partie du réseau quantitatif du réseau DCE dont la mesure présente une bonne fiabilité.

L'ensemble de ces données disponibles a permis de recenser 3 cas:

- Cas 3 : La zone présente une nappe d'eau souterraine qui est qualifiée comme captive ou semi-captive dans la BDLISA de niveau 3. De plus, cette nappe présente au moins un piézomètre de la base ADES montrant que son niveau est artésien. Dans ce cas, la susceptibilité du phénomène est considérée comme forte.
- Cas 2 : La zone présente une nappe d'eau souterraine qui est qualifiée comme captive ou semi-captive dans la BDLISA de niveau 3 et cette nappe présente au moins une mesure piézométrique montrant que son niveau est artésien. Dans ce cas, la susceptibilité du phénomène est considérée comme moyenne.
- Cas 1 : La zone présente une nappe d'eau souterraine qui est qualifiée comme captive ou semi-captive dans la BDLISA de niveau 3 et pouvant potentiellement être artésien sans pour autant avoir de mesure piézométrique permettant de le vérifier.
- Cas 0 : Absence d'aquifère artésien connu dans la tranche de terrain considérée

Les couches BDLISA associées sont présentées dans le Tableau 7 ci-dessous.

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

| CodeE H | Libelle | Classe GMI | | |
|------------|--|---------------|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 113AL03 | Formations des sables et argiles de type Limagne et calcaires lacustres de l'Eocène-Oligocène dans le bassin de la Loire du Rhins à l'Allier | | X | |
| 113AL07 | Formations des sables et argiles de type Limagne et calcaires lacustres de l'Eocène-Oligocène dans le bassin de l'Allier de la Dore à la Loire | | X | |
| 117AC03 | Argiles, sables et lignites de l'Yprésien inf. du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et sud du bassin Artois-Picardie) | | X | |
| 119AC01 | Sables, marnes et calcaires de l'Yprésien basal et du Paléocène du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et sud du bassin Artois-Picardie) | X | | |
| 127AA01 | Sables de la Puisaye, de Frécambault et des Drillons de l'Albien moyen du sud-est du Bassin Parisien | | X | X |
| 127AA05 | Sables verts de l'Apto-Albien du sud-est du Bassin Parisien | X | X | |
| 127AC03 | Sables argileux du Barrémien supérieur du Bassin Parisien | X | | |
| 127AC99 | Argiles et sables indifférenciés de l'Aptien-Barrémien du Bassin Parisien | X | X | |
| 141AC01 | Grès médioliasique du Domérien, grès et calcaire gréseux et marnes du Pliensbachien du Bassin Parisien | X | | |
| 141AG05 | Calcaires, grès, calcaires argileux et argiles de l'Hettangien-Sinemurien (Lias inf.) du Bassin Parisien | X | | |
| 143AB99 | Grès et argiles indifférenciés du Rhétien (Trias sup.) du Bassin Parisien et de ses bordures | X | | |
| 143AD99 | Argiles et grès indifférenciés du Keuper (Trias supérieur) à l'ouest et au sud du Bassin Parisien | X | | |
| 143AK09 | Grès du Trias inférieur Nord Franche-Comté | X | | |
| 151AA01 | Formations gréseuses, Schistes et Conglomérats du Permien du Bec d'Allier et du Massif central (bassin Loire-Bretagne) | X | | |
| 151AG01 | Formations gréseuses, schistes et conglomérats du Permien du bassin d'Autun du Massif central (bassin Loire-Bretagne) | X | | |
| 151AI01 | Formations gréseuses, schistes et conglomérats du Stéphanien du bassin de Monceau-Les-Mines dans le Massif central) (bassin Loire-Bretagne) | X | X | |
| 505AA01 | Graviers sous couverture argileuse du "Saint-Côme" du Val de Saône - RD | | X | X |
| 505AA02 | Graviers sous couverture argileuse du "Saint-Côme" du Val de Saône - RG | | X | |
| 505AD00 | NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Graviers profonds du Pliocène de Dijon-Sud | X | X | |
| 505AE00 | NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Graviers profonds du Pliocène de la Tille | | X | X |
| 505AF00 | NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Cailloutis de la forêt de Chaux du Pliocène moyen au sud de la Loue | | X | |
| 505AG00 | NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Graviers et calcaires lacustres profonds du Plio-Quaternaire du Meuzin et de la plaine de Nuits | | | X |
| 505AH00 | NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Graviers et calcaires lacustres profonds du Plio-Quaternaire de Vignoles | | X | |
| 505AI00 | NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Marnes et calcaires lacustres de l'Oligocène et de l'Eocène du fossé bressan | | | X |
| 515AC00 | NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Calcaires jurassiques du Jura septentrional sous-couverture | | | X |

Tableau 7 : Couches BDLISA associées aux nappes identifiées comme potentiellement captives

4.6.4 Cartographie du phénomène redouté

La cartographie de cet aléa pour la gamme de profondeur 10-200 m est présentée ci-dessous (*Illustration 9*). La cartographie de cet aléa pour les 3 gammes de profondeur est présentée en Annexe 1.

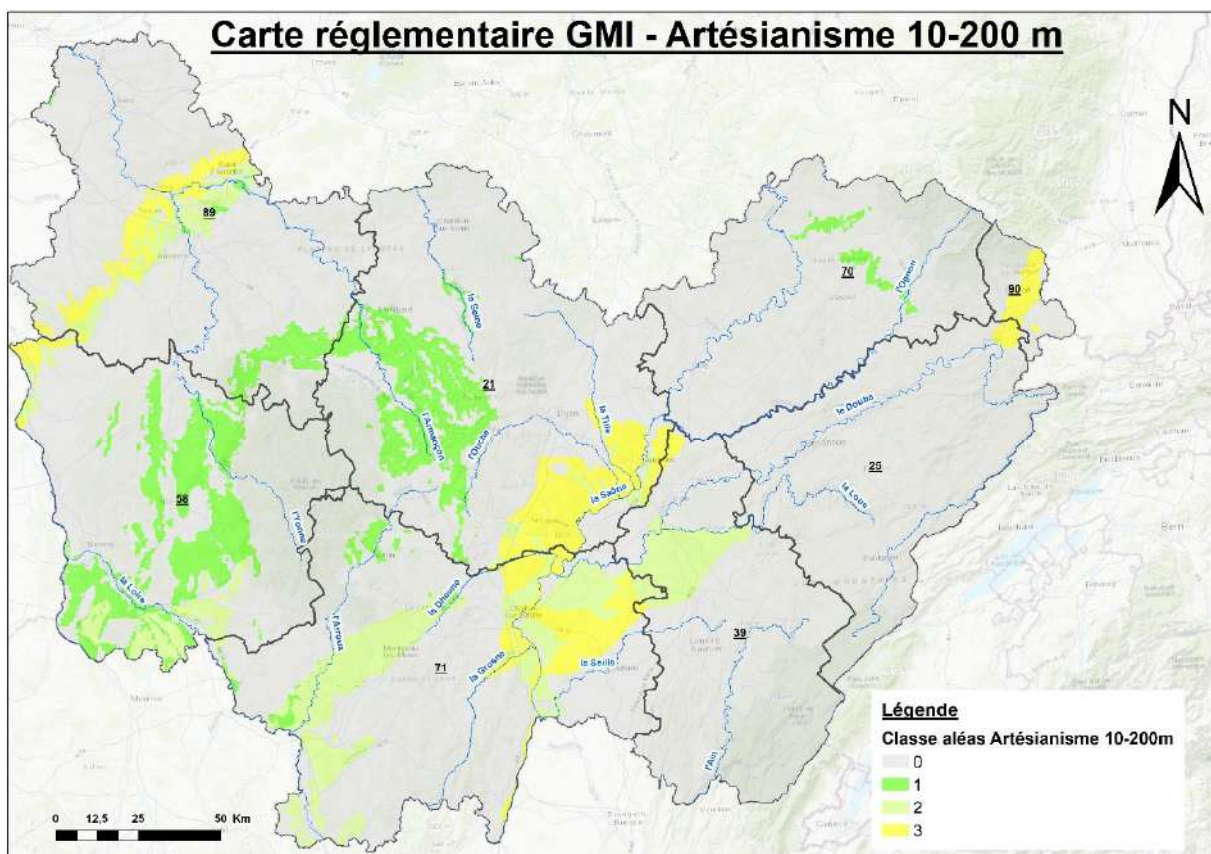


Illustration 9 - Carte des niveaux d'aléa du phénomène « artésianisme » (tranche 10-200 m)

Ce phénomène se localise essentiellement au droit :

- De la vallée alluviale de la Saône et de la Loire,
- Au niveau des formations du Trias quand celles-ci se situent en dessous des formations peu perméables du Jurassique inférieur.
- Des formations de l'Albien dans l'Yonne lorsque cette formation reste à des profondeurs inférieures à 200 m.
- Dans l'ancien bassin houiller Blanzky-Montceau-les-Mines,
- Du bassin de Montbéliard au niveau des formations du Sundgau.

Les nappes artésiennes sont également présentes au niveau des plateaux crayeux mais, pour la plupart, leur profondeur dépasse les 200 m.

4.6.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le Tableau 8 ci-dessous.

| Susceptibilité | Niveau d'aléa | Facteur aggravant | | Résultat maximal | |
|----------------|---------------|-------------------|-----|------------------|-----|
| | | Doublets | SGV | Doublets | SGV |
| Forte | 3 | 2 | 4 | 6 | 12 |
| Moyenne | 2 | | | 4 | 8 |
| Faible | 1 | | | 2 | 4 |
| Nulle | 0 | | | 0 | 0 |

Tableau 8: Cotation et facteur aggravant du phénomène "Artésianisme"

La valeur résultante de l'aléa « artésianisme » varie entre « 0 » et « 6 » pour les doublets géothermiques et entre « 0 » et « 12 » pour les sondes géothermiques verticales

Les facteurs aggravants proviennent de la méthode nationale.

4.7 PHENOMENE « MISE EN COMMUNICATION DES EAUX SOUTERRAINES ENTRE DIFFERENTS AQUIFERES »

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

4.7.1 Description du phénomène

Le phénomène redouté est celui de la mise en communication des eaux de deux aquifères distincts. Cette mise en communication peut entraîner :

- Une dégradation de la qualité de l'eau dans l'un des aquifères si l'un d'eux est pollué ;
- Une modification des caractéristiques chimiques des aquifères s'ils ne présentent pas le même faciès géochimique ;
- Une baisse du niveau piézométrique d'un aquifère pouvant entraîner des assèchements de captages voisins, voire des désordres géotechniques ;
- Une augmentation du niveau piézométrique d'un aquifère superficiel pouvant entraîner une remontée d'eau à la surface et une inondation potentielle.

4.7.2 Qualification du phénomène

Le phénomène « Mise en communication des eaux souterraines entre différents aquifères » a été qualifié comme suit, conformément aux préconisations du guide :

- **Susceptibilité forte** : présence de nappes superposées dont une ressource stratégique NAEP1 ;
- **Susceptibilité moyenne** : présence de nappes superposées dans l'intervalle considéré confirmée par l'analyse des coupes de forages de la BSS ;

¹Nappes à réserver pour l'alimentation en eau potable

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

- **Susceptibilité faible** : présence de nappes superposées dans l'intervalle considéré ;
- **Susceptibilité nulle** : absence d'aquifère ou présence d'un seul aquifère dans l'intervalle de profondeur considéré.

Ce phénomène a été cartographié pour les trois gammes de profondeur 10-50 m, 10-100 m et 10-200 m.

4.7.3 Données utilisées et méthodologie employée

La méthodologie appliquée pour ce phénomène est conforme au guide de 2015.

La cartographie de cet aléa repose sur la stratigraphie des aquifères au sein de la Bourgogne-Franche-Comté. Cette superposition est présentée dans l'illustration ci-dessous présentant les couches BDLISA et les données utilisées (*Illustration 10*).

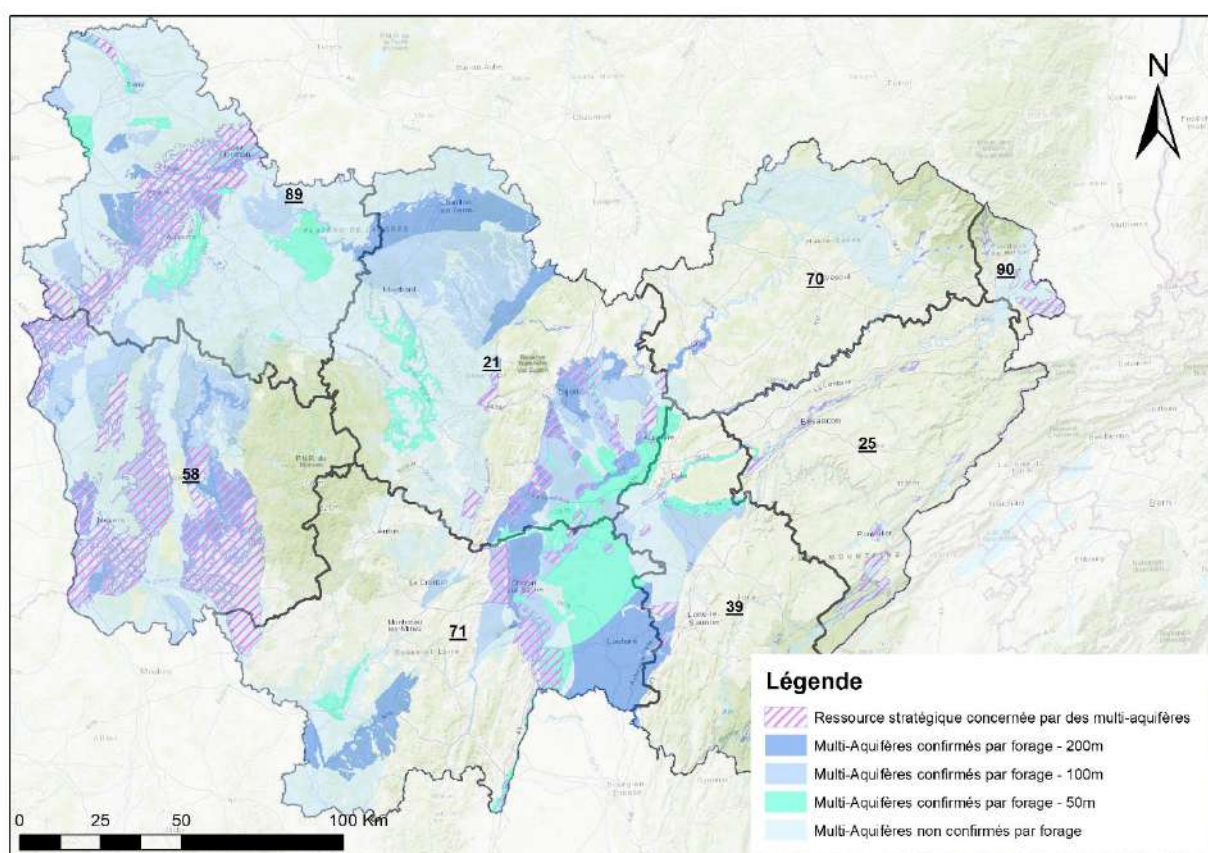


Illustration 10 - Localisation des zones présentant des multi-aquifères de 0 à 200 m en région Bourgogne-Franche-Comté

Dans un premier temps, les contours des nappes de Bourgogne-Franche-Comté ont été définis à partir de la BDLISA de niveau 3. Puis dans un second temps, les gammes de profondeur au sein desquelles chaque nappe se situe ont été définies à l'aide des coupes de forages disponibles dans la BSS.

Une fois l'ensemble des gammes de profondeur définies pour chaque nappe, celles-ci sont croisées afin d'identifier les secteurs où elles se superposent.

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

Dans les zones où une superposition des nappes a été identifiée, ces secteurs ont été codés de la façon suivante :

- **Susceptibilité forte :** La superposition de nappes d'eau souterraine est mise en évidence à partir des données de la BDLisa de niveau 3 et des coupes de forage de la BSS. Dans la gamme de profondeur considérée, une ou plusieurs de ces nappes d'eau souterraine sont des ressources stratégiques NAEP,
- **Susceptibilité moyenne :** La superposition de nappes d'eau souterraine est mise en évidence à partir des données de la BDLisa de niveau 3 et des coupes de forage de la BSS. Dans la gamme de profondeur considérée, il n'y a pas de ressources stratégiques NAEP ;
- **Susceptibilité faible :** La superposition de nappes d'eau souterraine est mise en évidence à partir des données de la BDLisa de niveau 3 uniquement.

Les nappes d'eau souterraines retenues en tant que ressources stratégiques sont celles listées dans les SDAGE de Loire-Bretagne, de Seine-Normandie et de Rhône-Méditerranée -Tableau 9 :

| Zone | Code MESO | Libelle MESO | Bassin |
|---|---------------------------|---|--------|
| Albien captif | FRHG217 | Albien-néocomien libre et captif entre Loire et Yonne | LB |
| Calcaires du Dogger (Jurassique moyen) | FRGG061 /FRGG129 | Calcaires et marnes du Lias et Dogger du Nivernais sud Calcaires et marnes du Dogger-Jurassique supérieur du Nivernais nord | LB |
| Calcaires du Lias (Jurassique inférieur) | FRGG130 /FRGG069 | Calcaires et marnes captifs du Lias de la marche nord du Bourbonnais /Calcaires du Lias du bassin parisien captifs | LB |
| Trias captif | FRGG131 /FRGG059 /FRGG060 | Grès et arkoses du Berry captifs Calcaires, argiles et marnes du Trias et Lias du Bec d'Allier Grès, argiles et marnes du Trias et Lias du Bazois | LB |
| Calcaires du Jurassique supérieur | FRGG129 | Calcaires et marnes du Dogger et Jurassique supérieur du Nivernais sud libres | LB |
| Fossé bressan Côtes calcaires de Bourgogne | FRDG151 | Calcaires jurassiques de la Côte dijonnaise | RMC |
| Tille Côtes calcaires de Bourgogne | FRDG152 | Calcaires jurassiques du châillonnais et seuil de Bourgogne entre Ouche et Vingeanne | RMC |
| Dijon-sud | FRDG171 | Alluvions nappe de Dijon sud (superficielle et profonde) | RMC |
| Fossé bressan | FRDG227 | Calcaires jurassiques sous couverture du pied de côte mâconnaise | RMC |
| Fossé bressan | FRDG228 | Calcaires jurassiques sous couverture du pied de côte bourguignonne et châlonnaise | RMC |
| Fossé bressan | FRDG233 | Graviers et calcaires lacustres profonds plio-quatérnaires sous couverture du pied de côte (Vignoles, Meuzin) | RMC |
| Doubs - Loue - Forêt de Chaux | FRDG306 | Alluvions de la vallée du Doubs | RMC |
| Doubs - Loue - Forêt de Chaux | FRDG332 | Cailloutis pliocènes de la Forêt de Chaux et formations miocènes sous couverture du confluent Saône-Doubs | RMC |
| Vallée de la Saône | FRDG344 | Alluvions de la Saône en amont du confluent de l'Ognon | RMC |
| Plaine de Bletterans et vallée de la Vallière | FRDG346 | Alluvions de la Bresse - plaine de Bletterans | RMC |

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

| | | | |
|--|---------|--|-----|
| Plaine de Bletterans et vallée de la Vallière | FRDG349 | Alluvions de la Bresse - plaine de la Vallière | RMC |
| Vallée de la Saône | FRDG360 | Alluvions de la Saône entre le confluent du Doubs et le seuil de Tournus | RMC |
| Vallée de la Saône | FRDG361 | Alluvions de la Saône entre seuil de Tournus et confluent avec le Rhône | RMC |
| Vallée de la Saône | FRDG377 | Alluvions de la Saône entre les confluent de l'Ognon et du Doubs | RMC |
| Doubs - Loue - Forêt de Chaux | FRDG378 | Alluvions de la basse vallée de la Loue entre Quingey et la confluence avec le Doubs | RMC |
| Vallée de la Saône Doubs - Loue - Forêt de Chaux | FRDG379 | Alluvions du confluent Saône-Doubs | RMC |
| Tille | FRDG387 | Alluvions plaine de la Tille (superficielle et profonde) | RMC |
| Alluvions de la Bassée | FRHG006 | Alluvions de la Bassée | SN |
| Albien-Néocomien captif | FRHG218 | Albien-Néocomien captif | SN |

Tableau 9 : Liste des ressources stratégiques NAEP pouvant être mise en communication avec des eaux souterraines d'autres aquifères

4.7.4 Cartographie du phénomène redouté

Présentation du phénomène « mise en communication de nappe d'eau » en *Illustration 11*.

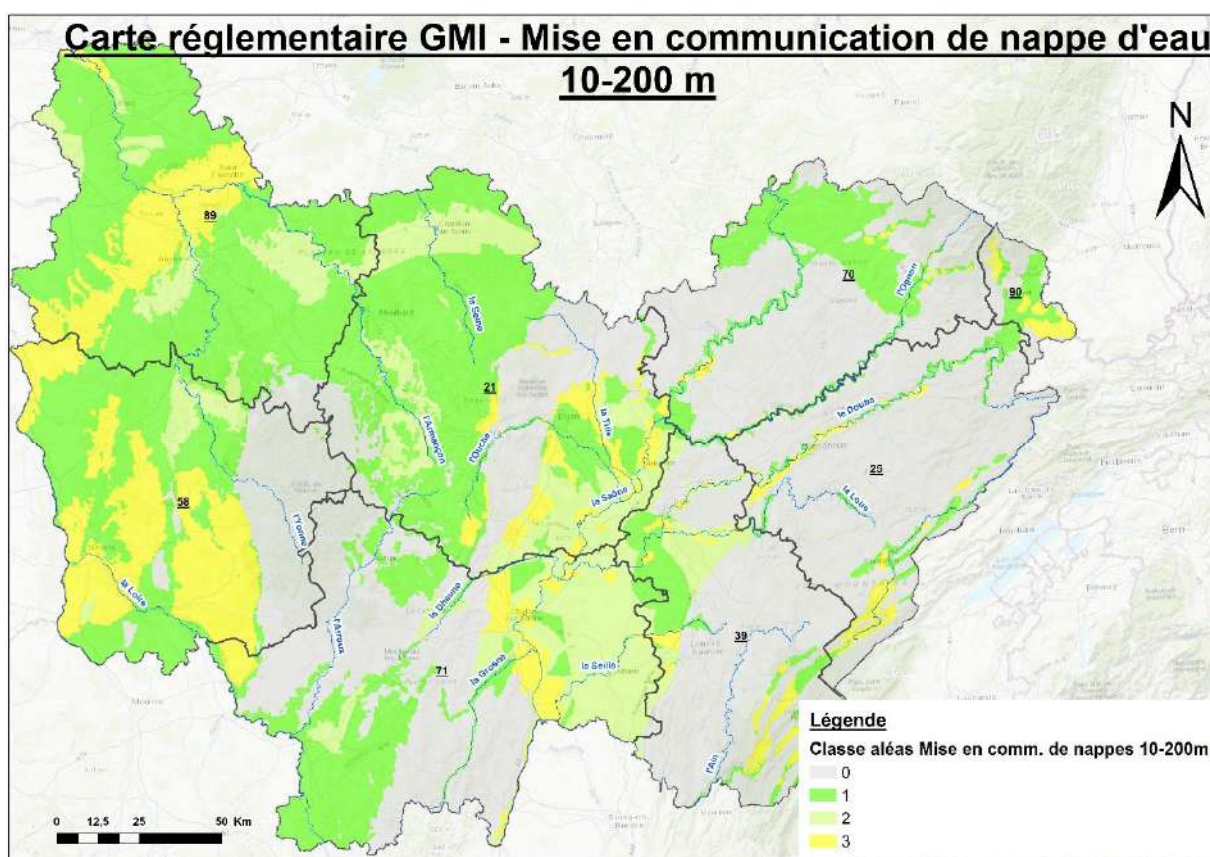


Illustration 11 - Localisation des zones de « mise en communication des nappes d'eau de 0 à 200 m en région Bourgogne-Franche-Comté

Les mise en communication de nappes d'eau souterraine sont principalement visibles au droit des vallées alluviales (Doubs, Saône, Loire, Yonne...) et dans l'ex-région Bourgogne compte-tenu de sa structure géologique. En effet la partie Ouest et Nord-Ouest de l'ex-Bourgogne correspondant à la bordure Sud-Est du bassin parisien qui correspond à la bordure d'une vaste cuvette sédimentaire où se succèdent plusieurs roches calcaires, crayeuses, marneuses, sableuses et argileuses.

En Franche-Comté, la superposition des nappes d'eau souterraine est principalement visible au droit des zones alluviales et au niveau du massif gréseux des Vosges saônoise. La superposition de nappes d'eau souterraine existe également au niveau des plateaux calcaires, qui recouvrent une grande partie de la Franche-Comté ; cependant, dans ce type de géologie, l'épaisseur des premiers aquifères calcaires est souvent supérieure à 200m.

4.7.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le Tableau 10 ci-dessous.

| Susceptibilité | Niveau d'aléa | Facteur aggravant | | Résultat maximal | |
|----------------|---------------|-------------------|-----|------------------|-----|
| | | Doublets | SGV | Doublets | SGV |
| Forte | 3 | 4 | 4 | 12 | 12 |
| Moyenne | 2 | | | 8 | 8 |
| Faible | 1 | | | 4 | 4 |
| Nulle | 0 | | | 0 | 0 |

Tableau 10 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Mise en communication des eaux souterraines entre différents aquifères

Compte tenu des impacts potentiels liés à ce type de phénomène, le facteur aggravant potentiel est fixé à « 4 » pour les doublets sur aquifère et pour les sondes géothermiques verticales, soit une valeur maximale résultante de 12. Les facteurs aggravants proviennent de la méthode nationale.

4.8 PHENOMENE « INONDATION PAR REMONTEE DE NAPPE »

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

4.8.1 Description du phénomène

Le phénomène décrit correspond à une remontée de nappe due à une surcote provoquée potentiellement par la réinjection d'eau dans le cadre du fonctionnement d'un doublet géothermique. Ce phénomène est susceptible de provoquer une inondation des terrains en surface, voire une déstabilisation géotechnique.

Cet aléa ne concerne que les échangeurs ouverts (doublets géothermiques) et n'est pas considéré pour les échangeurs fermés.

4.8.2 Qualification du phénomène

Le phénomène « Inondation par remontée de nappe » a été qualifié comme suit, conformément aux préconisations du guide :

- Susceptibilité Forte :
 - Zone potentiellement sujette aux débordements de nappes et aux inondations de caves (présentant une fiabilité forte)
 - Communes ayant déjà fait l'objet d'une CATNAT inondation par remontée de nappe
- Susceptibilité moyenne : Zone potentiellement sujette aux débordements de nappes et aux inondations de caves présentant une fiabilité moyenne - Donnée Carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe
- Susceptibilité faible : Zone potentiellement sujette aux débordements de nappes et aux inondations de caves présentant une fiabilité faible/inconnue - Donnée Carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe
- Susceptibilité nulle : pas d'aquifère ayant un niveau piézométrique déjà observé à moins de cinq mètres sous la surface du sol en hautes eaux ; et pas d'aquifère présentant des difficultés de réinjection ;
- Niveau faible : présence d'un aquifère où un niveau piézométrique a déjà été observé entre 0 et 5 mètres sous la surface du sol en hautes eaux. Ce niveau regroupe les zones potentiellement sujettes aux débordements de nappes et aux inondations de caves cartographiées par la carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe présentée ci-dessous ;

Ce phénomène n'a été cartographié que pour la gamme de profondeur 10-50 m car il s'agit exclusivement d'un phénomène de surface.

4.8.3 Données utilisées et méthodologie employée

La méthodologie appliquée pour ce phénomène est conforme au guide de 2015.

La cartographie de cet aléa repose essentiellement sur la cartographie nationale de sensibilité aux remontées de nappe (Brugeron et al., 2017). Cette cartographie distingue 2 types de zones :

- Les « zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe » pour lesquelles la différence de cote altimétrique du sol et la cote du niveau maximal piézométrique interpolé est négative ;
- Les « zones potentiellement sujettes aux inondations de caves » pour lesquelles la différence entre la cote altimétrique du sol et la cote du niveau maximal piézométrique interpolé est comprise entre 0 et 5 m ;
- Et les zones sans débordement au-delà.

Les « zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe » ont été codées avec un niveau « Faible » tandis que les « zones potentiellement sujettes aux inondations de caves » l'ont été avec un niveau « Nul ».

Cependant, certains secteurs doivent être exclus des zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe et donc codés avec un niveau « Nul ». Ces secteurs sont :

- Les terrains affleurants imperméables car ils empêchent le débordement en surface de nappes potentiellement captives sous-jacentes. Ces terrains sont déterminés à partir des couches BDLISA de niveau 3 ;
- Les terrains affleurants de type karstique dont la forte hétérogénéité des écoulements empêche leur intégration au sein de cette approche globale. Ces terrains sont également déterminés à partir des couches BDLISA de niveau 3 ;
- Les terrains urbanisés (tissu urbain continu et discontinu) car ils contiennent des aménagements souterrains (canalisations, réseaux enterrés, etc.) susceptibles de perturber de façon non négligeable la dynamique d'écoulement des eaux souterraines. Ces terrains sont définis à partir des données d'occupation des sols issues de Corine Land Cover de 2018.

La base de données BD GASPARD a également été utilisée. Il s'agit d'une base de données des procédures administratives relatives aux risques. Cette base recense notamment les catastrophes naturelles par inondations par remontée de nappe. Ainsi il a pu être identifié les communes de la région Bourgogne-Franche-Comté ayant subi ce type d'inondation et dont le phénomène a été reconnu comme catastrophe naturelle.

Ainsi ces communes ont été automatiquement identifiées comme présentant une susceptibilité forte au phénomène « Inondation par remontée de nappe ».

4.8.4 Cartographie du phénomène redouté

Présentation du phénomène « remontée de nappe d'eau » en *Illustration 12*.

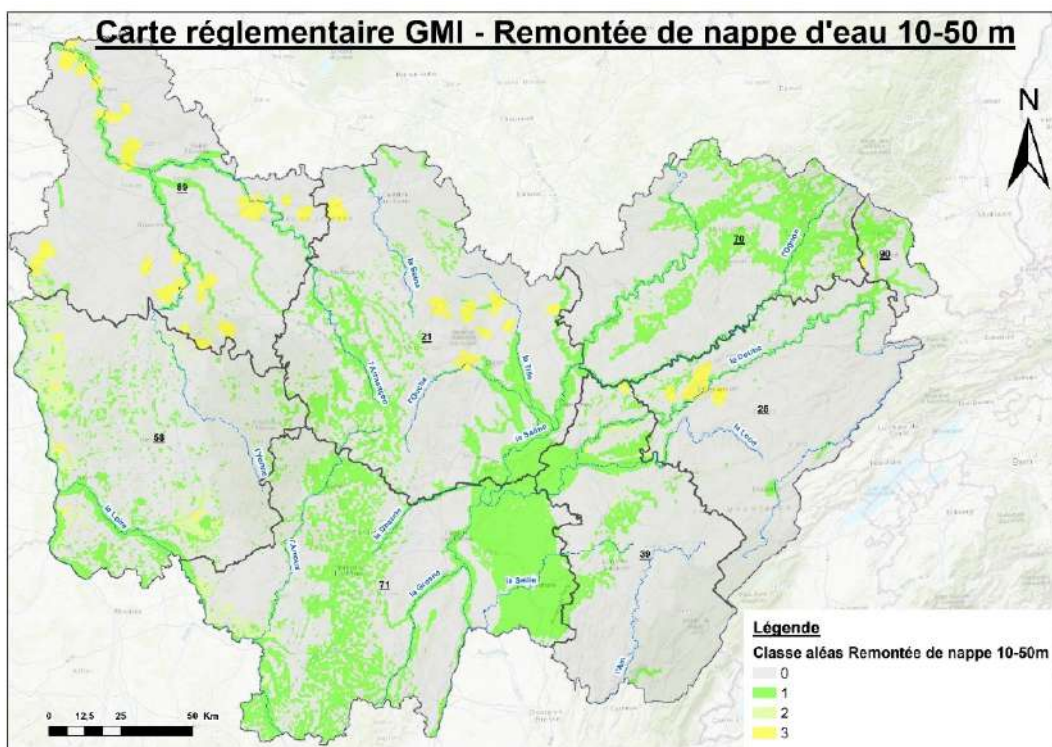


Illustration 12 - Localisation des zones de remontée de nappe d'eau de 0 à 50 m en région Bourgogne-Franche-Comté

4.8.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le Tableau 11 ci-dessous.

| Susceptibilité | Niveau d'aléa | Facteur aggravant | | Résultat maximal | |
|----------------|---------------|-------------------|-----|------------------|-----|
| | | Doublets | SGV | Doublets | SGV |
| Forte | 3 | 2 | 0 | 6 | 0 |
| Moyenne | 2 | | | 4 | 0 |
| Faible | 1 | | | 2 | 0 |
| Nulle | 0 | | | 0 | 0 |

Tableau 11 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Inondation par remontée de nappe "

Les facteurs aggravants proviennent de la méthode nationale.

5 Cartes réglementaires

Suite à l'élaboration des cartes d'aléas et à leur croisement conformément à l'analyse multicritères définie dans la méthodologie nationale (MEDDE, 2015) et de son addendum, les cartes réglementaires suivantes ont été obtenues.

5.1 LES RESULTATS

La répartition des 3 zones réglementaires au sein de la région Bourgogne-Franche-Comté est présentée dans les tableaux ci-dessous (Tableau 12 et Tableau 13) en fonction de la surface occupée

| ELEGIBILITE A LA GMI SUR NAPPE A 50 m | COTE-D'OR | DOUBS | JURA | NIEVRE | HAUTE-SAONE | SAONE-ET-LOIRE | YONNE | TERRITOIRE-DE-BELFORT | REGION BFC |
|--|-----------|-------|-------|--------|-------------|----------------|-------|-----------------------|--------------|
| Eligible | 68,6% | 79,5% | 63,9% | 69,5% | 72,6% | 72,1% | 78,6% | 48,2% | 71,7% |
| Eligible après avis d'un expert | 31,2% | 19,9% | 34,3% | 30,3% | 26,0% | 27,6% | 21,4% | 51,0% | 27,8% |
| Non Eligible | 0,3% | 0,5% | 1,9% | 0,2% | 1,3% | 0,2% | 0,0% | 0,8% | 0,5% |

| ELEGIBILITE A LA GMI SUR NAPPE A 100 m | COTE-D'OR | DOUBS | JURA | NIEVRE | HAUTE-SAONE | SAONE-ET-LOIRE | YONNE | TERRITOIRE-DE-BELFORT | REGION BFC |
|--|-----------|-------|-------|--------|-------------|----------------|-------|-----------------------|--------------|
| Eligible | 68,5% | 79,5% | 63,5% | 69,4% | 72,5% | 71,6% | 78,6% | 48,2% | 71,6% |
| Eligible après avis d'un expert | 31,2% | 19,9% | 34,5% | 30,3% | 25,8% | 28,0% | 21,4% | 51,0% | 27,7% |
| Non Eligible | 0,3% | 0,6% | 2,0% | 0,3% | 1,7% | 0,3% | 0,0% | 0,8% | 0,6% |

| ELEGIBILITE A LA GMI SUR NAPPE A 200 m | COTE-D'OR | DOUBS | JURA | NIEVRE | HAUTE-SAONE | SAONE-ET-LOIRE | YONNE | TERRITOIRE-DE-BELFORT | REGION BFC |
|--|-----------|-------|-------|--------|-------------|----------------|-------|-----------------------|--------------|
| Eligible | 68,5% | 79,5% | 63,8% | 69,4% | 72,4% | 71,6% | 78,6% | 48,2% | 71,6% |
| Eligible après avis d'un expert | 31,1% | 19,8% | 34,2% | 30,1% | 25,8% | 28,0% | 21,4% | 51,0% | 27,7% |
| Non Eligible | 0,4% | 0,7% | 2,0% | 0,5% | 1,8% | 0,4% | 0,0% | 0,8% | 0,7% |

Tableau 12 : Répartition des 3 zones réglementaires au sein de la région Bourgogne-Franche-Comté pour la GMI sur doublet

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

| ELEGIBILITE A LA GMI SUR SGV A 50 m | COTE-D'OR | DOUBS | JURA | NIEVRE | HAUTE-SAONE | SAONE-ET-LOIRE | YONNE | TERRITOIRE-DE-BELFORT | REGION BFC |
|-------------------------------------|-----------|-------|-------|--------|-------------|----------------|-------|-----------------------|------------|
| Eligible | 66,2% | 78,7% | 58,5% | 70,9% | 70,0% | 65,8% | 80,3% | 47,8% | 69,7% |
| Eligible après avis d'un expert | 33,4% | 17,4% | 32,1% | 28,1% | 33,5% | 33,5% | 19,8% | 51,3% | 28,1% |
| Non Eligible | 0,4% | 3,9% | 9,4% | 1,0% | 4,4% | 0,7% | 0,0% | 0,9% | 2,2% |

| ELEGIBILITE A LA GMI SUR SGV A 100 m | COTE-D'OR | DOUBS | JURA | NIEVRE | HAUTE-SAONE | SAONE-ET-LOIRE | YONNE | TERRITOIRE-DE-BELFORT | REGION BFC |
|--------------------------------------|-----------|-------|-------|--------|-------------|----------------|-------|-----------------------|------------|
| Eligible | 66,1% | 78,7% | 58,1% | 70,8% | 69,9% | 63,5% | 80,3% | 47,8% | 69,2% |
| Eligible après avis d'un expert | 33,5% | 17,2% | 32,4% | 28,0% | 25,4% | 35,6% | 19,8% | 51,3% | 28,4% |
| Non Eligible | 0,4% | 4,1% | 9,5% | 1,2% | 4,7% | 0,9% | 0,0% | 0,9% | 2,4% |

| ELEGIBILITE A LA GMI SUR SGV A 200 m | COTE-D'OR | DOUBS | JURA | NIEVRE | HAUTE-SAONE | SAONE-ET-LOIRE | YONNE | TERRITOIRE-DE-BELFORT | REGION BFC |
|--------------------------------------|-----------|-------|-------|--------|-------------|----------------|-------|-----------------------|------------|
| Eligible | 66,2% | 78,7% | 58,4% | 70,7% | 69,8% | 63,5% | 80,2% | 47,8% | 69,2% |
| Eligible après avis d'un expert | 33,3% | 17,1% | 32,0% | 27,9% | 25,3% | 35,6% | 19,8% | 51,3% | 28,3% |
| Non Eligible | 0,4% | 4,2% | 9,5% | 1,4% | 4,9% | 0,9% | 0,0% | 0,9% | 2,5% |

Tableau 13 : Répartition des 3 zones réglementaires au sein de la région Bourgogne-Franche-Comté pour la GMI sur SGV

La répartition des 3 zones réglementaires au sein de la région Bourgogne-Franche-Comté est présentée dans le Tableau 14 en fonction de la population (calculée à partir de la maille IRIS)

| ELEGIBILITE A LA GMI | 50 m | | 100 m | | 200 m | |
|---------------------------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | Doublets | SGV | Doublets | SGV | Doublets | SGV |
| Eligible | 63,4% | 63,6% | 67,1% | 61,4% | 67,1% | 61,4% |
| Eligible après avis d'un expert | 36,0% | 34,4% | 31,8% | 36,0% | 31,7% | 35,9% |
| Non Eligible | 0,6% | 2,0% | 1,0% | 2,6% | 1,2% | 2,7% |

Tableau 14 : Répartition des 3 zones réglementaires au sein de la région Bourgogne-Franche-Comté pour la GMI en fonction de la population

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

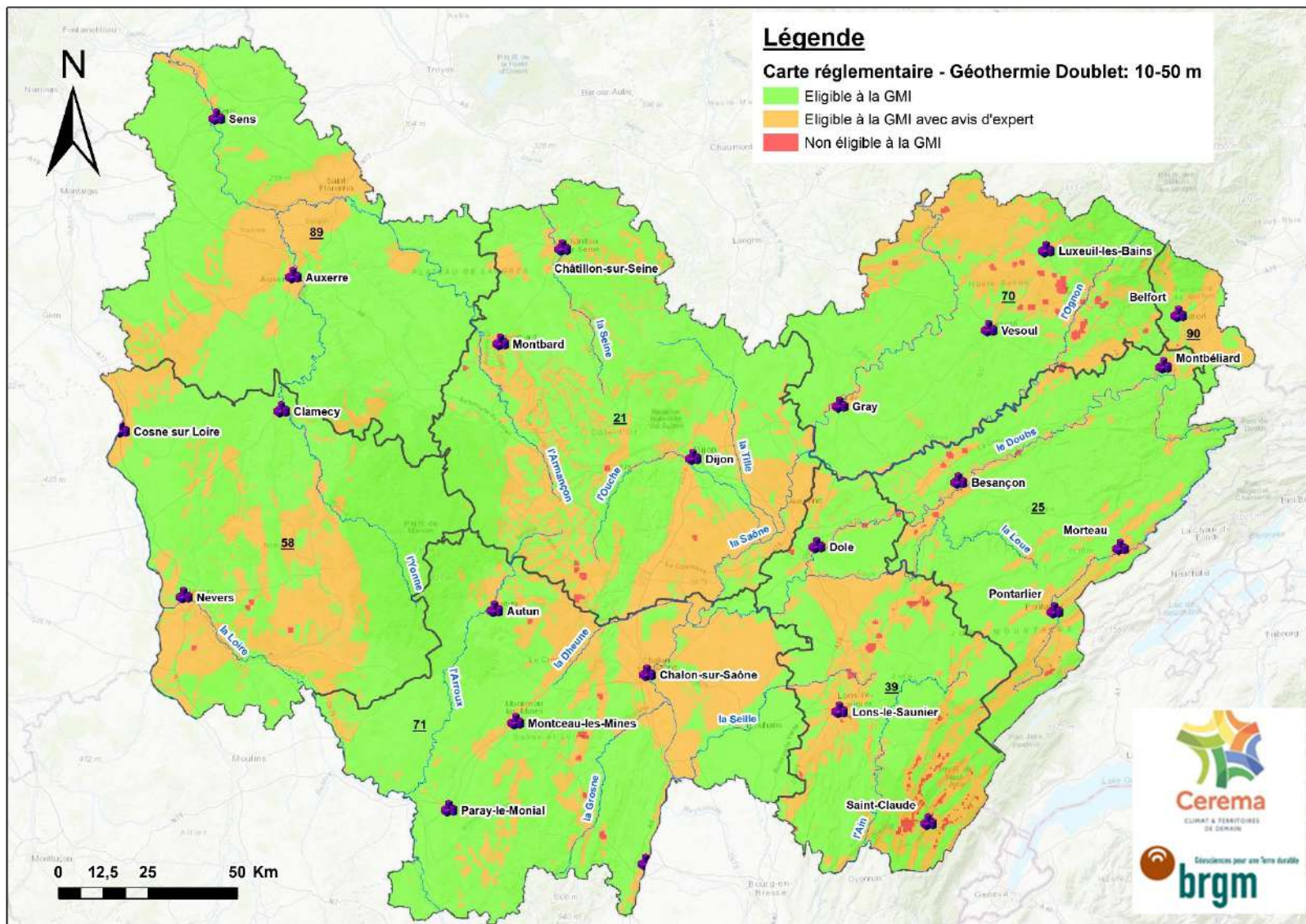


Illustration 13 : Cartes réglementaires régionales pour les doublets sur nappe pour la gamme de profondeur 10 - 50 mètres

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

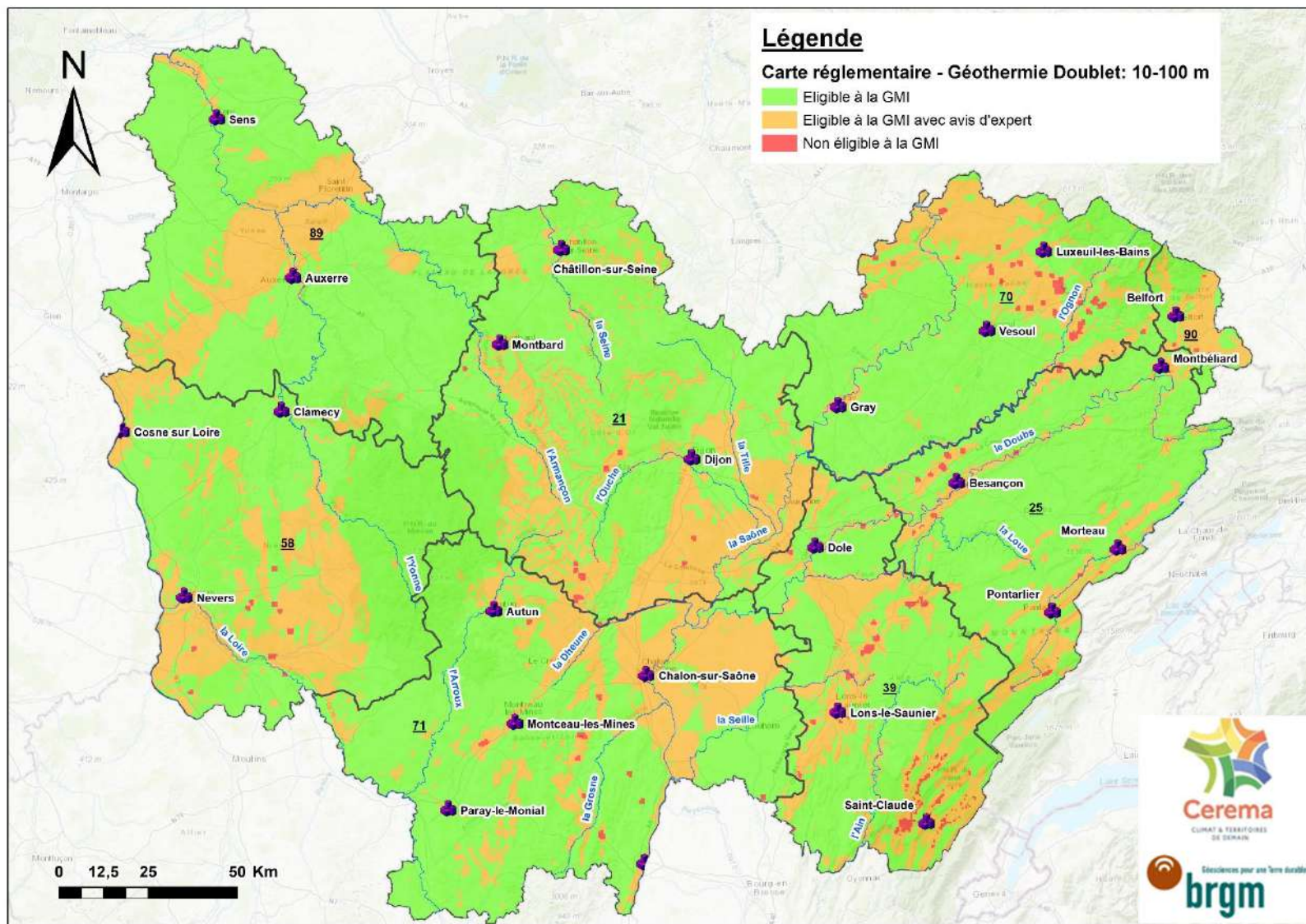


Illustration 14 : Cartes réglementaires régionales pour les doublets sur nappe pour la gamme de profondeur 10 - 100 mètres

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

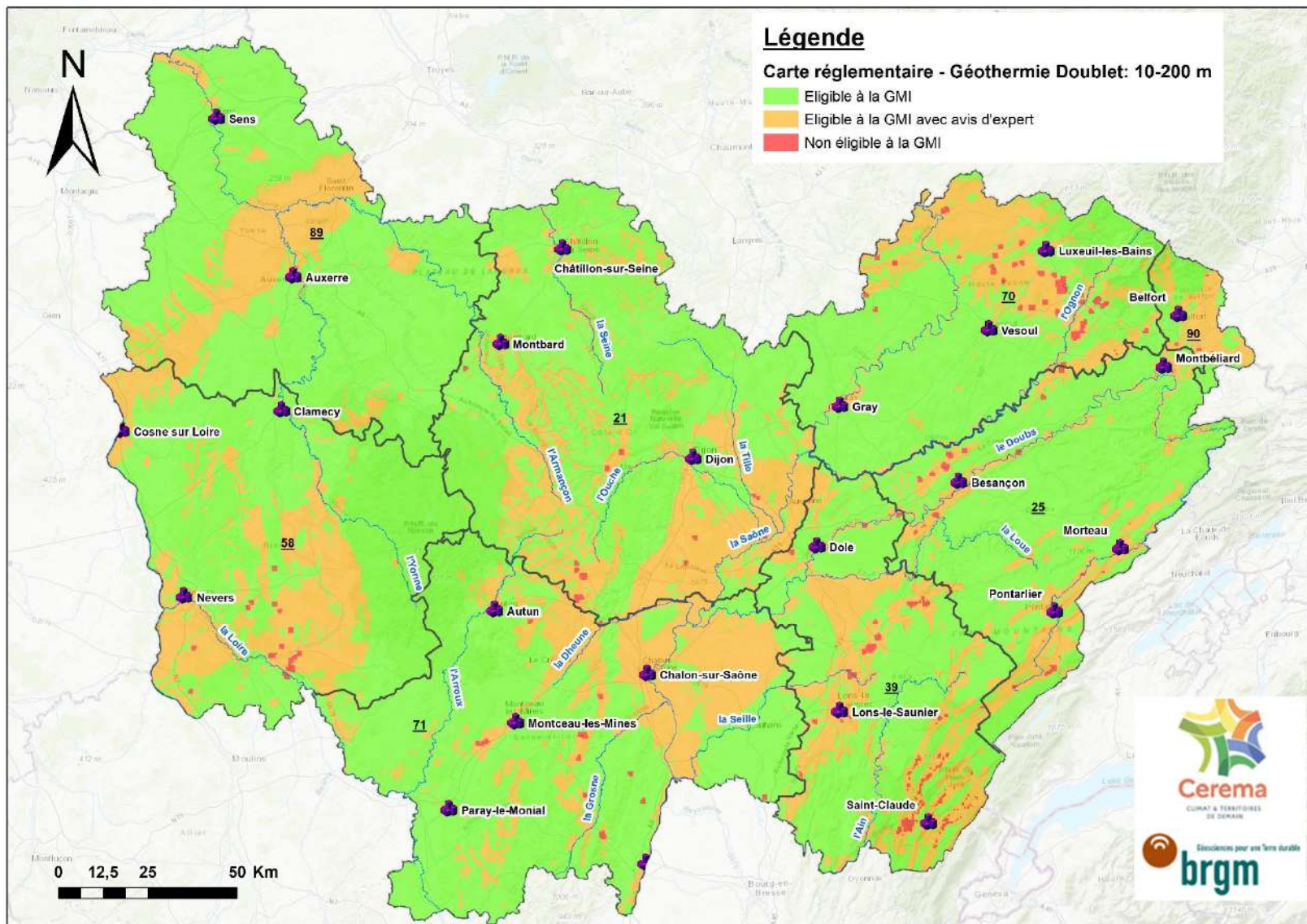


Illustration 15 : Cartes réglementaires régionales pour les doublets sur nappe pour la gamme de profondeur 10 - 200 mètres

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

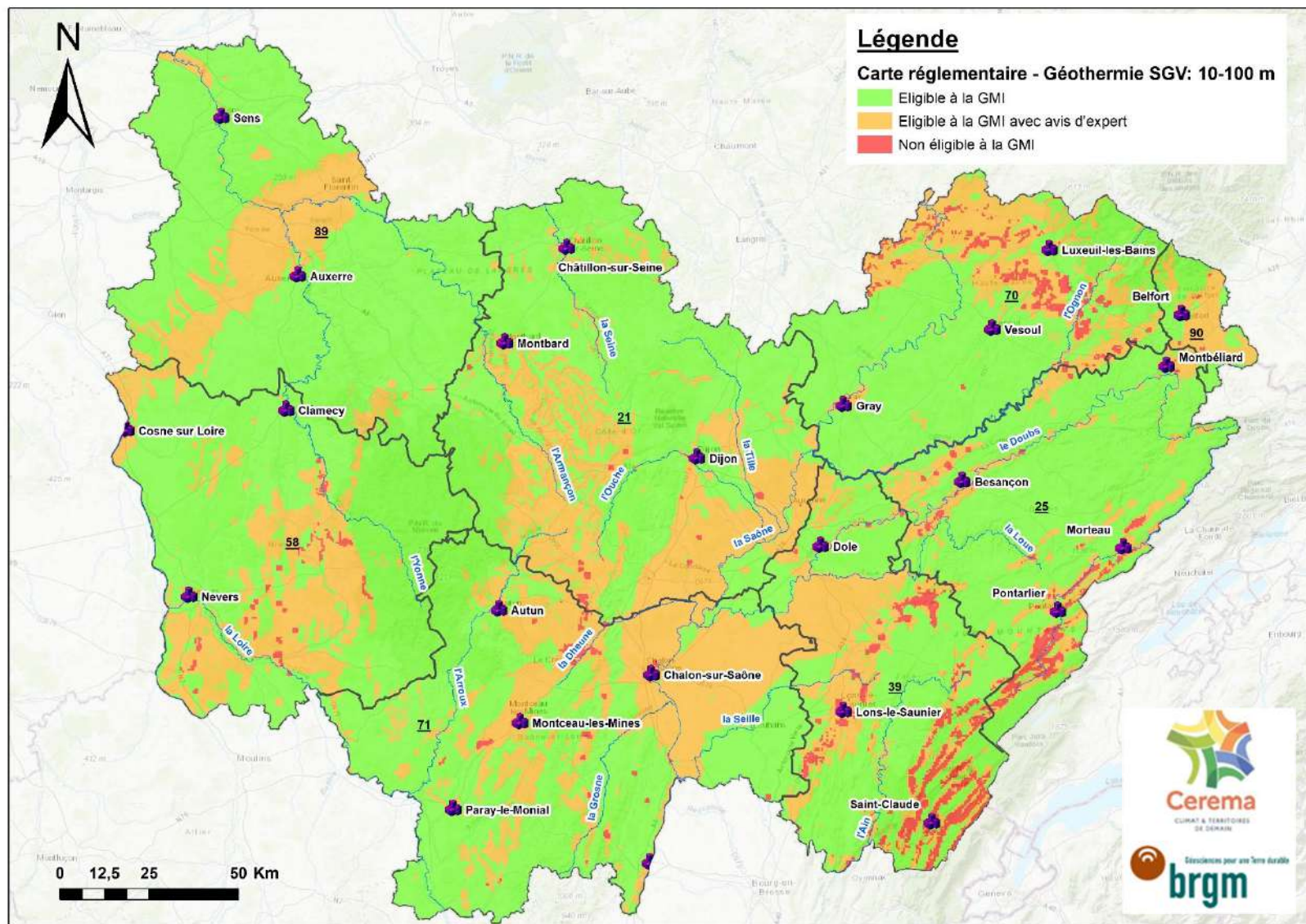


Illustration 17 : Cartes réglementaires régionales pour les SGV pour la gamme de profondeur 10 - 100 mètres

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

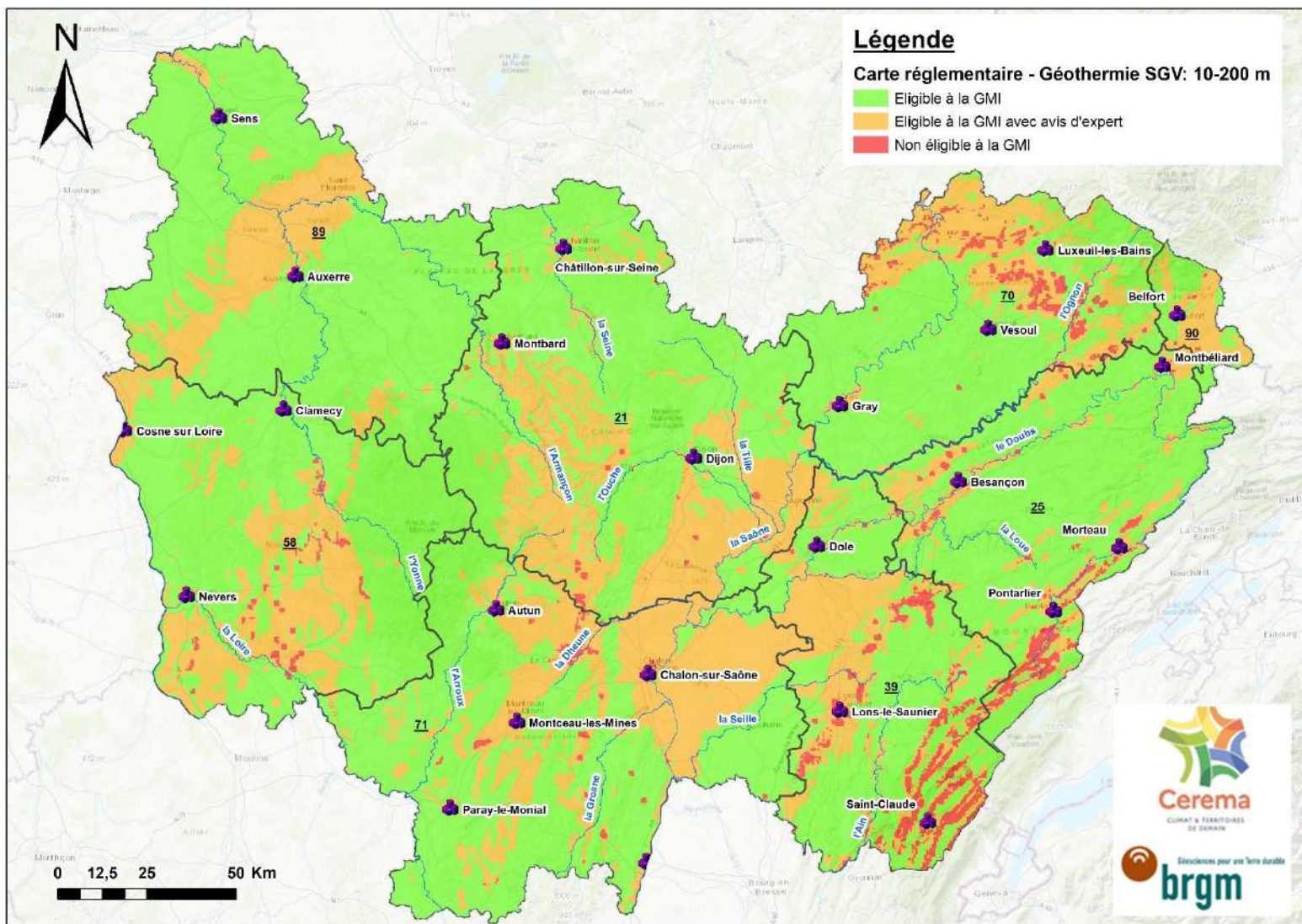


Illustration 18 : Cartes réglementaires régionales pour les SGV pour la gamme de profondeur 10 - 200 mètres

5.2 COMPARAISON ENTRE LES CARTES REGLEMENTAIRES GMI NATIONALES (10-200 M) ET LES CARTES REGLEMENTAIRES GMI REGIONALES

Les nouvelles cartes régionales GMI ont été comparées aux cartes réglementaires GMI nationales pour les deux types de géothermie (doublets et SGV) pour la gamme de profondeur 10-200 m (unique gamme de profondeur pour la carte nationale) afin de visualiser les différences entre ces cartes réglementaires.

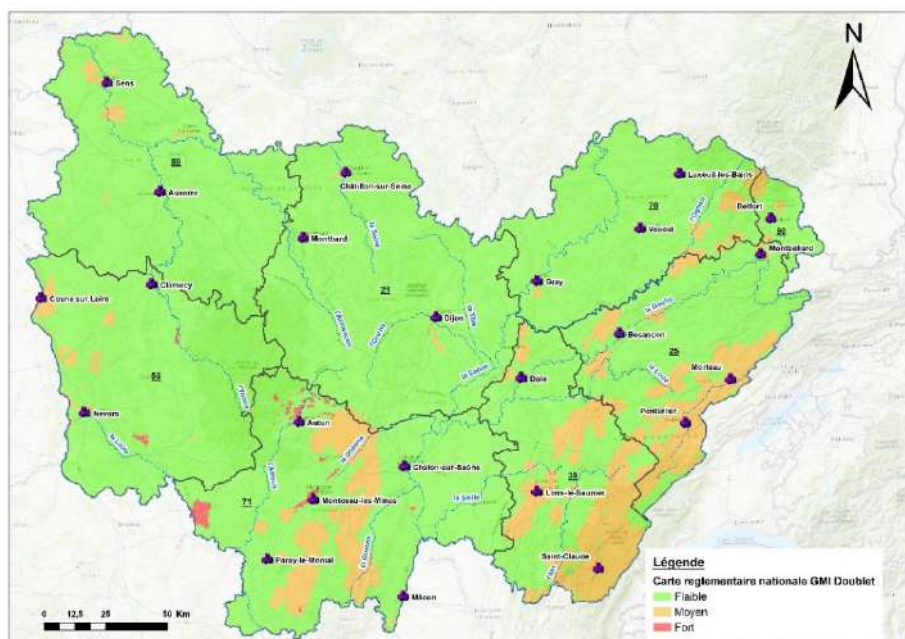


Illustration 19 : Carte réglementaire nationale pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeur 10 - 200 mètres

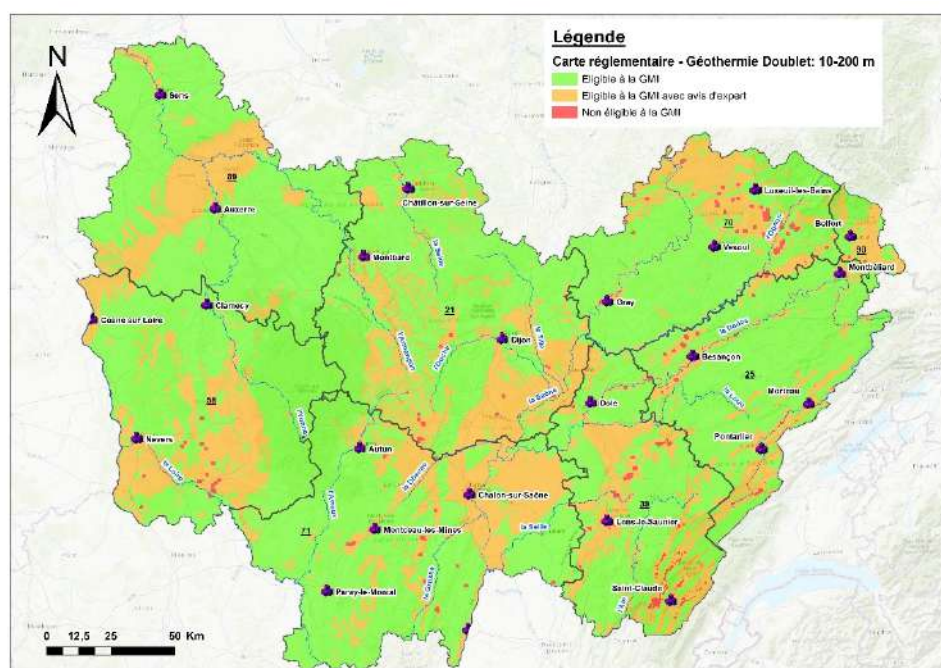


Illustration 20 : Carte réglementaire régionale pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeur 10 - 200 mètres

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

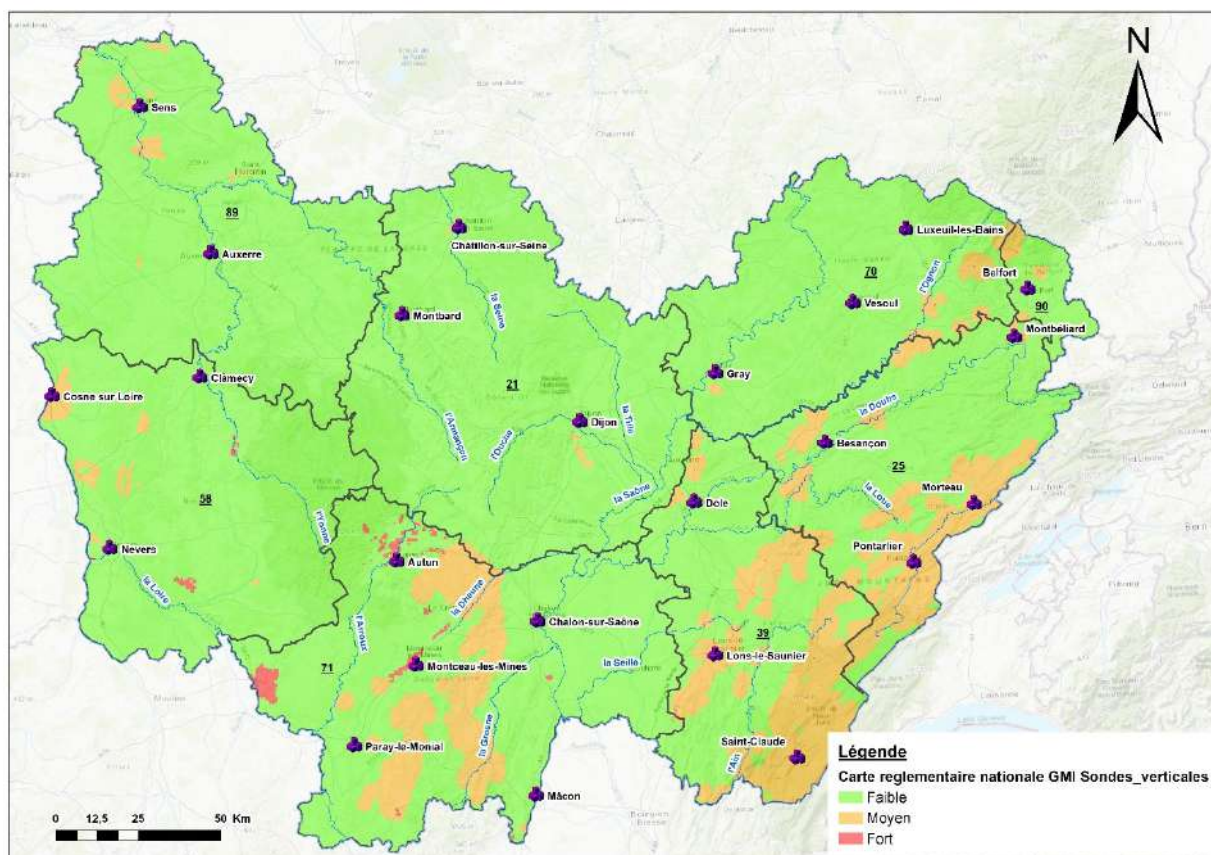


Illustration 21 : Carte réglementaire nationale pour les SGV sur nappe de la gamme de profondeur 10 - 200 mètres

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Bourgogne-Franche-Comté

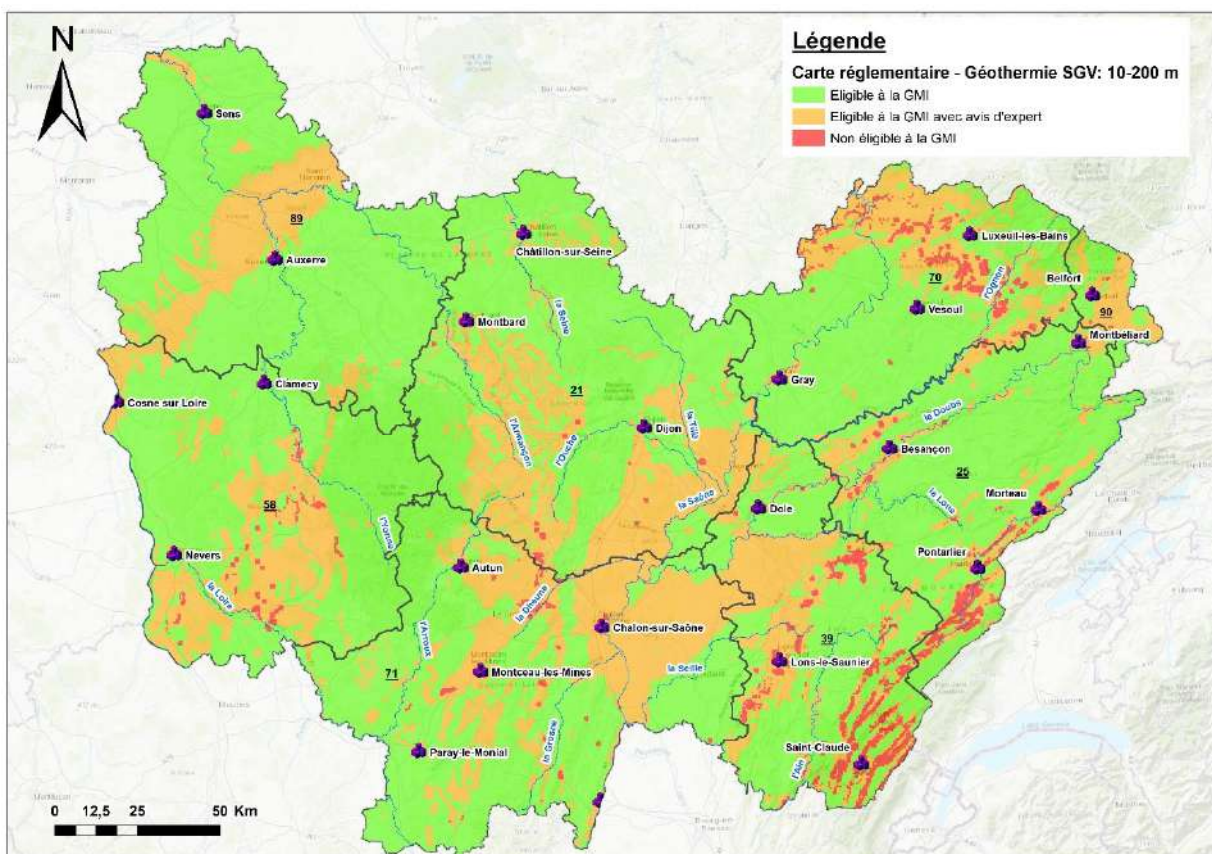
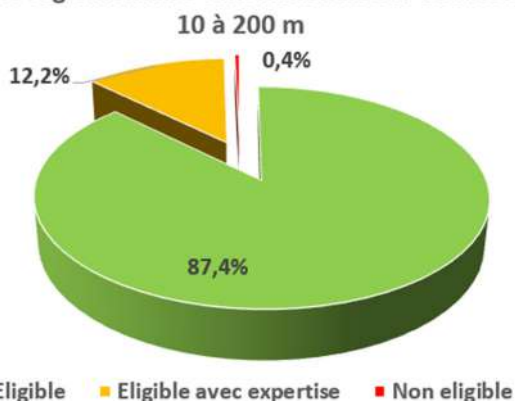


Illustration 22 : Carte réglementaire régionale pour les SGV sur nappe de la gamme de profondeur 10 - 200 mètres

Une représentation graphique du recouvrement des différents types d'éligibilité par rapport à la surface du territoire régional est présentée en *Illustration 23* et *Illustration 24*.

Carte réglementaire GMI nationale sur doublets



Carte réglementaire GMI régionale sur doublets (10-200m)

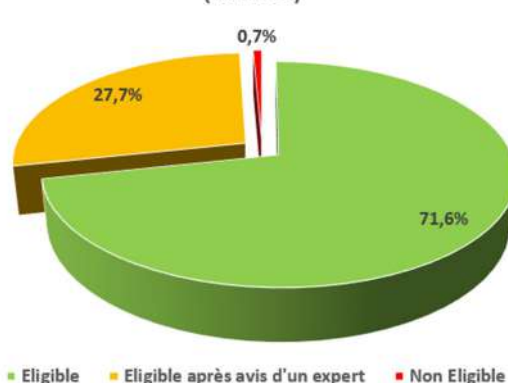


Illustration 23 : Répartition graphique des zones d'éligibilité pour les cartes réglementaires nationales et régionales sur doublets dans la gamme de profondeur 10 - 200 mètres

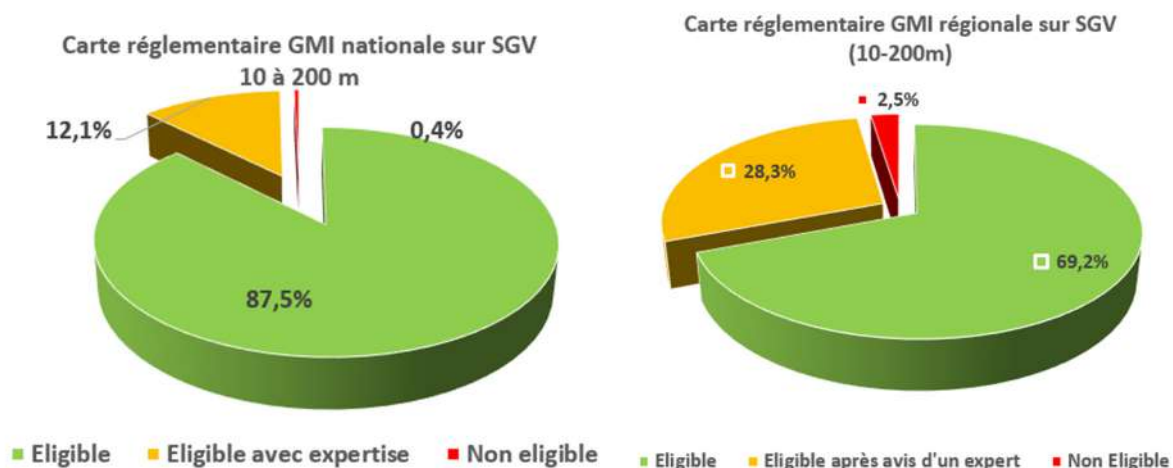


Illustration 24 : Répartition graphique des zones d'éligibilité pour les cartes réglementaires nationales et régionales sur SGV dans la gamme de profondeur 10 - 200 mètres

La comparaison des cartes réglementaires GMI nationales avec les cartes réglementaires GMI régionales pour la gamme 10 à 200 m met en évidence :

- Diminution des surfaces « éligible à la GMI » - 87-88% pour la carte nationale sur doublet et sur SGV contre 71-72% pour les cartes régionales sur doublet et 69% sur SGV ;
- Augmentation des surfaces « éligibles à la GMI après expertise » - 12 % pour la carte nationale sur doublet et sur SGV contre 28% pour la carte régionale sur doublet et sur SGV ;
- Une légère augmentation des surfaces « non éligibles à la GMI » avec 0,4 % pour la carte nationale contre 0,7% et 2-3% pour la carte régionale sur doublet et sur SGV ;
- Les zones de thermalisme (Bourbon-Lancy) et les anciennes mines (Montceau-les-Mines / Autun / La Machine...) n'apparaissent plus en zone non éligible à la GMI car :
 - Les stations thermales doivent avoir des périmètres de protection qui ont été prescrits par l'ARS. La méthodologie d'établissement des cartes réglementaires GMI n'a pas pour objectif d'intégrer les autres réglementations. Ces périmètres doivent être pris en compte dans les projets par le maître d'ouvrage et/ou le maître d'œuvre ;
 - Le phénomène « cavité minière » a été établi à partir de données de GEODERIS qui ont permis de définir plus précisément cet aléa selon la méthode nationale.

6 Conclusion

Dans le contexte de la transition énergétique et du développement des énergies renouvelables, le cadre réglementaire relatif à la géothermie de minime importance a fait l'objet d'une révision via l'arrêté du 25 juin 2015. Cet arrêté relatif à la géothermie de minime importance permet de réviser la carte nationale régionalement afin d'apporter plus de précision en matière de connaissance et de localisation des phénomènes redoutés.

Cette révision a permis de redéfinir les zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance conformément à la méthode décrite dans le « Guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance » publié en juillet 2015 par le Ministère en charge de l'Ecologie (MEDDE, 2015) et à son addendum de 2023.

Conformément au guide méthodologique, les 8 phénomènes pris en compte pour cette nouvelle cartographie sont les suivants :

- Affaissement / surrection lié aux évaporites ;
- Affaissement / effondrement lié aux cavités (hors mines) ;
- Affaissement / effondrement lié aux cavités minières ;
- Mouvements de terrain (ou glissements de terrain) ;
- Pollution des sols et/ou des nappes souterraines ;
- Artésianisme ;
- Mise en communication d'aquifères ;
- Remontée de nappe.

Pour chacun de ces phénomènes, des niveaux d'aléa ou de susceptibilité ont été attribués conformément aux recommandations du guide méthodologique. Cependant, pour les phénomènes « artésianisme » et « mise en communication d'aquifères », le système de notation de ces aléas est équivalent à celui utilisé pour la carte nationale (note maximum ne dépassant pas 3). Ce choix a été fait au regard de la faible quantité et de l'imprécision des informations disponibles sur le territoire de la région Bourgogne-Franche-Comté.

Au total, six cartes proposant un nouveau zonage réglementaire ont été réalisées avec un maillage 500*500 mètres. Elles correspondent à deux technologies : les doublets sur aquifère (échangeur ouvert) et les sondes géothermiques verticales (échangeur fermé), et à trois gammes de profondeur : 10-50 m, 10-100 m, 10-200 m.

Par rapport à la carte nationale, la mise à jour de la zonation des cartes réglementaires de la Bourgogne-Franche-Comté a permis de définir l'éligibilité à la GMI sur les trois gammes de profondeur. Les données et les connaissances acquises localement concernant la région ont été prises en compte. La précision apportée par la carte révisée concerne de fait tous les phénomènes redoutés, les phénomènes « artésianisme » et « mise en communication d'aquifères » malgré l'imprécision des données disponibles. En effet, l'utilisation de cartes d'aléa produites à l'échelle de la région (cavités non-minières, mouvement de terrain), des informations plus précises (localisation des sites et sols pollués revue en 2018, entités BD LISA de niveau 3, etc.) et traitées en détail. Pour un système donné (doublet, SVG), les cartes obtenues présentent de légères différences d'une tranche de profondeur à l'autre. Néanmoins, quelle que soit la tranche de profondeur (10-50, 10-100 et 10-200 m), pour les doublets, la zone verte représente globalement 71-72% de la surface totale de la région Bourgogne-Franche-Comté, la zone orange 28% et la zone rouge 0,5-0,7%, tandis que pour les SGV les proportions sont respectivement de 69%, 28% et 2-3%.

Une comparaison de la carte réglementaire GMI nationale avec la carte réglementaire GMI régionale pour la gamme 10 à 200 m a permis de mettre en évidence :

- Diminution des surfaces « éligible à la GMI » - 87-88% pour la carte nationale sur doublet et sur SGV contre 71-72% pour les cartes régionales sur doublet et 69% sur SGV ;
- Augmentation des surfaces « éligibles à la GMI après expertise » - 12 % pour la carte nationale sur doublet et sur SGV contre 28% pour la carte régionale sur doublet et sur SGV ;
- Une légère augmentation des surfaces « non éligibles à la GMI » avec 0,4 % pour la carte nationale contre 0,7% et 2-3% pour la carte régionale sur doublet et sur SGV;
- Les zones de thermalisme (Bourbon-Lancy) et les anciennes mines (Montceau-les-Mines / Autun /La Machine...) n'apparaissent plus en zone non éligible à la GMI car :
 - Les stations thermales doivent avoir des périmètres de protection qui ont été prescrits par l'ARS. La méthodologie d'établissement des cartes réglementaires GMI n'a pas pour objectif d'intégrer les autres réglementations. Ces périmètres doivent être pris en compte dans les projets par le maître d'ouvrage et/ou le maître d'œuvre ;
 - Le phénomène « cavité minière » a été établi à partir de données de GEODERIS qui ont permis de définir plus précisément cet aléa selon la méthode nationale.

Le taux de répartition des zones réglementaires GMI a été également calculé à l'échelle des départements. Le Jura est le département présentant les zones d' « éligibilité après avis d'un expert » et les zones « non éligible à la GMI » les plus importantes. Ce constat s'explique par le fait que ce département présente des couches évaporitiques et qu'il est couvert par de nombreux PPRN pour les aléas liés aux mouvements de terrain et aux cavités.

Après validation des critères par les services de l'Etat, consultation du public et publication d'un arrêté par le Préfet, les cartes des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance de la région Bourgogne-Franche-Comté seront mises à disposition sur le site internet <http://www.geothermies.fr>.

7 BIBLIOGRAPHIE

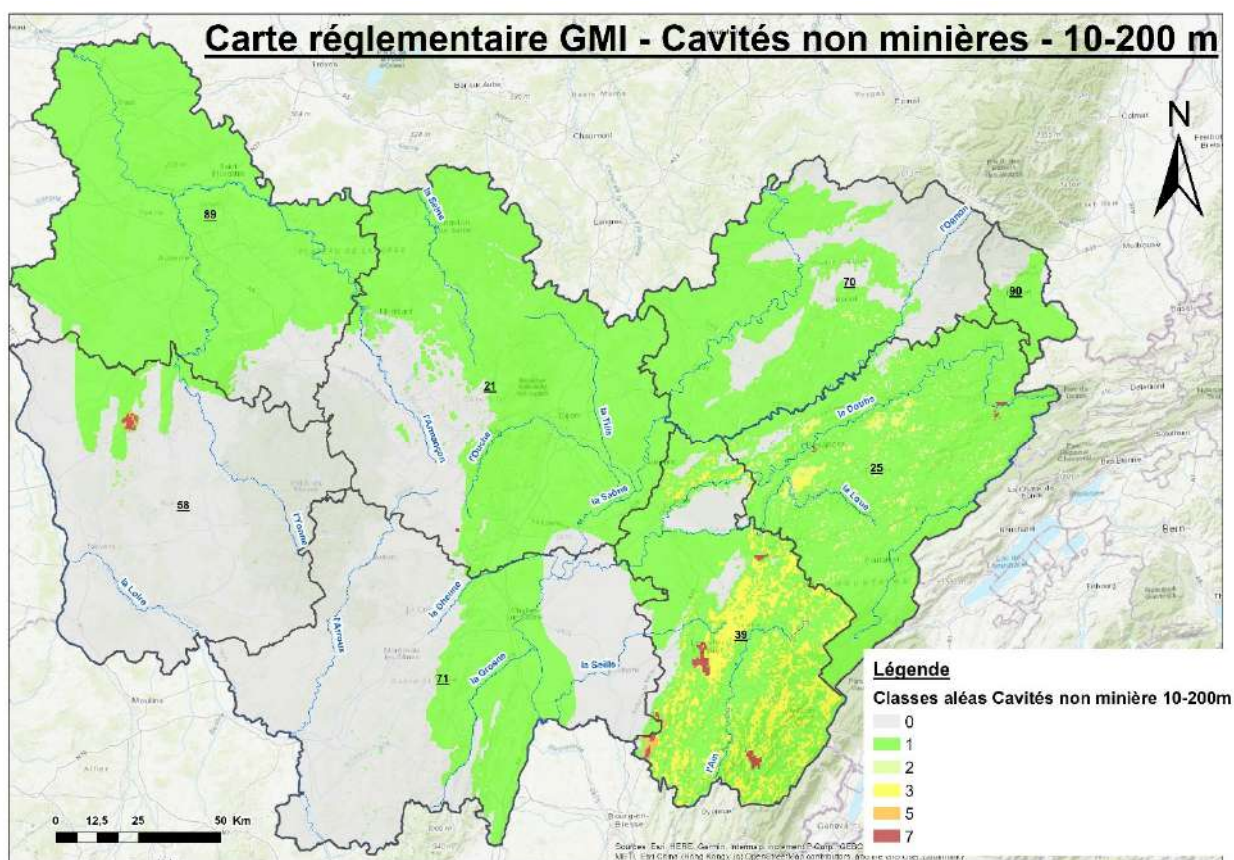
BRUGERON A., BESSIERE H., BOURGINE B., STOLLSTEINER P. (2018) - Etude méthodologique pour l'amélioration de la cartographie de sensibilité aux remontées de nappes et réalisation d'une carte nationale. BRGM/RP-65452-FR, 116 p.

BRUGERON A., PAROISSIEN J.B., TILLIER L. (2018) - Référentiel hydrogéologique BDLISA version 2 : Principes de construction et évolutions. [Rapport final BRGM/RP-67489-FR](#).

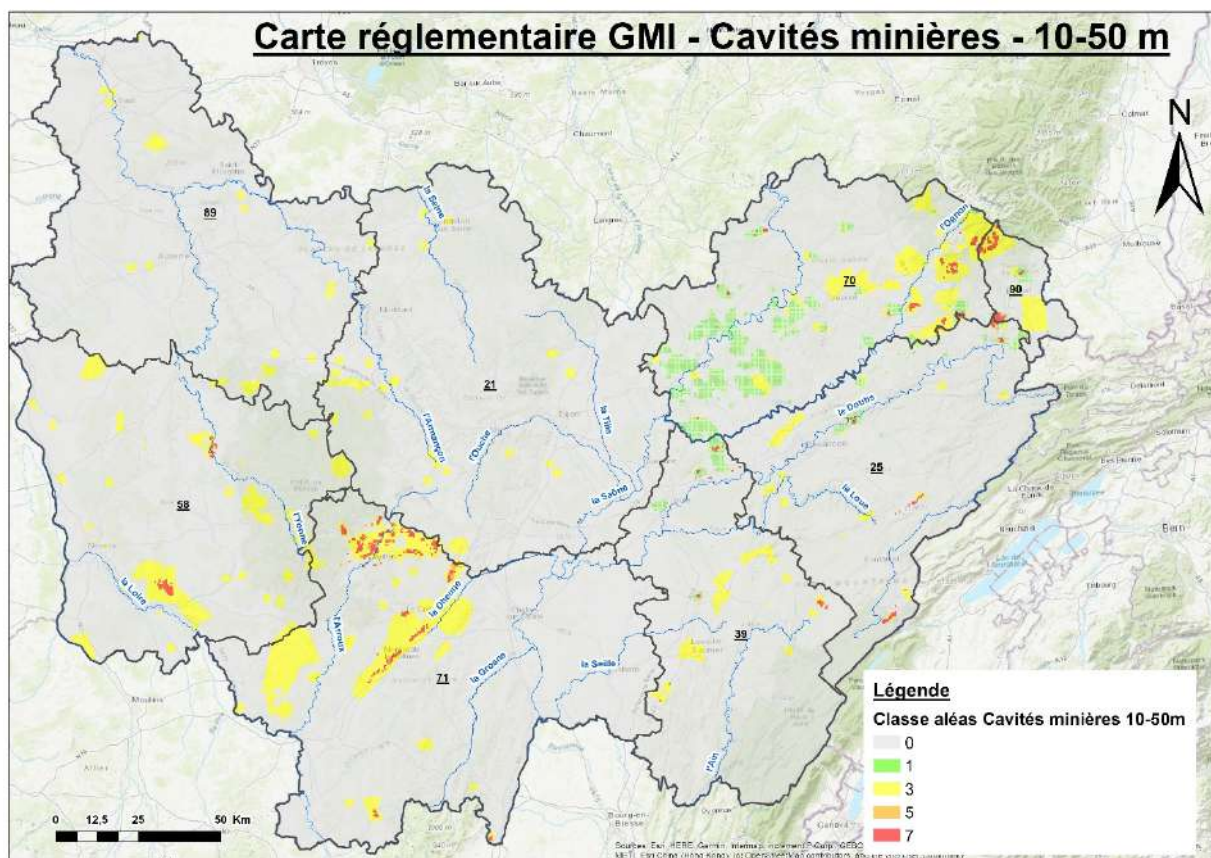
HERBAUX M. (CEREMA), KREZIAK C. (CEREMA), DURST P. (BRGM), MIDOT D. (BRGM), SCHOMBURGK S. (BRGM), MARTIN J.-C. (BRGM), COCHERY R. (BRGM), FOURNIGUET G. (BRGM), BARRAS A.-V. (BRGM) (2015). Guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance.

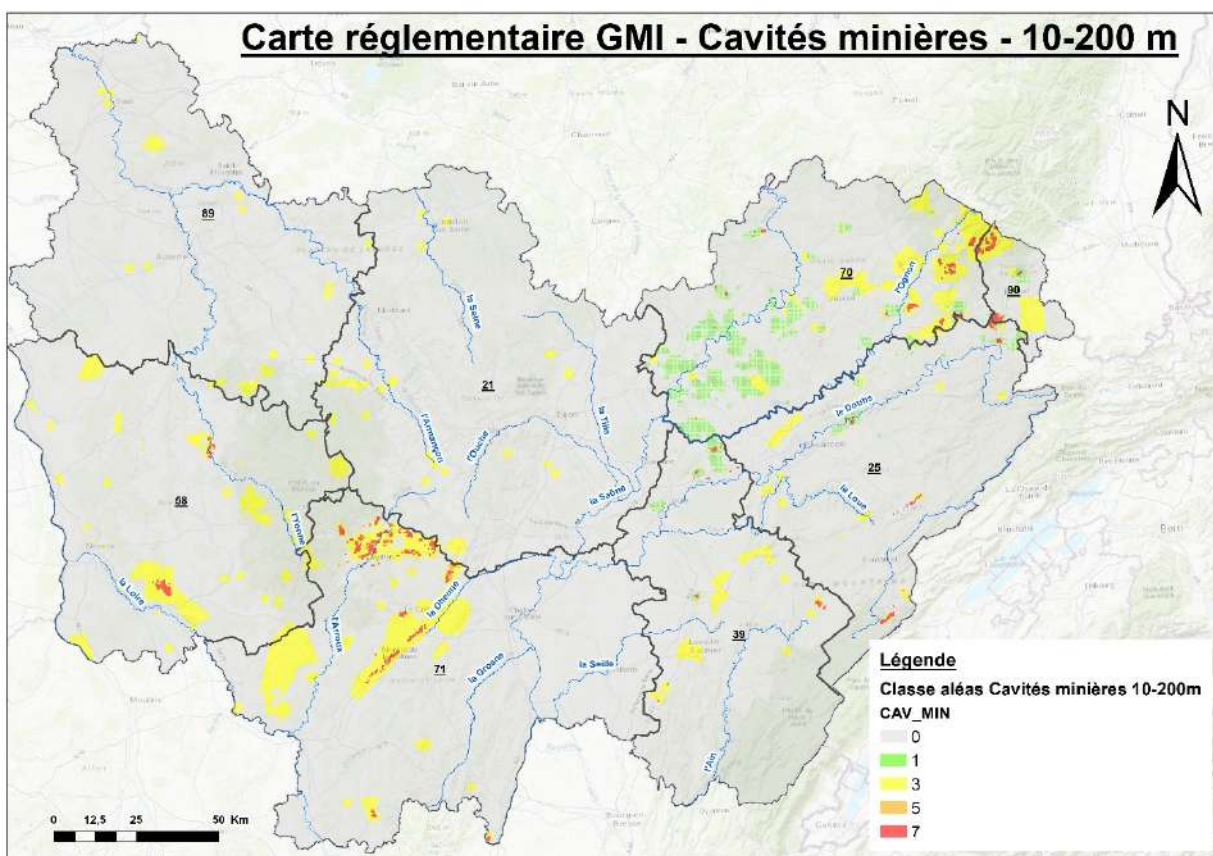
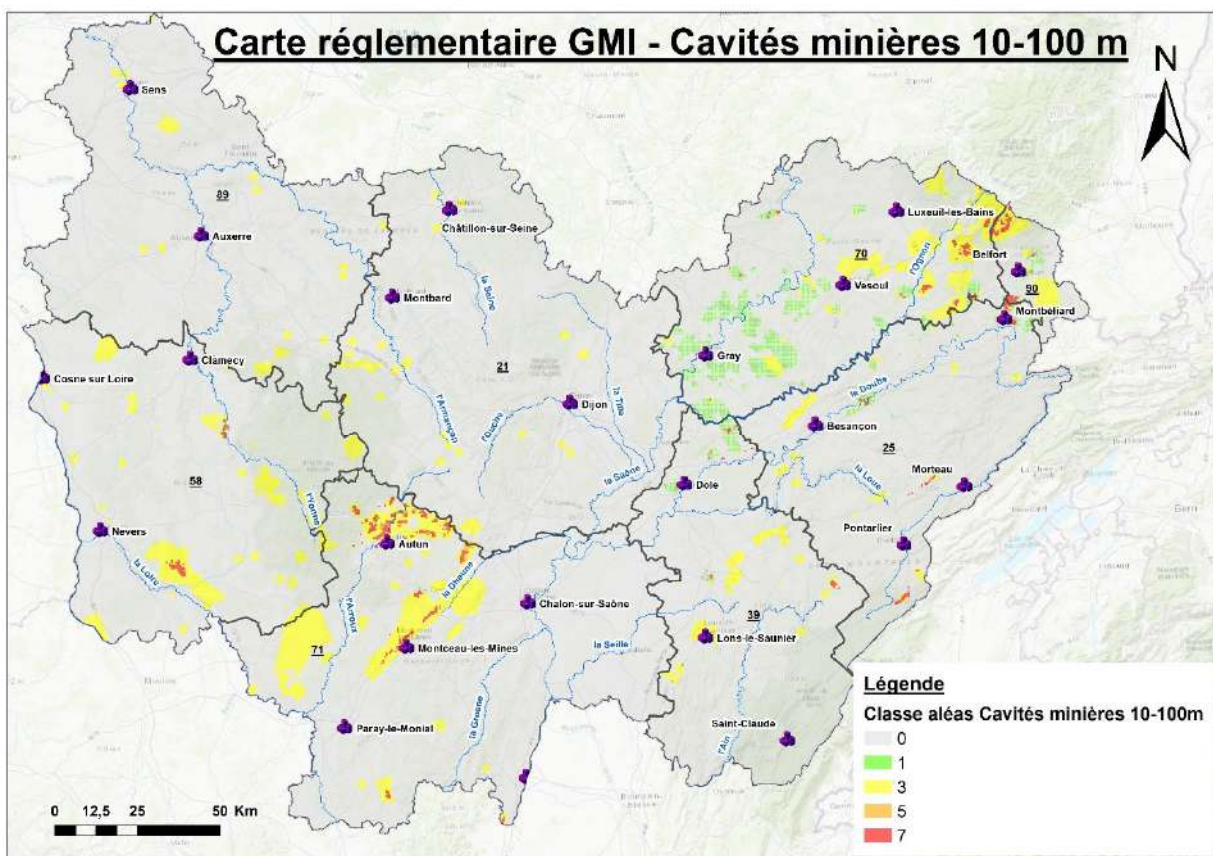
8 ANNEXE

Affaissement/effondrement lié aux cavités (hors mines)

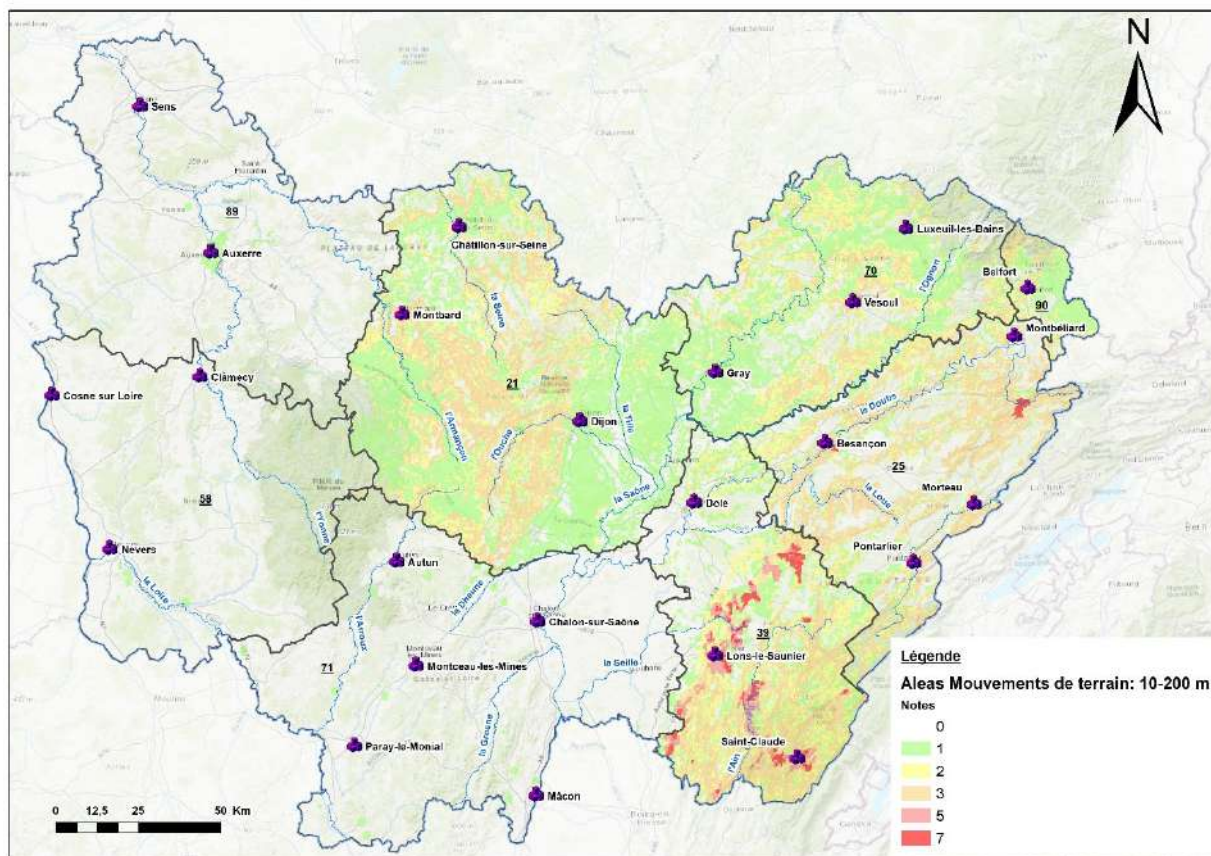


Affaissement/effondrement lié aux cavités minières

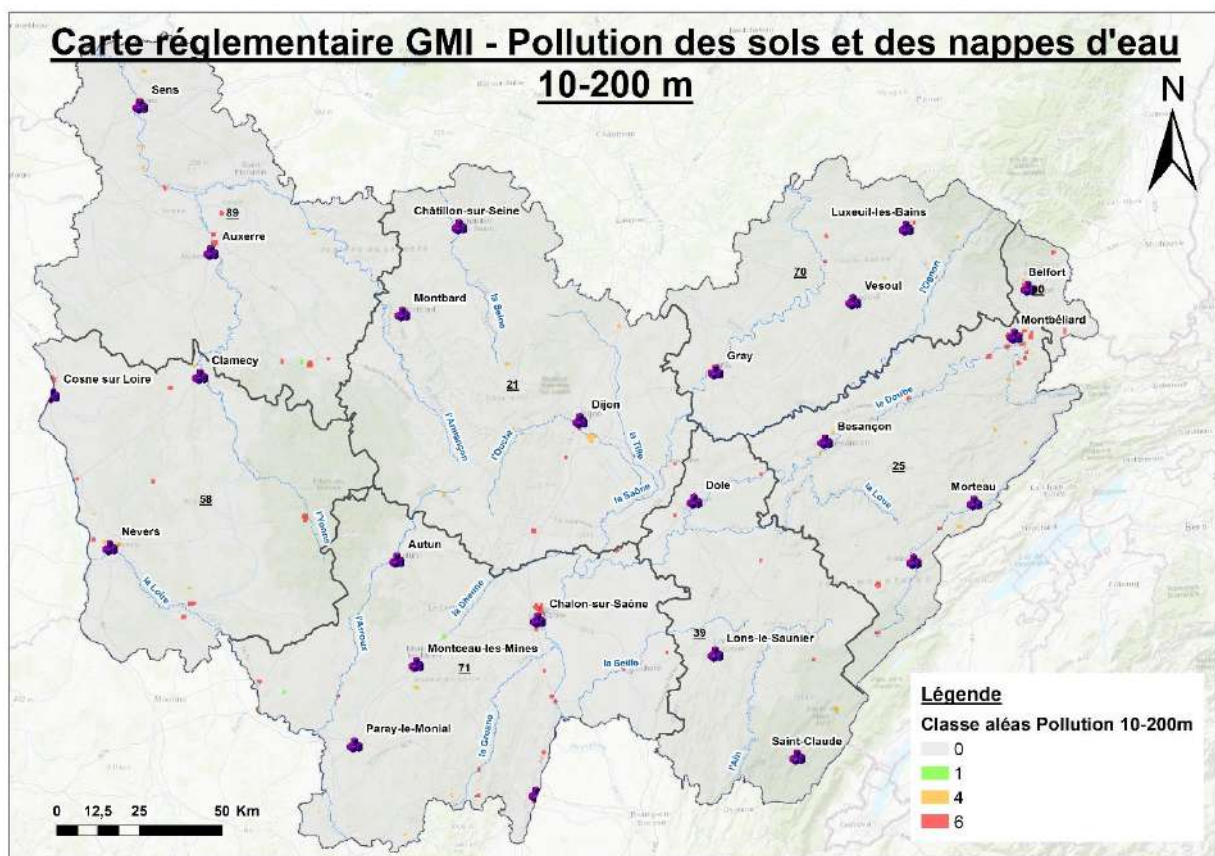




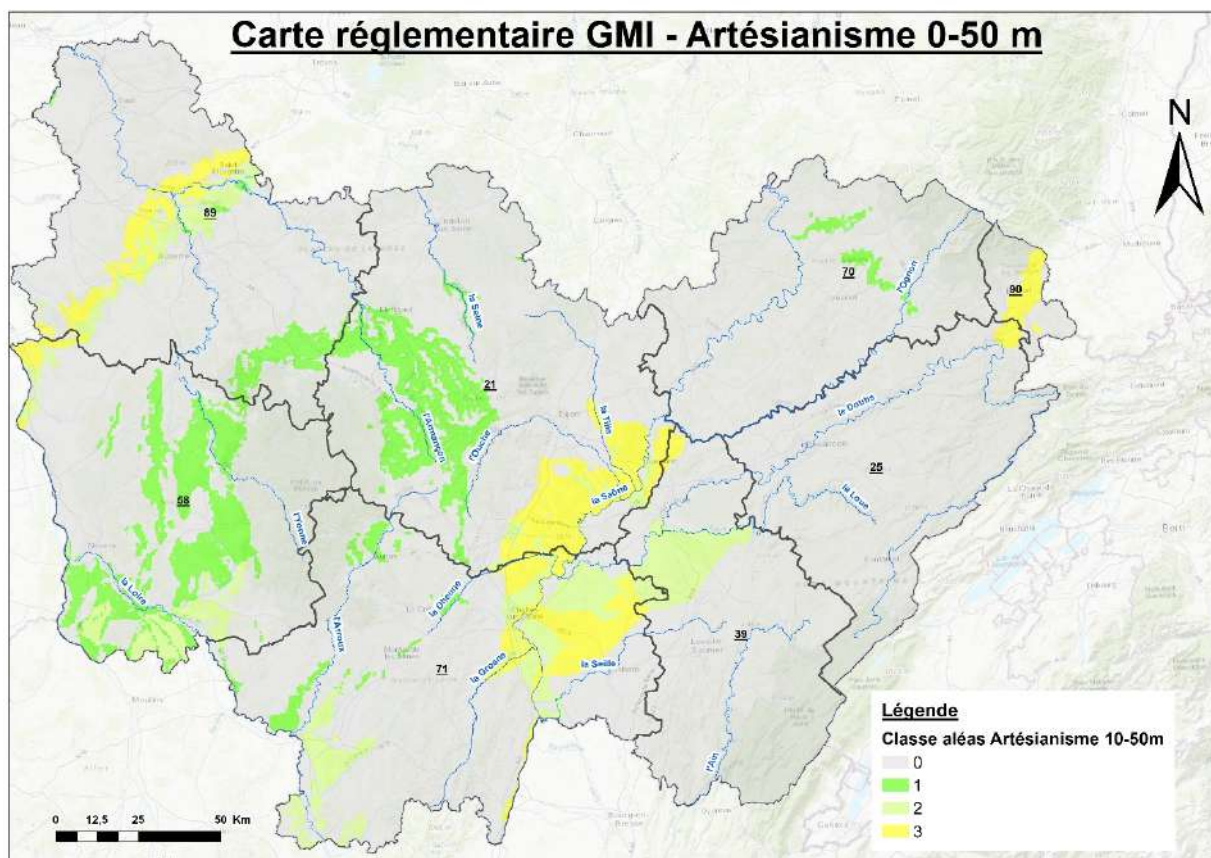
Mouvement de terrain de type glissement

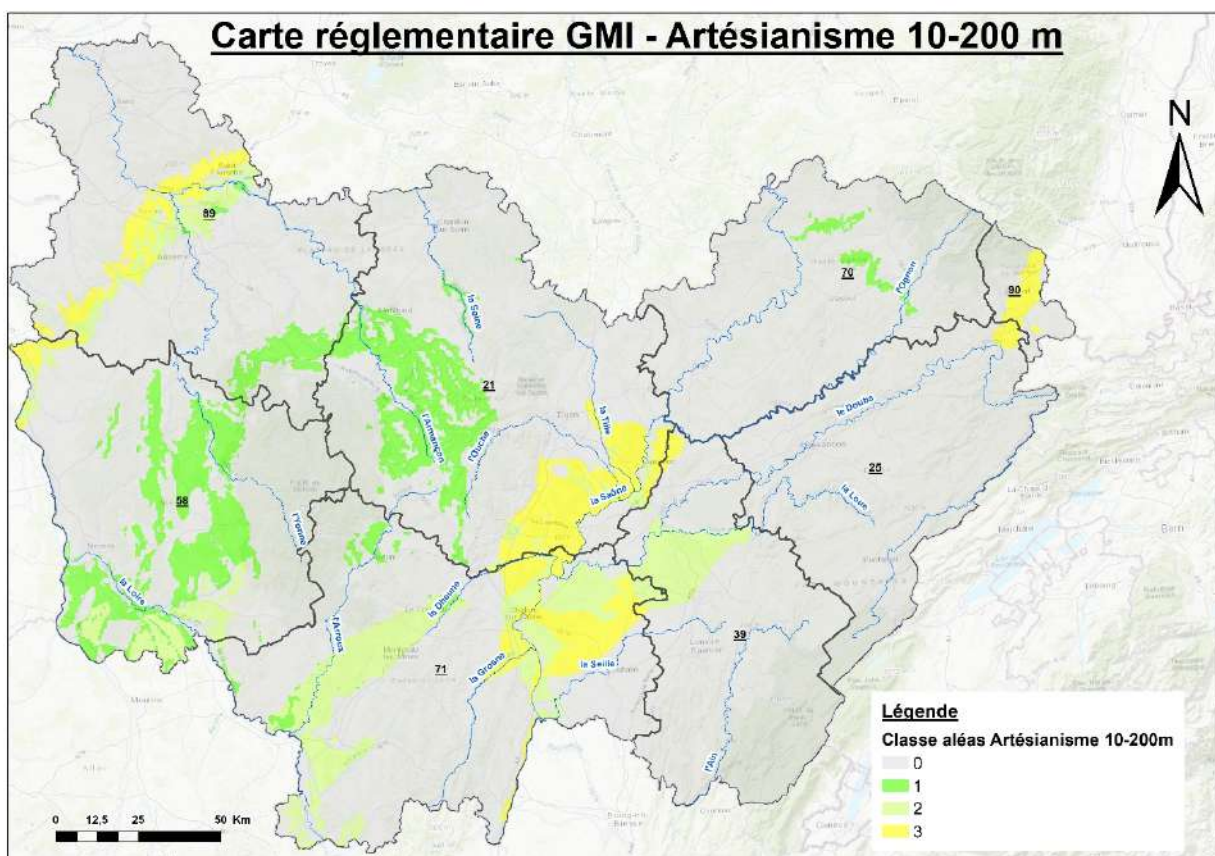
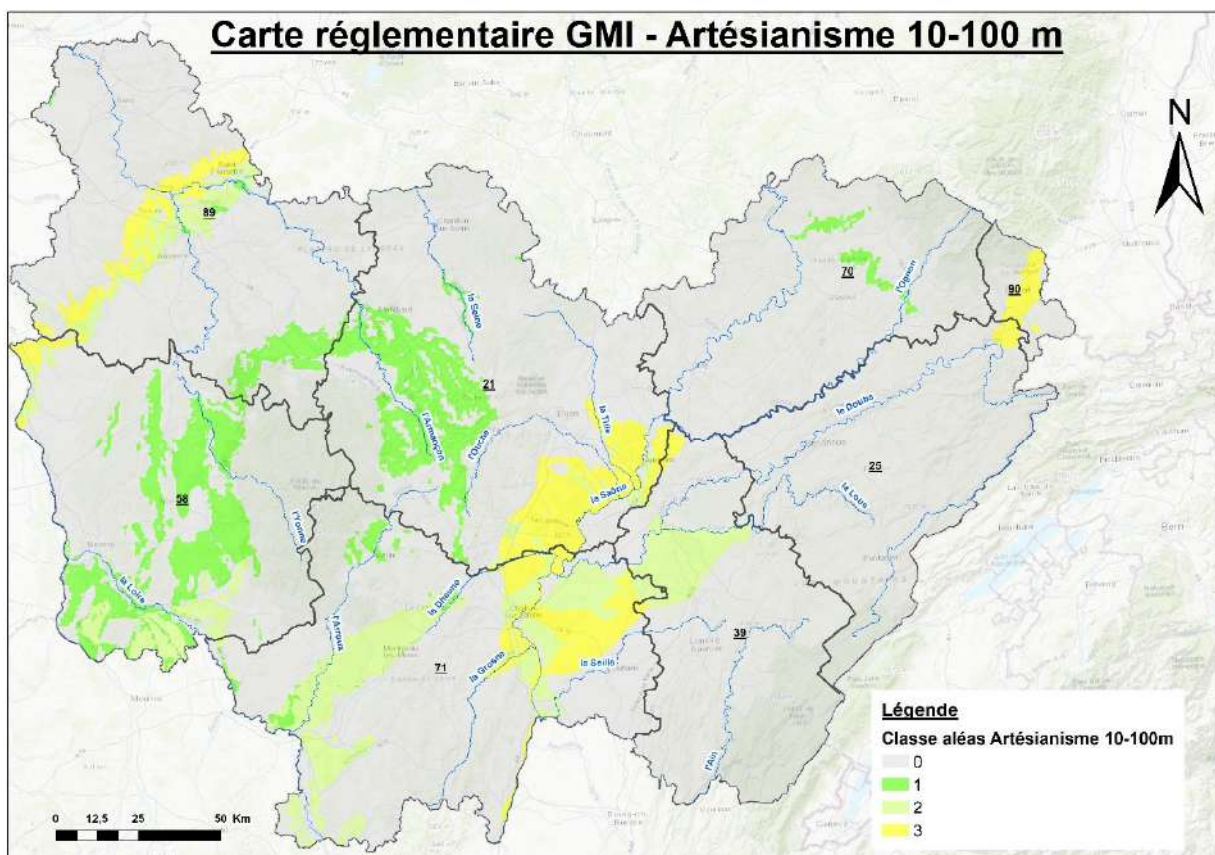


Pollution des sols et/ou des nappes souterraines

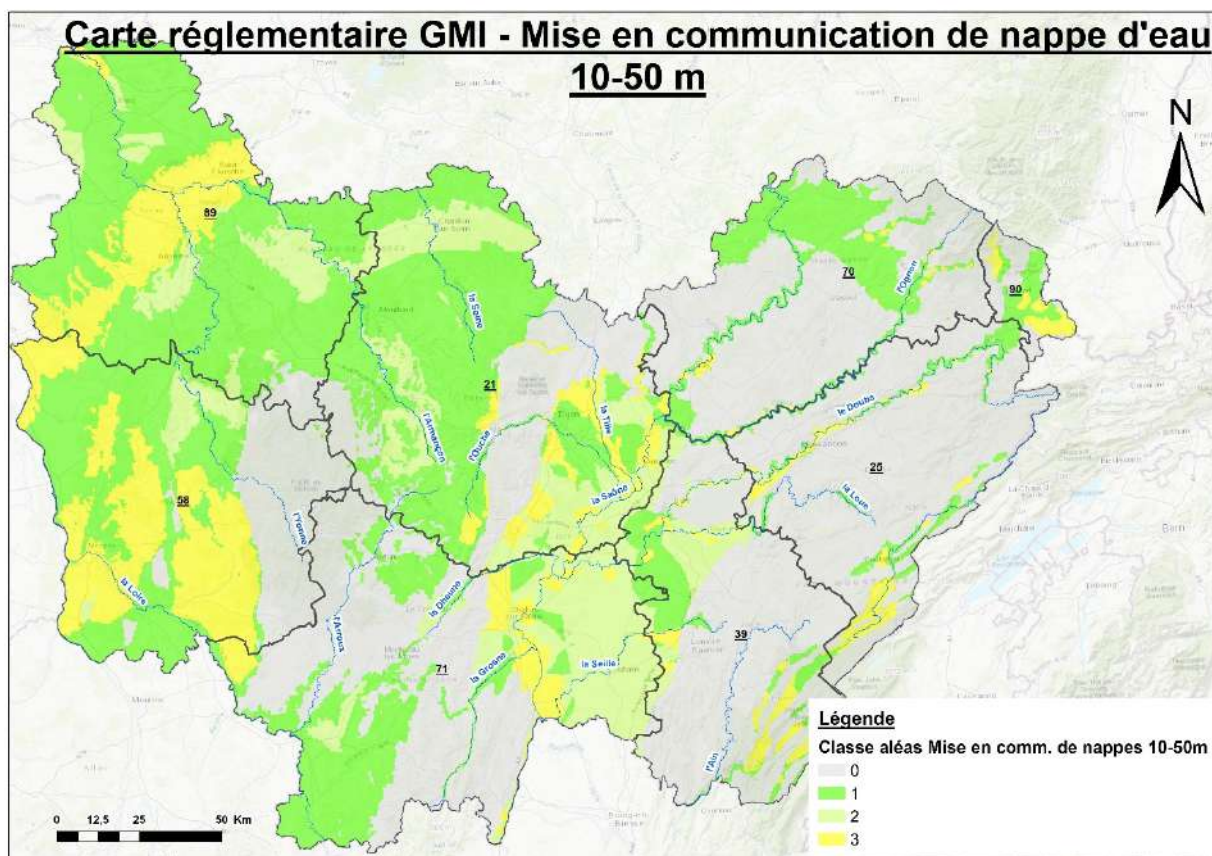


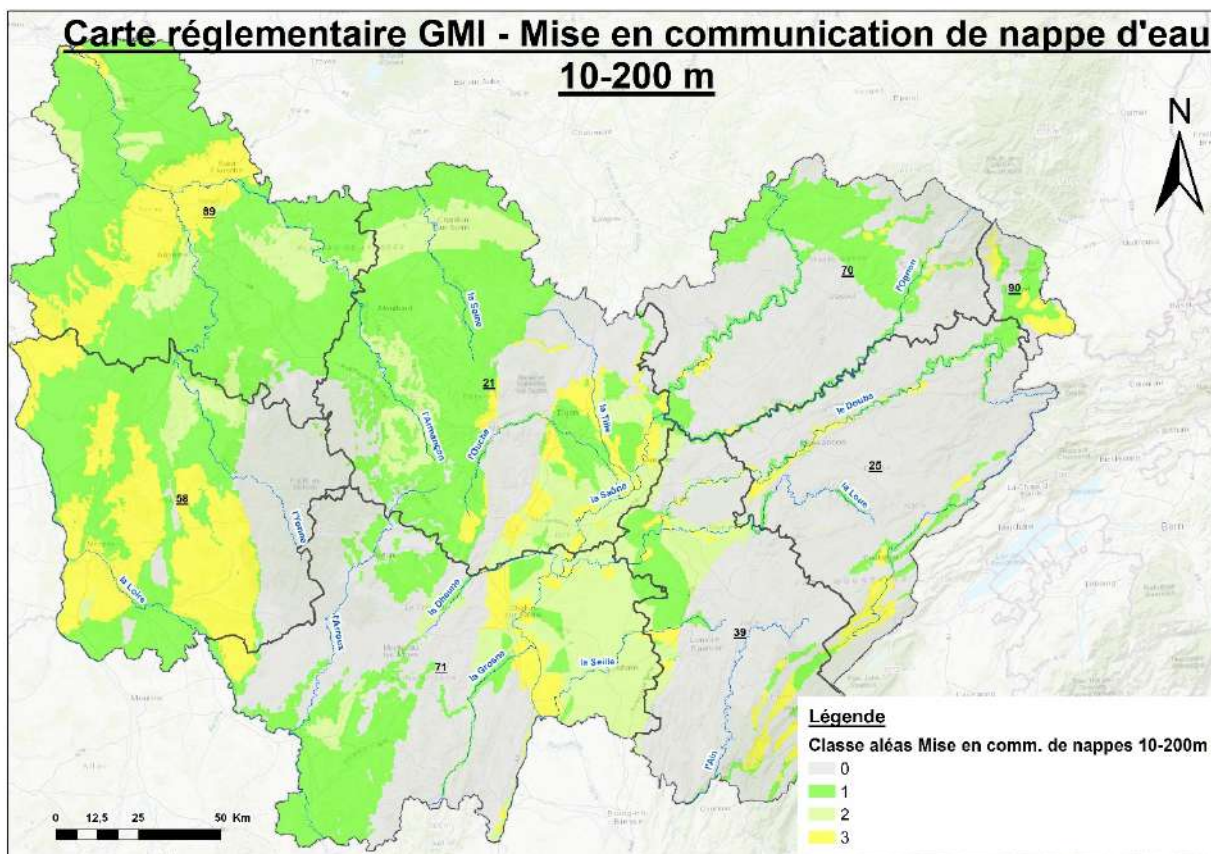
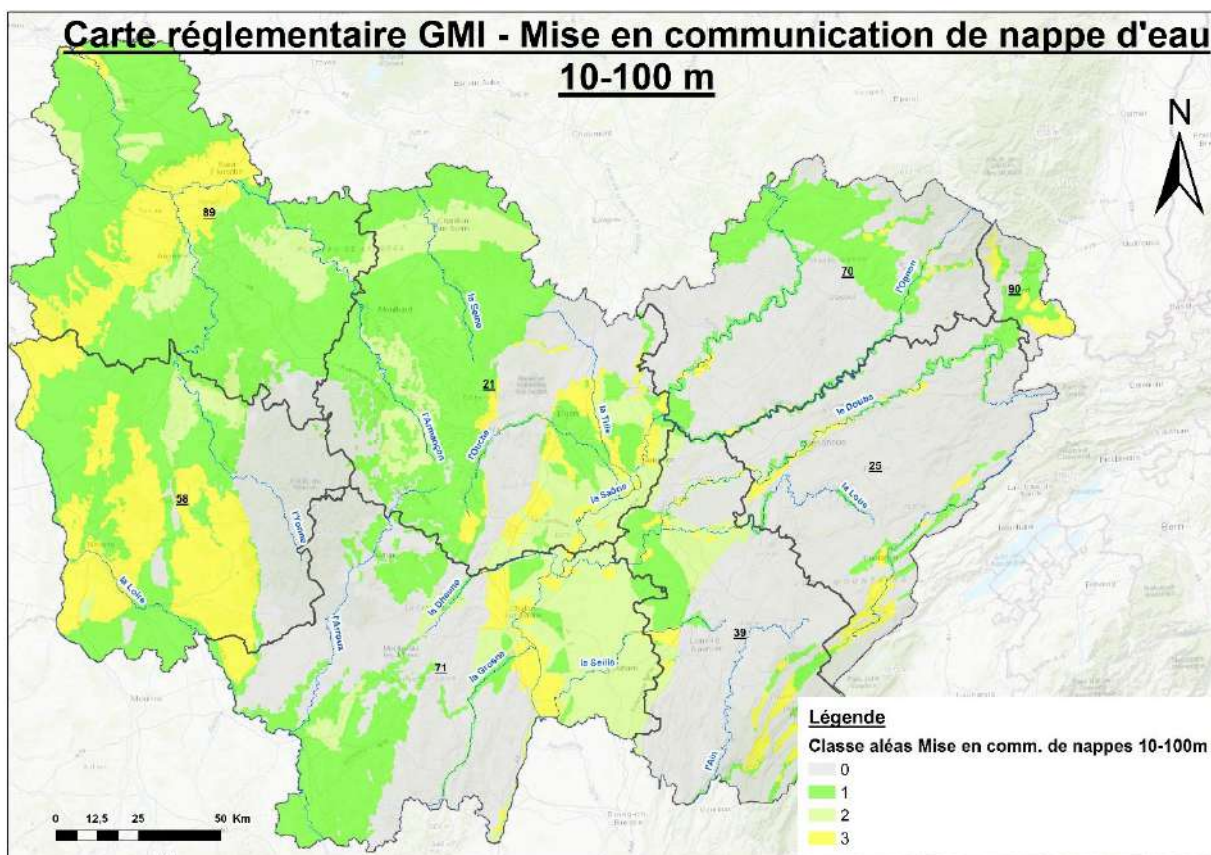
Artésianisme



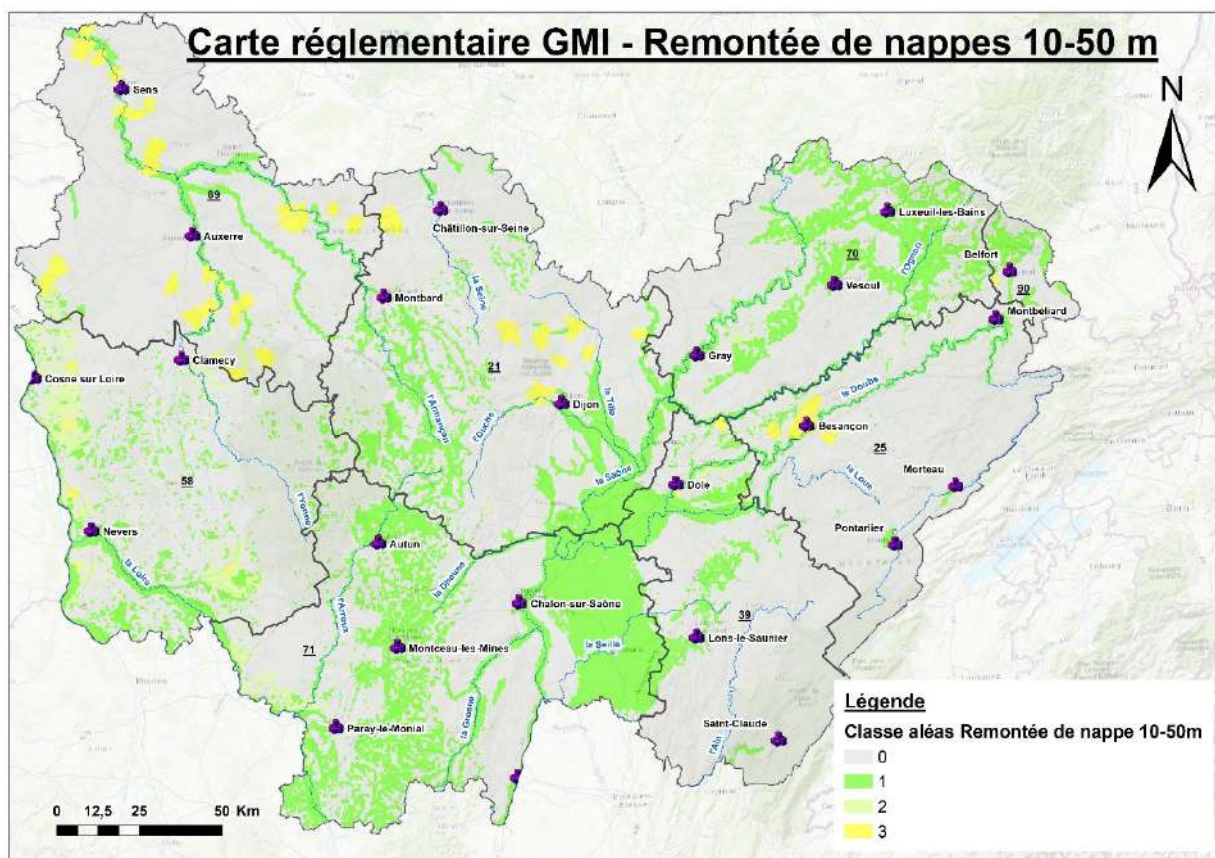


Mise en communication d'aquifères





Remontée de nappe





**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale Bourgogne-Franche-Comté

Adresse : 27 rue Louis de Broglie 21000 Dijon

Tél. : 03 80 72 90 40

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm