



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires
Ministère de la Transition énergétique

Addendum au « Guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance »

Sommaire

1. INTRODUCTION	5
2. CONSIDERATIONS GENERALES.....	6
2.1. ADAPTATION DE LA METHODOLOGIE AUX SPECIFICITES LOCALES	6
2.1.1. Niveaux d'aléa	6
2.1.2. Ajout d'un phénomène redouté	7
2.1.3. Facteurs aggravants	8
2.2. MAILLAGE	8
2.3. DISCRETISATION.....	10
3. PHENOMENES REDOUTES.....	11
3.1. AFFAISSEMENT/SURRECTION LIE AUX FORMATIONS EVAPORITQUES.....	11
3.2. AFFAISSEMENT/EFFONDREMENT LIE AUX CAVITES (HORS MINES)	13
3.3. AFFAISSEMENT/EFFONDREMENT LIE AUX CAVITES D'ORIGINE MINIERE	15
3.4. MOUVEMENTS DE TERRAINS DE TYPE GLISSEMENT	16
3.5. POLLUTION DES SOLS ET DES EAUX.....	18
3.6. ARTESIANISME	19
3.6.1. Définition du niveau d'aléa en fonction de la précision des données	19
3.6.2. Prise en compte de l'effectivité de l'artésianisme en fonction de l'exploitation des nappes	19
3.6.3. Phénomènes de drainance ascendante	19
3.7. MISE EN COMMUNICATION D'AQUIFERES.....	20
3.8. REMONTÉE DE NAPPE - PROBLÈMES LIES A LA RÉINJECTION	20
3.8.1. Changement de dénomination du phénomène « problèmes liés à la réinjection »	20
3.8.2. Limitation de la prise en compte du phénomène à la nappe la plus superficielle.....	20
3.8.3. Elargissement du phénomène redouté aux échecs probables d'opérations.....	20
3.9. BISEAU SALE	21

Liste des figures

Figure 1 : Découpage de la grille initiale par territoire	8
Figure 2 : Règle de raffinement du maillage	9
Figure 3 : exemple de possibilités de projection d'un polygone sur un maillage.....	10
Figure 4 : Méthode statistique bayésienne pour les karsts.....	14
Figure 5 : Méthode statistique bayésienne pour les glissements	17

Liste des tableaux

Tableau 1 : Phénomènes redoutés, niveaux d'aléa et facteurs aggravant actualisés.....	7
Tableau 2 : Niveau d'aléa « évaporite » en fonction du rapport épaisseur/profondeur	11
Tableau 3 : Niveau d'aléa « évaporite » en fonction de l'épaisseur cumulée	11
Tableau 4 : Niveau d'aléa « cavité » en fonction du nombre de cavités par maille.....	13
Tableau 5 : Niveau d'aléa « cavité » en fonction d'un PPR.....	13
Tableau 6 Cotation en fonction des cartes d'aléa « effondrements localisés, affaissements, tassements et échauffement ».....	15
Tableau 7 : Niveau d'aléa « mouvement » en fonction du nombre de mouvements par maille	16

Tableau 8 : Niveau d'aléa « mouvement » en fonction d'un PPR.....	16
Tableau 9 : Niveau d'aléa « Pollution » en fonction des données Infosols ou des panaches de pollution cartographiées.....	18

1. Introduction

L'élaboration des cartes des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance à l'échelle régionale ou territoriale doit être menée conformément au guide méthodologique national en application de l'article 22-6 du décret n°2006-649¹ (MEDDE, 2015²). Cependant, la mise en œuvre du guide précité, dans le cadre de l'élaboration des premières cartes régionales, a mis en évidence que certaines parties du guide n'étaient pas suffisamment explicites ou pouvaient prêter à différentes interprétations.

Par ailleurs, certaines spécificités régionales, non prévues dans le guide, ont été prises en compte en accord avec les comités de suivi régionaux et méritent d'être formalisées et harmonisées pour les cartes à réaliser.

Le présent addendum a donc pour objectif de compléter et clarifier certaines dispositions du guide afin d'homogénéiser les pratiques dans le cadre de la poursuite de l'élaboration des cartes régionales.

¹ Décret n°2006-649 modifié relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains

² "Guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance", MEDDE, juillet 2015

2. Considérations générales

2.1. ADAPTATION DE LA METHODOLOGIE AUX SPECIFICITES LOCALES

2.1.1. Niveaux d'aléa

Le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance précise, au chapitre 7.2- Méthodologie générale, que : « Les phénomènes pris en compte et la méthode de cotation de chacun peuvent différer selon le niveau de précision apporté à la carte ». Il semble nécessaire de préciser les limites de ces variations. Les niveaux d'aléa sont généralement décrits de deux façons distinctes :

- Qualification : nul, moyen, fort, très fort... Ces niveaux d'aléas sont à comparer à ceux trouvés dans les cartes d'aléa existantes (par exemple dans les plans de prévention des risques naturels) ;
- Cotation : les niveaux d'aléas peuvent également être évalués selon une échelle variant généralement de 0 à 7, mais qui peut aller au-delà de ces valeurs dans des cas bien particuliers.

La définition des niveaux d'aléa vis-à-vis des travaux de forage à réaliser (fort, moyen, faible ou nul) dépend en grande partie du type et de la qualité des données disponibles sur un territoire ainsi que des spécificités géologiques et hydrogéologiques locales. Les niveaux d'aléa et leur cotation doivent donc être définis pour chaque carte régionale en prenant en compte ces spécificités. En particulier, il est possible d'ajouter des cotations intermédiaires (pour peu qu'elles restent entières). Par exemple, le guide méthodologique propose 0/3/7 pour coter l'aléa du phénomène d'artésianisme. Des valeurs de cotation intermédiaires 1 et 4 ont été ajoutées pour la cartographie du bassin minier des Hauts-de-France afin de représenter les différences entre un artésianisme actuel et un artésianisme historique mais susceptible de revenir.

Il convient néanmoins, autant que possible de ne pas trop s'écarter de ce qui est proposé dans le guide méthodologique et de vérifier la cohérence avec les territoires limitrophes. Les écarts par rapport au guide méthodologique doivent être justifiés. Le Tableau 1 présente les cotations des niveaux d'aléa actualisées pour la réalisation de cartes régionales.

Tableau 1 : Phénomènes redoutés, niveaux d'aléa et facteurs aggravant actualisés

Phénomènes redoutés	Cotation du niveau d'aléa du phénomène	Facteur aggravant (systèmes ouverts)	Facteur aggravant (systèmes fermés)
Affaissement/surrection lié aux niveaux évaporitiques	0/1/3/5/7	6	10
Affaissement/effondrement lié aux cavités (hors mines)	0/1/2/3/5/7	2	2
Affaissement/effondrement lié aux cavités minières	0/1/3/5/7	2	2
Mouvements de terrain (glissement)	0/1/2/3/5/7	2	2
Pollution des sols et des nappes souterraines	0/1/4/6/10	3	3
Artésianisme	0/1/3/4/7	2	4
Mise en communication d'aquifères	0/1/4	4	4
Problèmes liés à la réinjection	0/1//3/7/18 ³	2	0
Biseau salé	0/1/4	4	0

2.1.2. Ajout d'un phénomène redouté

Tout phénomène redouté, non recensé dans le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance, peut être pris en compte sur un territoire donné sous réserve d'être intégré à l'un des phénomènes redoutés existants. Deux régions, les Hauts-de-France et l'Occitanie, ont d'ores et déjà intégré un phénomène supplémentaire redouté :

- Dans les Hauts-de-France, la carte de zonage réglementaire a pris en compte des risques liés à la présence de gaz de mine. Une méthodologie adaptée à ce phénomène redouté, non recensé dans le guide méthodologique, a été définie sur ce bassin. Une carte de l'aléa « gaz de mine » a été élaborée⁴. Les niveaux d'aléa correspondants à cette carte ont été intégrés aux niveaux d'aléa de la carte d'aléa « affaissement/effondrement lié aux cavités d'origine minière », les deux phénomènes étant liés;
- En Occitanie, un retour d'expérience sur la réalisation de forage en GMI, a mis en évidence que certaines nappes, du fait des caractéristiques pétrophysiques de l'aquifère, étaient très peu propices à la réinjection d'eau. Afin de prendre en compte ce contexte défavorable à la GMI sur nappe, trois niveaux de cotations supplémentaires 3/7/18 (qualifications « moyen », « fort » et « très fort ») ont été ajoutés au phénomène « Problèmes liés à la réinjection » afin de prendre en compte ce phénomène⁵ (il est à noter que ce phénomène n'affecte que les cartographies relatives aux systèmes ouverts).

Ces deux phénomènes redoutés, ont été pris en compte pour répondre à une problématique locale. Pour autant, ils ne doivent pas automatiquement être pris en compte pour l'ensemble des cartes régionales.

³ Voir paragraphe 3.8.2

⁴ Voir rapport BRGM/RC-66996-FR

⁵ Voir rapport BRGM/RP-70185-FR, BRGM/RP-70434-FR, BRGM/RP-71982-FR

2.1.3. Facteurs aggravants

Il convient de rappeler ce qui suit : Les facteurs aggravants sont actuellement ceux préconisés dans le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance. Si des retours d'expériences ou des évolutions techniques venaient à contester leur pertinence, leur modification devra se faire au niveau national après un travail en concertation avec les parties prenantes.

2.2. MAILLAGE

Selon le guide méthodologique :

- la carte des zones réglementaires nationales de GMI a été élaborée en utilisant une grille de base de maillage de 500 m x 500 m ;
- les cartes régionales des zones réglementaires sont à construire à partir d'extraits de cette grille de base. Une maille appartient à un territoire si son centroïde (le centre de la maille) en fait partie.

Ce maillage peut être raffiné en utilisant des mailles de 250 m x 250 m ou 100 m x 100 m. Toutefois, pour des raisons de cohérence, le découpage entre territoire se fait à partir des mailles de 500 m 500 m entière. Le raffinement (250 m x 250 m, 100 m x 100 m) est effectué dans un second temps à partir de cette grille initiale (Figure 1).

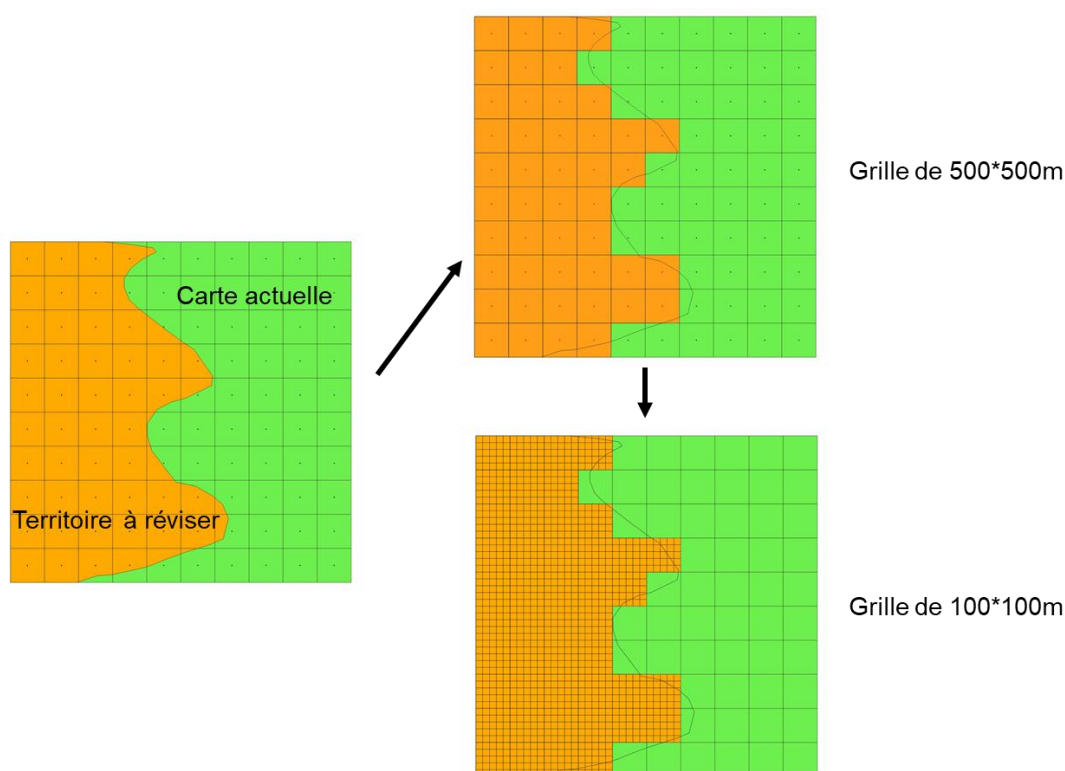


Figure 1 : Découpage de la grille initiale par territoire

Il est possible d'utiliser plusieurs tailles de mailles sur une même carte pour faire un zoom sur une partie du territoire jugée à plus forts enjeux, à condition de respecter les conditions suivantes :

- Le découpage se fait à partir de mailles de 500 m x 500 m entières qui sont entièrement remplacées par des mailles de 250 m x 250 m ou 100 m x 100 m (Figure 2).

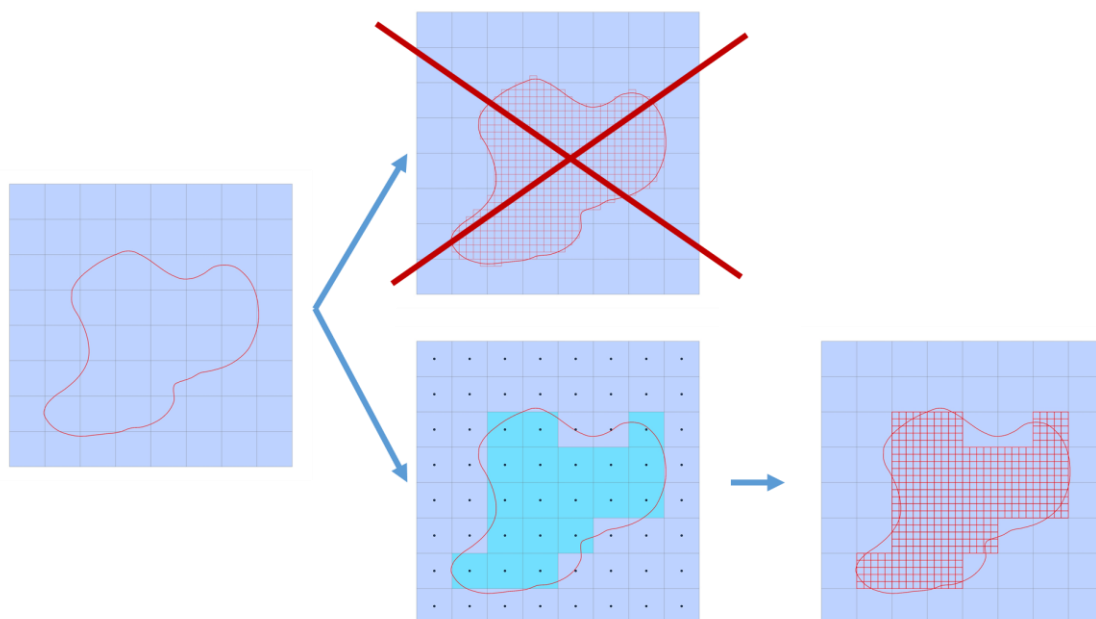


Figure 2 : Règle de raffinement du maillage

- Un jeu de 6 couches cartographiques (trois tranches de profondeur pour les cartes « sondes géothermiques verticales » et « aquifères ») sera produit pour chaque taille de maille utilisée.

2.3. DISCRETISATION

Concernant la projection d'entités de forme diverses (cartes d'aléas, formation géologiques...) sur la grille (cf. 2.2), seules les méthodes énoncées ci-après sont applicables (Figure 3) :

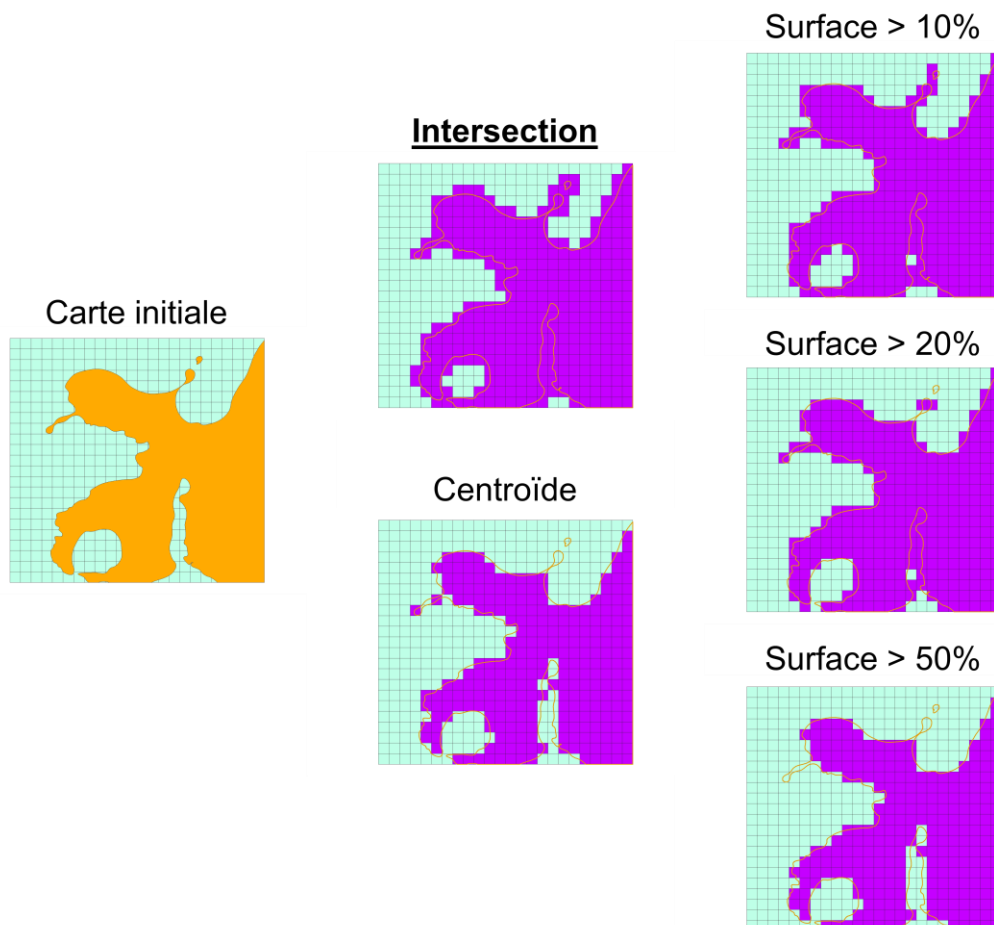


Figure 3 : exemple de possibilités de projection d'un polygone sur un maillage

- Intersection : toute maille intersectant le polygone est prise en compte. **C'est la méthode la plus conservatrice.**
- Centroïde : toute maille dont le centroïde est à l'intérieur du polygone est prise en compte. **Cette méthode est utilisée pour le découpage par territoire.**
- Surface : toute maille dont une fraction de la surface supérieure à un seuil (10, 20 ou 50%) est à l'intérieur du polygone est prise en compte.

Le présent addendum n'impose aucune des trois méthodes présentées ci-dessus. Toutefois, en l'absence de justification (liée à la connaissance de la donnée de base ou à des usages courants), **l'addendum recommande d'utiliser la méthode la plus conservatrice** (intersection).

Une maille affectée par plusieurs polygones héritera du niveau d'aléa le plus élevé de ces polygones.

3. Phénomènes redoutés

3.1. AFFAISSEMENT/SURRECTION LIE AUX FORMATIONS EVAPORITIQUES

En raison de l'hétérogénéité des données disponibles en fonction des contextes géologiques, la méthodologie présentée dans le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance n'est pas toujours adaptée. C'est pourquoi, plusieurs régions, ont eu recours à diverses méthodologies dans le cadre de l'élaboration des cartes de zonage réglementaire. Le choix de la méthodologie dépend fortement des données disponibles relatives aux profondeurs et épaisseurs des bancs d'évaporites.

Le présent addendum présente ci-après, par ordre de priorisation, les trois types de méthodologies utilisées par les régions afin de qualifier et coter le phénomène « affaissement/surrection lié aux formations évaporitiques » en fonction des données disponibles :

Méthode n°1 : Epaisseur/profondeur selon la méthodologie INERIS/CEREMA (Ile-de-France)

Cette méthode s'applique lorsque l'on dispose de données, suffisamment représentatives, de forage relatives à la profondeur et l'épaisseur des formation d'évaporites.

Pour exemple, la cotation du niveau d'aléa phénomène « affaissement/surrection lié aux formations évaporitiques » s'est appuyée sur la méthode développée par l'INERIS sur les communes de Sevrans, Villepinte et Tremblay dans le département de la Seine-Saint-Denis (rapport DRS-13-130829-04972B, avril 2014). Cette méthode applique un coefficient de prédisposition aux phénomènes de mouvements de terrain liés à la dissolution du gypse en profondeur selon le ratio épaisseur de gypse / épaisseur de couverture.

Tableau 2 : Niveau d'aléa « évaporite » en fonction du rapport épaisseur/profondeur

Rapport épaisseur / profondeur	Aléa	
$e/p = 0$	Nul	0
$e/p < 0,08$	Faible	1
$0,08 \leq e/p < 0,2$	Moyen	3
$e/p \geq 0,2$	Fort	7

Méthode n°2 : Epaisseur cumulée des évaporites (Lorraine, Champagne-Ardenne, Poitou-Charentes)

Cette méthode s'applique lorsque l'on dispose d'un certain nombre de données de forage relatives à la profondeur et l'épaisseur des formations contenant des évaporites sans toutefois avoir une précision suffisante pour mettre en œuvre la méthode n°1.

On cumule sur une verticale toutes les passes d'évaporites d'une épaisseur supérieure ou égale à 50 cm.

Tableau 3 : Niveau d'aléa « évaporite » en fonction de l'épaisseur cumulée

Pas d'évaporite connus	Niveau d'aléa = 0
Présence d'une formation susceptible de contenir des évaporites	Niveau d'aléa = 1
Présence d'évaporites disséminés dans une formation rocheuse	Niveau d'aléa = 3
Epaisseur cumulée 50 cm – 2 m	Niveau d'aléa = 5
Epaisseur cumulée > 2 m	Niveau d'aléa = 7

Méthode n°3 : Probabilité à partir des connaissances géologiques (cartes géologiques, logs de forage, rapports, analyses chimiques, dire d'expert...)

Lorsque les données sont insuffisantes et ne permettent pas d'utiliser l'une des deux méthodes précitées, la cartographie et la cotation du niveau d'aléa pour ce phénomène, sont réalisées, à dire d'expert, en fonction de l'ensemble des informations disponibles. Il convient donc de définir les niveaux d'aléa au cas par cas en respectant l'échelle suivante :

- Aléa nul (cotation 0) : Pas de formation connue pour contenir des évaporites
- Aléa faible (cotation 1) : Présence d'une formation connue pour contenir parfois des évaporites dans le territoire concerné
- Aléa moyen à fort (cotation 2 à 7) : Présence d'évaporites avérée. Une cotation de 2 correspond à des évaporites disséminés dans la formation et une cotation de 7 à la présence avérée de bancs d'évaporites d'épaisseur plurimétrique (à partir du niveau 5 pour les systèmes fermés et 7 pour les systèmes ouverts, cela entraîne mathématiquement le classement de la maille en rouge).

3.2. AFFAISSEMENT/EFFONDREMENT LIE AUX CAVITES (HORS MINES)

En l'absence de cartographie existante de ce phénomène à l'échelle nationale, le niveau d'aléa est coté à partir de la densité de cavités par taille de maille, données issues de la base de données « BD Cavités », qui recense de façon homogène l'ensemble des cavités souterraines abandonnées "hors mines" en France métropolitaine. Le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance fournit uniquement des cotations du niveau d'aléa pour des mailles de 500 x 500m. Pour déterminer le niveau d'aléa pour des mailles réduites (250 m x 250 m ou 100 m x 100 m), l'addendum propose d'examiner le nombre de cavités par maille tel que présenté dans le tableau 4. (Tableau 4).

Tableau 4 : Niveau d'aléa « cavité » en fonction du nombre de cavités par maille.

Cotation du niveau d'aléa	Nombre de cavités par maille		
	Maille de 500 m x 500 m	Maille de 250 m x 250 m	Maille de 100 m x 100 m
0	0-1	0	0
1	2-4	1	na
2	5-8	2	1
3	>8	>2	>1

na : non applicable

En outre, le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance propose, au chapitre 9.2.3 l'utilisation d'un tampon de 50 m plus la précision de la donnée mentionnée dans la base autour de chaque point. Il est possible, si le niveau de connaissance est suffisant, d'ajuster ce tampon en fonction de l'étendue connue ou estimée des cavités.

En cas d'existence d'une carte d'aléa associée à un Plan de Prévention des Risques (PPR), cette dernière s'imposera sur le secteur concerné suivant le tableau issu du guide (Tableau 5)

Tableau 5 : Niveau d'aléa « cavité » en fonction d'un PPR

Qualification	Nul	Faible	Moyen	Fort
Cotation	0	1	5	7

Les deux cotations (nombre de cavités et PPR) ne s'additionnent pas. En cas de présence d'un PPR, ce sont les cartes d'aléas du PPR qui s'appliquent.

Remarque : concernant les cavités naturelles de type karsts, il est possible d'appliquer une méthode d'inférence statistique bayésienne dite du poids des évidences, à partir des observations (BD cavité) et des milieux physiques où ont lieu ces observations (BD Lisa, carte géologique) pour aboutir à une carte de probabilités d'occurrence (Figure 4) qui sera traduite en carte d'aléa. Les cotations étant fixés suivant le Tableau 5.

Attention toutefois pour l'utilisation de cette méthode, car la méthode statistique va produire des cartes plus pessimistes (plus grandes proportions d'aléas élevés sur une plus grande surface) que des cartes produites avec une méthode déterministe appliquée sur le même territoire. Cela peut entraîner de grandes disparités d'interprétation de l'aléa sur des territoires voisins, analysés avec des méthodes différentes (Statistiques bayésienne / déterministe).

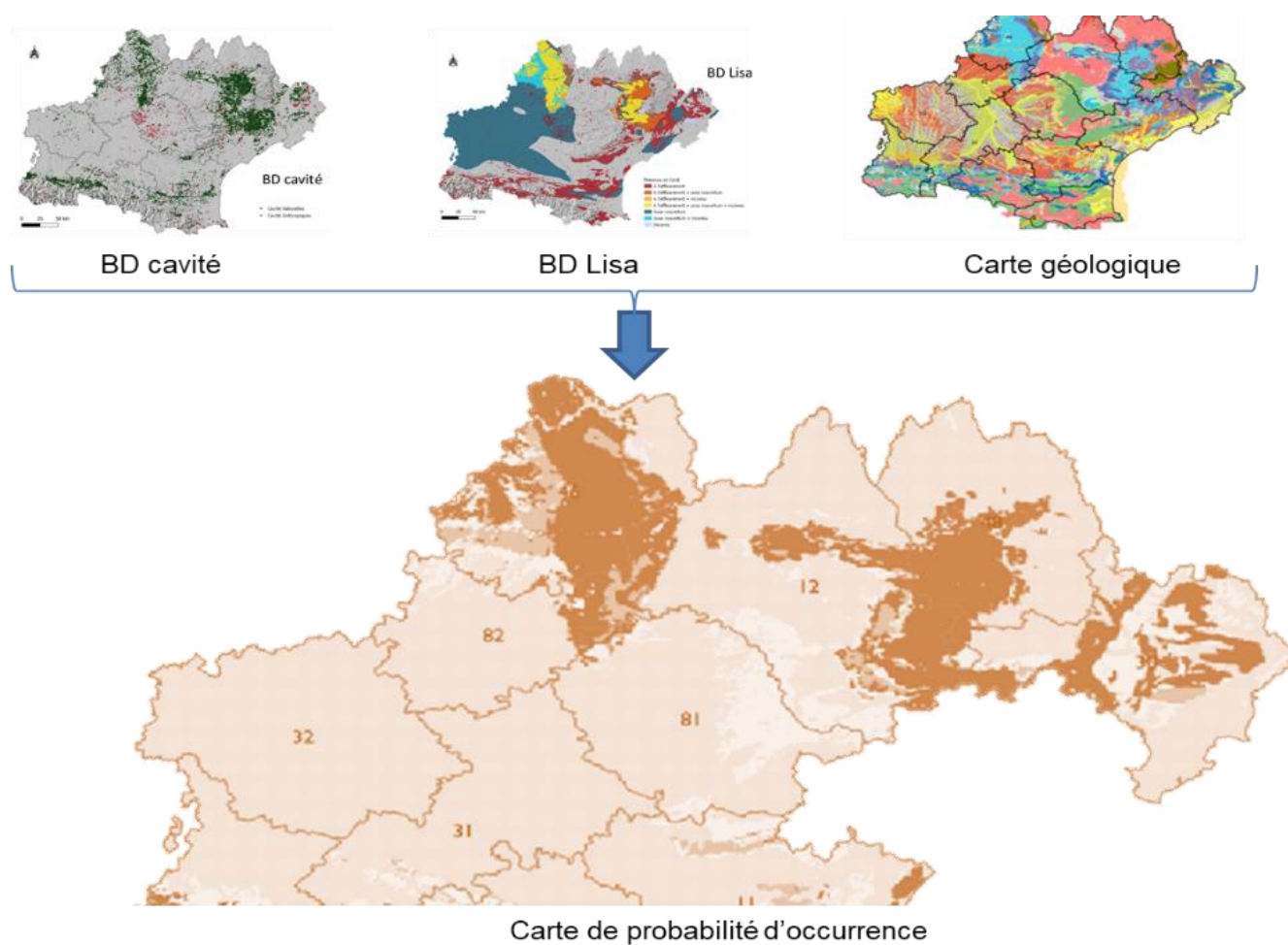


Figure 4 : Méthode statistique bayésienne pour les karsts

3.3. AFFAISSEMENT/EFFONDREMENT LIE AUX CAVITES D'ORIGINE MINIERE

L'inventaire des sites miniers (BD SIGMINES) n'est plus maintenu à jour.

Trois types de données sont toutefois disponibles, et sont précisées ci-après, par ordre de priorisation :

1. Carte d'aléa « effondrements localisés, affaissements, tassements et échauffement »

Geoderis élabore, pour le compte des services de l'Etat, les cartes d'aléas miniers au droit des anciennes exploitations minières. Ces cartes d'aléas sont portées à connaissance des maires afin qu'elles soient intégrées au documents d'urbanisme. **Les mairies disposent donc des cartes d'aléas actualisées.**

Tableau 6 Cotation en fonction des cartes d'aléa « effondrements localisés, affaissements, tassements et échauffement »

Qualification	Cotation
Nul	0
Faible	1
Moyen	3
Fort	7

2. Carte d'extension des exploitations.

Nul = 0 hors extension

Moyen = 3 dans la surface d'extension

Le « cadastre minier numérique ouvert », actuellement disponible sur le site <https://camino.beta.gouv.fr/>, met à disposition ces données. Il requiert cependant la création d'un compte d'accès.

3. Localisation ponctuelle + tampon

Nul = 0 hors extension

Moyen = 3 dans la surface d'extension

Le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance préconise un tampon de 5 km autour des localisations ponctuelles. Si les mines sont connues à dire d'expert pour n'avoir jamais eu une telle extension dans le territoire concerné, ce tampon pourra être réduit. Il faut veiller à éliminer les sites déjà pris en compte par l'une des deux méthodes précédentes.

Ces différentes cotations ne s'additionnent pas entre elles et c'est la cotation la plus contraignante qui est retenue.

3.4. MOUVEMENTS DE TERRAINS DE TYPE GLISSEMENT

En l'absence de carte d'aléas disponibles, la cotation du niveau d'aléa est réalisée à partir de la densité de mouvements de terrain répertoriés par maille, données issues de la base de données « BD MVT⁶ ».

Le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance fournit uniquement les niveaux d'aléa pour des mailles de 500 x 500 m. Pour déterminer le niveau d'aléa pour des maillages réduits (250 m x 250 m, 100 m x 100m), l'Addendum propose d'examiner le nombre de mouvements de terrains répertoriés par maille tel que présenté dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Niveau d'aléa « mouvement » en fonction du nombre de mouvements par maille

Cotation du niveau d'aléa	Nombre de mouvements recensés par maille		
	Maille de 500 m x 500 m	Maille de 250 m x 250 m	Maille de 100 m x 100 m
0	0	0	0
1	1-4	1	na
2	5-8	2	1
3	>8	>2	>1

Na : non applicable

En outre, le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance propose au chapitre 9.2.3 l'utilisation d'un tampon de 50 m autour de chaque point, en plus d'une distance correspondant à la précision de la localisation. Il est possible, si le niveau de connaissance est suffisant, d'ajuster ce tampon en fonction de l'étendue connue ou estimée des glissements de terrain.

En cas d'existence d'une carte d'aléa associée à un plan de prévention des risques(PPR), cette dernière s'imposera sur le secteur concerné suivant le tableau issu du guide (Tableau 8)

Tableau 8 : Niveau d'aléa « mouvement » en fonction d'un PPR

Qualification	Nul	Faible	Moyen	Fort
Cotation	0	1	5	7

Les deux cotations (nombre de cavités et PPR) ne s'additionnent pas. **En cas de présence d'un PPR, ce sont les cartées d'aléas du PPR qui s'appliquent.**

Remarque : Il est possible d'appliquer une méthode d'inférence statistique bayésienne dite du poids des évidences, à partir des observations (BD MVT) et des milieux physiques où ont lieu ces observations (carte géologique, carte des pentes) pour aboutir à une carte de probabilité d'occurrence (Figure 5) qui sera traduite en carte d'aléa. Les cotations étant fixés suivant le Tableau 8.

⁶ La base de données **Mouvements de terrain (BDMvt)** recense les mouvements de terrain répertoriés en France métropolitaine et dans les départements des Antilles de la Guyane et de La Réunion. Cette base nationale est gérée et développée depuis 1994 par le BRGM, avec le soutien du Ministère en charge de l'écologie, du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche

Attention toutefois dans l'utilisation de cette méthode, car la méthode statistique va produire des cartes plus pessimistes (plus grandes proportions d'aléas élevés sur une plus grande surface) que des cartes produites avec une méthode déterministe appliquée sur le même territoire. Cela peut entraîner de grandes disparités d'interprétation de l'aléa sur des territoires voisins, analysés avec des méthodes différentes (Statistiques bayésiennes / déterministe).

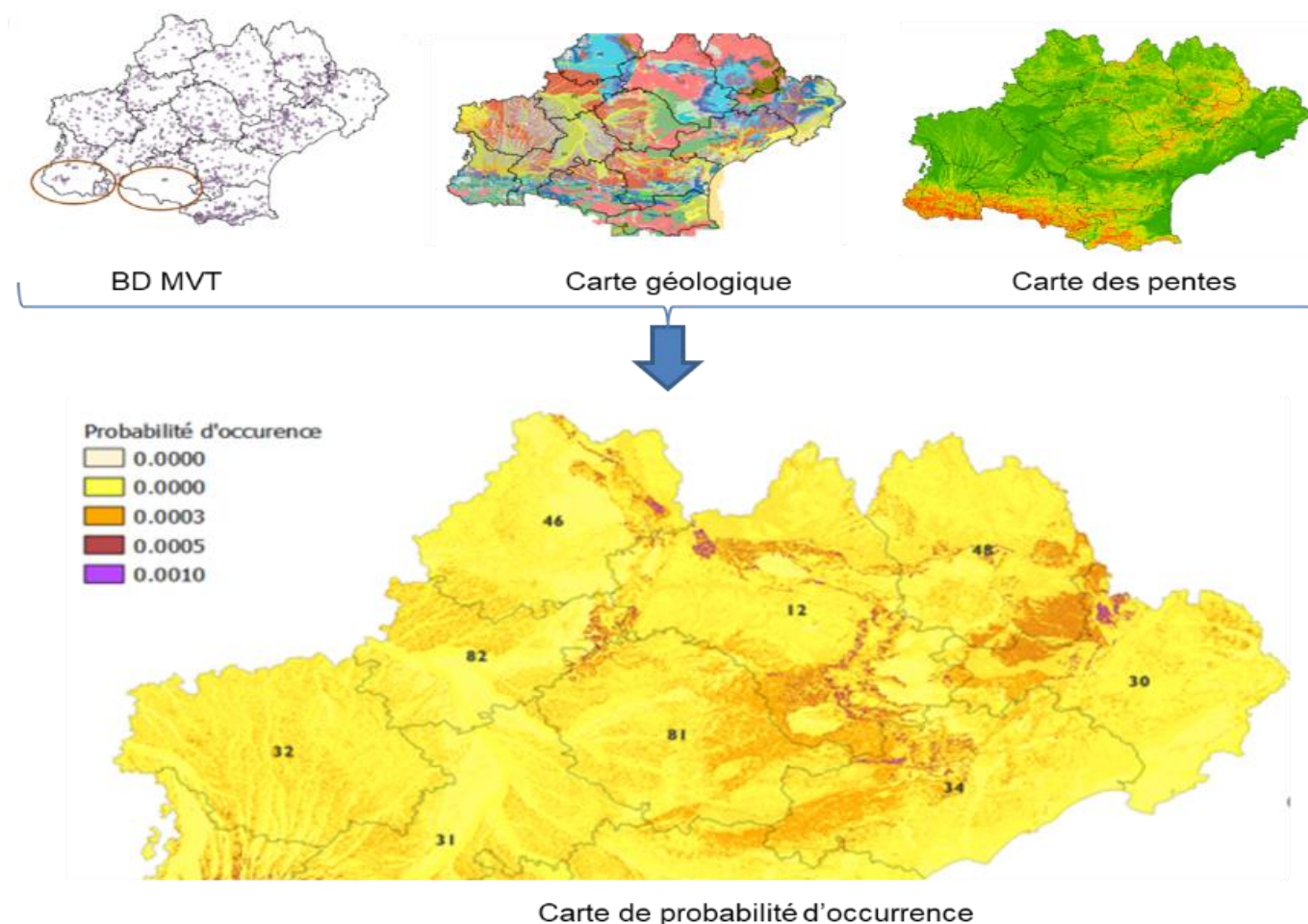


Figure 5 : Méthode statistique bayésienne pour les glissements

3.5. POLLUTION DES SOLS ET DES EAUX

La cartographie de l'aléa « pollution des sols et des eaux » est réalisée à partir des données disponibles suivantes :

- Portail Géorisques , accessible sur le portail <https://www.georisques.gouv.fr/> (ex-base de données BASOL),
- Plateforme Infosols, plateforme nationale de gestion des données relatives aux risques de pollution des sols accessible depuis le site <https://www.brgm.fr/fr/reference-projet-acheve/infosols-plateforme-nationale-gestion-donnees-relatives-aux-risques>.

Les données disponibles sur Infosols portent sur les pollutions d'origine industrielle ou accidentelle mais n'intègre pas les pollutions diffuses de type agricole, ni la qualité générale de l'eau des nappes.

Tableau 9 : Niveau d'aléa « Pollution » en fonction des données Infosols ou des panaches de pollution cartographiées.

Niveau d'aléa	Contexte
Nul (0)	Pas de sites répertoriés sur Infosols (ou SIS) ou site classé comme traité et libre de toute restriction
Faible (1)	Présence d'un site répertoriés sur Infosols ou SIS et absence d'aquifère sous-jacent dans la tranche de profondeur considérée Tampon = précision (min 100 m)
Moyen (4)	Présence d'un site répertoriés sur Infosols ou SIS et présence d'aquifère sous-jacent (dans la tranche de profondeur considérée) Tampon = précision (min 100 m)
Fort (6)	Pollution avérée de la nappe à partir des données Infosols ou SIS Tampon = précision + 500 m
Très Fort (10)	Présence d'un panache de pollution avéré, cartographié et suivi

Quelques points d'attention à souligner :

- Il convient de prendre en compte les niveaux semi-perméables dans la définition des aquifères s'ils présentent une partie saturée en eau.
- Le tampon de 500 m, autour des localisations ponctuelles, préconisé dans le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance est recommandé uniquement dans les cas où une pollution de la nappe est avérée. L'addendum recommande de conserver néanmoins un tampon lié à la précision de la localisation et l'étendue du site, avec un minimum de 100 m.
- Une estimation de l'étendue de certains panaches de pollution a été menée en Auvergne – Rhône-Alpes. Si une telle étude est disponible sur le territoire, celle-ci doit être prise en compte de manière prioritaire (par rapport au tampon arbitraire de 500 m préconisé par le guide).
- Les données BASIAS ont été prises en compte dans la région Auvergne – Rhône-Alpes, mais n'est pas recommandée pour les autres territoires.
- **Dans tous les cas, lorsque plusieurs données sont disponibles, l'addendum recommande d'utiliser le niveau d'aléa le plus élevé pour chaque maille (on n'ajoute pas les niveaux d'aléa). De même, si plusieurs sites pollués affectent une même maille/coexistent au sein d'une même maille, seul le niveau d'aléa le plus élevé sera retenu.**

3.6. ARTESIANISME

3.6.1. Définition du niveau d'aléa en fonction de la précision des données

La méthodologie de cotation du niveau d'aléa « artésianisme » telle que définie dans le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance a été établie comme suit):

- **Aléa fort (7)** : présence d'un aquifère artésien connu (retour d'expérience).
- **Aléa moyen (3)** : présence d'un aquifère ayant un niveau piézométrique connu pour être supérieur à la surface du sol dans la tranche de terrain considérée.
- **Aléa nul (0)**: pas d'aquifère artésien connu dans la tranche de terrain considérée.

Si dans le territoire, la piézométrie des nappes captives est connue et cartographiée, il est possible d'affiner cette cotation du niveau d'aléa, comme cela a été fait en Normandie par exemple :

- **Aléa fort (7)** : présence d'un aquifère artésien connu dont la puissance est supérieure à 5 m (c'est-à-dire dont le niveau piézométrique de la nappe se situe plus de 5 m au-dessus du sol en période de basses-eaux).
- **Aléa moyen (3)** : présence d'un aquifère artésien connu dont la puissance est comprise entre 0 et 5 m (c'est-à-dire dont le niveau piézométrique de la nappe se situe la surface du sol (0 m) et 5 m au-dessus du sol en périodes de basses-eaux).
- **Aléa faible (1)** : présence d'un aquifère ayant un niveau piézométrique connu pour être proche de la surface (entre 0 et 1 m de profondeur) en période de basses-eaux et/ou présenter un niveau piézométrique supérieur à la surface du sol en période de hautes-eaux.
- **Aléa nul (0)** : pas d'aquifère artésien connu dans la tranche de terrain considérée.

3.6.2. Prise en compte de l'effectivité de l'artésianisme en fonction de l'exploitation des nappes

Dans le Bassin Minier Nord-Pas-de-Calais des Hauts-de-France, certains secteurs sont connus pour avoir été artésiens bien qu'ils ne le soient plus actuellement, du fait de la surexploitation des nappes. Le niveau des nappes n'est toutefois pas stabilisé, suite à l'arrêt des activités d'extraction minière, et tend à remonter. Il est difficile à l'heure actuelle d'extrapoler une situation future. **C'est pourquoi, il a été décidé dans ce cas d'utiliser des niveaux d'aléas plus faibles (1 pour l'aléa moyen et 4 pour l'aléa fort) de manière à conserver l'information (le niveau pourrait revenir à la normale) sans trop pénaliser des secteurs non exploités à court ou moyen terme.**

3.6.3. Phénomènes de drainance ascendante

Pour la région Occitanie (Hérault et Pyrénées Orientales), des phénomènes de drainance ascendante ayant été répertoriés, la cotation de cet aléa a été ajouté à la cotation du niveau d'aléa du phénomène d'artésianisme.

Ce phénomène de drainance ascendante, représente le cas où une nappe captive sous-pression se situant juste sous une autre nappe. Même si l'eau ne jaillit pas en surface, l'eau de la nappe inférieure a tendance à remonter vers la nappe supérieure et est susceptible de poser les mêmes types de problème lors de la réalisation des ouvrages (mise en communication des nappes, problèmes de cimentation).

Il convient de noter qu'il s'agit d'un retour d'expérience basé sur des secteurs spécifiques où certains problèmes ont été rencontrés et qu'il ne convient pas d'élargir automatiquement le prise en compte de l'artésianisme à tous les secteurs concernés par des drainances ascendantes, la méthode de cimentation imposée par la réglementation devant normalement prévenir la survenue de ce type de désordre.

3.7. MISE EN COMMUNICATION D'AQUIFERES

La cotation du niveau de l'aléa préconisée dans le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance est la suivante :

- Aléa nul : pas plus d'un aquifère dans la tranche de terrain considérée (cotation 0)
- Aléa faible : plusieurs aquifères dans la tranche de terrain considérée (cotation 1)
- Aléa moyen : plusieurs aquifères dans la tranche de terrain considérée dont au moins un est considéré comme NAEP, ressource stratégique... (cotation 4)

La définition des ressources stratégiques n'étant pas uniforme selon le territoire, **elle doit être définie par les services de l'eau locaux en accord avec le comité de suivi de la réalisation de chaque carte**. Il convient de garder à l'esprit que la réinjection à volume égal et dans la même nappe étant obligatoire dans le cadre de la GMI, les ressources stratégiques devraient être définies uniquement du point de vue de la préservation de la qualité de l'eau.

3.8. REMONTÉE DE NAPPE - PROBLÈMES LIÉS A LA RÉINJECTION

3.8.1. Changement de dénomination du phénomène « problèmes liés à la réinjection »

Le nom de ce phénomène entraîne régulièrement des incompréhensions et peut être confondu avec l'aléa existant par ailleurs : « inondation par remontée de nappe ». C'est pourquoi, l'addendum propose de le rebaptiser en « problèmes liés à la réinjection ».

3.8.2. Limitation de la prise en compte du phénomène à la nappe la plus superficielle

La méthodologie nationale considère que tous les horizons traversés par les forages sont susceptibles d'être affectés par un aléa et donc qu'un niveau d'aléa dans une tranche de profondeur impliquera un niveau au minimum équivalent dans les tranches inférieures.

Dans le cas des problèmes liés à la réinjection, cela n'a pas lieu de s'appliquer. Si le phénomène concerne une nappe à moins de 50 m de profondeur les tranches de profondeur 50-100 et 100-200 m ne seront pas affectées par cet aléa.

3.8.3. Elargissement du phénomène redouté aux échecs probables d'opérations

Pour la région Occitanie (l'Hérault et les Pyrénées Orientales), le retour d'expérience montre que la réinjection des eaux prélevées dans certains aquifères détritiques est difficile, voire impossible, rendant l'installation de doublets géothermiques inenvisageable. Afin de tenir compte de ces difficultés, trois niveaux d'aléa supplémentaires de 3, 7 et 18 (cotations « moyen », « fort » et « très fort ») ont été ajoutés en concertation avec les membres du comité de suivi régional.

Cet ajout par rapport à la méthodologie nationale ne concerne pas directement un risque au sens « désordre ou dégradation de la ressource », mais l'échec probable d'une installation sur nappe aquifère. Il convient, avant de le prendre en compte pour une carte révisée, de consulter les professionnels intervenant sur le secteur.

3.9. BISEAU SALE

La définition des cartes de niveaux d'aléa pour le biseau salé reste très dépendante des territoires et des données disponibles. Il n'y a donc pas de méthodologie unifiée définie dans le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance. Ce phénomène n'a pas été traité au niveau national. Il a été pris en compte pour les cartes révisées Aquitaine (cf rapport BRGM/RP-67708-FR), Hérault (cf rapport BRGM/RP-70400-FR), Normandie (cf rapport BRGM/RP-72225-FR), Occitanie (cf rapport BRGM/RP-71982-FR), Pays-de-la-Loire (cf rapport BRGM/RP-72191), Poitou-Charentes (cf rapport BRGM/RP-70434-FR) et Pyrénées-Orientales (cf rapport BRGM/RP-70185-FR).

Différentes sources de données ont été utilisées :

- Rapport sur la vulnérabilité des aquifères côtiers vis-à-vis de l'intrusion marine⁷.
- Des études plus spécifiques à certains secteurs
- Cartes de salinité à partir de mesures de la conductivité et des chlorures dans les nappes
- Une distance à partir du trait de côtes et des étangs
- Dire d'expert après consultation des gestionnaires locaux des eaux souterraines

Dans tous les cas, et plus particulièrement lorsque les données disponibles ne permettent pas de cartographier plus précisément qu'en utilisant une distance à partir du trait de côte, Il faut veiller à ne pas appliquer ce phénomène dans les secteurs où il ne peut être présent du fait de la topographie, de l'hydrogéologie et/ou de l'éloignement par rapport à la côte.

- Si l'on dispose de cartes de piézométriques, et sauf données contraires, il est possible d'appliquer le principe de Ghyben-Herzberg. Ce principe repose sur le fait qu'en un point quelconque de l'aquifère, l'interface entre l'eau douce et l'eau salée se situe sous le niveau de la mer à une profondeur égale à 40 fois l'élévation du niveau piézométrique au-dessus du niveau de la mer.
- En l'absence de cartes piézométriques, on supposera cette interface égale à celle du niveau de la mer.
- Seules les zones où les forages peuvent atteindre cette interface sont prise en compte. C'est-à-dire que si l'on suppose l'interface à 0 m d'altitude, les mailles où l'altitude du sol est à plus de 200 m ne seront pas concernées par le phénomène de biseau salé, celles à plus de 100 m ne le seront que pour la tranche 100-200 m, celles à plus de 50 m ne le seront que pour les tranche 100-200 m et 50-100m et seules celles à moins de 50 m d'altitude seront concernées pour les trois tranches de profondeur.

⁷ Montée du niveau marin induite par le changement climatique : Conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole - BRGM/RP-60829-FR

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires
Ministère de la Transition énergétique
Direction générale de la prévention des risques
Service des risques technologiques
Sous-direction des risques chroniques et du pilotage
Bureau du sol et du sous-sol