



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 Provence-Alpes-Côte d'Azur

Rapport final

BRGM/RP-73293-FR

Version 1 du 22 janvier 2024

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

Mirgon C., Moulin M. (BRGM), Charrier F., Hervouët F. (CEREMA)

Vérificateur :

Nom : Durst Pierre

Fonction : Référent thématique

Date : 05/03/2024

Signature :

Approbateur :

Nom : Isabelle Duhamel-Achin

Fonction : Directrice régionale PACA

Date : 12/03/2024

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



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Liberté
Égalité
Fraternité



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/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



Mots clés : Cartes d'aléa, Doublet sur nappe, Géothermie minime importance, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Sonde géothermique verticale, Zones réglementaires.

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

Mirgon C., Moulin M. (BRGM), Charrier F., Hervouët F. (CEREMA) 2024. Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Rapport final V1. BRGM/RP-73293-FR, 70 p.

© BRGM, 2024, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-09/03/2023

Synthèse

L'arrêté du 25 juin 2015, relatif à la carte des zones en matière de géothermie de minime importance, prévoit la possibilité de réviser régionalement 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 région Provence-Alpes-Côte d'Azur, la DGPR, l'ADEME et le BRGM ont financé la révision de cette carte. Celle-ci a été réalisée conjointement par le BRGM et le CEREMA pour le compte de la DREAL.

L'élaboration de la carte de Provence-Alpes-Côte d'Azur tient compte de neuf 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, 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 ;
- Biseau salé - salinisation.

Les niveaux d'aléa ou de susceptibilité définis par le guide méthodologique ont été employés pour l'élaboration de cette carte.

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 ce pour trois gammes de profondeur : 10-50 m, 10-100 m, 10-200 m.

Un peu plus de la moitié du territoire ne présente pas de phénomène qui engendrerait un risque pour la mise en œuvre d'un dispositif GMI (zones vertes) : ce zonage est majoritaire (environ 67% en moyenne).

Environ 27% en moyenne des secteurs sont concernés par des aléas ou conjugaison d'aléas qui requièrent l'avis d'un expert avant la télédéclaration des ouvrages GMI (zones oranges).

A contrario, en moyenne à peu près 6% du territoire, soit 5% de la population (données IRIS 2018) est concerné par des aléas et conjugaison d'aléas qui rendent ces secteurs non éligibles à la GMI (zones rouges). Toutes opérations de forage GMI nécessitent dans ce cas une autorisation spécifique.

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

Sommaire

1.	Réglementation applicable à la géothermie de minime importance	12
1.1	Principes de la géothermie de minime importance (GMI)	12
1.2	Réglementation de la géothermie de minime importance	13
2.	Méthodologie de réalisation de la carte réglementaire.....	15
2.1	Paramètres de la cartographie régionale.....	15
2.2	Méthode utilisée	16
2.3	Grille des cartes réglementaires.....	19
3.	Cartographie des phénomènes redoutés.....	21
3.1	Phénomène « Affaissement / Surrection liés aux niveaux d'évaporites et à la présence d'eau ».....	21
3.1.1	<i>Description du phénomène</i>	21
3.1.2	<i>Qualification du phénomène</i>	21
3.1.3	<i>Données utilisées et méthodologie employée</i>	23
3.1.1	<i>Carte d'aléa finale</i>	25
3.1.1	<i>Cotation des niveaux d'aléa</i>	27
3.2	Phénomène « Affaissement / effondrement liés aux cavités (hors mines) »	28
3.2.1	<i>Description du phénomène</i>	28
3.2.2	<i>Qualification du phénomène</i>	28
3.2.3	<i>Données utilisées et méthodologie employée</i>	29
3.2.4	<i>Cartographie du phénomène redouté</i>	31
3.2.5	<i>Cotation des niveaux d'aléa</i>	32
3.3	Phénomène « Affaissement / effondrement liés aux cavités minières »	33
3.3.1	<i>Description du phénomène</i>	33
3.3.2	<i>Qualification du phénomène</i>	33
3.3.3	<i>Données utilisées et méthodologie employée</i>	34
3.3.4	<i>Cartographie du phénomène redouté</i>	34
3.3.5	<i>Cotation des niveaux d'aléa</i>	35
3.4	Phénomène « Mouvements de terrain (ou glissements de terrain) »	35
3.4.4	<i>Cartographie du phénomène redouté</i>	38
3.4.5	<i>Cotation des niveaux d'aléa</i>	38
3.5	Phénomène « Pollution des sols et des nappes d'eau souterraine »	39
3.5.1	<i>Description du phénomène</i>	39
3.5.2	<i>Qualification du phénomène</i>	39
3.5.3	<i>Données utilisées et méthodologie employée</i>	40
3.5.4	<i>Cartographie du phénomène redouté</i>	43
3.5.5	<i>Cotation des niveaux d'aléa</i>	43
3.6	Phénomène « Artésianisme »	44
3.6.1	<i>Description du phénomène</i>	44
3.6.2	<i>Qualification du phénomène</i>	44
3.6.3	<i>Données utilisées et méthodologie employée</i>	44
3.6.4	<i>Cartographie du phénomène redouté</i>	46
3.6.5	<i>Cotation des niveaux d'aléa</i>	47
3.7	Phénomène « Mise en communication des eaux souterraines entre différents aquifères ».....	47
3.7.1	<i>Description du phénomène</i>	47
3.7.2	<i>Qualification du phénomène</i>	48
3.7.3	<i>Données utilisées et méthodologie employée</i>	48

3.7.4	<i>Cartographie du phénomène redouté</i>	50
3.7.5	<i>Cotation des niveaux d'aléa</i>	50
3.8	Phénomène « Inondation par remontée de nappe »/ problème lié à la réinjection	51
3.8.1	<i>Description du phénomène</i>	51
3.8.2	<i>Qualification du phénomène</i>	51
3.8.3	<i>Données utilisées et méthodologie employée</i>	51
3.8.4	<i>Cartographie du phénomène redouté</i>	53
3.8.5	<i>Cotation des niveaux d'aléa</i>	54
3.9	Phénomène « Biseau salé »	54
3.9.1	<i>Description du phénomène</i>	54
3.9.2	<i>Qualification du phénomène</i>	55
3.9.3	<i>Données utilisées et méthodologie employée</i>	55
3.9.4	<i>Cartographie du phénomène redouté</i>	58
3.9.5	<i>Cotation des niveaux d'aléa</i>	60
4.	Cartes réglementaires.....	61
5.	Conclusion.....	67
6.	Bibliographie.....	69

Liste des illustrations

Illustration 1	: Principe d'un doublet sur nappe ou échangeur géothermique ouvert (MEDDE, 2015).	12
Illustration 2	: Principes d'une Sonde Géothermique Verticale (SGV) ou échangeur géothermique fermé (MEDDE, 2015).....	13
Illustration 3	: Etape de projection d'un polygone sur un maillage par intersection.	16
Illustration 4	: Etapes de la détermination des zones des cartes réglementaires de la GMI.....	18
Illustration 5	: Mots-clés rencontrés dans la carte géologique harmonisée par département. ...	24
Illustration 6	: Ensemble des données utilisées pour l'élaboration de la carte d'aléa.	25
Illustration 7	: Carte d'aléa du phénomène " Affaissement / surrection liés aux niveaux évaporitiques " en en Provence-Alpes-Côte d'Azur pour la gamme de profondeurs 10 - 50 m. 26	
Illustration 8	: Carte d'aléa du phénomène " Affaissement / surrection liés aux niveaux évaporitiques " en en Provence-Alpes-Côte d'Azur pour la gamme de profondeurs 10 - 100 m.	26
Illustration 9	: Carte d'aléa du phénomène " Affaissement / surrection liés aux niveaux évaporitiques " en en Provence-Alpes-Côte d'Azur pour la gamme de profondeurs 10 - 200 m.	27
Illustration 10	: Communes faisant l'objet d'un PPRMVT Phénomène Affaissement-Effondrement (en jaune) en 2023.....	30
Illustration 11	: Principe du comptage par maille des évènements ponctuels avec leur tampon (en rouge le nombre d'évènements par maille).	31
Illustration 12	: Carte d'aléa du phénomène " Affaissement / effondrement liés aux cavités (hors mines) " en région Sud – Provence Alpes Côte d'Azur, pour la gamme de profondeur 10 - 200 m.	32
Illustration 13	: Carte d'aléa du phénomène " Affaissement / effondrement liés aux cavités minières " en PACA pour la gamme de profondeur 10 - 200 mètres.	34

Illustration 14 : Commune faisant l'objet d'un PPRMVT Glissement de terrain (en jaune).	37
Illustration 15 : Carte d'aléa du phénomène " Mouvements de terrain (ou glissement de terrain)" en région Sud – Provence Alpes Côte d'Azur, pour la gamme de profondeurs 10 - 200 m.....	38
Illustration 16 : Synthèse des notes appliquées en fonction des critères de l'addendum au guide méthodologique national (BRGM & CEREMA, 2023).	40
Illustration 17 : Carte présentant les données INFOSOLS et BDLISA.	41
Illustration 18 : Sites présents dans Bouches-du-Rhône (13).	42
Illustration 19 : Sites présents dans le Var (83) et le Vaucluse (84).	42
Illustration 20 : Sites présents dans les Alpes-de-Provence (04) et les Alpes-Maritimes (06). ..	42
Illustration 21 : Carte d'aléa du phénomène " Pollution des sols et des nappes d'eau souterraine " pour la gamme de profondeurs 10 - 50 m, 50 - 100 m et 100 - 200 m.....	43
Illustration 22 :Thèse de Lalbat (2006) – Cartographie de zones artésiennes.....	45
Illustration 23 : Thèse de Lalbat (2006) – Grille des zones artésiennes.	45
Illustration 24 : L'ensemble des données utilisées pour définir une carte des zones artésiennes.	46
Illustration 25 : Carte d'aléa du phénomène " Artésianisme " pour la gamme de profondeurs 10 - 200 m.	47
Illustration 26 : Entités hydrogéologiques superposées.	49
Illustration 27 : Masses d'eau à fort enjeu.....	49
Illustration 28 : Carte d'aléa du phénomène " Mise en communication des eaux souterraines entre différents aquifères " pour la gamme de profondeurs 10 - 50 m, 10 - 100 m et 10 - 200 m.	50
Illustration 29 : Cartographie nationale 2018.	52
Illustration 30 : Zones à exclure (BDLISA et CLC 2018).	53
Illustration 31 : Carte d'aléa du phénomène "Inondation par remontée de nappe" pour la gamme de profondeurs 10 - 50 m.	54
Illustration 32 : Aquifères côtiers sélectionnés à partir de la BDLISA.	56
Illustration 33 : Coupe schématique au littoral du biseau salé selon Ghyben-Herzberg.	57
Illustration 34 : Extension vue en plan et par gamme de profondeur du biseau salé selon la méthode de calcul Ghyben-Herzberg pour l'entité hydrogéologique " 719EA01- Alluvions récentes de l'Arc ".	58
Illustration 35 : Carte d'aléa du phénomène " Biseau salé " pour la gamme de profondeurs 10 - 50 m.	59
Illustration 36 : Carte d'aléa du phénomène " Biseau salé " pour la gamme de profondeurs 10 - 100 m.	59
Illustration 37 : Carte d'aléa du phénomène " Biseau salé " pour la gamme de profondeurs 10 - 200 m.	60
Illustration 38 : Carte réglementaire pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeurs 10- 50 m.	63
Illustration 39 : Carte réglementaire pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeurs 10- 100 m.	63

Illustration 40 : Carte réglementaire pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeurs 10-200 m.....	64
Illustration 41 : Carte réglementaire pour les sondes géothermiques verticales (SGV) de la gamme de profondeurs 10-50 m.....	64
Illustration 42 : Carte réglementaire pour les sondes géothermiques verticales (SGV) de la gamme de profondeurs 10-100 m.....	65
Illustration 43 : Carte réglementaire pour les sondes géothermiques verticales de la gamme de profondeurs 10-200 m.....	65

Liste des tableaux

Tableau 1 : Différence entre la cartographie nationale et les cartes régionales PACA.....	15
Tableau 2 - Niveau d'aléa « évaporite » en fonction du rapport épaisseur/profondeur.....	22
Tableau 3 - Niveau d'aléa « évaporite » en fonction de l'épaisseur cumulée.....	22
Tableau 4 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Affaissement / surrection lié aux niveaux évaporitiques et à la présence d'eau ".....	27
Tableau 5 : Niveau d'aléa " cavité " en fonction d'un PPR.....	28
Tableau 6 : Niveau d'aléa " cavité " en fonction du nombre de cavités par maille (na : non applicable).....	28
Tableau 7 : Liste des contacts en Région Sud – Provence Alpes Côte d'Azur.....	29
Tableau 8 : Valeurs des tampons attribués aux évènements ponctuels " Affaissement/effondrement lié aux cavités hors mines ".....	30
Tableau 9 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Affaissement / effondrement liés aux cavités (hors mines) ".....	32
Tableau 10 : Caractérisation du phénomène " Affaissement/effondrement lié aux cavités minières ".....	33
Tableau 11 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Affaissement / effondrement liés aux cavités minières ".....	35
Tableau 12 : Caractérisation du phénomène " Mouvement de terrain ".....	36
Tableau 13 : Liste des contacts en région Sud – Provence Alpes Côte d'Azur.....	36
Tableau 14 : Valeurs des tampons attribués aux évènements ponctuels " Mouvements de terrain ".....	37
Tableau 15 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Mouvements de terrain (ou glissements de terrain) ".....	39
Tableau 16 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Pollution des sols et des nappes d'eau souterraine ".....	44
Tableau 17 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Artésianisme ".....	47
Tableau 18 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Mise en communication des eaux souterraines entre différents aquifères ".....	51
Tableau 19 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Inondation par remontée de nappe ".....	54
Tableau 20 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Biseau salé ".....	60

Tableau 21 – Répartition statistique du zonage par technologie (sondes verticales SGV ou Doublets), par département et pour l'ensemble de la région PACA..... 66

Tableau 22 - Répartition statistique du zonage par technologie (sondes verticales SGV ou Doublets) en fonction de la population (données INSEE par maille IRIS en 2018) 66

Liste des annexes

Annexe 1	Fiches des sites pollués	71
Annexe 2	Liste des MESO	81
Annexe 3	Liste des aquifères côtiers.....	85

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 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).

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 MEDDE (ex-MTE) 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. Conformément à la classification prévue à l'article 22-6 du décret 2006-649, 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 « **oranges** » 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 ;
- 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 régionalement 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.

Dans l'objectif d'avoir une carte régionale plus précise sur la Provence-Alpes-Côte d'Azur, la DGPR, l'ADEME 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 Provence-Alpes-Côte d'Azur.

L'élaboration de la carte GMI régionale de Provence-Alpes-Côte d'Azur tient compte de 9 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, 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 ;
- Biseau salé - salinisation.

Les conséquences considérées peuvent être d'ordre :

- Géologique causant, notamment en surface, des désordres ayant des conséquences sur les 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.

1. Réglementation applicable à la géothermie de minime importance

1.1 PRINCIPES DE LA GEOTHERMIE DE MINIME IMPORTANCE (GMI)

L'objectif de la géothermie de minime importance, aussi appelée géothermie de très basse température, est d'échanger, via une pompe à chaleur, de l'énergie avec le sous-sol ou une nappe d'eau souterraine afin de la restituer à un bâtiment.

La géothermie de minime importance est réglementée, au même titre que les autres types de géothermie (haute température, basse température et de surface), par le code minier. Ses critères sont définis dans le paragraphe II de l'article 3 du décret n°78-498 du 28 mars 1978 modifié et ses 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.

Il existe 2 types de technologies qualifiées de Minime Importance :

- Les doublets géothermiques ou doublets sur nappe ou échangeurs géothermiques ouverts

Le principe de cette technologie est de faire circuler à travers une pompe à chaleur de l'eau prélevée au sein d'une nappe d'eau souterraine via un puits de prélèvement, puis de la réinjecter dans la nappe via un autre puits, ce dernier étant le puits de réinjection (Illustration 1).

Cette technologie induit localement une variation thermique de la nappe.

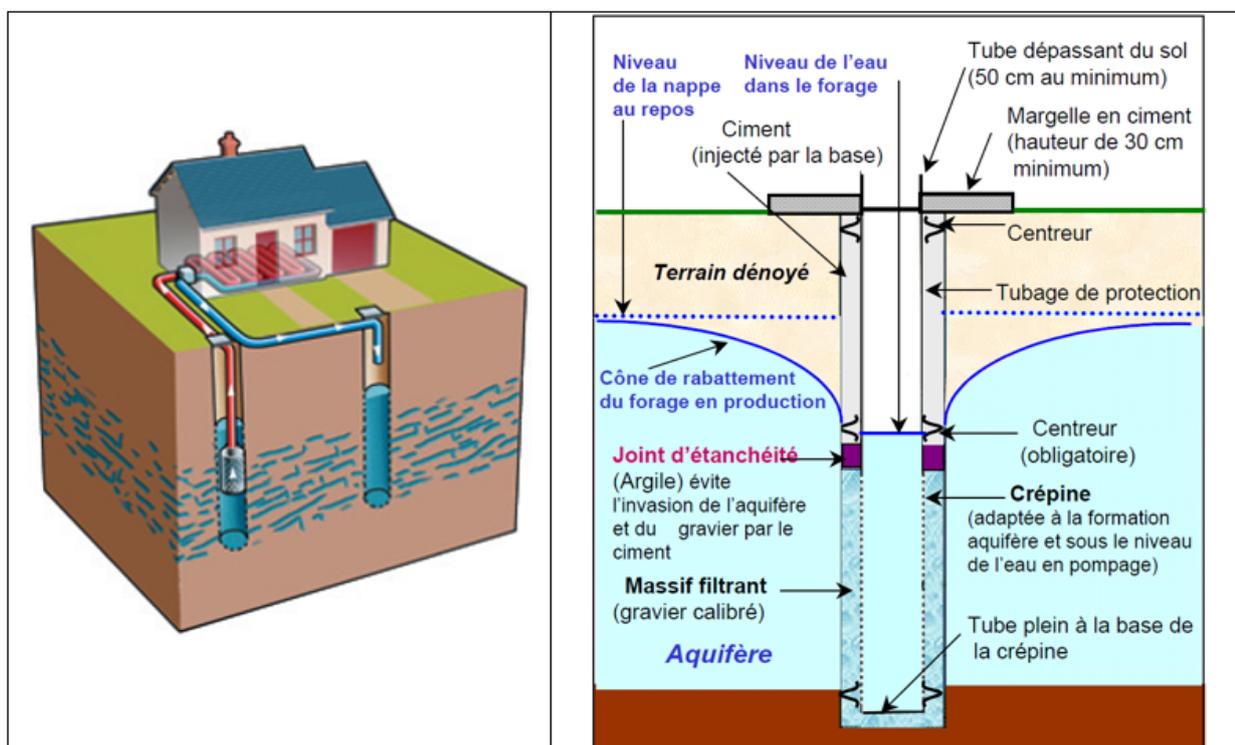


Illustration 1 : Principe d'un doublet sur nappe ou échangeur géothermique ouvert (MEDDE, 2015).

Les critères définis dans le code minier pour cette technologie sont les suivants :

- La profondeur du forage doit être comprise entre 10 et 200 mètres ;
- La puissance thermique maximale prélevée dans le sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation doit être inférieure à 500 kW ;
- La température de l'eau prélevée en sortie des puits de prélèvement doit être inférieure à 25 °C ;
- Les eaux prélevées doivent être réinjectées dans le même aquifère et la différence entre les volumes prélevés et réinjectés doit être nulle.

○ Les Sondes Géothermiques Verticales (SGV) ou échangeurs géothermiques fermés

Le principe de cette technologie est d'échanger la chaleur du sol par conduction thermique le long d'un forage. Cet échange s'effectue au niveau du système géothermique qui est constitué d'un fluide caloporteur de composition variable, de tuyauteries disposées dans le forage et permettant la circulation du fluide et d'un coulis spécifique situé dans l'espace annulaire pour le combler (Illustration 2).

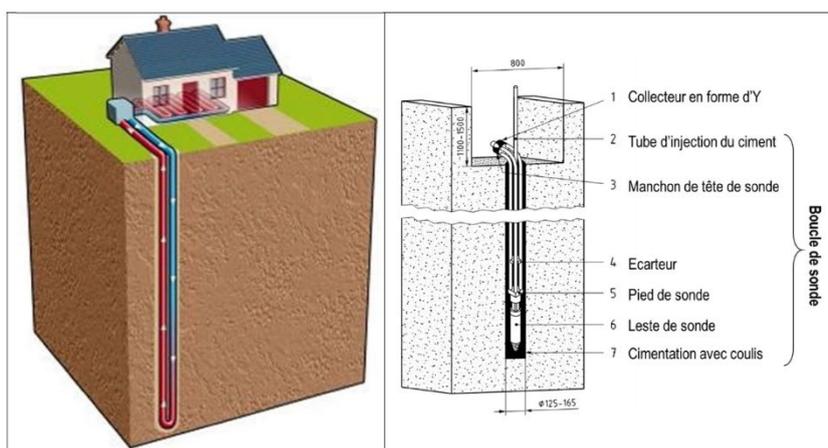


Illustration 2 : Principes d'une Sonde Géothermique Verticale (SGV) ou échangeur géothermique fermé (MEDDE, 2015).

Les critères définis dans le code minier pour cette technologie sont les suivants :

- La profondeur du forage doit être comprise entre 10 et 200 mètres ;
- La puissance thermique maximale prélevée dans le sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation doit être inférieure à 500 kW.

1.2 REGLEMENTATION DE LA GEOTHERMIE DE MINIME IMPORTANCE

Comme vu précédemment, la géothermie de minime importance est règlementée par le code minier. La cartographie des zones réglementaires relatives à la GMI a pour objectif de préciser les secteurs où les activités de géothermie de minime importance sont réputées présenter ou non des dangers ou des inconvénients graves et ainsi préciser la procédure de mise en place d'un projet de GMI.

Les 3 zones relatives à la carte réglementaire GMI défini par le décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 modifiant le Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 – article 22-6 sont :

- Zones « **vertes** » : les activités de GMI sont réputées ne pas présenter de dangers et inconvénients graves. Téléservice ;
- Zones « **oranges** » : les activités de GMI ne sont pas réputées présenter de dangers et inconvénients graves. Téléservice avec attestation de compatibilité d'un projet de GMI établie par un expert agréé ;
- Zones « **rouges** » : les activités de GMI sont réputées présenter des dangers et ne peuvent pas bénéficier du régime GMI. Pas de procédure simplifiée, un dossier d'autorisation doit être déposé.

D'autres prescriptions et réglementations peuvent être localement présentes. Elles sont indépendantes de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance et doivent être prises en compte lors de la réalisation d'un forage de géothermie.

Ces prescriptions peuvent concerner :

- La protection des captages d'alimentation en eau potable ;
- La protection des eaux minérales ;
- Un schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) ;
- Un schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) ;
- Des périmètres de protection des stockages souterrains de gaz naturel, d'hydrocarbures liquides, liquéfiés ou gazeux ;
- Des servitudes d'utilité publique notamment celles prévues par l'article L.515-12 du code de l'environnement.

Cette liste n'est pas exhaustive et il appartient donc à l'exploitant et à tout sous-traitant de s'informer et de mettre en œuvre l'ensemble des réglementations spécifiques et applicables à la zone d'un projet de géothermie de minime importance.

Il est rappelé que les travaux de forages géothermiques mis en œuvre pour l'exploitation d'un gîte géothermique de minime importance (GMI) doivent être réalisés par des entreprises qualifiées selon les conditions techniques prévues par l'arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance.

2. Méthodologie de réalisation de la carte réglementaire

2.1 PARAMETRES DE LA CARTOGRAPHIE REGIONALE

La méthode utilisée pour élaborer les cartes réglementaires de la GMI au sein de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est une adaptation régionale de la méthodologie initiale réalisée à l'échelle nationale. Cette méthode est 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 de son Addendum, publié en 2023.

Cette méthode est basée sur une analyse multicritère qui regroupe 9 phénomènes redoutés pour 3 gammes de profondeur : 10 - 50 mètres, 10 - 100 mètres et 10 - 200 mètres, et pour deux technologies : doublets sur nappe et sondes verticales géothermiques.

Les 9 phénomènes redoutés sont les suivants :

- Affaissement / surrection liés aux évaporites ;
- Affaissement / effondrement liés aux cavités (hors mines) ;
- Affaissement / effondrement liés aux cavités minières ;
- Mouvements de terrain (ou glissements de terrain) ;
- Pollution des sols et/ou des nappes souterraines ;
- Artésianisme ;
- Mise en communication d'aquifères ;
- Problèmes liés à la réinjection (anciennement nommé « Remontée de nappe ») ;
- Biseau salé.

Au final, 6 cartes réglementaires régionalisées sont réalisées et présentées dans ce rapport. Les principales différences entre la cartographie nationale et régionale sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

Carte nationale	Cartes régionales
8 phénomènes pris en compte	9 phénomènes pris en compte Ajout du phénomène « Biseau salé »
1 seule gamme de profondeur : <ul style="list-style-type: none"> • 10 - 200 m 	3 gammes de profondeur : <ul style="list-style-type: none"> • 10 - 50 m • 10 - 100 m • 10 - 200 m
Maille au 500 × 500 m	Maille au 500 x 500, voire 250 × 250 m lorsque cela s'avère possible en fonction de la précision des données

Tableau 1 : Différence entre la cartographie nationale et les cartes régionales PACA.

2.2 METHODE UTILISEE

La méthode appliquée pour déterminer les zones de la cartographie réglementaire de la GMI se déroule en 3 grandes étapes (Illustration 4) :

- Etape 1 : Détermination des niveaux d'aléa de chaque phénomène pour une gamme de profondeur donnée

Cette étape consiste à caractériser chaque phénomène redouté par des niveaux d'aléa (nul, faible, moyen, fort, très fort) pour chaque gamme de profondeur. Une valeur est attribuée à chaque niveau d'aléa conformément au guide méthodologique national (MEDDE, 2015).

Chaque phénomène étudié est représenté sur une carte (couche cartographique pour les différentes profondeurs) où sont figurés les différents niveaux d'aléas. Chaque carte est découpée (quadrillée) en mailles. Compte tenu de la précision des informations sur les aléas, les mailles ont une taille de 500 par 500 mètres. La valeur attribuée à chaque maille correspond au niveau d'aléa qu'elle touche par intersection (méthode la plus conservatrice recommandée par le Guide méthodologique (MEDDE, 2015) et son addendum). Une maille affectée par plusieurs polygones héritera du niveau d'aléa le plus élevé de ces polygones (*Illustration 3*).

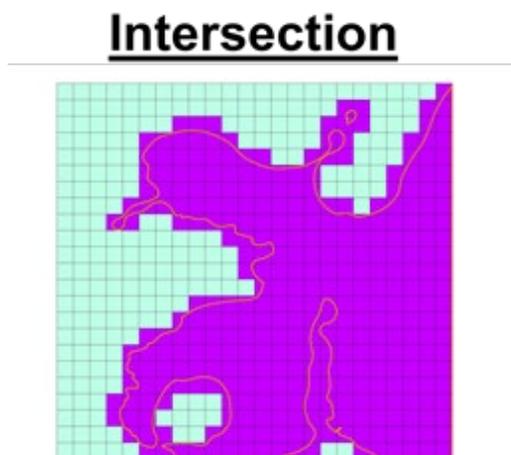


Illustration 3 : Etape de projection d'un polygone sur un maillage par intersection.

Le présent rapport précise pour chaque phénomène :

- Les caractéristiques du phénomène étudié ;
- Les données utilisées ainsi que leur origine et leur date d'extraction s'il s'agit de données issues de bases de données ;
- Les différents niveaux d'aléa utilisés ;
- La méthodologie et les traitements réalisés pour obtenir les différents niveaux d'aléa.

○ Etape 2 : Analyse multicritères

Cette étape consiste à additionner les valeurs des mailles des grilles de chaque phénomène pour une gamme de profondeur donnée, après leur avoir appliqué un facteur aggravant défini en fonction de la technique d'exploitation géothermique employée (doublets sur nappe ou sondes géothermiques verticales). Les facteurs aggravant sont définis dans la méthodologie nationale (MEDDE, 2015).

Les formules utilisées pour chaque maille sont les suivantes (la définition des membres des équations est donnée dans le paragraphe 2.3 ci-après) :

- Valeur résultante pour les doublets sur nappe = (6 x « évaporites ») + (2 x « cavités non minières ») + (2 x « cavités minières ») + (2 x « Mvt terrain ») + (3 x « Basol ») + (2 x « artésianisme ») + (4 x « communication aquifère ») + (2 x « remontée de nappe ») + (4 x « biseau salé »)
- Valeur résultante pour les sondes géothermiques verticales = (10 x « évaporites ») + (2 x « cavités non minières ») + (2 x « cavités minières ») + (2 x « Mvt terrain ») + (3 x « Basol ») + (4 x « artésianisme ») + (4 x « communication aquifère ») + (0 x « remontée de nappe ») + (0 x « biseau salé »).

○ Etape 3 : Définition des zones réglementaires pour chaque gamme de profondeur

Cette dernière étape permet d'attribuer une zone réglementaire (verte, orange ou rouge) à chaque maille des cartes réglementaires : une par gamme de profondeur et technique d'exploitation géothermique, soit possiblement 6 cartes réglementaires.

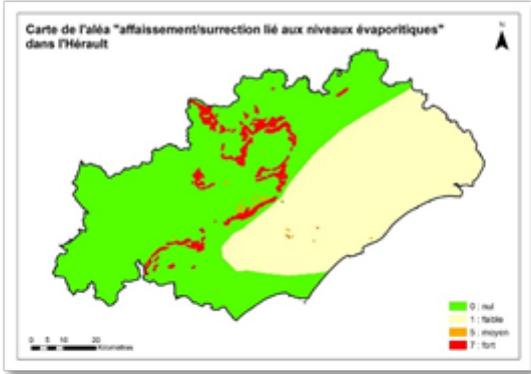
Les zones sont attribuées en fonction de la valeur résultante de chaque maille :

- Verte : entre 0 et 13 ;
- Orange : entre 14 et 41 ;
- Rouge : supérieure à 41.

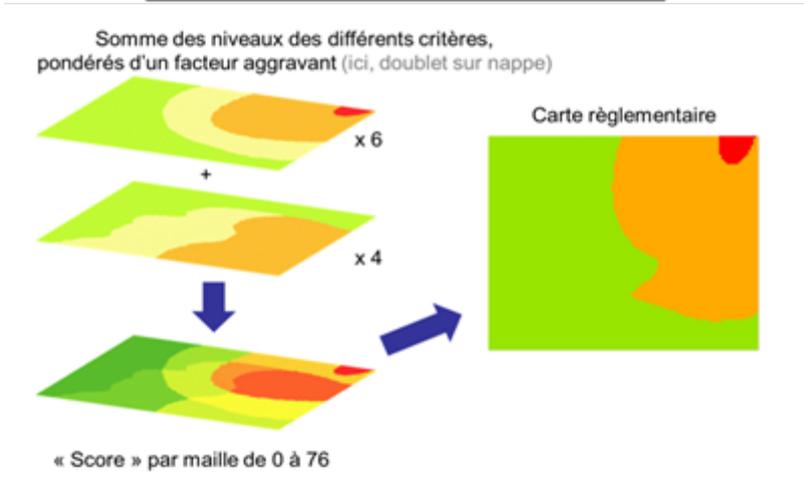
Il est à noter que le classement en zone est effectué si cela est possible pour les trois niveaux de profondeur 10-50 m, 10-100 m et 10-200 m avec une règle d'héritage de la zone sus-jacente lorsque l'aléa est plus élevé que celui des autres profondeurs.

Ainsi, si une maille présente un aléa élevé pour la gamme de profondeur de 10 - 50 m et donc un risque pour la réalisation d'un ouvrage de GMI dans cette tranche d'épaisseur, alors tout ouvrage qui traverse cette tranche (c'est-à-dire les 2 autres gammes de profondeur 10 - 100 m et 10 - 200 m) est soumis à cet aléa. De ce fait, la valeur résultante de la maille pour la gamme de profondeur 10 - 100 m ne pourra pas être inférieure à celle calculée pour la gamme de profondeur 10 - 50 m. De même, la valeur résultante de cette maille pour la gamme de profondeur 10 - 200 m ne pourra pas être inférieure à celles des gammes de profondeurs 10 - 50 m et 10 - 100 m.

Etape 1 : Détermination des niveaux d'aléa de chaque phénomène pour une gamme de profondeur donnée



Etape 2 : Analyse multicritère



Etape 3 : Définition des zones réglementaires pour chaque gamme de profondeur

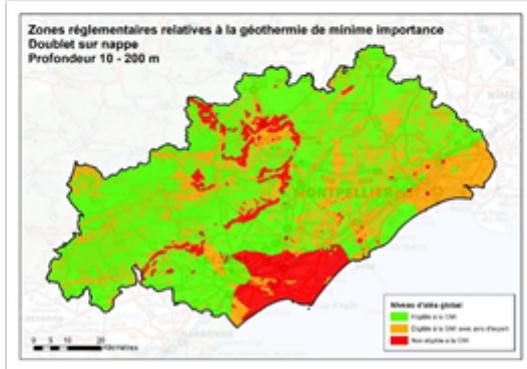


Illustration 4 : Etapes de la détermination des zones des cartes réglementaires de la GMI.

2.3 GRILLE DES CARTES REGLEMENTAIRES

Les grilles des cartes réglementaires ont été créées dans le système géodésique officiel en France, le réseau géodésique français 1993 (RGF93-Lambert93) qui répond à la directive INSPIRE. Le maillage correspond à des pixels de 500 x 500 mètres.

La table attributaire de ces grilles (au format « *shapefile* ») se compose des champs suivants (outre les champs obligatoires FID et Shape) :

- **Attribut « Maille »** : de type entier long, correspondant à un identifiant unique attribué à chaque maille. Pour une maille de 500 m x 500 m, l'identifiant se termine par 00 ;
- **Attribut « Profondeur »** : de type entier court. L'intervalle de profondeur est précisé (50, 100, 200) pour la carte régionale ;
- **Attributs « coordonnées 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 ;
- **Attribut « Altitude 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 mètres avec une précision au mètre ;
- **Champs de type entier court correspondent aux neuf phénomènes redoutés.** Ces neuf 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) ;
 - **cav_min** : phénomène d'affaissement/effondrement lié aux cavités d'origine minière ;
 - **MVT** : phénomène des mouvements de terrain (glissement de terrain) ;
 - **BASOL** : phénomène de pollution des sols et/ou des nappes ;
 - **Artésien** : phénomène d'artésianisme ;
 - **com_aquif** : phénomène de mise en communication d'aquifères ;
 - **remontee** : phénomène de remontée de nappe ;
 - **biseau** : phénomène de biseau salé ;
- **Attribut « Admin »** de type binaire (soit 0, soit 1). Cet attribut permet de classer d'office la maille considérée en zone rouge. La cotation 1 permet de placer une maille en zone rouge au regard du retour d'expérience ou de la connaissance locale, dont 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 sur la zone. La réalisation d'un ouvrage de géothermie sur la zone est alors réputée présenter des dangers et

inconvenients graves et ne peut pas bénéficier du régime de la minime importance prévu par l'article L.112-3 du code minier.

- **Attribut « 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 ouverts (de type « doublet sur aquifère ») ;
- **Attribut « 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 fermés (de type « sonde géothermique verticale ») ;
- **Attribut « 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 ouverts (de type « doublet sur aquifère » (1=vert, 2=orange, 3=rouge)) ;
- **Attribut « 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 fermés (de type « sonde géothermique verticale » (1=vert, 2=orange, 3=rouge)).

3. Cartographie des phénomènes redoutés

Cette partie présente la première étape de la méthodologie, c'est-à-dire la cartographie des niveaux d'aléa / susceptibilité par phénomène.

Pour chaque phénomène, la méthodologie employée pour le cartographier ainsi que les données utilisées sont détaillées avant la présentation des cartes d'aléas. Un descriptif du phénomène ainsi que ses différents niveaux de qualification sont également présentés.

3.1 PHENOMENE « AFFAISSEMENT / SURRECTION LIES AUX NIVEAUX D'EVAPORITES ET A LA PRESENCE D'EAU »

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

3.1.1 Description du phénomène

Il s'agit d'un affaissement, voire d'un effondrement ou une surrection des terrains de surface lié soit à la dissolution d'un niveau d'évaporites, soit au gonflement de ce niveau en cas de présence d'anhydrite. Ces phénomènes sont provoqués par la mise en communication d'aquifères superficiels ou profonds avec les horizons évaporitiques à la faveur d'ouvrages souterrains mal réalisés ou difficilement réalisables dans ce contexte (MEDDE, 2015).

Dans le cas des couches profondes d'évaporites, cet aléa nécessite la présence d'aquifères pour exister. Dans le cas des couches superficielles affleurantes d'évaporites, cet aléa nécessite la présence d'une source d'eau superficielle (forte pluviométrie, inondation ...) ou la remontée d'eau depuis les aquifères profonds provoqués par les travaux de forage.

Il n'existe pas de cartographie des aléas liés à ce phénomène actuellement en France.

3.1.2 Qualification du phénomène

Le phénomène « Affaissement / surrection lié aux niveaux d'évaporites et à la présence d'eau » a été qualifié comme suit, conformément aux préconisations du guide national (MEDDE, 2015) :

- **Susceptibilité forte (7)** : présence avérée d'un ou plusieurs horizons évaporitiques en quantité importante, définie soit à partir d'informations provenant de sondages ou figurant dans les notices de cartes géologiques, soit à dire d'expert sur la base du retour d'expérience ;
- **Susceptibilité moyenne (5)** : présence avérée d'un ou plusieurs horizons évaporitiques en faible quantité, définie soit à partir d'informations provenant de sondages ou figurant dans les notices géologiques, soit à dire d'expert sur la base du retour d'expérience ;
- **Susceptibilité faible (1)** : pas d'horizons évaporitiques connus mais formation susceptible d'en contenir ;
- **Susceptibilité nulle (0)** : formation ne pouvant pas contenir d'horizons évaporitiques.

Dans l'addendum 2023, plusieurs méthodes de cotation sont proposées en fonction des données à disposition (fiabilité, densité ...) :

- 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 forages/sondages à la profondeur relative et sur l'épaisseur des formations d'évaporites. Cette méthode applique un coefficient de prédisposition aux phénomènes de mouvements de terrain liés à la dissolution des niveaux évaporitiques (du gypse, du sel ou de l'anhydrite) en profondeur selon le ratio épaisseur des évaporites / épaisseur de couverture.

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

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

- 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 forages dans la gamme de profondeur relative et sur 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 (ces dépôts étant le plus souvent sous forme de lentilles discontinues dans la roche encaissante).

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

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

- 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 disséminées 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).

3.1.3 Données utilisées et méthodologie employée

La méthodologie appliquée pour ce phénomène est conforme au guide national (MEDDE, 2015) et à l'addendum 2023.

La Provence-Alpes-Côte d'Azur présente des formations géologiques connues pour leurs horizons évaporitiques avérés, notamment des formations constituées ou comprenant du gypse, comme le montrent les différentes cartographies d'aléa lié au gypse et les formations géologiques identifiées comme contenant des évaporites.

L'élaboration de la carte d'aléa s'est faite à l'aide de plusieurs sources de données :

- Deux cartes de susceptibilité régionales déjà réalisées, sur les phénomènes d'effondrement et glissement liés au gypse (carte d'aléa d'effondrement/glissement lié à la présence de terrains gypseux triasiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (BRGM/RP-60896-FR, Rivet et al., 2012);
- Les dénominations des couches géologiques des cartes géologiques au 1/50 000, pour mettre en évidence les formations contenant des évaporites (BRGM 2011, 2015, 2018 et 2019);
- Les colonnes lithostratigraphique disponibles dans la base de données du sous-sol (BSS, mars 2023) gérée par le BRGM pour déterminer les niveaux d'évaporites rencontrés lors des forages/sondages ;
- Les bases concernant l'exploitation de carrières non souterraines, en activité ou non (BDCARMA, décembre 2021) et de carrières souterraines, abandonnées ou non (BDCAVITE, mars 2023/ BDCAROL, 2006) pour vérifier la présence de certains matériaux dans les formations identifiées.

Données issues des cartes de susceptibilité/aléa régionales

Ces cartes ont été élaborées en 2012, à une échelle de 1/100 000. Elles sont constituées de 3 niveaux de susceptibilité / aléa : faible, moyen, fort. La correspondance entre les niveaux des cartes susceptibilité / aléa avec les niveaux attendus de la carte d'aléa des évaporites est la suivante : faible =1, moyen =5, fort=7.

Pour les autres données, le travail a consisté à faire une recherche de mots-clefs au sein de différentes données constituées des cartes géologiques, des logs de la BSS et des bases CARMA, BDCAVITE et BDCAROL. Les mots-clefs utilisés ont été les suivants : **évaporite, anhydrite, gypse, sel gemme, halite, carnallite et sylvinite.**

Données issues des cartes géologiques au 1/50 000 et des Logs BSS

Les mots-clés ont donc été recherchés dans les divers types d'informations des cartes géologiques pour d'identifier des formations susceptibles de contenir des évaporites. Ont été analysées, la carte géologique au 1/50 000 harmonisée par département ainsi que les notices des cartes géologiques au 1/50 000.

Les occurrences obtenues pour la carte harmonisée sont présentées ci-après (Illustration 5). Ces résultats mettent en évidence les types d'évaporites rencontrés par département et l'ordre de grandeur de la fréquence d'apparition du nom dans les lithologies ou formations décrites dans les tables attributaires de la carte harmonisée.

Mots clés	D04	D05	D06	D13	D83	D84
Gypse	x-> Px 368	x-> Px 705	x-> Px 1812	x-> Px 90	x-> Px 695	x-> Px 72
Halite	-	-	-	-	-	-
Evaporite	-	-	-	-	x-> Px 137	-
Sylvinite	-	-	-	-	-	-
Carnalite	-	-	-	-	-	-
Anhydrite	-	-	-	-	-	-
Sylvite	-	-	-	-	-	-

Illustration 5 : Mots-clés rencontrés dans la carte géologique harmonisée par département.

Les notices des cartes géologiques au 1/50 000 (2011, 2018 et 2019) ont également été analysées avec la même méthode. Ce travail a permis de cibler les cartes concernées et d'identifier par la suite les formations.

Les notes de 1 à 3 ont été attribuées en fonction des éléments contenus dans les notices (trace ou présence plus importante). **Quelques notes ont été mises à 7 pour des niveaux susceptibles de refermer des niveaux de gypse importants**

Les logs issus de la BSS ont aussi été analysés et sélectionnés par mots-clés. Ces logs sélectionnés, ont été classés en trois tranches de profondeurs (0-50, 50-100, 100-200m). Lorsque les faciès évaporitiques prédominaient (*Muschelkalk, Keuper, Oligocène...*), les notes attribuées ont été les suivantes :

- 5 pour des épaisseurs comprises entre 50 cm et 2 m,
- 7 pour des épaisseurs >2 m.

Dans les autres cas où le faciès est non prédominant (traces, lentilles, mixte avec une autre lithologie encaissante ...), la note de 3 a été appliquée.

En outre, **un tampon de 250 m** a été affecté autour logs et des formations concernées. La distance choisie est cohérente avec la taille des mailles de la grille d'aléa.

Données issues des diverses bases

Les données issues des bases BDCARMA (décembre 2021), BDCAVITE (mars 2023) et BDCAROL (2006) ont permis de vérifier la cohérence des résultats obtenus avec la connaissance des zones d'exploitation (carrières en surface ou souterraines) des matériaux évaporitiques.

La carte résultante est présentée ci-après (Illustration 6).

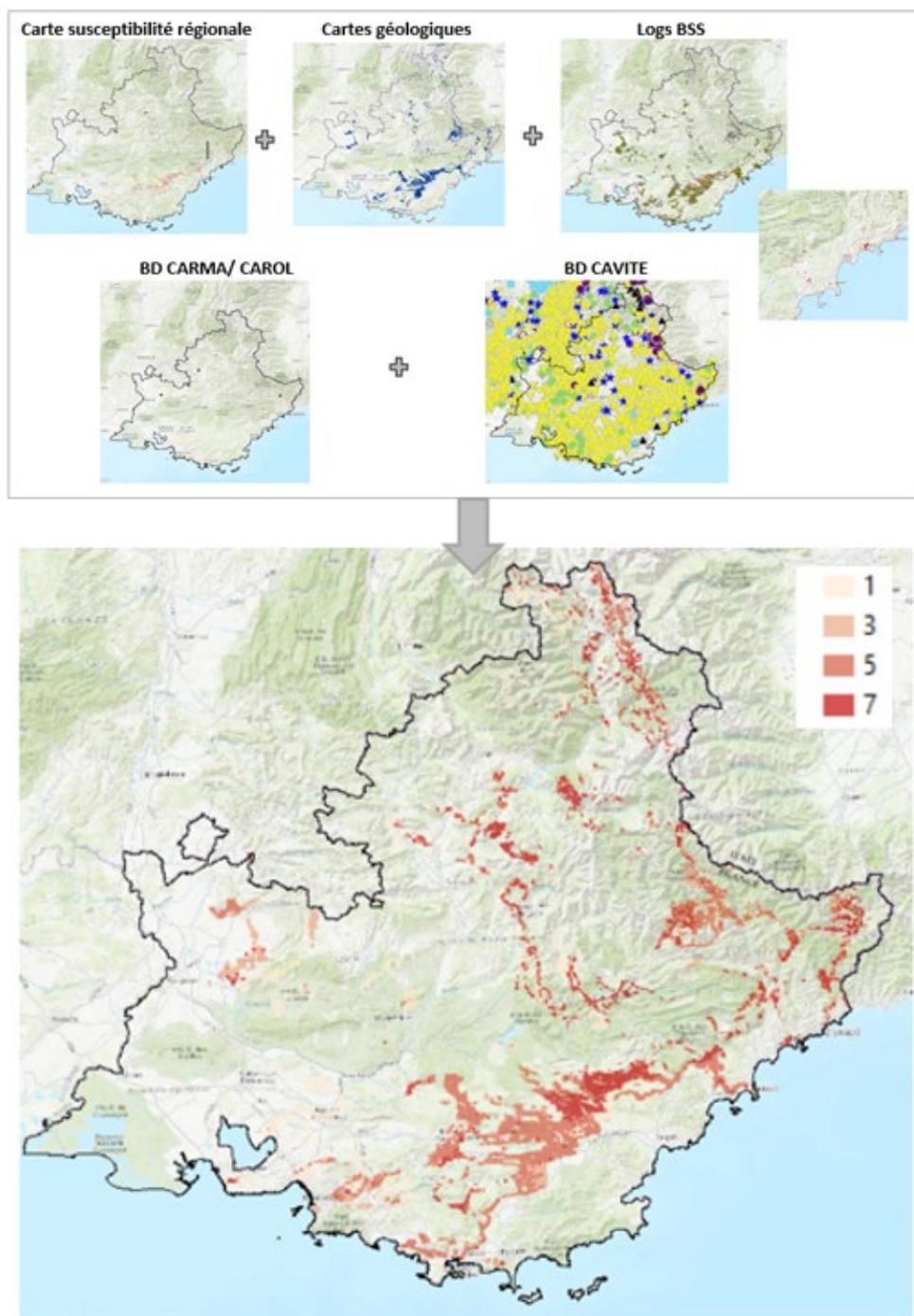


Illustration 6 : Ensemble des données utilisées pour l'élaboration de la carte d'aléa.

3.1.1 Carte d'aléa finale

La carte d'aléa a été élaborée essentiellement à l'aide des cartes géologiques, de la carte de susceptibilité citée précédemment (BRGM/RP-60896-FR, Rivet et al., 2012), donc par l'analyse de formations affleurantes. Celle-ci est donnée pour une profondeur 10 - 50 m. par contre, les logs et leurs zones tampons permettent d'affiner les cartes pour les trois gammes de profondeurs.

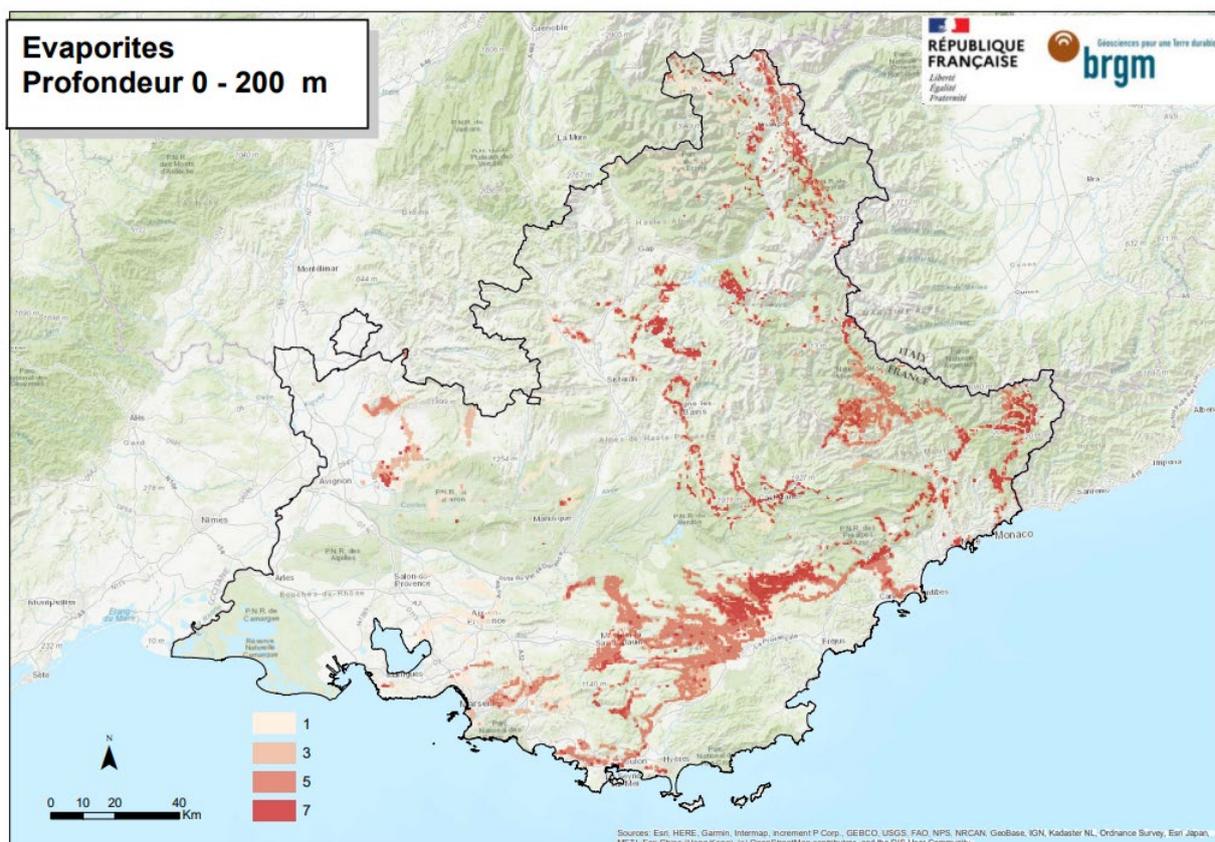


Illustration 9 : Carte d'aléa du phénomène " Affaissement / surrection liés aux niveaux évaporitiques " en Provence-Alpes-Côte d'Azur pour la gamme de profondeurs 10 - 200 m.

3.1.1 Cotation des niveaux d'aléa

Des facteurs aggravants définis dans la méthodologie sont ensuite appliqués aux valeurs de la carte d'aléa. Deux types de facteurs sont identifiés en fonction du type de géothermie de minime importance à réaliser : par doublets ou par sonde géothermique verticale.

Une fois les facteurs aggravants appliqués, les niveaux d'aléas obtenus pour ce phénomène sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 4).

Susceptibilité	Niveau d'aléa	Facteur aggravant		Résultat maximal	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV
Fort	7	6	10	42	70
Fort	5			30	50
Moyen	3			18	30
Faible	1			6	10
Nulle	0			0	0

Tableau 4 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Affaissement / surrection lié aux niveaux évaporitiques et à la présence d'eau ".

3.2 PHENOMENE « AFFAISSEMENT / EFFONDREMENT LIES AUX CAVITES (HORS MINES) »

Ce phénomène a été traité par le CEREMA.

3.2.1 Description du phénomène

Des phénomènes d'affaissement ou d'effondrement de terrain pourraient être provoqués, soit par la foration au cours de la mise en place du dispositif de GMI, soit, sur toute la durée de vie de l'ouvrage, par la mise en communication d'eau de surface, d'aquifères superficiels ou profonds avec les cavités potentiellement présentes.

Dans le cas de la présence de cavité, la réalisation des ouvrages peut s'avérer difficile et des affaissements ou effondrements peuvent se produire pendant ou à la suite d'une mauvaise exécution de l'ouvrage.

3.2.2 Qualification du phénomène

La méthodologie utilisée est celle de l'**Addendum « Guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance »** (BRGM & CEREMA, 2023)

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).

Qualification	Nul	Faible	Moyen	Fort
Cotation	0	1	5	7

Tableau 5 : Niveau d'aléa " cavité " en fonction d'un PPR.

En l'absence de données d'aléas sous format SIG, le niveau d'aléa est coté à partir de la densité de cavités par taille de maille, données issues des bases de données « BD Cavités », BD MVT et BD du RTM qui recensent des cavités souterraines abandonnées "hors mines" en France métropolitaine (mars et avril 2023). L'Addendum (BRGM & CEREMA, 2023) propose d'examiner le nombre de cavités par maille tel que présenté dans le tableau ci-dessous pour déterminer le niveau aléa (Tableau 6).

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

Tableau 6 : Niveau d'aléa " cavité " en fonction du nombre de cavités par maille (na : non applicable).

De plus 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, assortie 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 cavités.

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.

3.2.3 Données utilisées et méthodologie employée

Données aléa des PPR/PAC

Les données provenant des cartes d'aléa sont issues des DDT(M) et de l'ONF-RTM, selon les départements. Les différentes DDT(M) et l'ONF-RTM ont été consultées au mois d'avril 2023 (Tableau 7).

Service	Sources et dates extractions des données
DDT 04	https://carto2.geo-ide.din.developpement-durable.gouv.fr/frontoffice/?map=430b39fe-a545-4151-ba64-834a8bd09639
DDT 05	Données transmises le 18/04/2023
DDTM 06	Pas de couches aléas sous format SIG pb pour l'étude...
DDTM 13	Données envoyées 17/04
DDTM 83	Données envoyées le 18/04
DDTM 84	Nouveau message julien.chaulet@vaucluse.gouv.fr le 12/04 Relance le 18/04 à laurent.levrier@vaucluse.gouv.fr Pas de réponse
RTM	Données transmises 19/04

Tableau 7 : Liste des contacts en Région Sud – Provence Alpes Côte d'Azur.

La méthode décrite dans l'addendum (BRGM & CEREMA, 2023) est légèrement modifiée. Pour les communes disposant d'un PPRMVT mentionnant les phénomènes d'affaissement et effondrement, mais dont les tables SIG n'étaient pas disponibles, une cotation de 1 a été affectée à l'ensemble de la commune. Cela permet de conserver l'information (Illustration 10).

Une fois les données collectées et analysées, elles sont projetées sur la grille 500 m x 500 m. Pour chaque maille de la grille intersectée par un aléa, on obtient la note de l'aléa correspondant. Si plusieurs aléas intersectent une maille, c'est la note la plus défavorable qui est affecté à la maille de la grille.

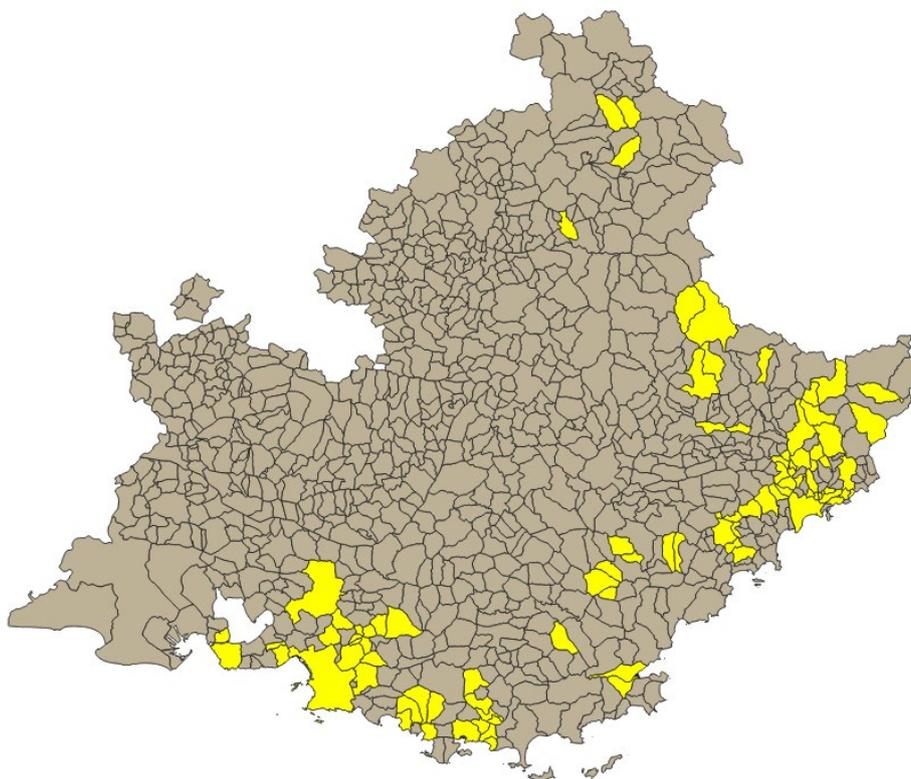


Illustration 10 : Communes faisant l'objet d'un PPRMVT Phénomène Affaissement-Effondrement (en jaune) en 2023.

Données ponctuelles

En l'absence de données PPR à l'échelle du département et de format SIG, 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. De plus, la BD MVT et la BD RTM (départements 04-05-06) complètent les données ponctuelles sur ce même phénomène.

Le guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance (MEDDE, 2015) propose l'utilisation d'un tampon de 50 m autour de chaque point, assortie d'une distance correspondant à la précision de la localisation du point.

La précision géographique de la donnée est prise en considération, ce critère va définir le tampon appliqué à chaque événement, il sera égal à un rayon de 50 m augmenté de la précision de la donnée (Tableau 8).

Précision	Mètre	Décamètre	Hectomètre	1 km	Centre commune	5 km	999
(Tampon (m))	51	60	150	1050	Supprimé	Supprimé	60

Tableau 8 : Valeurs des tampons attribués aux événements ponctuels " Affaissement/effondrement lié aux cavités hors mines ".

Après analyse des données, les évènements localisés au niveau du centroïde de la commune et ceux dont la précision est de 5 km ont été supprimés. Avec une précision de « 999 » le tampon est estimé à 60 m par défaut.

Les tampons associés aux cavités ponctuelles sont découpés par la grille de 500 m x 500m. Les différentes portions de tampons des évènements sont décomptées par maille et donnent ainsi la susceptibilité du phénomène notée 0-1-2-3. La figure ci-dessous montre le principe de comptage par maille (Illustration 11)

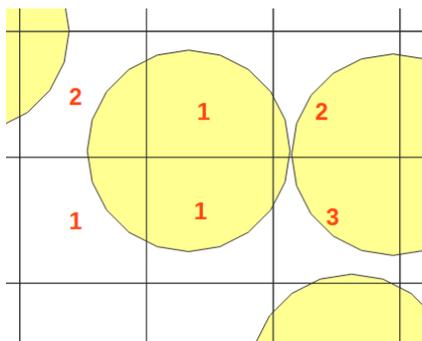


Illustration 11 : Principe du comptage par maille des évènements ponctuels avec leur tampon (en rouge le nombre d'évènements par maille).

Les deux cotations (nombre de cavités et PPR) ne s'additionnent pas :

- **En cas de présence d'un zonage PPR sous format SIG, ce sont les cartes d'aléas du PPR qui s'appliquent.**
- **En cas de présence d'un PPR, mais sans zonage SIG, il y aura complémentarité des cotations issues des données ponctuelles et d'une cotation avec la valeur 1 pour le reste de l'emprise de la commune.**

3.2.4 Cartographie du phénomène redouté

La profondeur des cavités n'apparaît pas dans les cartes d'aléa ni dans les données ponctuelles.

De fait, les trois grilles correspondant aux profondeurs 10-50 m, 10-100 m et 10-200 m sont donc les mêmes (Illustration 12).

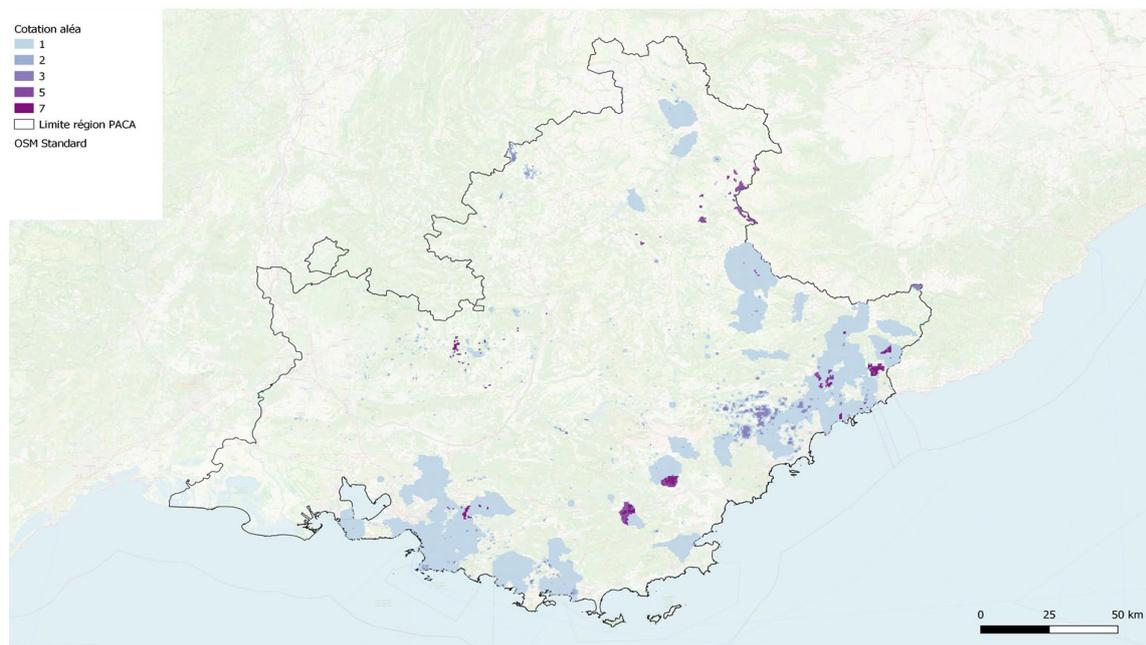


Illustration 12 : Carte d'aléa du phénomène " Affaissement / effondrement liés aux cavités (hors mines) " en région Sud – Provence Alpes Côte d'Azur, pour la gamme de profondeur 10 - 200 m.

3.2.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 9).

Susceptibilité / Niveau	Niveau d'aléa	Facteur aggravant		Résultat maximal	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV
En présence d'une carte d'aléa					
Niveau fort	7	2	2	14	14
Niveau moyen	5			10	10
Niveau faible	1			2	2
Niveau nul	0			0	0
En l'absence de carte d'aléa					
Susceptibilité forte	3	2	2	6	6
Susceptibilité moyenne	2			4	4
Susceptibilité faible	1			2	2
Susceptibilité nulle	0			0	0

Tableau 9 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Affaissement / effondrement liés aux cavités (hors mines) ".

3.3 PHENOMENE « AFFAISSEMENT / EFFONDREMENT LIES AUX CAVITES MINIERES »

Ce phénomène a été traité par le CEREMA.

3.3.1 Description du phénomène

Les phénomènes pris en considération sont les effondrements localisés de type « fontis », les effondrements généralisés ainsi que les affaissements.

De par leur brutalité, les effondrements localisés et généralisés 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 généralement qu'un risque économique « en ne mettant en péril que 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 être provoqués soit par foration au cours de la mise en place du dispositif, soit sur toute la durée de vie de l'ouvrage, par 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.

3.3.2 Qualification du phénomène

Deux types de données sont exploitées pour ce phénomène : les données surfaciques à partir des cartes d'aléas et les données ponctuelles à partir de la base de données SIGMINES. Le traitement des données surfaciques est prioritaire par rapport aux données ponctuelles.

Aucune commune ne dispose d'une cartographie de l'aléa minier de type PPR minier. La cartographie est basée sur les niveaux d'aléa fournis par l'étude GEODERIS.

En cas d'absence de cartographie du niveau d'aléa minier, la qualification de ce phénomène est basée sur la présence de sites miniers, dont la donnée ponctuelle est issue de la base ARMADA (ex SIGMINES, mars 2023). Les sites miniers recensés sont classés en aléa/susceptibilité faible.

Les pondérations attribuées au phénomène « Affaissement/effondrement lié aux cavités minières » sont définies selon l'origine de la donnée (Tableau 10).

	Niveau d'aléa / susceptibilité du phénomène			
	Nul(le)	Faible	Moyen(ne)	Fort(e)
Commune avec carte d'aléa	0	1	5	7
Données ponctuelles (Sigmines)	0	3	-	-

Tableau 10 : Caractérisation du phénomène " Affaissement/effondrement lié aux cavités minières ".

3.3.3 Données utilisées et méthodologie employée

Cartes d'aléa

Conformément à la méthodologie du guide de 2015, les données surfaciques sont issues des cartes d'aléas réalisées par GEODERIS (PPRM, 2001->2019).

Une fois les données recensées et analysées, elles sont projetées sur la grille 500 m x 500 m. Chaque maille de la grille intersectée par un aléa obtient la note de l'aléa correspondant, tout en conservant la note la plus défavorable.

Données ARMADA (ex SIGMINES)

En l'absence de carte d'aléas, la qualification du phénomène s'est appuyée sur les données du site ARMADA (ex SIGMINES) dont les extractions ont été réalisées par le BRGM le 13 mars 2023.

Autour de chaque site SIGMINES recensé, un tampon de rayon de 5 000 m est créé, comme l'indique le guide méthodologique. Ensuite, ces tampons ont été découpés par la grille de 500 m x 500 m.

3.3.4 Cartographie du phénomène redouté

Les grilles correspondant aux trois profondeurs initiales 10 - 50 m, 10 - 100 m, 10 - 200 m sont identiques. Il ne sera retenu qu'une seule grille : 10 - 200 m (Illustration 13).

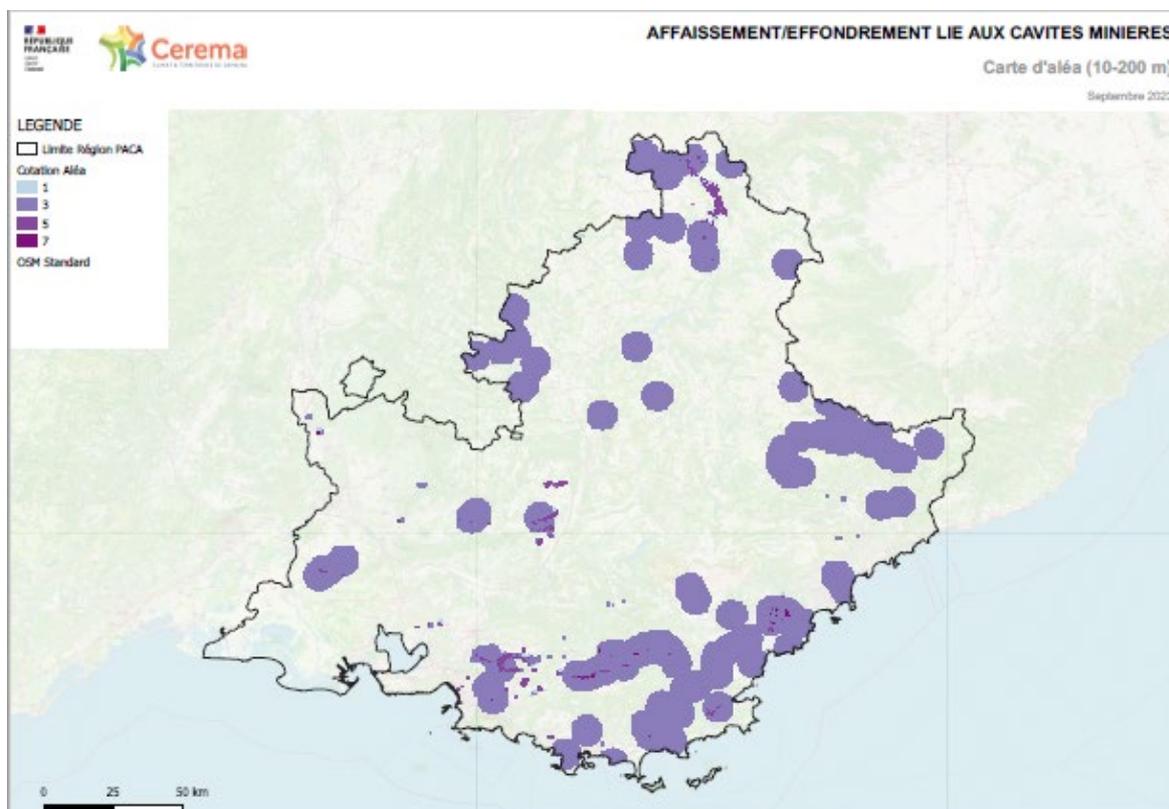


Illustration 13 : Carte d'aléa du phénomène " Affaissement / effondrement liés aux cavités minières " en PACA pour la gamme de profondeur 10 - 200 mètres.

3.3.5 Cotation des niveaux d'aléa

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

Susceptibilité	Niveau d'aléa	Facteur aggravant		Résultat maximal	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV
Forte	7	2	2	14	14
Moyenne	5			10	10
Faible	3			6	6
Faible	1			2	2
Nulle	0			0	0

Tableau 11 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Affaissement / effondrement liés aux cavités minières "

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

Ce phénomène a été traité par le CEREMA.

3.4.1 Description du phénomène

Le phénomène mouvement de terrain correspond au glissement de terrain. Les zones présentant les conditions géométriques et lithologiques favorables au déclenchement d'un glissement de terrain peuvent rester stables, en l'absence d'un déclencheur du processus. En revanche, la foration au cours de la mise en place du dispositif de géothermie peut être le déclencheur d'un glissement de terrain. Il en est de même pour la mise en communication avec des eaux superficielles, souterraines ou un fluide caloporteur. Un tel phénomène est donc susceptible de se produire durant la foration ou 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. Selon les couches lithologiques affectées et la géométrie de celles-ci, ce phénomène 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 l'impact de la géothermie sur ce phénomène est limité.

3.4.2 Qualification du phénomène

Deux types de données sont exploitées pour ce phénomène : les données surfaciques à partir des cartes d'aléas et les données ponctuelles à partir de la base de données « mouvements de terrain ». Le traitement des données surfaciques est prioritaire par rapport aux données ponctuelles.

Dans les communes disposant d'une carte d'aléa mouvements de terrain, la qualification du phénomène est basée sur le niveau de l'aléa glissement de terrain :

- Niveau fort : dans les zones cartographiées en **aléa « fort »**, noté 7

- Niveau moyen : dans les zones cartographiées en **aléa « moyen »**, noté 5
- Niveau faible : dans les zones cartographiées en **aléa « faible »**, noté 1
- Niveau nul : dans les zones cartographiées en **aléa « nul »**, noté 0

Les pondérations attribuées au phénomène « Mouvement de terrain » sont définies selon l'origine de la donnée (Tableau 12).

	Niveau d'aléa / susceptibilité du phénomène			
	Nul(le)	Faible	Moyen(ne)	Fort(e)
Commune avec carte d'aléa – données surfaciques	0	1	5	7
BDMVT – données ponctuelles	0	1	2	3

Tableau 12 : Caractérisation du phénomène " Mouvement de terrain "

3.4.3 Données utilisées et méthodologie employée

Données d'aléa PPR

Conformément à la méthodologie du guide de 2015, les données surfaciques sont issues des Plans de Prévention des Risques (PPR) naturels mouvement de terrains et de cartes d'aléas diverses. Les différentes DDT(M) de PACA ont été consultés en avril 2023. Très peu de données nous ont été transmises par les DDTM sur ce phénomène (Tableau 13).

Service	Sources et dates extractions des données
DDT 04	https://carto2.geo-ide.din.developpement-durable.gouv.fr/frontoffice/?map=430b39fe-a545-4151-ba64-834a8bd09639
DDT 05	Données transmises le 18/04
DDTM 06	Pas de couches aléas sous format SIG pb pour l'étude...
DDTM 13	Données envoyées 17/04
DDTM 83	Données envoyées le 18/04
DDTM 84	Nouveau message julien.chaulet@vaucluse.gouv.fr le 12/04 Relance le 18/04 à laurent.levrier@vaucluse.gouv.fr Pas de réponse
RTM	Données tansmises 19/04

Tableau 13 : Liste des contacts en région Sud – Provence Alpes Côte d'Azur.

Une fois collectées, les données surfaciques sont projetées sur la grille 500 m x 500 m. Chaque maille de la grille intersectée par un aléa, obtient la note de l'aléa correspondant. La note la plus défavorable est conservée.

BD MVT / RTM

En l'absence de carte d'aléas la qualification du phénomène s'est appuyée sur les données de la BD MVT et de la BD du RTM (dépt 04-05-06) dont les extractions ont été réalisées en mars 2023 pour les phénomènes glissement de terrain. Chaque évènement recensé fait l'objet d'une précision sur sa géolocalisation. C'est ce critère qui va définir la zone tampon attribuée. La valeur de cette zone tampon est égale à 100 m augmentée de la précision (Tableau 14).

Précision	Métrique	Décamétrique	Hectométrique	Kilométrique	Centre commune
Tampon (m)	101	110	200	1100	Supprimé

Tableau 14 : Valeurs des tampons attribués aux évènements ponctuels " Mouvements de terrain ".

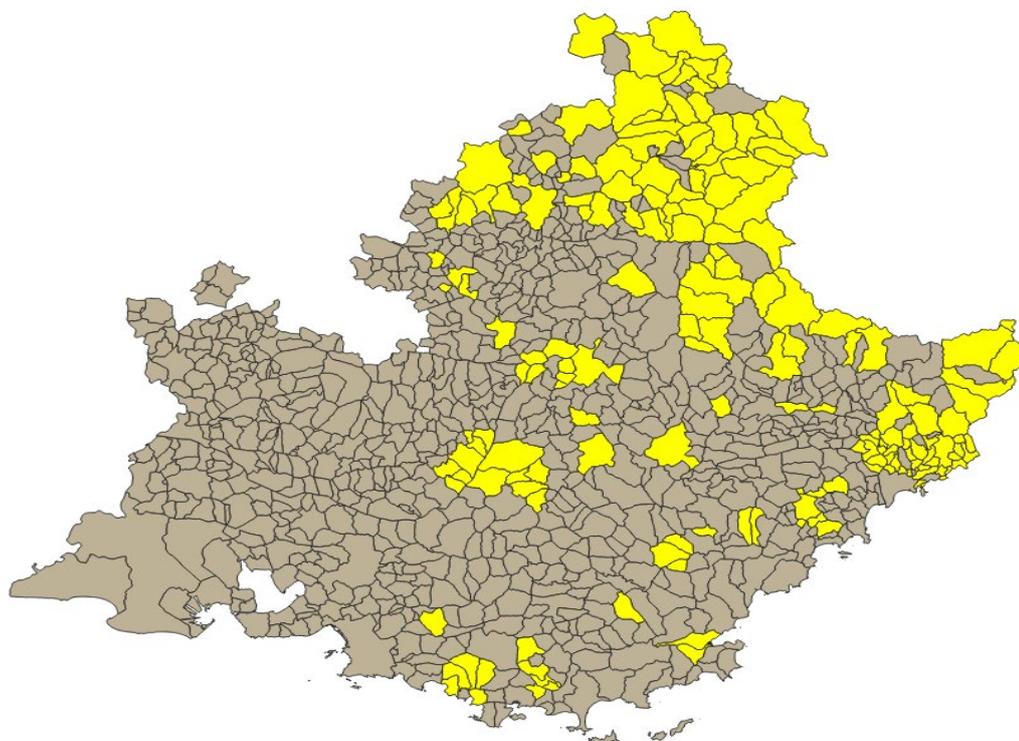


Illustration 14 : Commune faisant l'objet d'un PPRMVT Glissement de terrain (en jaune).

La méthode décrite dans l'addendum est légèrement modifiée en intégrant dans les communes faisant l'objet d'un PPRMVT (phénomène Glissement) dans la table finale des aléas. Tout le territoire de la commune est affecté par la cotation de 1.

Les deux cotations (BDMVT données ponctuelles et PPR) ne s'additionnent pas :

- **En cas de présence d'un zonage PPR sous format SIG, ce sont les cartes d'aléas du PPR qui s'appliquent.**

- **En cas de présence d'un PPR, mais sans zonage SIG, il y aura complémentarité des cotations issues des données ponctuelles et d'une cotation avec la valeur 1 pour le reste de l'emprise de la commune**

3.4.4 Cartographie du phénomène redouté

Les grilles correspondant aux trois profondeurs initiales 10 - 50 m, 10 - 100 m, 10 - 200 m sont identiques. Il ne sera retenu qu'une seule grille : 10 - 200 m (Illustration 15).

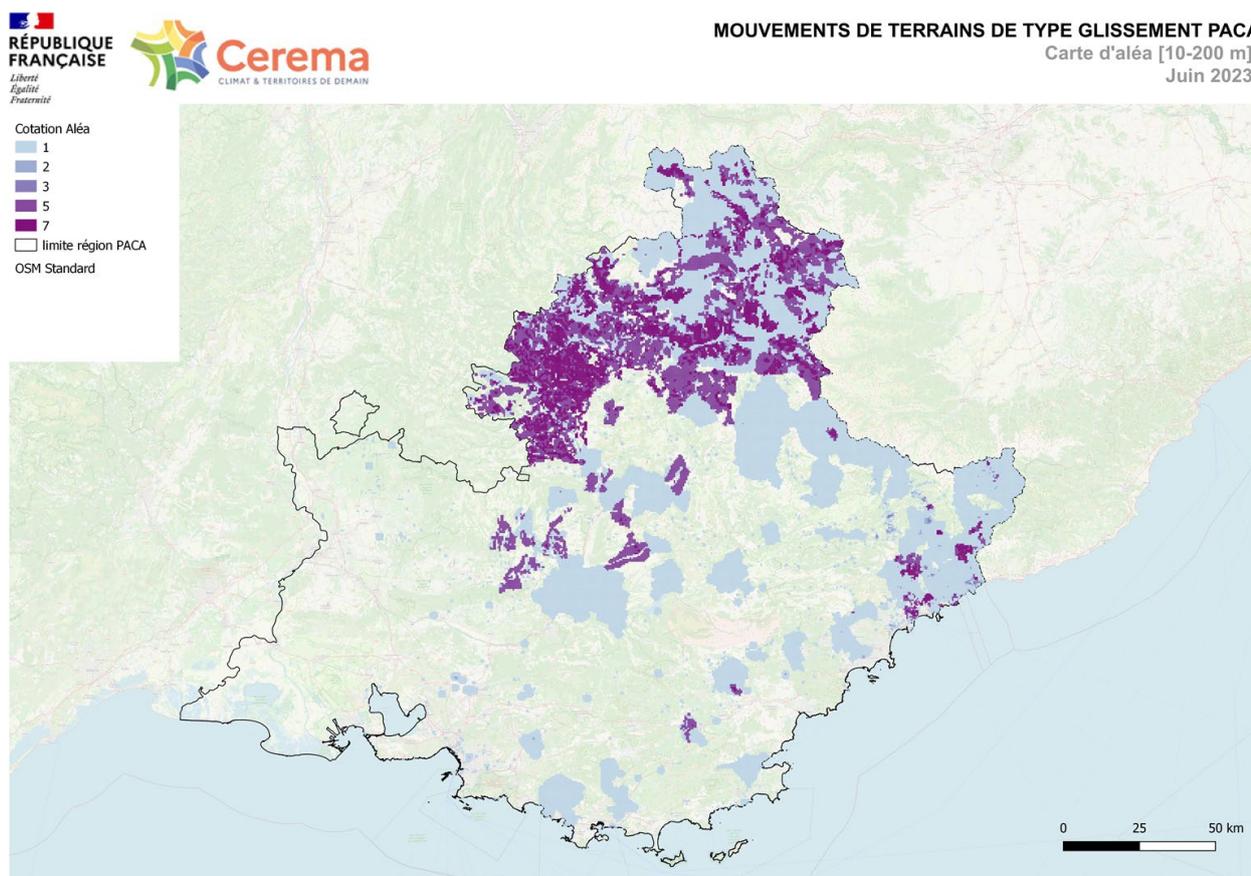


Illustration 15 : Carte d'aléa du phénomène " Mouvements de terrain (ou glissement de terrain)" en région Sud – Provence Alpes Côte d'Azur, pour la gamme de profondeurs 10 - 200 m

3.4.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 15).

Susceptibilité / Niveau	Niveau d'aléa	Facteur aggravant		Résultat maximal	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV
En présence d'une carte d'aléa :					
Niveau fort	7	2	2	14	14
Niveau moyen	5			10	10
Niveau faible	1			2	2
Niveau nul	0			0	0
En l'absence de carte d'aléa :					
Susceptibilité forte	3	2	2	6	6
Susceptibilité moyenne	2			4	4
Susceptibilité faible	1			2	2
Susceptibilité nulle	0			0	0

Tableau 15 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Mouvements de terrain (ou glissements de terrain) "

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

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

3.5.1 Description du phénomène

Ce phénomène correspond à la possibilité d'infiltration 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. Il s'agit de pollutions d'origine industrielle (régime ICPE) accidentelle ; les pollutions agricoles diffuses ne sont pas concernées par cette cartographie réglementaire.

3.5.2 Qualification du phénomène

Les préconisations du guide et son Addendum qualifient le phénomène « Pollution des sols et des nappes d'eau souterraine » comme suit :

- **Susceptibilité très forte** : présence d'un panache de pollution (pollution avérée de la nappe et cartographiée) ;
- **Susceptibilité forte** : présence d'un site identifié dans INFOSOL (ex BASOL) avec pollution avérée de la nappe dans la tranche de profondeur considérée ;
- **Susceptibilité moyenne** : présence d'un site identifié dans INFOSOL et présence d'aquifère dans la tranche de profondeur considérée ;
- **Susceptibilité faible** : présence d'un site identifié dans INFOSOL et absence d'aquifère dans la tranche de profondeur considérée ;

- **Susceptibilité nulle** : pas de site répertorié dans les bases INFOSOL.

3.5.3 Données utilisées et méthodologie employée

La cartographie de ce phénomène s'appuie sur les données présentes dans la plateforme nationale INFOSOLS (janvier 2023) qui regroupe les données relatives aux risques de pollution des sols issues de la base BASOL et des SIS (Secteur d'Information sur les Sols) avec le croisement des couches de la BDLISA de niveau 3 (septembre 2022). Ce croisement permet de déterminer si un site se situe au droit d'une nappe (Unité aquifère [5] Unité semi-perméable [6]) et à quelle profondeur celle-ci se situe afin de pouvoir coder les sites avec les niveaux de susceptibilités. La plupart des sites sur INFOSOLS sont assortis de contours cadastraux (polygones) exceptés pour 4 sites ponctuels.

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 pour les sites recensés dans INFOSOLS (BASOL et SIS) avec pollution avérée de la nappe, et 100 mètres pour les autres sites.

Les tableaux ci-dessous résument le codage des données issues d'INFOSOLS en fonction des critères préalablement décrits (Illustration 16).

Note finale		Dépollution		Note	Tampon (m)
		Oui	Non		
Pollution nappe	Non	0	1 ou 4 en fonction de la présence d'un aquifère	1 ou 4	100
	Oui	0	6	6	500

Illustration 16 : Synthèse des notes appliquées en fonction des critères de l'addendum au guide méthodologique national (BRGM & CEREMA, 2023).

Une première carte a été élaborée à partir des données provenant d'INFOSOLS (Illustration 17).

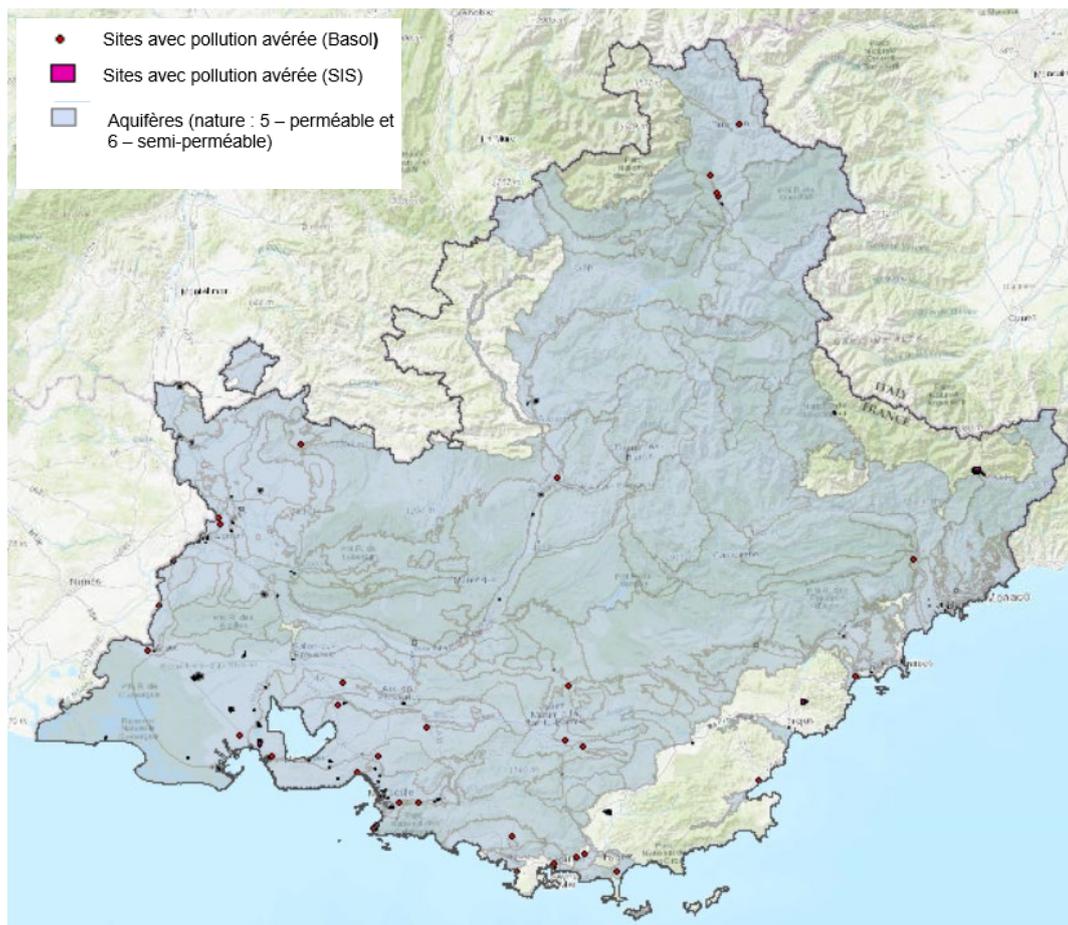


Illustration 17 : Carte présentant les données INFOSOLS et BDLISA.

Sept sites **non répertoriés dans INFOSOLS**, ont été ajoutés à la demande de la DREAL :

- 3 sites se situent dans le département des Bouches-du-Rhône (13),
- 1 site est dans le Var (83),
- 1 site est dans le Vaucluse (84),
- 1 site est dans les Alpes-de-Provence (04),
- 1 site est dans les Alpes-Maritimes (06).

La plupart des contours des sites ont été retravaillés à partir des informations contenues dans les divers rapports d'études, et la note établie dans chaque zone en fonction de la connaissance actuelle de leur état de pollution et des actions menées.

Une zone d'un site identifiée comme ayant une pollution actuelle faible ou inconnue, et que des actions de dépollution et/ou de surveillance sont menées, **la note est de 4 et une zone tampon de 300 m est appliquée autour de la zone ciblée.**

Une zone d'un site identifiée comme ayant une pollution actuelle avérée, la note est de **6 et la zone tampon appliquée autour de la zone ciblée est de 500 m.**

Les résultats obtenus pour chaque site sont présentés par département (Illustration 18, Illustration 19 et Illustration 20).

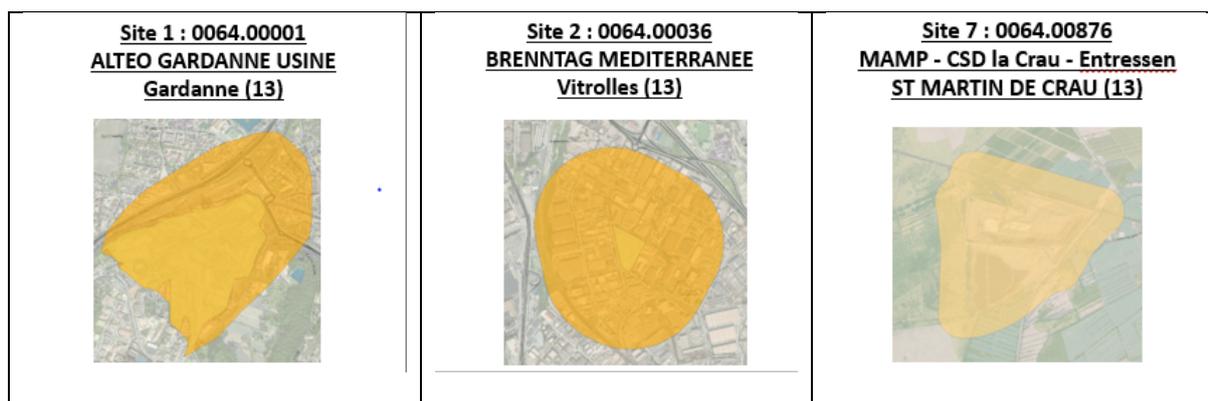


Illustration 18 : Sites présents dans Bouches-du-Rhône (13).

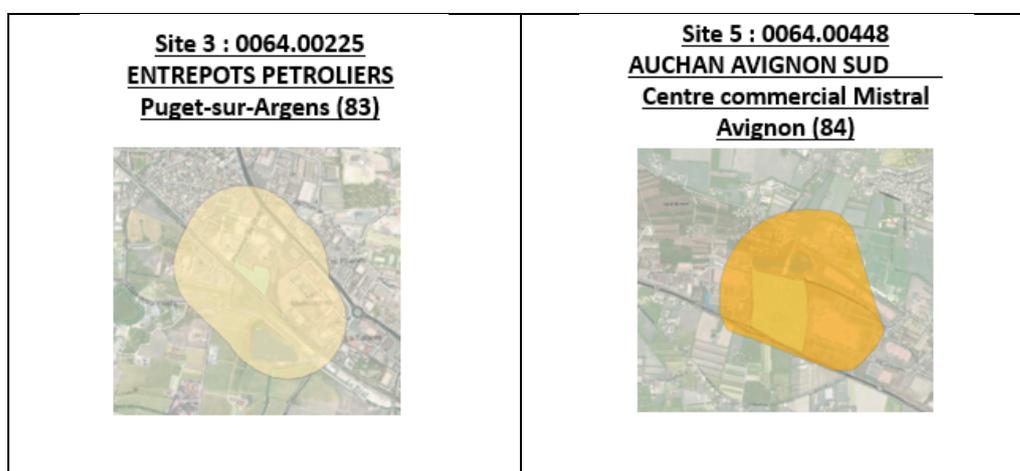


Illustration 19 : Sites présents dans le Var (83) et le Vaucluse (84).

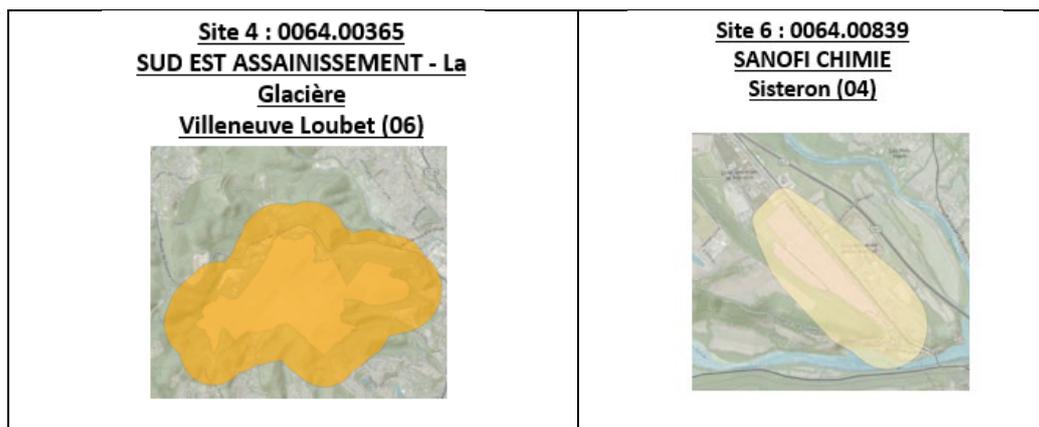


Illustration 20 : Sites présents dans les Alpes-de-Provence (04) et les Alpes-Maritimes (06).

Le détail des informations sur les 7 sites sont données sous forme de fiche en annexe 1 du présent rapport.

3.5.4 Cartographie du phénomène redouté

S’agissant de pollutions d’activités industrielles émises depuis la surface, ou dans les premiers mètres, la gamme de profondeur 10 - 50 mètres est susceptible d’être la plus impactée.

Ainsi les cartes pour les trois gammes de profondeur sont identiques et prennent la valeur d’aléas majorante de la tranche 10 - 50 mètres qui est la plus impactée.

La cartographie de cet aléa pour les 3 gammes de profondeur est présentée ci-dessous (Illustration 21).

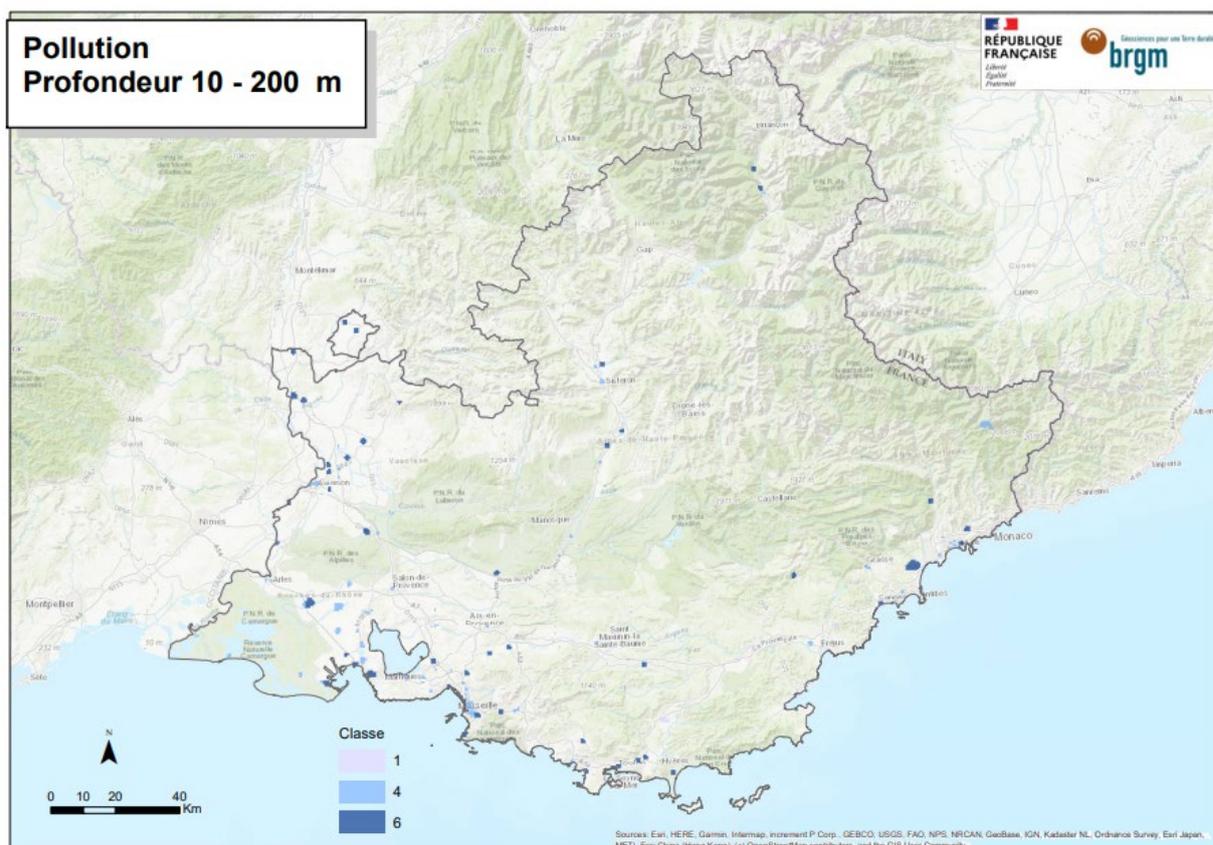


Illustration 21 : Carte d'aléa du phénomène " Pollution des sols et des nappes d'eau souterraine " pour la gamme de profondeurs 10 - 50 m, 50 - 100 m et 100 - 200 m

3.5.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 16).

Susceptibilité	Niveau d'aléa	Facteur aggravant		Résultat maximal	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV
Très forte	10	3	3	30	30
Forte	6			18	18
Moyenne	4			12	12
Faible	1			3	3
Nulle	0			0	0

Tableau 16 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Pollution des sols et des nappes d'eau souterraine ".

3.6 PHENOMENE « ARTESIANISME »

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

3.6.1 Description du phénomène

Le phénomène redouté correspond à une remontée d'eau spontanée par les ouvrages (puits, forages) dans le cas d'un aquifère captif. Cette remontée d'eau en surface peut entraîner des écoulements d'eau sur le sol et/ou une déstabilisation d'une formation superficielle.

3.6.2 Qualification du phénomène

Le phénomène « Artésianisme » est qualifié comme suit conformément aux préconisations du guide :

- **Niveau fort (7)**: présence d'un aquifère artésien connu (retour d'expérience).
- **Niveau 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.
- **Niveau nul (0)**: pas d'aquifère artésien connu dans la tranche de terrain considérée.

3.6.3 Données utilisées et méthodologie employée

Peu de données existent sur ce phénomène en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Compte tenu du caractère ponctuel des quelques données BSS EAU, considérer que l'artésianisme de ces forages concerne l'ensemble des vastes entités hydrogéologiques de la BDLISA recoupées par croisement aurait été trop pénalisant. Pour cette raison, les entités BDLISA n'ont pas été utilisées.

Les données utilisées pour définir des zones artésiennes ont été :

- **Les données issues de la BSS et la BSS Eau** : une recherche est effectuée par mots clés dans les données exportées. Une zone tampon de 500 m est appliquée autour de ces points,

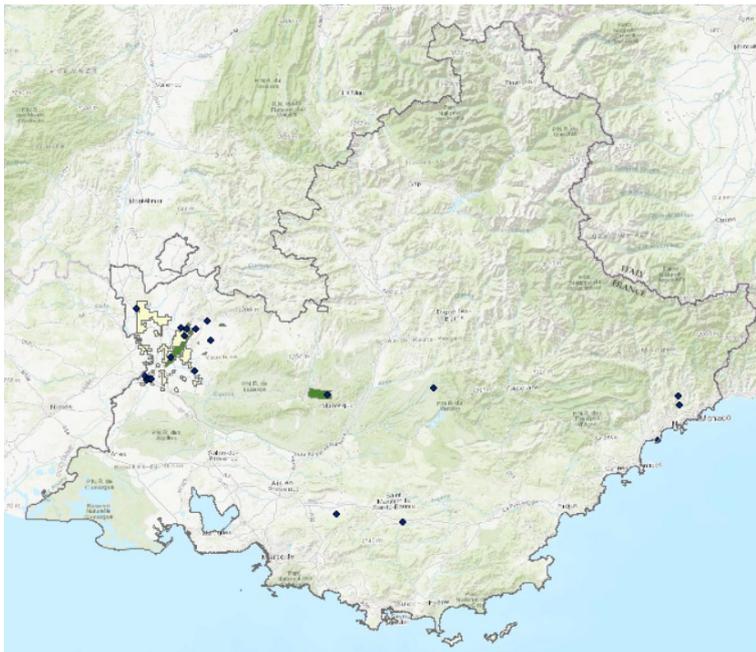


Illustration 24 : L'ensemble des données utilisées pour définir une carte des zones artésiennes.

Deux niveaux d'aléa ont été définis :

- **Niveau moyen (3) pour :**
 - Les points en BBS et BSS EAU avec mode de gisement artésien constaté, avec application d'un tampon de 500 m pour atténuer le caractère ponctuel en restant dans des dimensions en rapport avec un domaine hydrogéologique.
 - Les données provenant d'une étude spécifique (thèse Lalbat 2006),
- **Niveau nul :** pas d'aquifère artésien connu dans la tranche de terrain considérée.

3.6.4 Cartographie du phénomène redouté

Les informations en BSS n'étant pas assez précises sur les profondeurs, les trois gammes de profondeur sont identiques. La cartographie de cet aléa pour les 3 gammes de profondeur est présentée ci-dessous (Illustration 25).

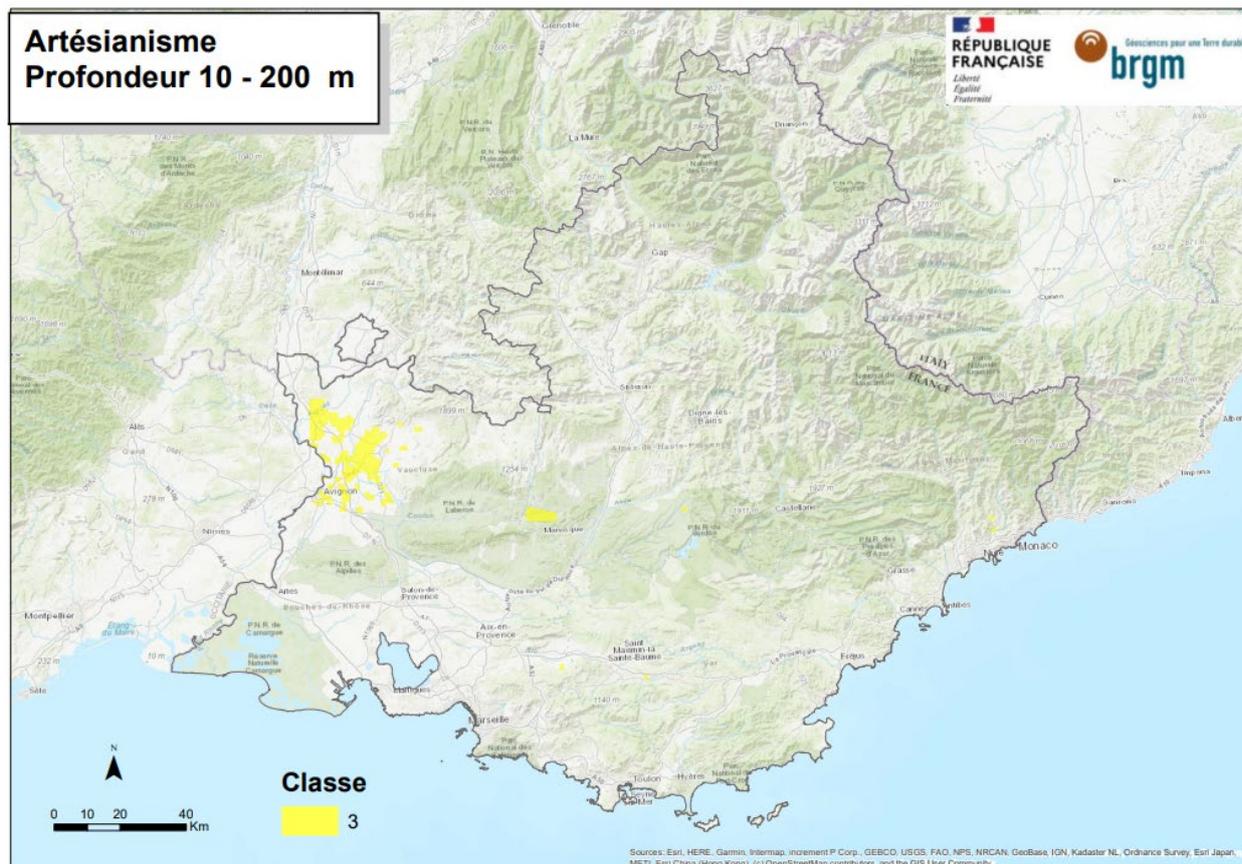


Illustration 25 : Carte d'aléa du phénomène " Artésianisme " pour la gamme de profondeurs 10 - 200 m.

3.6.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 17).

Susceptibilité	Niveau d'aléa	Facteur aggravant		Résultat maximal	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV
Forte	7	2	4	14	28
Moyenne	3			6	12
Nulle	0			0	0

Tableau 17 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Artésianisme ".

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

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

3.7.1 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.

3.7.2 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 moyenne (4)** : présence de plusieurs aquifères dont une ressource stratégique NAEP¹ dans l'intervalle considéré ;
- **Susceptibilité faible (1)**: présence de nappes superposées dans l'intervalle considéré ;
- **Susceptibilité nulle (0)**: absence d'aquifère ou présence d'un seul aquifère dans l'intervalle de profondeur considéré.

3.7.3 Données utilisées et méthodologie employée

La méthodologie appliquée pour ce phénomène est conforme au guide de 2015 et à l'addendum 2023.

Les données utilisées dans un premier temps sont les contours des entités hydrogéologiques ont été définis à partir de la BDLISA de niveau 3 et de leur champ « nature » (valeur < 7 : entités perméables ou semi-perméables). En outre, seules les entités superposées (ordre >1) ont été retenues (Illustration 26).

¹ Nappes à réserver pour l'alimentation en eau potable

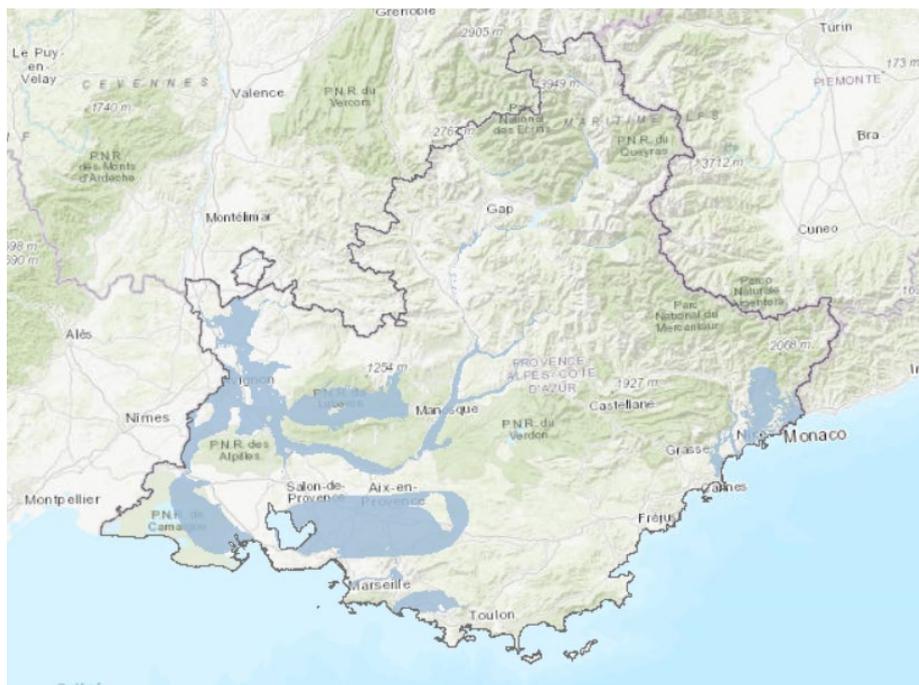


Illustration 26 : Entités hydrogéologiques superposées.

Dans un deuxième temps, les masses d’eau (référentiel national SANDRE 2019) identifiées comme stratégiques dans **la liste MESO** (anciennement SDAGE ...) ont été croisées avec les entités hydrogéologiques sélectionnées. **La liste MESO** (AERMC, 2023) identifie les masses d’eau à **fort enjeu pour les besoins d’alimentation en eau potable. Au total 29 MESO ont été identifiées** (Illustration 27), elles sont listées en annexe 2 de ce rapport.

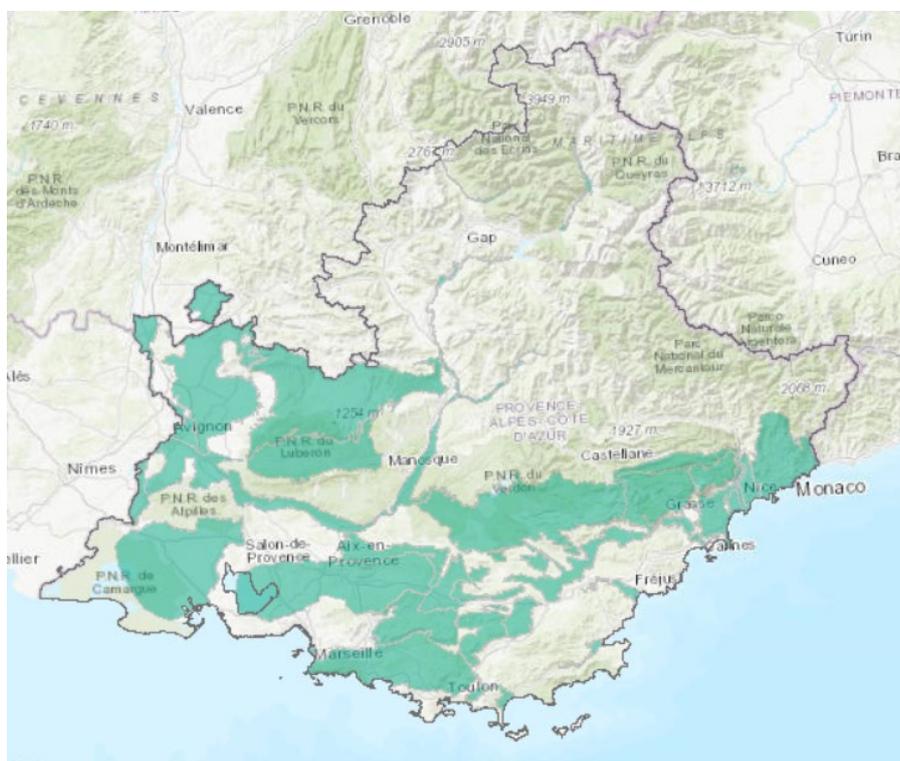


Illustration 27 : Masses d’eau à fort enjeu

Ces secteurs stratégiques ont été codés avec un aléa moyen et les autres secteurs en aléa faible.

La BDLISA donne des renseignements sur la présence d'aquifères superposés, mais ne donne pas de précision sur leur profondeur. Les données étant assez imprécises et incomplètes, il est retenu pour la cartographie de l'aléa « mise en communication des aquifères », qu'un forage effectué dans la gamme 10-50 m pourrait potentiellement traverser les formations alluvionnaires et atteindre les entités sous-jacentes (ordre 2 et plus ...).

Ainsi les gammes de profondeur ont toutes le même niveau de susceptibilité pour ces secteurs.

3.7.4 Cartographie du phénomène redouté

La cartographie de cet aléa est identique pour les 3 gammes de profondeur (Illustration 28).

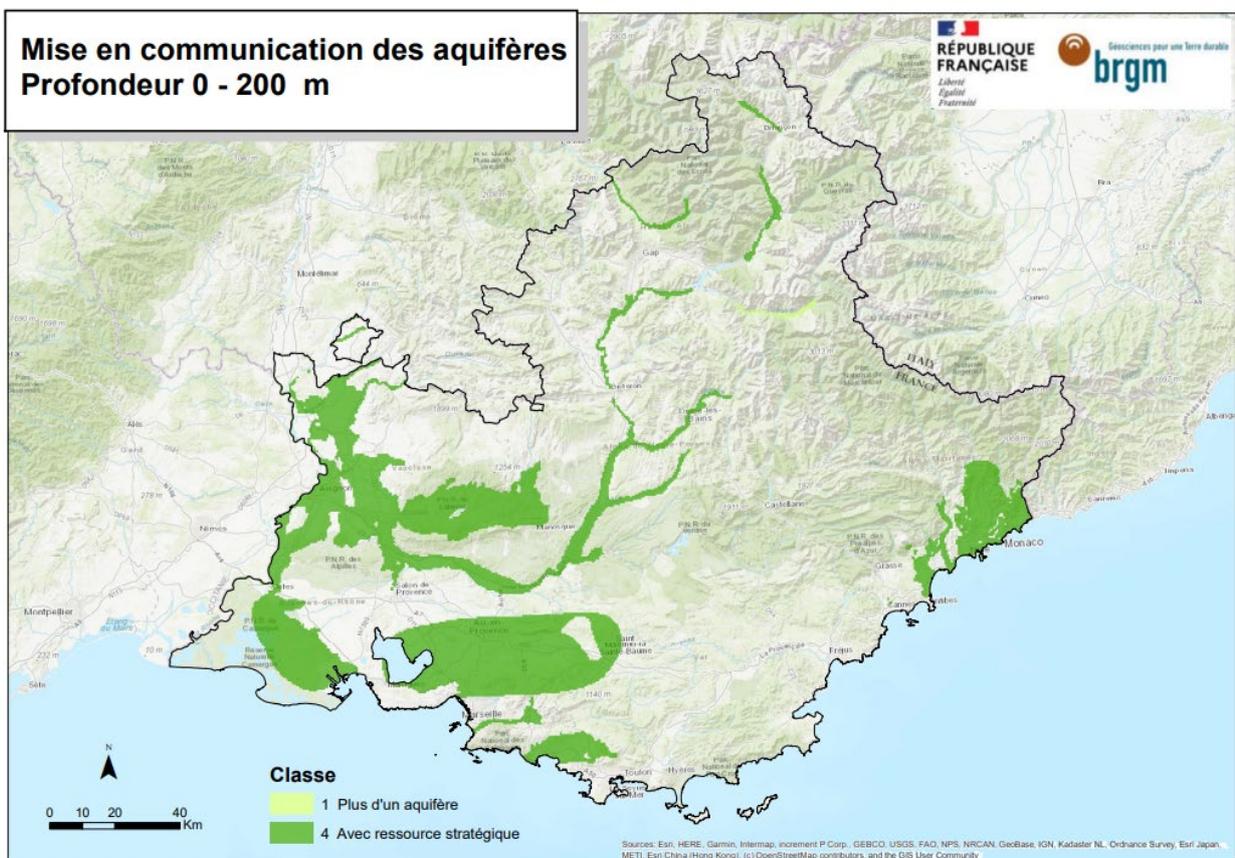


Illustration 28 : Carte d'aléa du phénomène " Mise en communication des eaux souterraines entre différents aquifères " pour la gamme de profondeurs 10 - 50 m, 10 - 100 m et 10 - 200 m.

3.7.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 18).

Susceptibilité	Niveau d'aléa	Facteur aggravant		Résultat maximal	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV
Moyenne	4	4	4	16	16
Faible	1			4	4
Nulle	0			0	0

Tableau 18 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Mise en communication des eaux souterraines entre différents aquifères ".

3.8 PHENOMENE « INONDATION PAR REMONTEE DE NAPPE »/ PROBLEME LIE A LA REINJECTION

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

3.8.1 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 (sondes verticales).

3.8.2 Qualification du phénomène

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

- **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 ;
- **Niveau nul** : pas d'aquifère ayant un niveau piézométrique déjà observé à moins de 5 mètres sous la surface du sol en hautes eaux.

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.

3.8.3 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 (BRGM/RP-65452-FR, Brugeron *et al.* 2018 et BRGM/RP72333FR, Brugeron *et al.* 2023). Cette cartographie distingue 2 types de zones : les « zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe » et les « zones potentiellement sujettes aux inondations de caves » (Illustration 29).

Les « zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe » ainsi que les « zones potentiellement sujettes aux inondations de caves » ont été codées avec un niveau "faible".

Cependant, certains secteurs doivent être exclus des zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe et donc codés avec un niveau "Nul". Ces secteurs sont (Illustration 30) :

- 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 zones karstiques affleurantes qui ne doivent pas être pris en compte car la circulation d'eau dans ces terrains est trop complexe. Elles sont identifiées dans la BD Lisa niveau 3 (milieu 3 (karst), ordre 1 (affleurant)).
- 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.

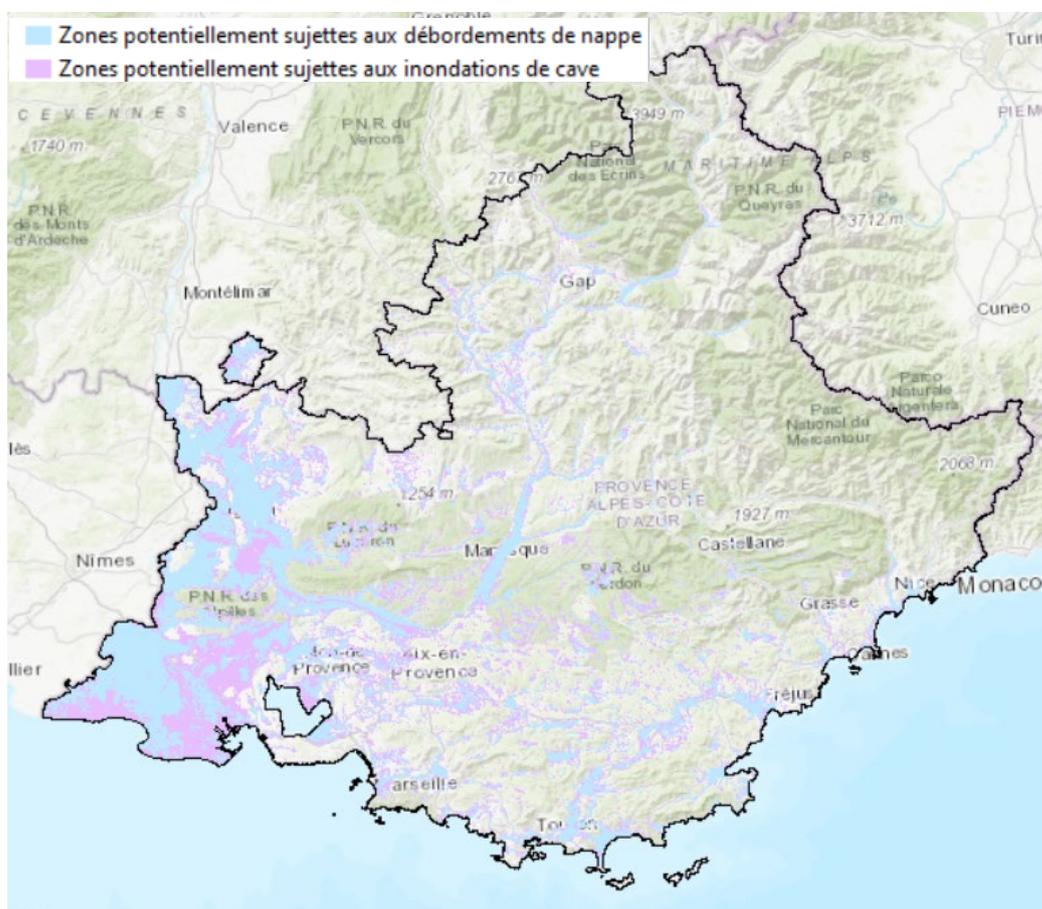


Illustration 29 : Cartographie nationale 2018.

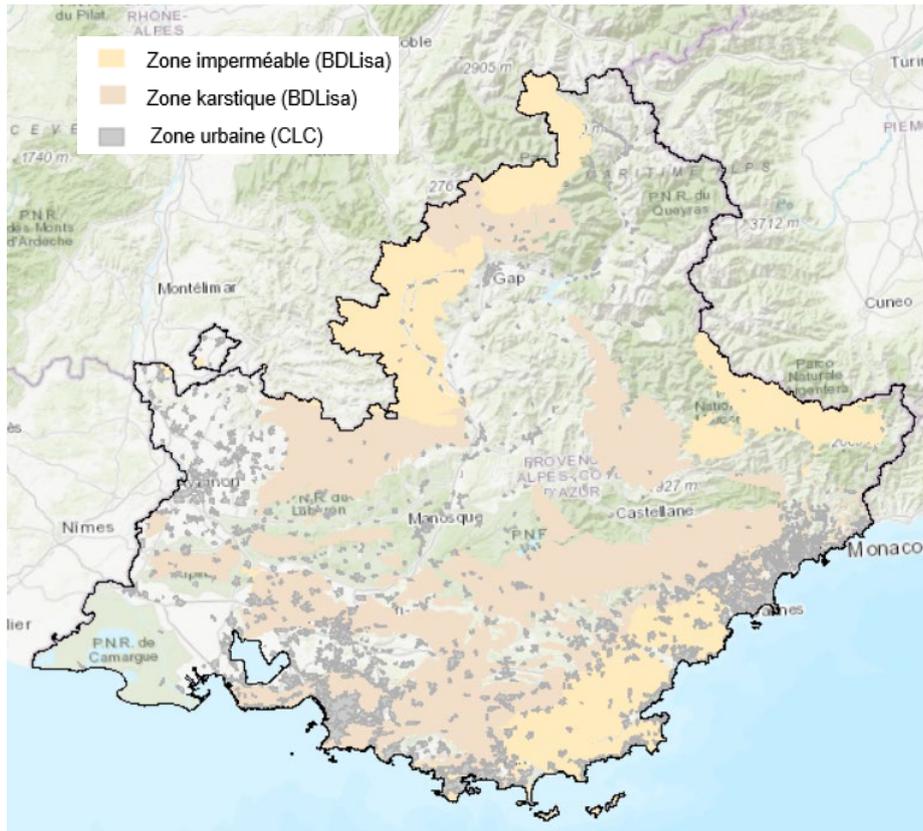


Illustration 30 : Zones à exclure (BDLISA et CLC 2018).

Une fois les secteurs exclus, une première carte d'aléa est établie.

3.8.4 Cartographie du phénomène redouté

La cartographie de cet aléa pour la gamme de profondeur 10-50 m est présentée ci-dessous (les profondeurs plus importantes n'étant pas affectées par ce phénomène (Illustration 31)).

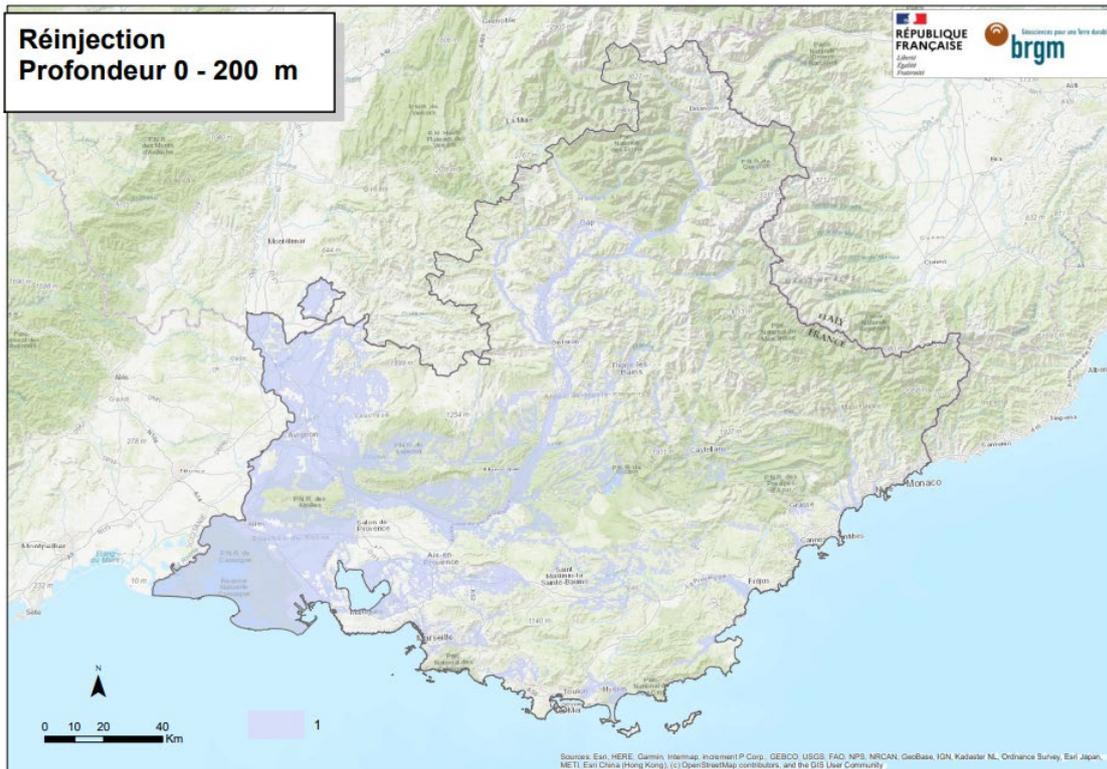


Illustration 31 : Carte d'aléa du phénomène "Inondation par remontée de nappe" pour la gamme de profondeurs 10 - 50 m.

3.8.5 Cotation des niveaux d'aléa

La valeur attribuée aux deux niveaux d'aléas faible ou nul de ce phénomène sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 19) et concerne exclusivement les doubles.

Susceptibilité	Niveau d'aléa	Facteur aggravant		Résultat maximal	
		Doubles	SGV	Doubles	SGV
Faible	1	2	0	2	0
Nulle	0			0	0

Tableau 19 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Inondation par remontée de nappe "

3.9 PHENOMENE « BISEAU SALE »

Ce phénomène a été traité par le BRGM.

3.9.1 Description du phénomène

Les aquifères littoraux sont le lieu de rencontre de deux types d'eaux souterraines :

- Des eaux douces provenant de l'infiltration des précipitations, du réseau hydrographique de surface et des eaux de ruissellement au niveau de la surface continentale,

- Des eaux salées plus dense qui imprègnent les terrains au voisinage des côtes ou qui pénètrent les cours d'eau au niveau des estuaires, pouvant ainsi donner lieu à la salinisation des eaux souterraines.

Les aquifères littoraux sont donc en contact avec l'eau salée d'origine marine, qui envahit plus ou moins les formations géologiques côtières : l'eau douce, d'une densité moindre que l'eau salée, « flottant » sur l'eau salée. L'intrusion d'eau salée prend la forme d'un biseau plongeant vers l'intérieur des terres, appelé communément « biseau salé ». L'interface entre ces deux types d'eau va évoluer au cours du temps en fonction de facteurs naturels (précipitations, niveau marin) mais peut aussi être perturbée par l'exploitation des aquifères. La remontée du « biseau salé » vers l'intérieur des terres constitue un phénomène difficilement réversible, l'eau salée se comportant comme une "limite étanche". Une fois que le biseau s'est déplacé, le gradient hydraulique requis pour le faire reculer est bien plus important que la situation d'équilibre initiale.

L'envahissement, même provisoire, d'une partie d'un aquifère par de l'eau salée peut durablement altérer la qualité de l'eau de celui-ci.

3.9.2 Qualification du phénomène

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

- **Niveau fort** : présence d'un aquifère présentant des intrusions salines avérées ;
- **Niveau faible** : présence d'un aquifère pouvant potentiellement présenter des intrusions salines ;
- **Niveau nul** : le biseau salé n'est pas présent dans l'intervalle de profondeur considéré.

3.9.3 Données utilisées et méthodologie employée

La méthodologie appliquée pour ce phénomène a été adaptée par rapport au guide de 2015. En effet, le guide renvoie vers des résultats d'études existantes. En Provence-Alpes-Côte d'Azur, quelques études ont été menées dans certains secteurs spécifiques, mais ne concernent pas l'ensemble des entités hydrogéologiques présentes le long du littoral. De plus, les résultats de ces études n'ont pas donné lieu à des couches SIG exploitables dans la cadre de la GMI.

Une méthodologie a donc été proposée pour palier à ce manque de données. Elle est basée sur le principe Ghyben-Herzberg, et utilise les données d'entités de la BDLISA niveau 3, les données de BSS Eau, et des compléments d'informations issus des études spécifiques et des connaissances acquises par les experts hydrogéologues du BRGM.

Identification des aquifères côtiers

Parmi les aquifères présents dans la BDLISA, ont été identifiés ceux qui touchent le littoral et qui ne sont pas imperméables (Illustration 32). La liste de ces aquifères est donnée en annexe 3.

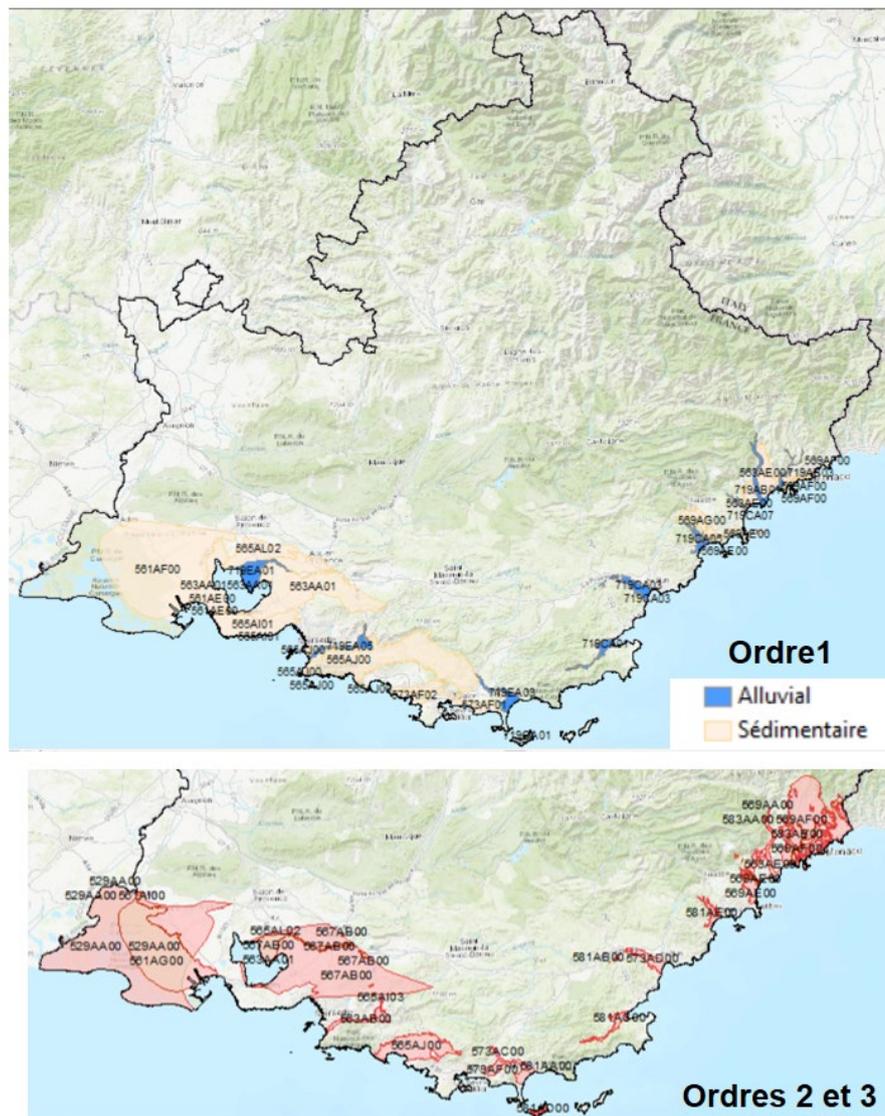


Illustration 32 : Aquifères côtiers sélectionnés à partir de la BDLISA.

Définition de l'extension du biseau salé en fonction des gammes de profondeurs (Illustration 33)

Une fois l'ensemble des aquifères côtiers sélectionnés, il s'agit de déterminer la limite d'extension dans les terres du front salé au sein de ces aquifères vue en plan et en profondeur.

En l'absence de cartographie précise des biseaux, l'étendue est estimée à partir du 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 (H) égale à 40 fois l'élévation du niveau piézométrique au-dessus du niveau de la mer (h).

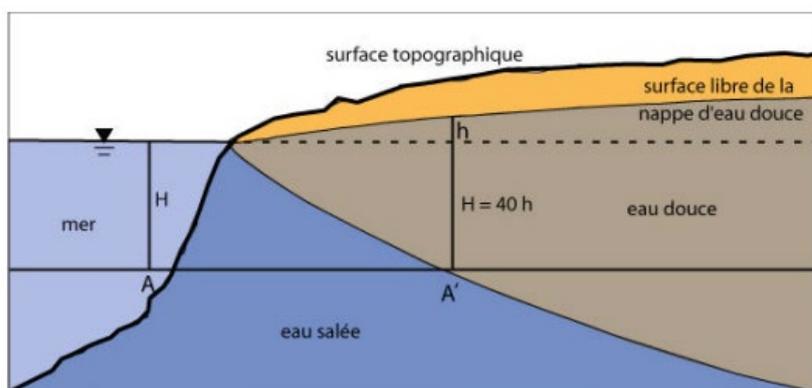


Illustration 33 : Coupe schématique au littoral du biseau salé selon Ghyben-Herzberg.

Les données utilisées dans cette relation pour définir l'extension géographique et les profondeurs de l'interface eau douce/eau salée nécessite d'avoir :

- Pour déterminer **h** (hauteur de charge eau douce au-dessus du niveau de la mer), avec $h = MNT - P$:
 - **P**, la profondeur de la nappe : profondeur moyenne par aquifère,
 - **MNT**, la topographie et l'altitude du littoral au droit de la masse d'eau : Modèle Numérique Terrain (IGN) de précision 1 mètre.
- Pour déterminer la profondeur **H** (interface eau douce/eau salée): $H = 40 * h$, et ce en tous points disponible du MNT.

Par simplification, il a été considéré que pour des valeurs d'altitudes du terrain inférieures aux valeur de profondeur de la nappe (donnant un calcul de $h < 0$; ex : $MNT = 1\text{m}$ et $P = 2\text{ m} \Rightarrow h = -1\text{ m}$), l'interface **H** se trouve à la cote topographique 0, ce qui est majorant en terme d'évaluation de l'aléa.

Exploitation des données de BSSEau

Les données issues de la base BSS Eau ont permis de collecter les cotes et les les altitudes des points et donc par soustraction, des profondeurs des points d'eau compris dans entités sélectionnés, et à une distance inférieurs à 5 km.

Pour chaque aquifère, une hauteur de charge eau douce au-dessus du niveau de la mer moyen (**h**) a été établie. Par la suite, à l'aide du MNT et en appliquant le principe de Ghyben-Herzberg, la profondeur d'eau douce / eau salée (**H+MNT**) a été calculée en chaque maille du MNT. La projection 2D de cette interface détermine des zones à partir du littoral pour les gammes de profondeur qui nous intéressent : 0-50 m, 0-100 m, 0-200 m, comme le montre les résultats pour l'entité 719EA01- des alluvions récentes de l'Arc (Illustration 34) .

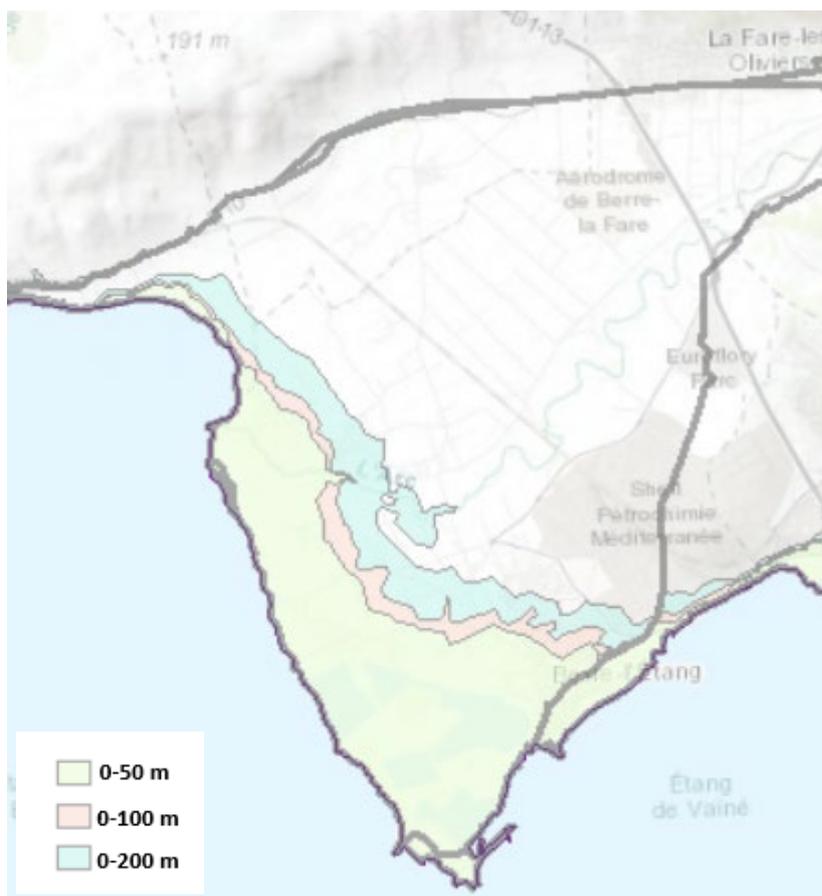


Illustration 34 : Extension vue en plan et par gamme de profondeur du biseau salé selon la méthode de calcul Ghyben-Herzberg pour l'entité hydrogéologique " 719EA01- Alluvions récentes de l'Arc ".

Les résultats cartographiques obtenus sous forme de rasters, ont été ensuite vectorisés et retravaillés en fonctions des connaissances des systèmes aquifères spécifiques, et revalidés par un hydrogéologue.

Les notes d'aléas affectées à chaque zone sont 1 pour des intrusions salines potentielles et 4 lorsqu'elles sont avérées.

3.9.4 Cartographie du phénomène redouté

La cartographie de cet aléa pour les 3 gammes de profondeur est présentée ci-dessous :

- Pour 10 - 50m (Illustration 35),
- Pour 10 - 100 m (Illustration 36),
- Pour 10 - 200 m (Illustration 37).

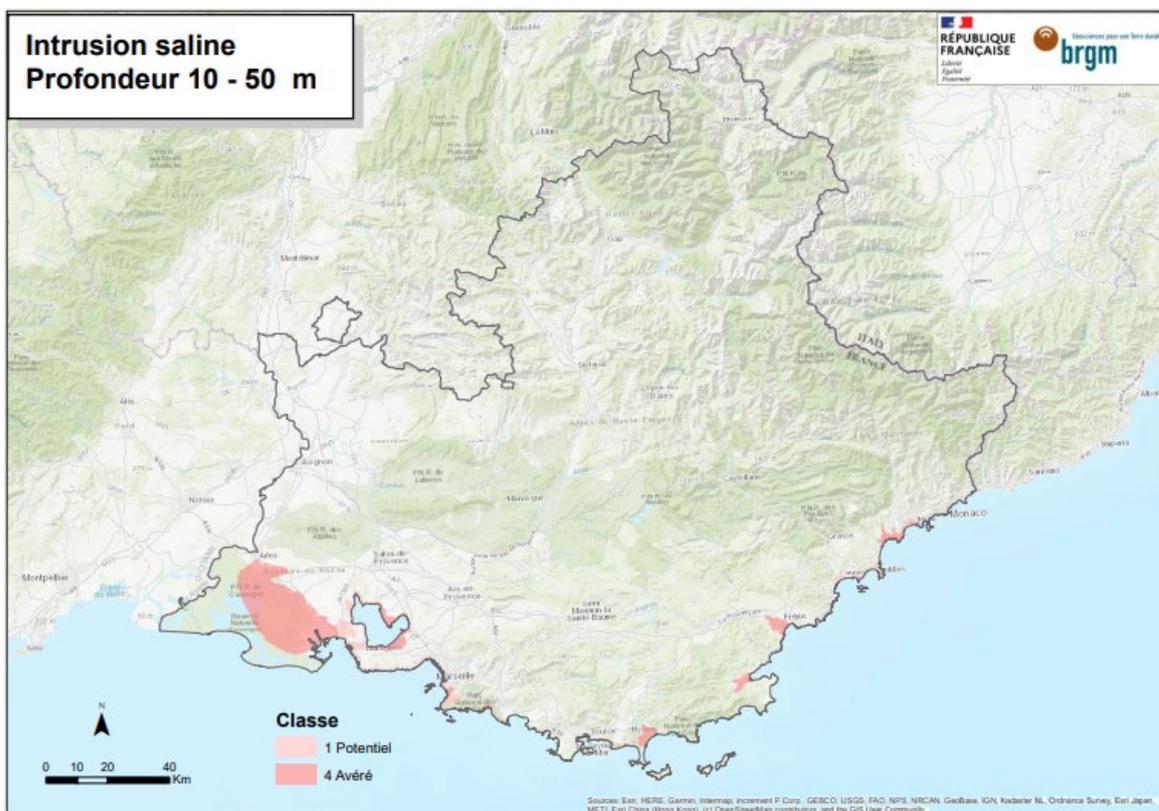


Illustration 35 : Carte d'aléa du phénomène " Biseau salé " pour la gamme de profondeurs 10 - 50 m.

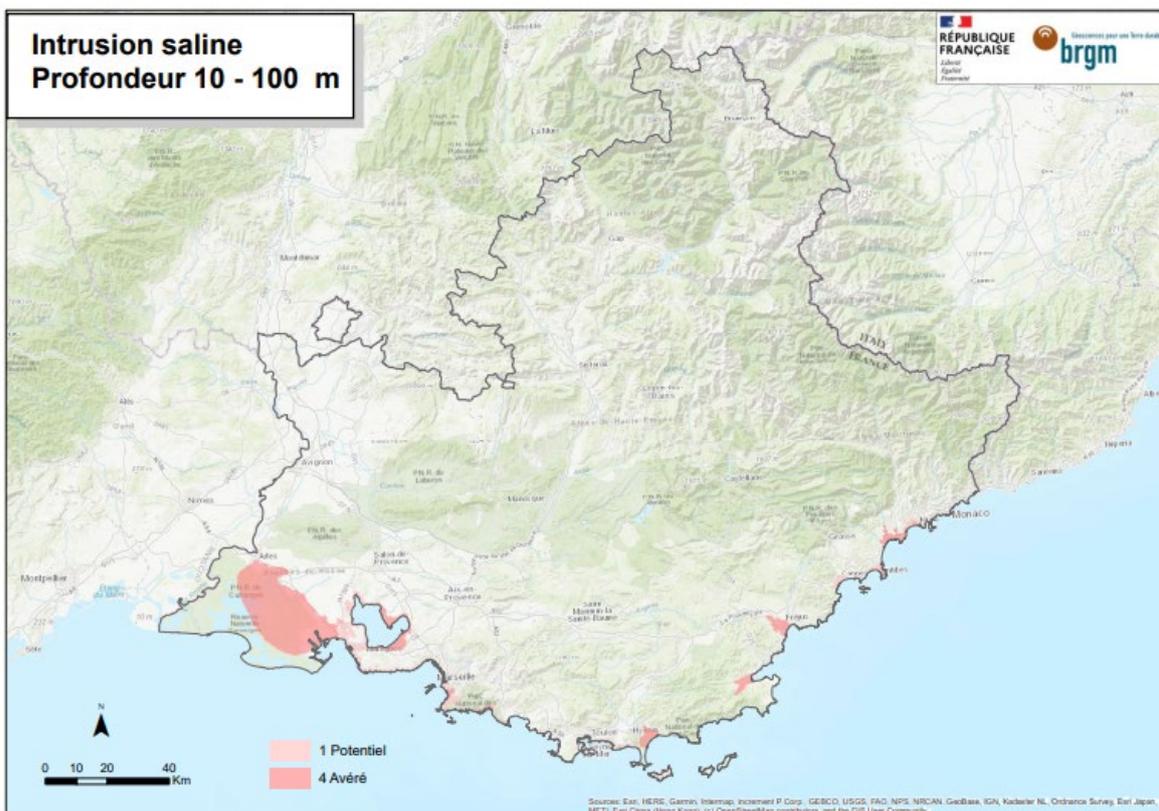


Illustration 36 : Carte d'aléa du phénomène " Biseau salé " pour la gamme de profondeurs 10 - 100 m.

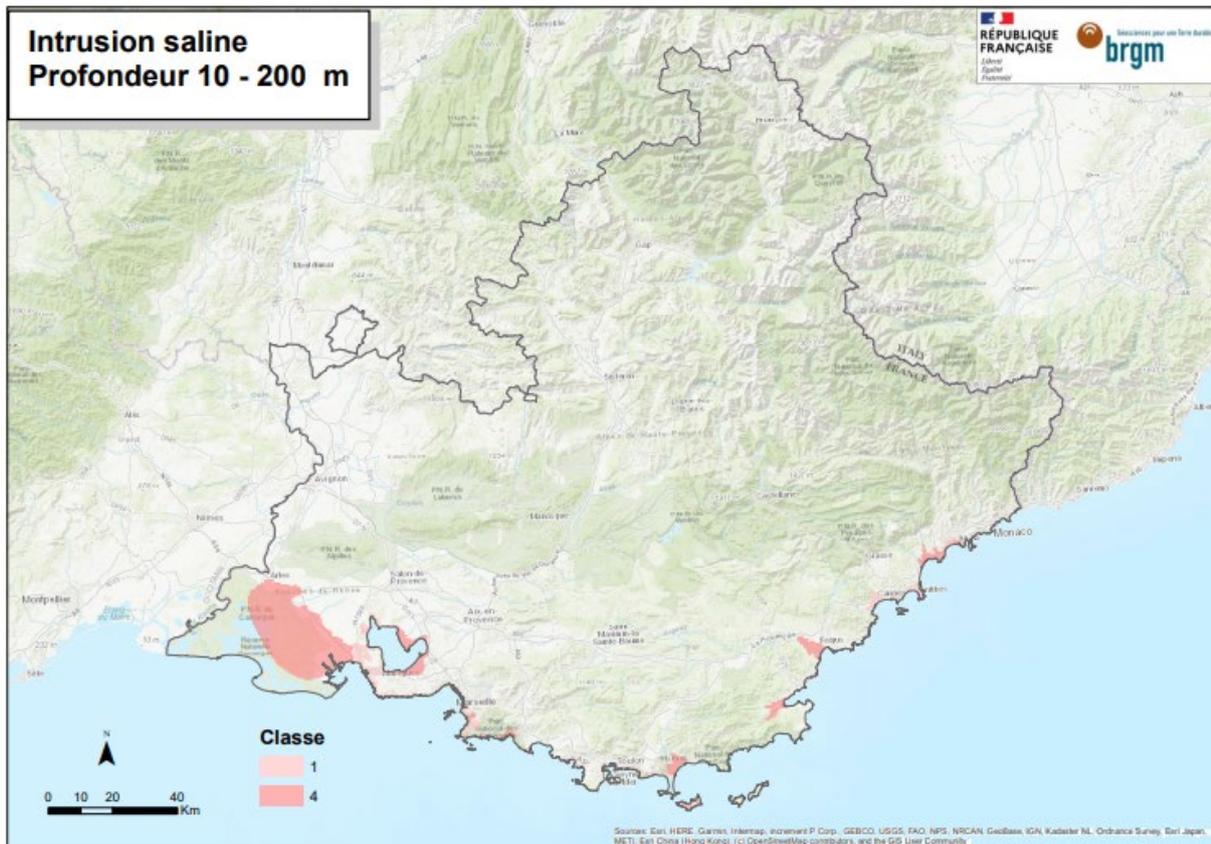


Illustration 37 : Carte d'aléa du phénomène " Biseau salé " pour la gamme de profondeurs 10 - 200 m.

3.9.5 Cotation des niveaux d'aléa

Les valeurs attribuées aux niveaux d'aléas de ce phénomène sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 20).

Susceptibilité	Niveau d'aléa	Facteur aggravant		Résultat maximal	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV
Fort	4	4	0	16	0
Faible	1			4	0
Nulle	0			0	0

Tableau 20 : Cotation et facteur aggravant du phénomène " Biseau salé ".

4. Cartes réglementaires

Suite à l'élaboration des cartes d'aléas et à leur croisement conformément à l'analyse multicritère définie dans la méthodologie nationale (MEDDE, 2015 et addendum 2022), les cartes réglementaires suivantes ont été obtenues pour les 3 gammes de profondeurs :

- **Les doublets** : 10-50 m (Illustration 38), 10-100 m (Illustration 39), 10-200 m (Illustration 40),
- **Les sondes géothermiques verticales (SGV)** : 10-50 m (Illustration 41), 10-100 m (Illustration 42), 10-200 m (Illustration 43).

Le zonage réglementaire de la région Provence-Alpes-Côte-D'azur montre que (Tableau 21) :

- **67 % (Doublets) et 67% (SGV) du territoire** sont en zone verte, c'est-à-dire éligible à la GMI. Une simple déclaration par "télé service" suffit pour réaliser un forage de géothermie de minime importance dans ces zones.
- **29% (Doublets) et 25% (SGV) du territoire** sont en orange, zone éligible à la GMI avec avis d'expert (télé service avec avis de compatibilité).
- **4% (Doublets) et 8% (SGV) du territoire** sont en zone rouge non éligible à la GMI. Toutes opérations de forage dédié à de la géothermie nécessitent une autorisation spécifique.

Les zones en rouge sont plus étendues dans le Var (**6% pour Doublets et 17% pour SGV**) et les Alpes-Maritimes (**7% pour Doublets et 13% pour SGV**), dues à la présence d'évaporites dans les formations géologiques, notamment du gypse triasique, très pénalisant dans le cadre de projets de GMI, le facteur aggravant étant de 6 (**Doublets**) et 10 (**SGV**).

Les zones en orange sont plus étendues dans les Bouches-du-Rhône (46% pour Doublets et 43% pour SGV) et le Vaucluse (41% pour Doublets et 40% pour SGV), dues à la présence de d'aquifères superposés identifiés comme stratégiques et de phénomènes liés à la pollution des sols et des nappes. Pour le Vaucluse, viennent s'ajouter des phénomène d'Artésianisme.

La répartition statistique des différents zonages par département et par type de technologie GMI est présentée dans le Tableau 21.

La répartition statistique des différents zonages en fonction de la population (données INSEE des densités de population par maille IRIS en 2018) par département et par type de technologie GMI est également présentée dans le Tableau 22.

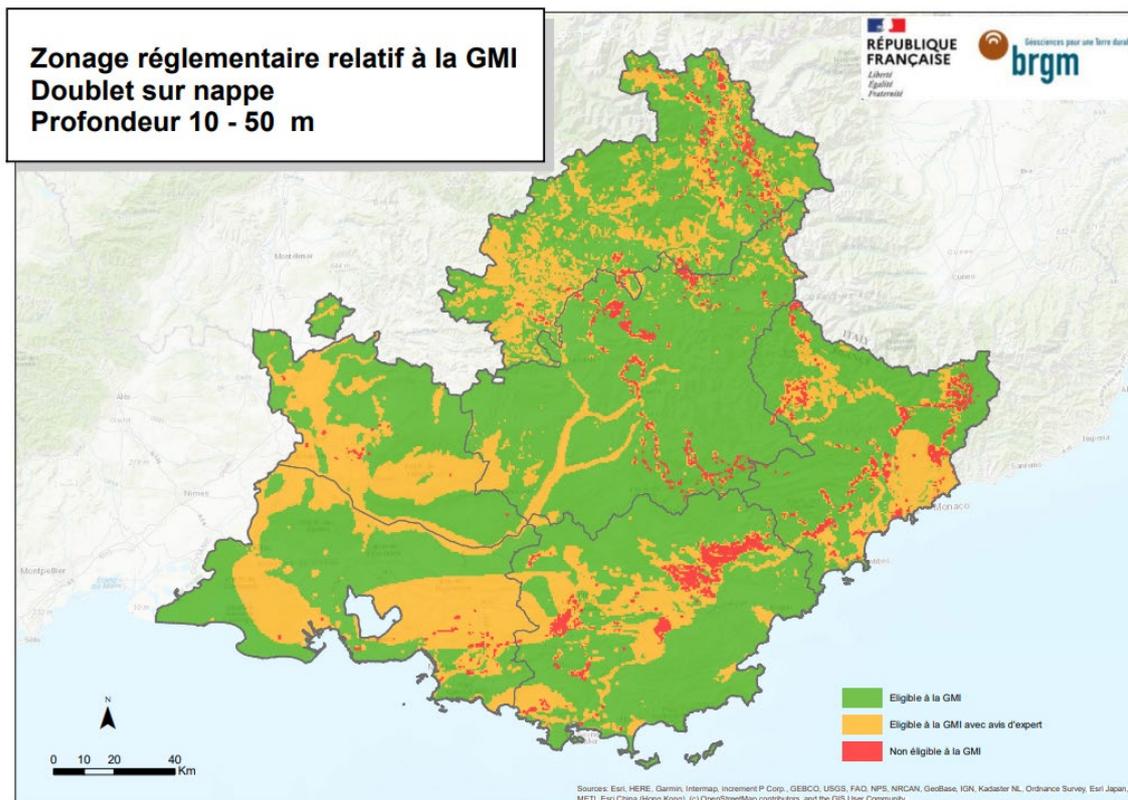


Illustration 38 : Carte réglementaire pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeurs 10-50 m.

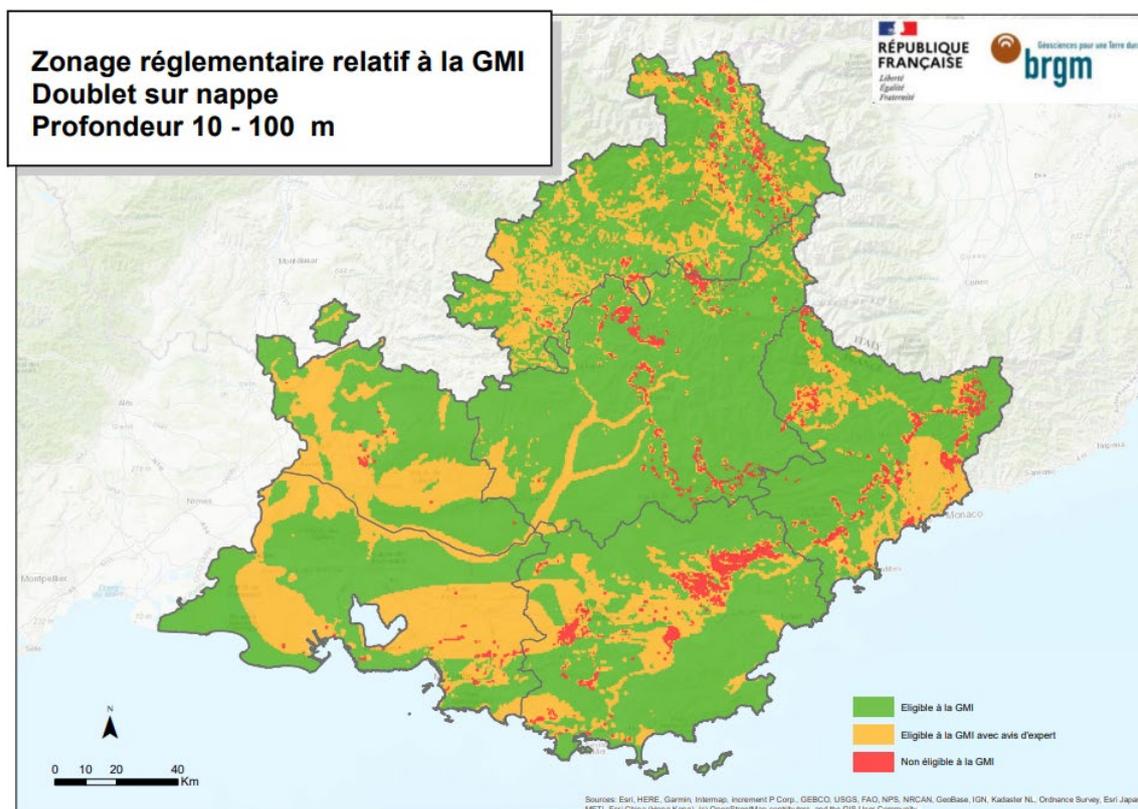


Illustration 39 : Carte réglementaire pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeurs 10-100 m

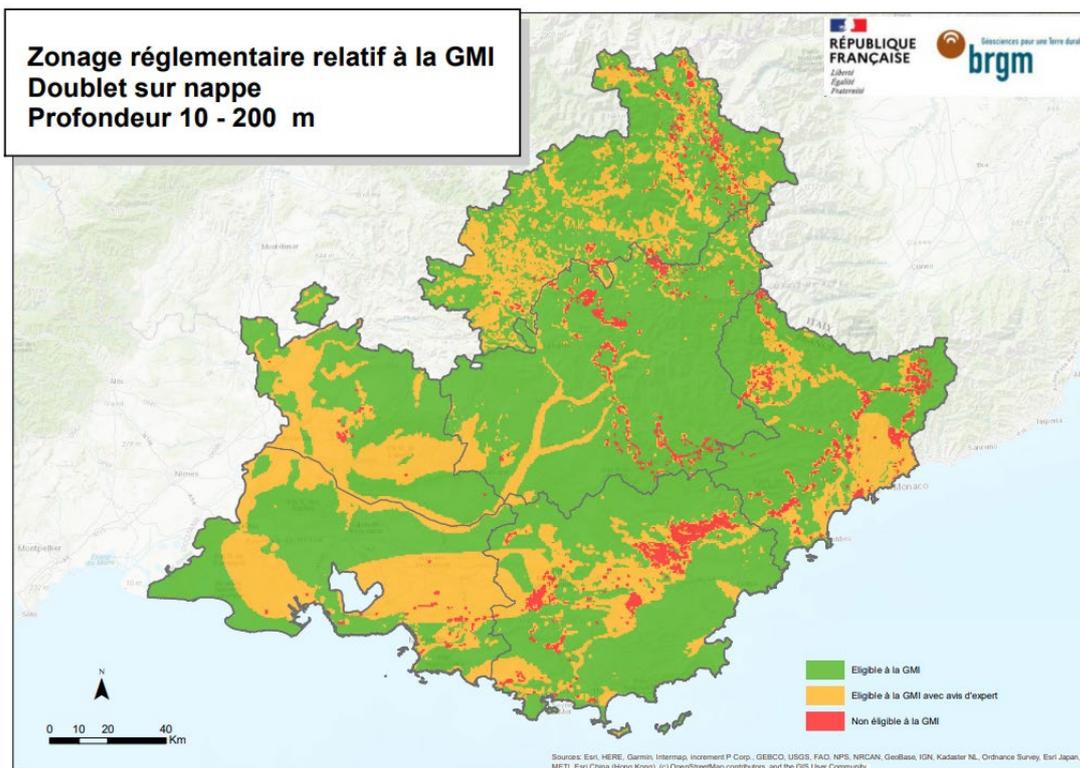


Illustration 40 : Carte réglementaire pour les doublets sur nappe de la gamme de profondeurs 10-200 m.

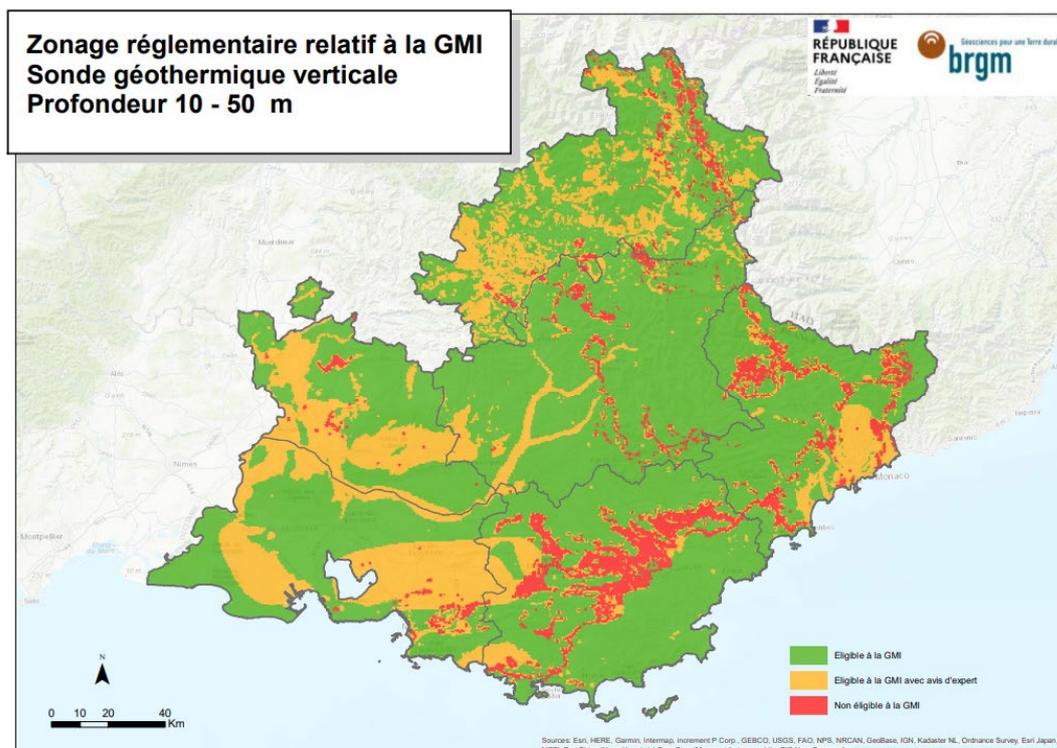


Illustration 41 : Carte réglementaire pour les sondes géothermiques verticales (SGV) de la gamme de profondeurs 10-50 m.

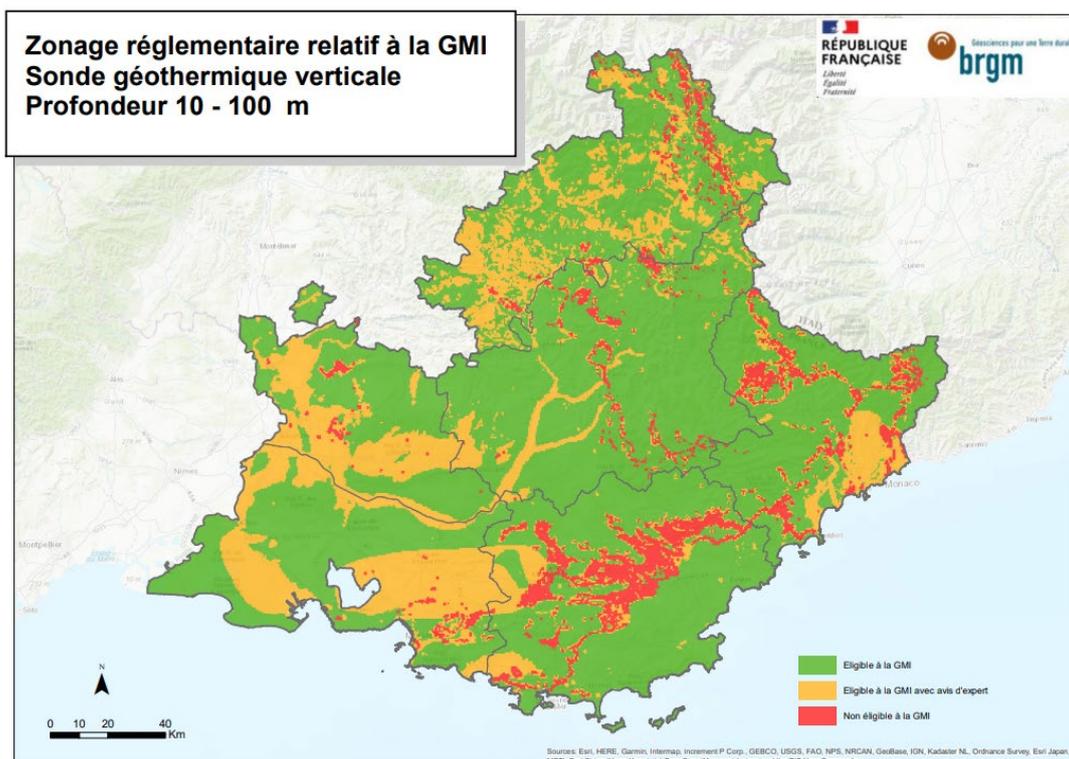


Illustration 42 : Carte réglementaire pour les sondes géothermiques verticales (SGV) de la gamme de profondeurs 10-100 m

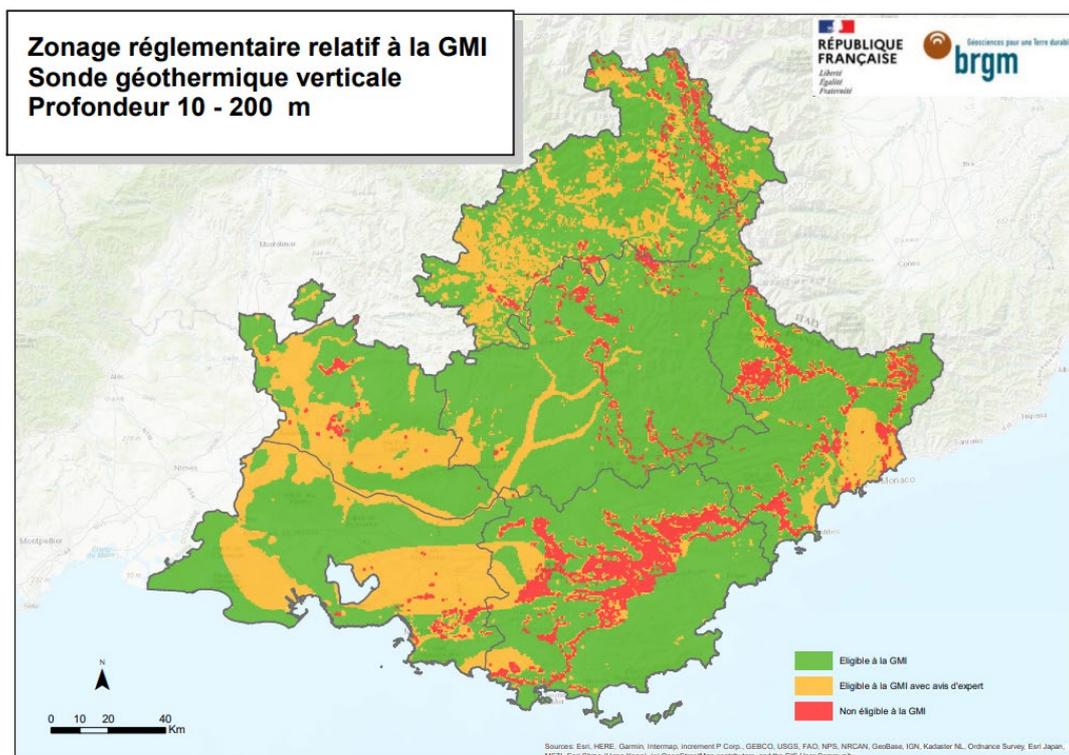


Illustration 43 : Carte réglementaire pour les sondes géothermiques verticales de la gamme de profondeurs 10-200 m

Cartographie réglementaire de la Géothermie de Minime Importance en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Département		Carte initiale		50 m		100 m		200 m	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV	Doublets	SGV	Doublets	SGV
Alpes-de-Haute-Provence	Vert	80,6%	80,6%	84,8%	84,7%	84,9%	84,7%	84,9%	84,7%
	Orange	19,4%	19,4%	11,8%	11,2%	11,7%	11,2%	11,7%	11,2%
	Rouge	0,0%	0,0%	3,4%	4,1%	3,4%	4,1%	3,5%	4,1%
Alpes-Maritimes	Vert	48,6%	48,6%	67,7%	67,5%	67,7%	67,5%	67,7%	67,4%
	Orange	51,4%	51,3%	25,4%	19,2%	25,4%	19,2%	25,4%	19,1%
	Rouge	0,0%	0,0%	7,0%	13,4%	6,9%	13,4%	7,0%	13,4%
Bouches-du-Rhône	Vert	93,9%	94,0%	54,0%	55,4%	54,1%	55,4%	53,7%	55,4%
	Orange	6,1%	5,7%	45,0%	42,6%	45,0%	42,6%	45,4%	42,6%
	Rouge	0,0%	0,3%	1,0%	2,0%	0,9%	2,0%	1,0%	2,0%
Hautes-Alpes	Vert	79,0%	79,0%	60,9%	60,7%	61,0%	60,7%	61,0%	60,7%
	Orange	21,0%	20,9%	35,4%	33,2%	35,4%	33,2%	35,3%	33,2%
	Rouge	0,0%	0,0%	3,7%	6,1%	3,6%	6,1%	3,7%	6,1%
Var	Vert	59,7%	60,0%	69,6%	70,3%	69,6%	70,2%	69,2%	70,1%
	Orange	40,3%	39,8%	24,7%	12,6%	24,6%	12,6%	24,7%	12,5%
	Rouge	0,0%	0,2%	5,7%	17,1%	5,9%	17,2%	6,0%	17,4%
Vaucluse	Vert	87,6%	87,6%	57,6%	57,6%	57,6%	57,5%	57,6%	57,5%
	Orange	12,4%	12,4%	41,8%	40,6%	41,9%	40,5%	41,9%	40,4%
	Rouge	0,0%	0,0%	0,5%	1,8%	0,5%	2,0%	0,6%	2,1%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Vert	75,0%	75,1%	67,4%	67,7%	67,4%	67,7%	67,3%	67,6%
	Orange	25,0%	24,8%	28,9%	24,8%	28,9%	24,7%	29,0%	24,7%
	Rouge	0,0%	0,1%	3,7%	7,6%	3,7%	7,6%	3,7%	7,7%

Tableau 21 – Répartition statistique du zonage par technologie (sondes verticales SGV ou Doublets), par département et pour l'ensemble de la région PACA

Département		Carte initiale		50 m		100 m		200 m	
		Doublets	SGV	Doublets	SGV	Doublets	SGV	Doublets	SGV
Alpes-de-Haute-Provence	Vert	85,3%	85,3%	74,0%	74,6%	74,7%	74,6%	74,7%	74,6%
	Orange	14,7%	14,7%	22,8%	20,0%	22,1%	20,0%	22,0%	20,0%
	Rouge	0,0%	0,0%	3,2%	5,4%	3,3%	5,5%	3,3%	5,5%
Alpes-Maritimes	Vert	35,4%	35,7%	29,5%	33,8%	29,6%	33,8%	29,5%	33,8%
	Orange	64,6%	64,3%	54,5%	45,3%	53,8%	44,6%	53,0%	44,5%
	Rouge	0,0%	0,0%	16,0%	20,9%	16,6%	21,7%	17,4%	21,7%
Bouches-du-Rhône	Vert	88,5%	89,3%	42,3%	43,4%	42,7%	43,4%	42,7%	43,4%
	Orange	11,5%	8,6%	55,7%	49,3%	55,6%	49,2%	55,5%	49,2%
	Rouge	0,0%	2,1%	2,0%	7,3%	1,7%	7,4%	1,8%	7,4%
Hautes-Alpes	Vert	84,6%	84,6%	61,5%	61,6%	61,6%	61,6%	61,6%	61,6%
	Orange	15,4%	15,3%	36,4%	34,7%	36,4%	34,6%	36,4%	34,6%
	Rouge	0,0%	0,1%	2,1%	3,7%	2,0%	3,8%	2,0%	3,8%
Var	Vert	52,0%	52,1%	65,2%	69,1%	65,2%	69,0%	64,6%	69,0%
	Orange	47,9%	47,5%	25,6%	11,6%	25,4%	11,5%	25,9%	11,4%
	Rouge	0,1%	0,3%	9,2%	19,4%	9,4%	19,5%	9,6%	19,7%
Vaucluse	Vert	92,8%	92,8%	37,8%	37,7%	37,8%	37,7%	37,7%	37,7%
	Orange	7,2%	7,2%	61,4%	60,5%	61,5%	60,2%	61,5%	60,1%
	Rouge	0,0%	0,0%	0,8%	1,7%	0,8%	2,1%	0,8%	2,2%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Vert	70,5%	70,8%	45,2%	47,4%	45,4%	47,4%	45,3%	47,4%
	Orange	29,5%	28,2%	48,4%	40,7%	48,1%	40,4%	48,0%	40,4%
	Rouge	0,1%	1,0%	6,4%	11,9%	6,5%	12,2%	6,7%	12,2%

Tableau 22 - Répartition statistique du zonage par technologie (sondes verticales SGV ou Doublets) en fonction de la population (données INSEE par maille IRIS en 2018)

5. 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 précisions 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 pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur conformément à la méthode décrite dans le « Guide d'élaboration de la carte des réglementaires relatives à la géothermie de minime importance » publié en juillet 2015 par le Ministère en charge de l'Ecologie (MEDDE, 2015).

Conformément au guide méthodologique, les 9 phénomènes pris en compte pour cette nouvelle cartographie sont les suivants :

- Affaissement / surrection liés aux évaporites ;
- Affaissement / effondrement liés aux cavités (hors mines) ;
- Affaissement / effondrement liés 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 ;
- Biseau salé.

Pour chacun de ces phénomènes, des niveaux d'aléa ou de susceptibilité ont été attribués conformément aux recommandations du guide méthodologique.

Au total, six cartes proposant un nouveau zonage réglementaire ont été réalisées avec un maillage 500 m × 500 m. 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.

Un peu plus de la moitié du territoire ne présente pas de phénomène qui engendrerait un risque pour la mise en œuvre d'un dispositif GMI ; le zonage vert est majoritaire (~67% en moyenne).

De l'ordre de 27% en moyenne des secteurs sont concernés par des aléas ou conjugaison d'aléas qui requièrent l'avis d'un expert avant la télédéclaration des ouvrages GMI (zone orange).

De l'ordre de 5% en moyenne de la population est concernée par des aléas et conjugaison d'aléa qui les rendent non éligible à la GMI (zone rouge) en système ouvert ou fermé. Toutes opérations de forage GMI nécessitent dans ces secteurs une autorisation spécifique.

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 Provence – Alpes – Côte d'Azur seront mises à disposition sur le site internet : <http://www.geothermies.fr>.

6. Bibliographie

BRGM & CEREMA (2015) – Guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance, MEDDE (juillet 2015).

BRGM & CEREMA (2023) - Addendum au « Guide d'élaboration de la carte des zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance »

Rivet F., Girard A., Mathon C. (2012) - Carte régionale de l'aléa d'effondrement/glisement lié à la présence de terrains gypseux triasiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Rapport BRGM/RP-60896-FR.

Brugeron A., Bessière H., Bourgine B., Stollsteiner P. (2018) - Étude méthodologique pour l'amélioration de la cartographie de sensibilité aux remontées de nappes et réalisation d'une carte nationale. Rapport BRGM/RP-65452-FR.

Brugeron A. ; Fabregoul Q.; Bessière H. (2023) - Actualisation de la carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe. Rapport final. BRGM/RP-72333-FR.

CEREMA DTerCentre-Est (2015) - Cartographie des risques liés à la géothermie de minime importance - Note explicative de la méthodologie appliquée pour les phénomènes liés aux mouvements de terrain et aux panaches de pollution.

BRGM (2019) - Cartes géologiques harmonisées par département au 1/50 000.

BRGM (2011 -> 2019) - Cartes géologiques au 1/50 000 (notices (2015 et 2019) et cartes vectorielles (2011, 2018 et 2019)).

Lalbat F. (2006) – Thèse sur le fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère du Miocène du bassin de Carpentras (Vaucluse , France).

BDLISA – septembre 2022 (Base de Donnée des Limites des Systèmes Aquifères), entités hydrogéologiques de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, version 3) :
<https://bdlisa.eaufrance.fr/>

BDMVT – mars 2023 (Base de Données nationale des Mouvements de terrain, localisation ponctuelle avec une précision dépendant de l'origine des informations, BRGM/CEREMA/RTM/MTECT) : <https://www.georisques.gouv.fr/donnees/bases-de-donnees/base-de-donnees-mouvements-de-terrain>

BDCAVITE – mars 2023 (Base de Données nationale des Cavités souterraines abandonnées d'origine naturelle ou anthropique hors mines, localisation ponctuelle avec une précision dépendant de l'origine des informations, BRGM/CEREMA/INERIS/ MTECT) :
<https://www.georisques.gouv.fr/donnees/bases-de-donnees/inventaire-des-cavites-souterraines>

BDCAROL - 2006 (Base de Données régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur des travaux miniers et des carrières souterraines, localisation sous forme ponctuelle, linéaire et polygonale avec une précision a 1/25 000).

BDCARMA - décembre 2021 (Base de Données nationale des Carrières et Matériaux, BRGM et MTECT, localisation sous forme ponctuelle ou polygonale, avec une précision dépendante de l'origine des informations) : <https://www.mineralinfo.fr/>

ARMADA – mars 2023 (ex SIGMINES, Base de données des indices et gites miniers de France, BRGM et MTECT, localisation sous forme ponctuelle, avec une précision dépendante de l'origine des informations) : <https://www.mineralinfo.fr/>

GEOIDE – avril 2023 (Plateforme des Services Déconcentrés de l'Etat (DREAL, DDT) regroupant un ensemble de données sur les Risques naturelles, notamment sur les PPRN, avril 2023) : <http://catalogue.geo-ide.developpement-durable.gouv.fr/catalogue/srv/fre/catalog.search;jsessionid=DA8D9619178003A5502C741271275C01#/home>

RISKPACA - avril 2023 (Observatoire Régional des Risques Majeurs, module cartographique qui regroupe également des données sur les Risques Naturels et PPRN, BRGM/DREAL/REGION SUD) : <https://riskpaca.brgm.fr/>

BDRTM - avril 2023 (Bases de données des évènements Glissement/chute de blocs des services RTM via la plateforme CARMEN, ONF/RTM/ MTECT) : https://carmen.carmencarto.fr/105/ONF_BDRTM.map

INFOSOLS – janvier 2023 (Plateforme nationale de gestion des données relatives aux risques de pollution des sols via GEORISQUES, BRGM/MTECT), regroupe BASOL (base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués), SIS (secteurs d'information sur les sols) et BASIAS (inventaire historique des anciens sites industriels et activités de service) : [Dossier expert sur la pollution des sols, SIS et an \(georisques.gouv.fr\)](#)

CLC – 2018 (Données CORINE Land Cover, occupation du sols en France suivant une nomenclature standard hiérarchisée européenne, échelle de production 1/100 000, programme européen COPERNICUS) : [CORINE Land Cover 2018 \(vector/raster 100 m\), Europe, 6-yearly — Copernicus Land Monitoring Service](#)

MESO – 2019 (Référentiel des masses d'eau souterraines de la France, SANDRE) : [Référentiel masses d'eau | Sandre - Portail national d'accès aux référentiels sur l'eau \(eaufrance.fr\)](#)

MESO Enjeux – 2023 (Masses d'eau souterraine à fort enjeu pour les besoins d'alimentation en eau potable pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, AERMC) : [Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse \(eaurmc.fr\)](#)

Annexe 1 Fiches des sites pollués

GMI PACA

Aléa Pollution - sites à rechercher d'après mail Mr. Dupuis du 13/06/2023

Pour rappel, la méthodologie préconise d'affecter aux sites, les notes ci-dessous en fonction des critères de pollution de nappe ou non.

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

En fonction des critères choisis, la note et le tampon à appliquer autour des sites sont plus ou moins élevés.

Quelques résultats demandent d'être validés par la DREAL, par manque d'information de types :

- **Contour du site incertain** : Fiche INFOSOLS donne des références cadastrales qui semblent erronées ou pas d'information sur INFOSOLS
- **Evolution de la pollution de la nappe au droit d'un site** -> état actuel pas précisé dans INFOSOLS (est-ce qu'il y a eu pollution, mais qu'elle n'est plus actuelle ou toujours présente...).

Des choix ont dû être faits sans avoir tous les éléments :

- ➔ **Note = 4 et tampon = 300 m** : Pollution actuelle faible ou inconnue mais actions menées pour surveiller et dépolluer.
- ➔ **Note = 6 et tampon = 500 m** : Pollution actuelle avérée.

Site 2 : 0064.00036

BOUCHES DU RHONE/BRENNTAG MEDITERRANEE / Vitrolles 21 boulevard de l'Europe ZI
Les Estroublans - BP 26

Référence INFOSOLS : SSP000904901 - Nom Usuel « BRENNTAG Méditerranée
(anciennement Comptoir Chimique Continental et Orchidis) »

<https://fiches-risques.brgm.fr/georisques/infosols/instruction/SSP000904901>

Actions mises en place pour surveiller et réduire la pollution de la nappe - Indication

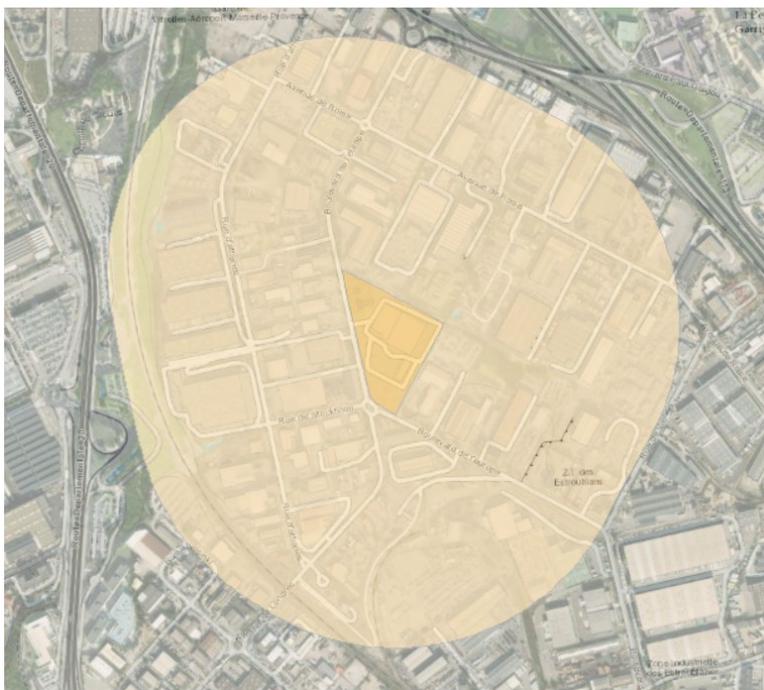
INFOSOLS : « 3 piézomètres ont été créés en 2001. Les analyses effectuées au droit de ces piézomètres ont révélé des dépassements des VCI (Valeurs de Constat d'Impact, usage non sensible) pour 3 composés - cis-1,2-dichloroéthylène (cDCE), - trichloroéthylène (TCE), - tétrachloroéthylène (PCE). Ces mesures ont conduit à la prescription d'un arrêté préfectoral (5 avril 2002) imposant à Brenntag la création d'un quatrième piézomètre, des mesures semestrielles ainsi qu'une investigation sur le sens d'écoulement de la nappe. Les mesures réalisées depuis 2002 révèlent une difficulté à établir un sens d'écoulement de la nappe. Le rapport de l'année 2016 fait toutefois l'hypothèse d'un écoulement du sud vers le nord du site. Concernant les différents polluants :

- **Une forte augmentation des concentrations en hydrocarbures totaux** est enregistrée depuis 2015 au Pz3. D'après l'exploitant, ceci pourrait être la conséquence d'une pollution survenue lors du démantèlement des cuves de solvants.
- **Une augmentation des concentrations de solvants chlorés** est enregistrée depuis 2016 au Pz2.
- Les polluants détectés lors des analyses de **2001 sont toujours présents**, dans **des concentrations significatives** (cDCE, TCE, PCE ainsi que chlorure de vinyle)».

Pas d'information sur les actions réalisées depuis 2018 (conclusion étude BURGEAP). Pas de délimitation cartographie du site.

Cartographie GMI :

Délimitation cartographique réalisée à partir des références cadastrales listées dans INFOSOLS et des parcelles cadastrales cartographiées. **Note = 6 et tampon = 500m.**



Site 3 : 0064.00225

VAR/ENTREPOTS PETROLIERS /PUGET SUR ARGENS 196 CHEMIN DE LA PLAIN LIEU DIT SIMIAN

Référence INFOSOLS : SSP000875201 Nom usuel Entrepôts Pétroliers de Puget/Argens (83)

<https://fiches-risques.brgm.fr/georisques/infosols/instruction/SSP000875201>

Actions mises en place pour surveiller et réduire la pollution de la nappe - Indication INFOSOLS : « Les campagnes réalisées à la suite des travaux de réhabilitation montrent une tendance générale à la stabilité avec des concentrations inférieures aux limites de quantification du laboratoire ou faibles, à l'exception des teneurs en hydrocarbures volatils C5-C10 au droit de l'ouvrage Pz2, qui restent néanmoins modérées et stables. Au regard des travaux et afin de restreindre l'usage du sol, un arrêté préfectoral relatif à la mise en place de servitudes d'utilité publique au droit du site a été pris en date du 8 septembre 2017 (Servitude non trouvée). Par arrêté complémentaire du 22 décembre 2017, la société EPPA est autorisée à **suspendre définitivement la surveillance des eaux souterraines** »

Un autre site proche : SSP0003888 Nom usuel DCPA site Ex GPCA 2

<https://fiches-risques.brgm.fr/georisques/infosols/classification/SSP00038880101>

Pas de délimitation cartographique du site.

Cartographie GMI :

Délimitation cartographique réalisée à partir des références cadastrales listées dans INFOSOLS et des parcelles cadastrales cartographiées. Problème rencontré pour délimiter le site : parcelles citées ne semblent pas correspondre à la réalité du cadastre-> interprétée à partir de l'ortho photo. Note = 4 et tampon = 300m.



Site 4 : 0064.00365

ALPES MARITIMES/SUD EST ASSAINISSEMENT - La Glacière
VILLENEUVE LOUBET Vallon de La Glacière

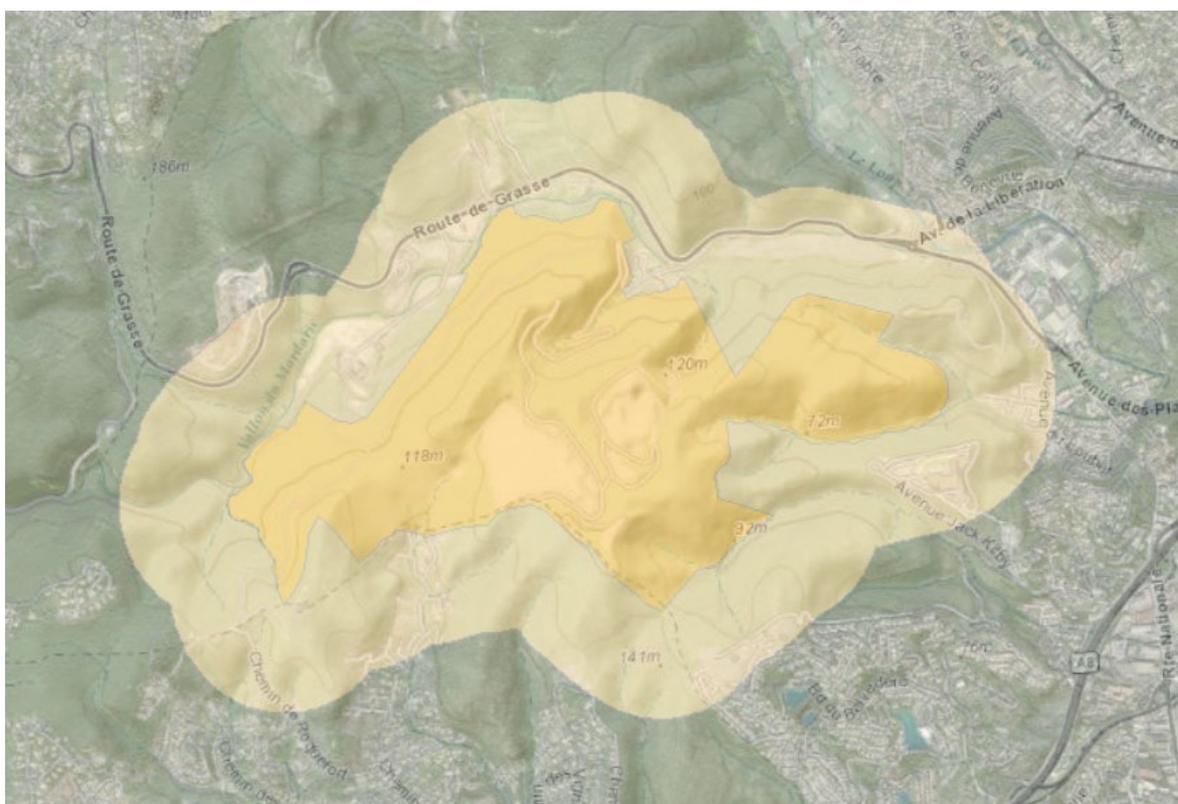
Référence INFOSOLS : Le site n'est pas répertorié. ISDND qui a cessé son activité avec **SUP** :

https://www.alpes-maritimes.gouv.fr/content/download/8851/101849/file/icpe_sup_isdn_la_glaciere.pdf

Indication dans la SUP : « *interdiction usage nappe* ». **Pas de délimitation cartographique du site.**

Cartographie GMI :

Délimitation cartographique réalisée à partir des références cadastrales listées dans INFOSOLS et des parcelles cadastrales cartographiées. **Note = 6 et tampon = 500m.**



Site 6 : 0064.00839

ALPES DE HAUTE PROVENCE/**SANOFI CHIMIE** / SISTERON 45, chemin de Météline

Référence INFOSOLS : SSP000897901 Nom Usuel- SANOFI AVENTIS (ex SYNTHELABO ex SAPCHIM) - Usine en activité à SISTERON (04)

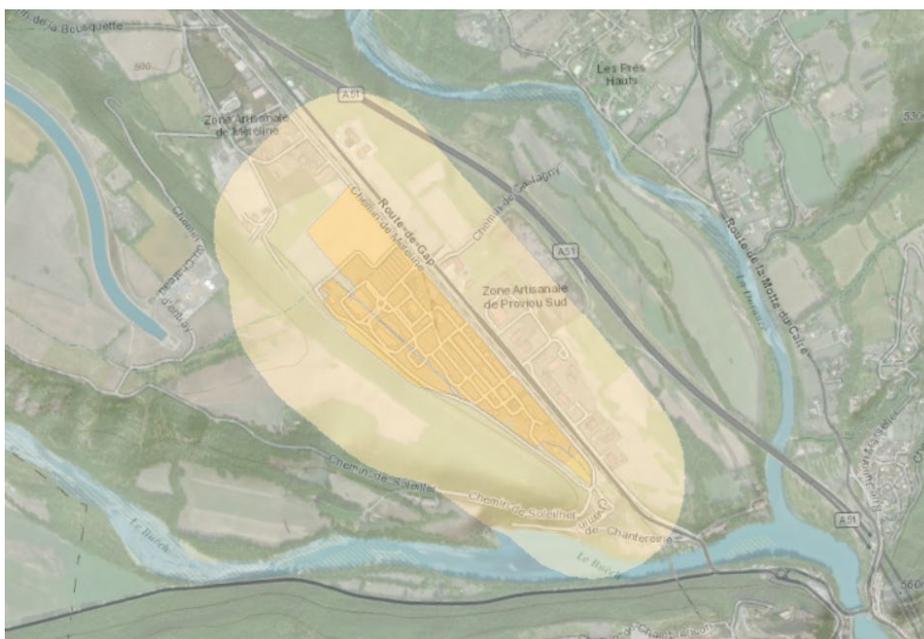
<https://fiches-risques.brgm.fr/georisques/infosols/instruction/SSP000897901>

Actions mises en place pour surveiller et réduire la pollution de la nappe - Indication

INFOSOLS : « une étude d'impact complémentaire à réaliser pour le 15 mars 2003; cette étude, effectuée par Burgeap, sur la base de prélèvements réalisés en fev et mai 2003 a permis de caractériser 3 "zones sources " de pollution : l'une de DCE lié à une défaillance sur un collecteur d'effluents usés, deux autres de BTEX et solvants à proximité de bâtiment et stockage. la mise en oeuvre d'un traitement de la nappe ,telle que prévue - initialement - par l'AP du 24 oct 2002, a fait l'objet d'une proposition alternative visant à substituer à une barrière hydraulique, d'abord envisagée et prescrite, le traitement des 3 sources mentionnées ci -dessus ;après pompage et stripping des eaux souterraines situées au droit des 3 zones sources, comprenant l'épuration des gaz de strippage sur charbons actifs, les eaux filtrées seraient ré-infiltrées en amont des points de pompage; l'objectif visé est de réduire en 3 ans le potentiel polluant des sources et de suivre la qualité des eaux de la nappe. L'extension de la pollution, hors site, a été décrite par report sur carte et ne dépasse pas la bordure Est de la zone commerciale voisine (Météline). Les bons résultats obtenus quant à la dépollution de la nappe rendent possible une suspension de 6 mois de ce traitement, afin d'établir une nouvelle carte de l'état de cette nappe et de la comparer à celle de 2003. Pendant ce temps, le suivi piezo de la nappe se poursuit aussi bien sur le site qu'à l'extérieur. Le suivi piezo mentionné ci-dessus, va donc être poursuivi et élargi comme indiqué. Actuellement (01/06/2011, les résultats mettent en évidence une amélioration généralisée de la qualité de la nappe. Cette amélioration est probablement le résultat de la construction de l'égout aérien de collecte des eaux usées en remplacement de l'ancien égout enterré ». **Pas d'information sur l'état actuel de la nappe depuis.****Pas de délimitation cartographique du site.**

Cartographie GMI :

Délimitation cartographique réalisée à partir des références cadastrales listées dans INFOSOLS et des parcelles cadastrales cartographiées. -> Problème rencontré pour délimiter le site : parcelles citées ne semblent pas correspondre à la réalité du cadastre-> interprétée à partir de l'ortho photo. **Note = 4 et tampon = 300m.**



Site 7 : 0064.00876

BOUCHES DU RHONE/MAMP - CSD la Crau/ST MARTIN DE CRAU Lieudit Les Gadoues

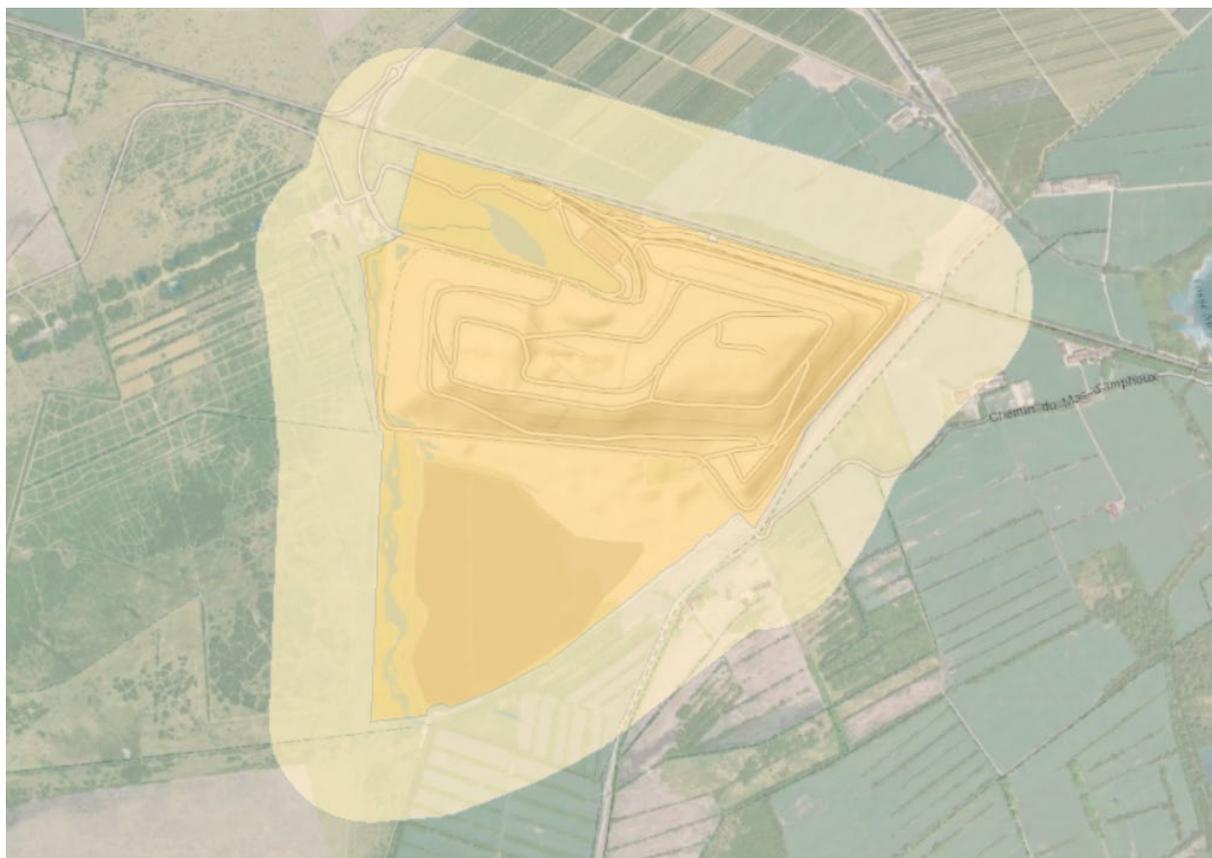
Référence INFOSOLS : Le site n'est pas répertorié. **Décharge d'ENTRESSEN** des déchets de Marseille qui a cessé ses activités en 2010 après plus de quatre-vingt ans de fonctionnement.

Pollution de la nappe. Pas d'information sur son état actuel. **Pas de délimitation cartographique du site.**

Cartographie GMI :

Délimitation cartographique réalisée à partir de l'ortho photo et World Topographic Map.

Note = 4 et tampon = 300m.



Annexe 2 Liste des MESO

Région PACA : 29 MESO à fort enjeu pour les besoins d'alimentation en eau potable

Région	Code masse d'eau	Nom de la masse d'eau (ou aquifère)	Ressources stratégiques caractérisées	Zones de sauvegarde déjà délimitées	Zones de sauvegarde à délimiter
OC/PACA	FRDG323	Alluvions du Rhône du confluent de la Durance jusqu'à Arles et Beaucaire et alluvions du Bas Gardon	X		X
PACA	FRDG104	Cailloutis de la Crau		X	
PACA	FRDG130	Calcaires urgoniens du plateau de Vaucluse et de la Montagne de Lure			X
PACA	FRDG139	Plateaux calcaires des Plans de Canjuers, de Tavernes-Vinon et Bois de Pelenq			X
PACA	FRDG163	Massif calcaire du Cheiron			X
PACA	FRDG164	Massif calcaire de Tourette-Chiers			X
PACA	FRDG165	Massif calcaire Mons-Audibergue			X
PACA	FRDG166	Massif calcaire de la Sainte-Victoire			X
PACA	FRDG167	Massifs calcaires de la Sainte-Baume, du Mont Aurélien et Agnis		X	
PACA	FRDG168	Calcaires du bassin du Beausset et du massif des Calanques			X
PACA	FRDG169	Calcaires et dolomies du Muschelkalk de l'avant-Pays provençal			X
PACA	FRDG170	Massifs calcaires jurassiques du centre Var			X
PACA	FRDG175	Massifs calcaires jurassiques des Préalpes niçoises		X	
PACA	FRDG205	Alluvions et substratum calcaire du Muschelkalk de la plaine de l'Eygoutier		X	
PACA	FRDG210	Formations variées et calcaires fuvéliens et jurassiques du bassin de l'Arc			X
PACA	FRDG226	Calcaires urgoniens sous couverture du synclinal d'Apt			X
PACA	FRDG234	Calcaires jurassiques de la région de Villeneuve-Loubet			X
PACA	FRDG244	Poudingues pliocènes de la basse vallée du Var			X
PACA	FRDG321	Alluvions du Drac amont et Séveraisse		X	
PACA	FRDG343	Alluvions du Gapeau	X		X
PACA	FRDG355	Alluvions de la Bléone		X	
PACA	FRDG357	Alluvions de la moyenne Durance		X	
PACA	FRDG359	Alluvions de la basse Durance			X
PACA	FRDG375	Alluvions de la Giscle et de la Môle		X	
PACA	FRDG376	Alluvions de l'Argens	X		X
PACA	FRDG394	Alluvions Durance amont			X
PACA	FRDG396	Alluvions de la basse vallée du Var	X		X
PACA/ARA	FRDG218	Molasses miocènes du Comtat			X
PACA/ARA/OC	FRDG382	Alluvions du Rhône du défilé de Donzère au confluent de la Durance et alluvions de la basse vallée Ardèche	X		X

Annexe 3 Liste des aquifères côtiers

BDLISA Niv3 Limite Cote Nature = 5

Thèmes

- [1] l'alluvial, comme le fossé rhéna,
- [2] le sédimentaire (bassin aquitain, bassin parisien ...),
- [3] le socle (massif armoricain, massif central ...),
- [4] les formations intensément plissées (massifs montagneux),
- [5] le volcanisme

Nature pour le niveau 3

- [5] unité aquifère,
- [6] unité semi-perméable
- [7] unité imperméable

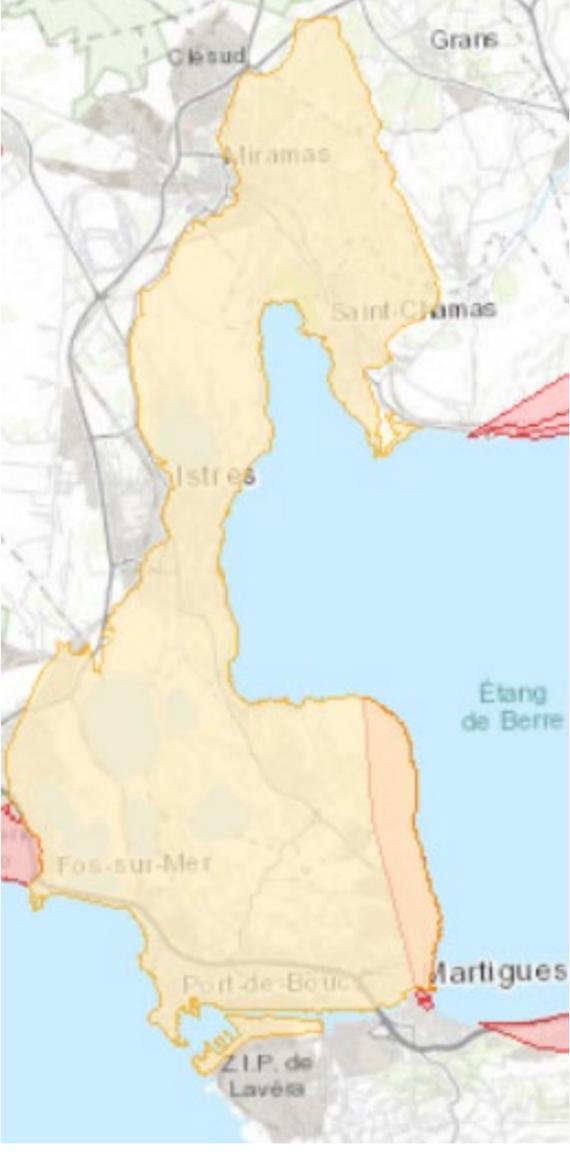
Milieu

Type de milieu	poreux [1]			fissuré [2]	fracturé [11]	karstique [3]
à double porosité	Matricielle /fissures [4]	Matricielle /fractures [7]	Matricielle / karstique [8]	Fractures et/ou fissures [6]		Karstique / fissures [5]
à triple porosité	Matricielle/fractures/karstique [9]					
Autres	Multi-milieus [10]					

Etat pour code Sandre (350) <http://id.eaufrance.fr/nsa/350>

- [0] inconnu
- [1] E.H. à nappe captive
- [2] E.H. à nappe libre
- [3] E.H. libres et captives
- [4] Alternativement libre et captive
- [5] Semi captive
- [6] Sans nappe

N° 1

Entité ordre 1	Entités ordre 2 sous-jacentes	Entités ordre 3 sous-jacentes
<p>561AE00 : Formations crétacées et tertiaires du bassin versant de la Touloubre et de l'ouest de l'étang de Berre</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 2</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>567AB00 : Calcaires jurassiques du Bassin de l'Arc</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>➤ Pas d'unité sous-jacente</p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>

N°2

Entité ordre 1

561AF00 : Cailloutis plio-quaternaires de la plaine de Crau

- Etat : 2
- Nature : 5
- Milieu : 1
- Thème : 2

Entités ordre 2 sous-jacentes

561AG00 : formations deltaïques plio-quaternaires de Camargue

- Etat : 3
- Nature : 6
- Milieu : 1
- Thème : 2

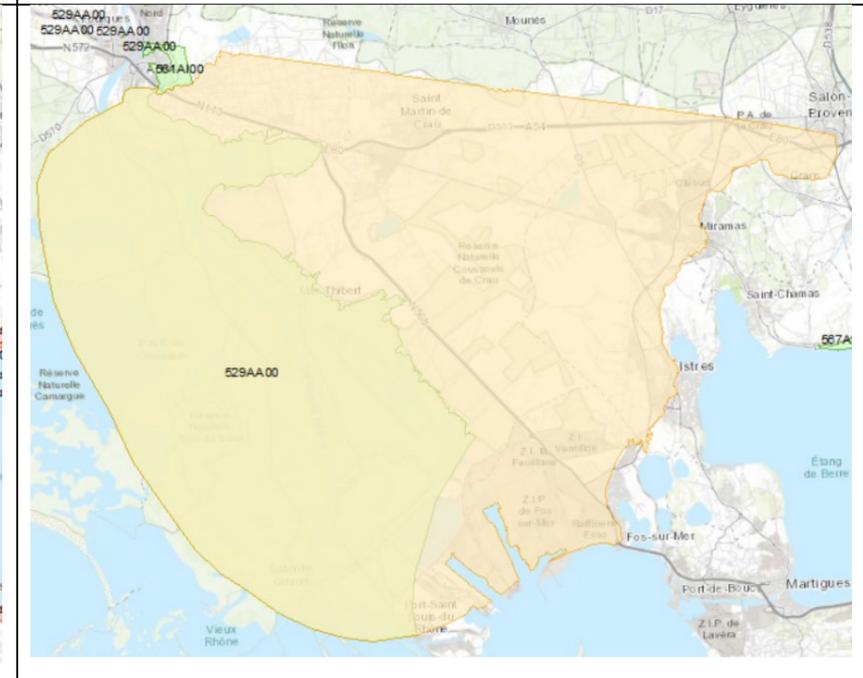
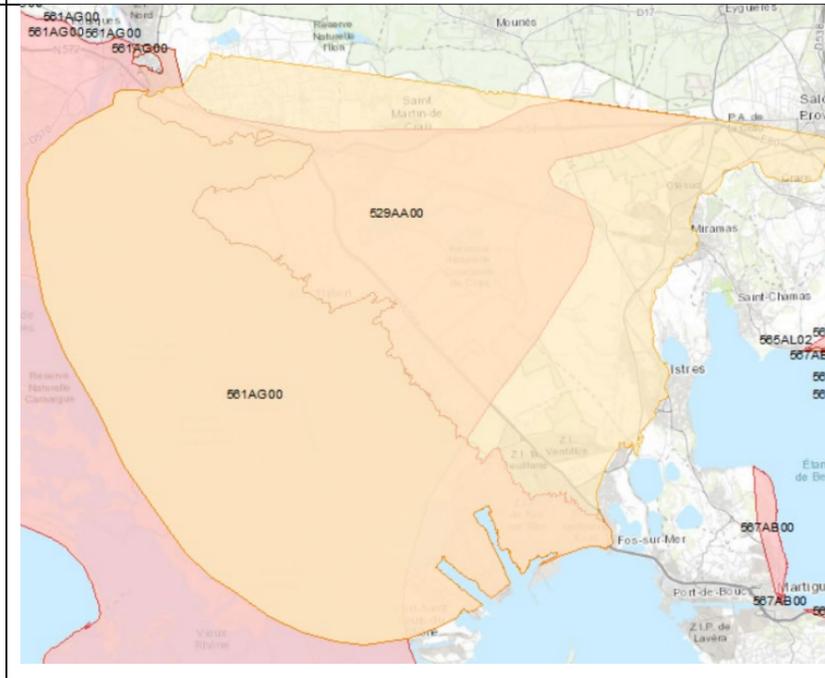
529AA00 : Argiles bleues du Pliocène inférieur de la moyenne et basse vallée du Rhône

- Etat : 1
- Nature : 7
- Milieu : 1
- Thème : 2

Entités ordre 3 sous-jacentes

529AA00 : Argiles bleues du Pliocène inférieur de la moyenne et basse vallée du Rhône

- Etat : 1
- Nature : 7
- Milieu : 1
- Thème : 2



EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau

- Pente moyenne (gradient en %) :
- Cote Z moyenne (m) :

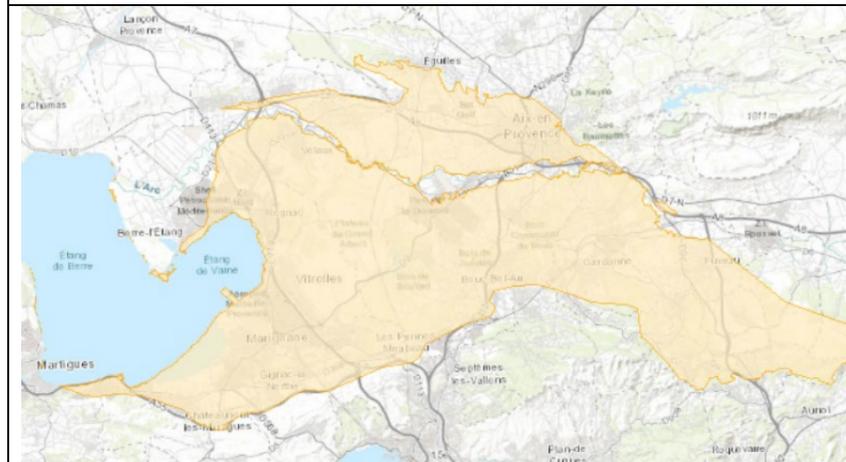
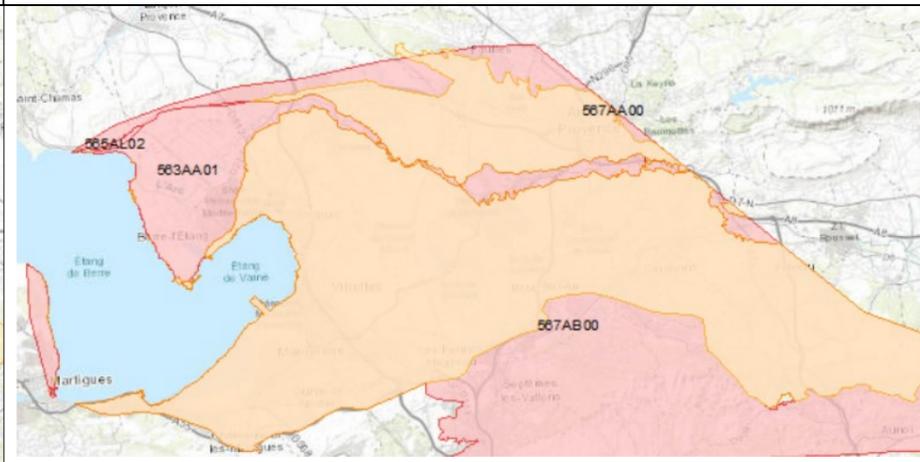
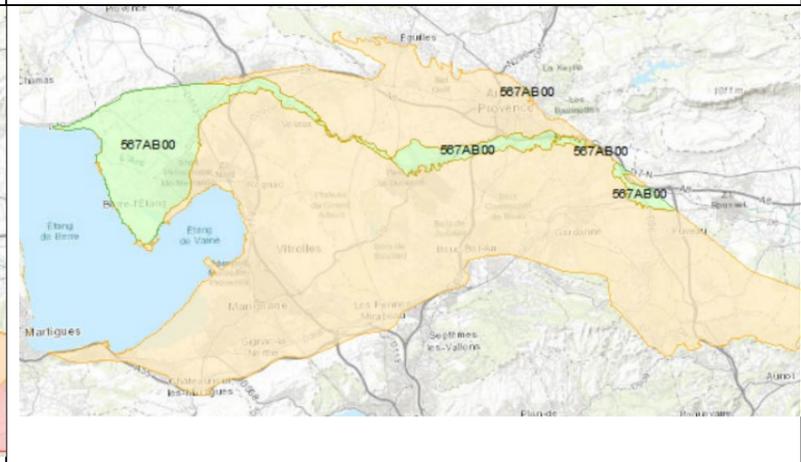
EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau

- Pente moyenne (gradient en %) :
- Cote Z moyenne (m) :

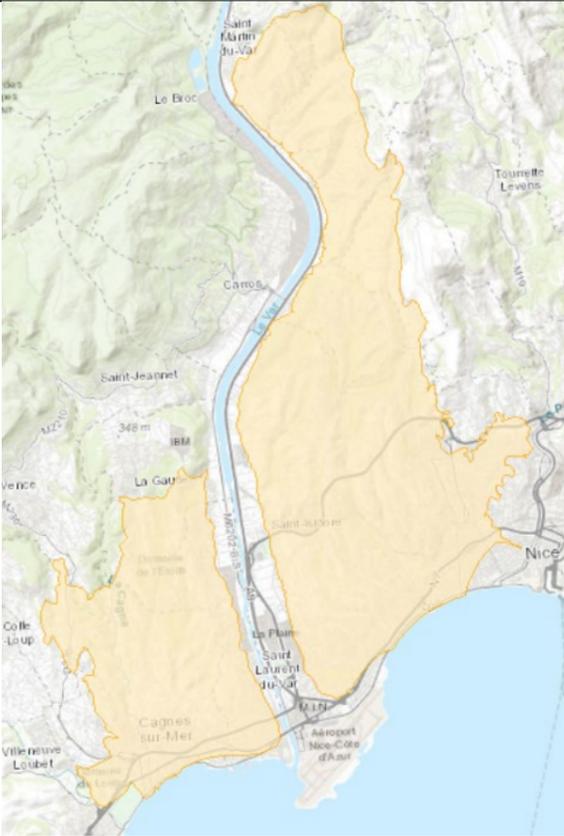
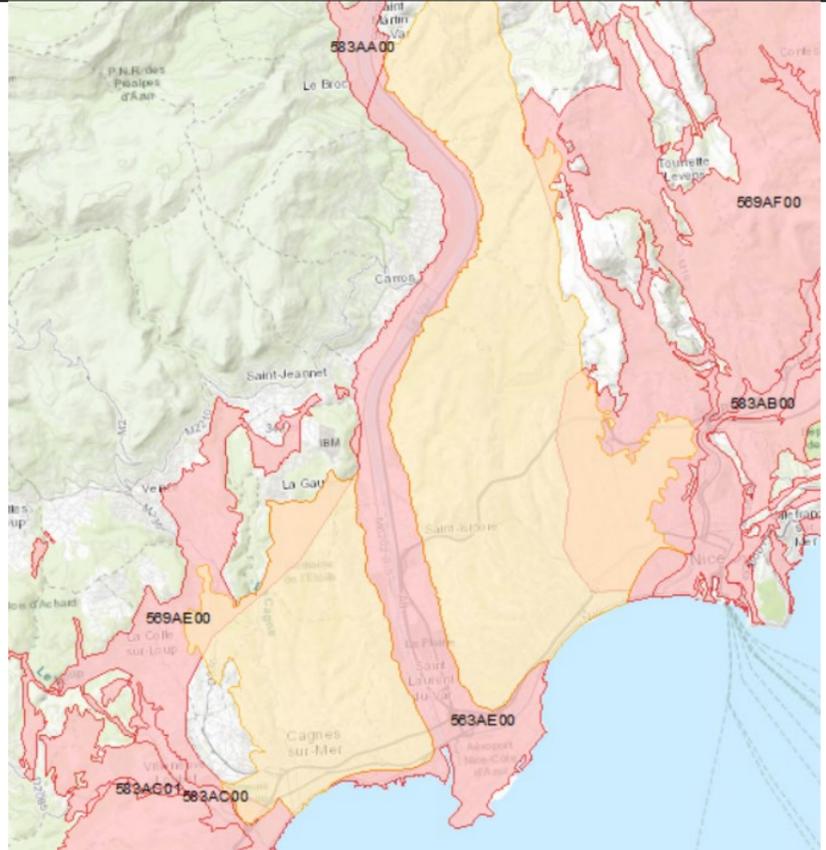
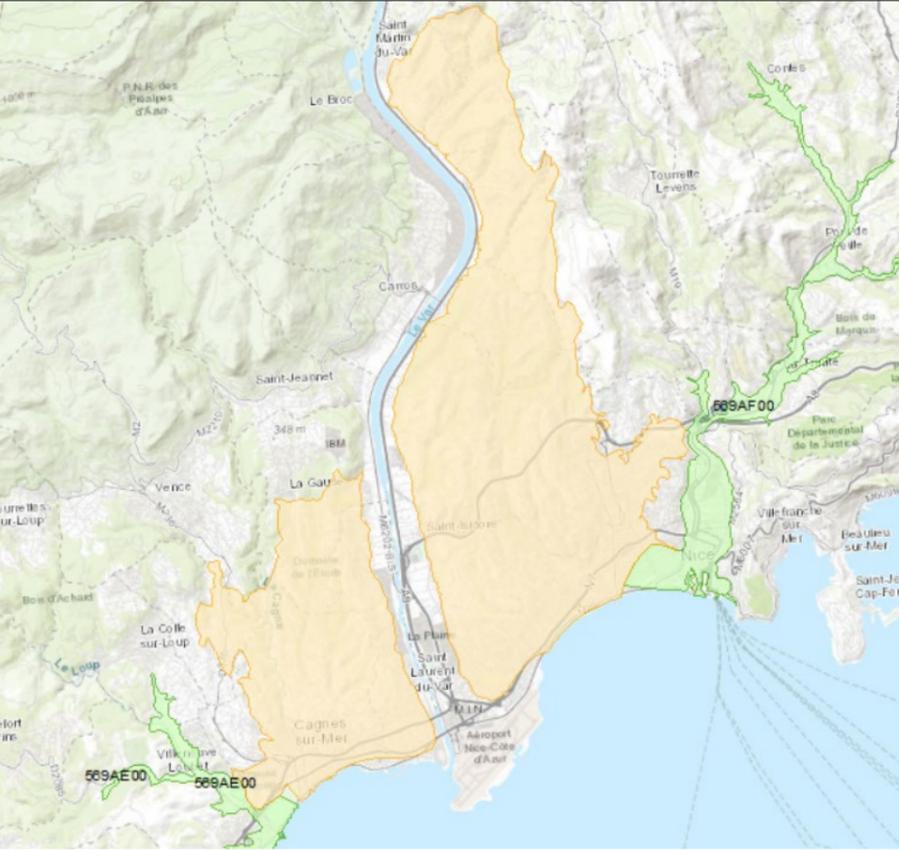
EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau

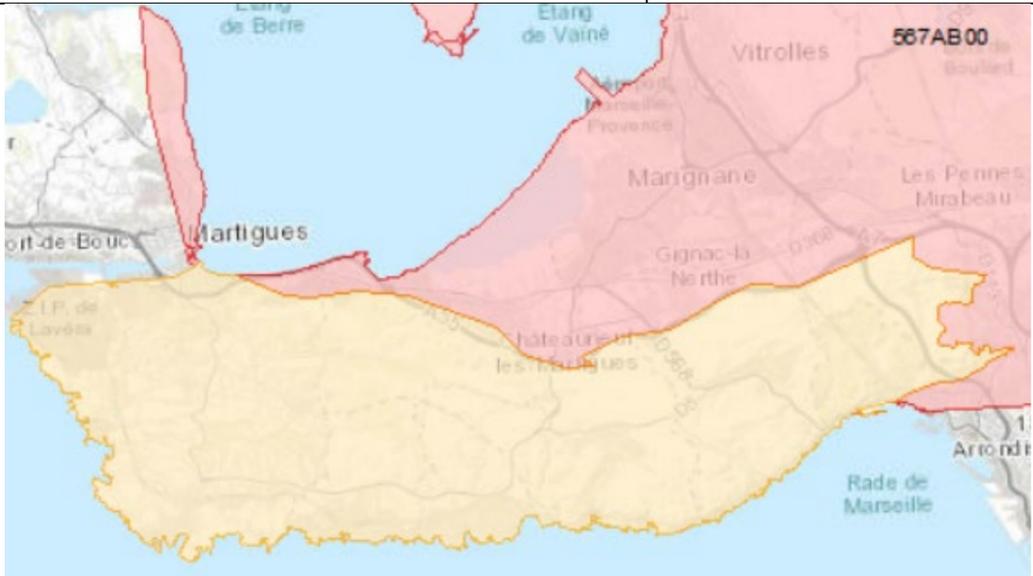
- Pente moyenne (gradient en %) :
- Cote Z moyenne (m) :

N°3

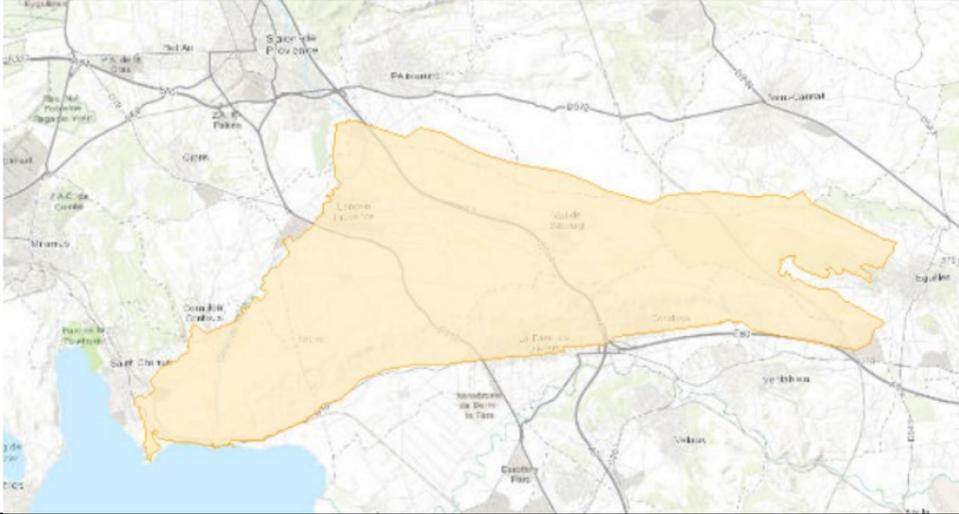
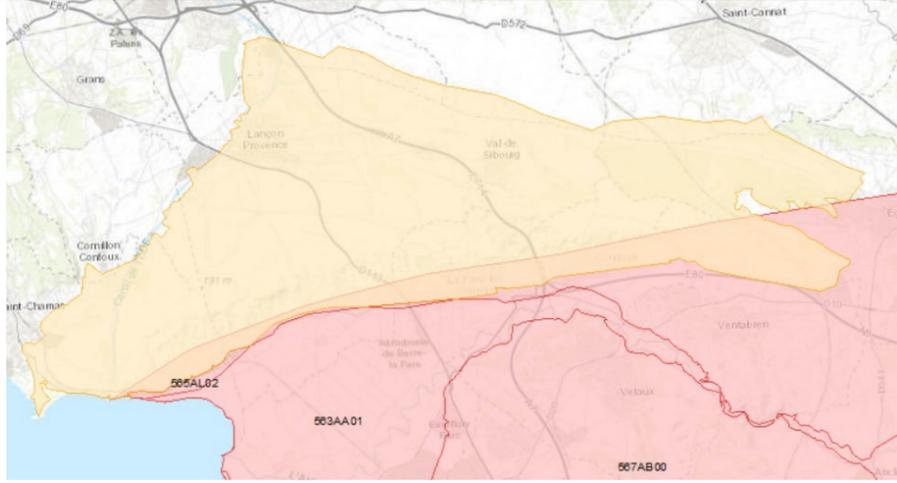
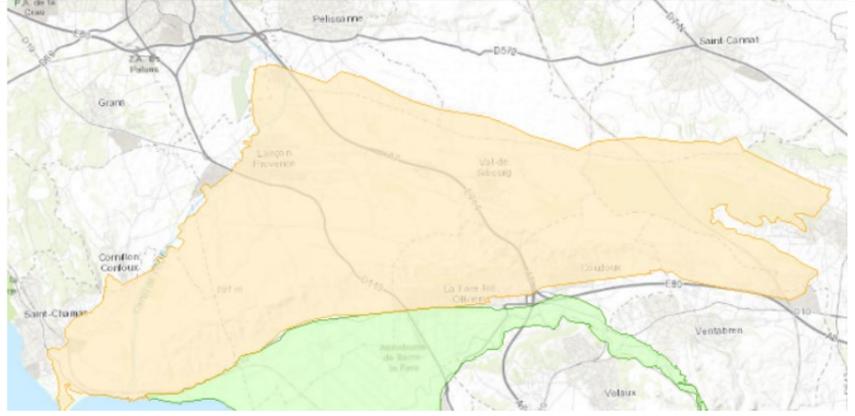
<p>Entité Ordre 1 563AA01 : Formations calcaires du Crétacé supérieur du bassin de l'Arc</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 5</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>567AB00 : Calcaires jurassiques du Bassin de l'Arc</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> <p>567AA00: Massif calcaire jurassique à crétacé de la Sainte-Victoire</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> <p>563AA01 : Formations calcaires du Crétacé supérieur du bassin de l'Arc ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 5</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités ordre 3 sous-jacentes</p> <p>➤ Pas d'unité sous-jacente -> à coté</p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>

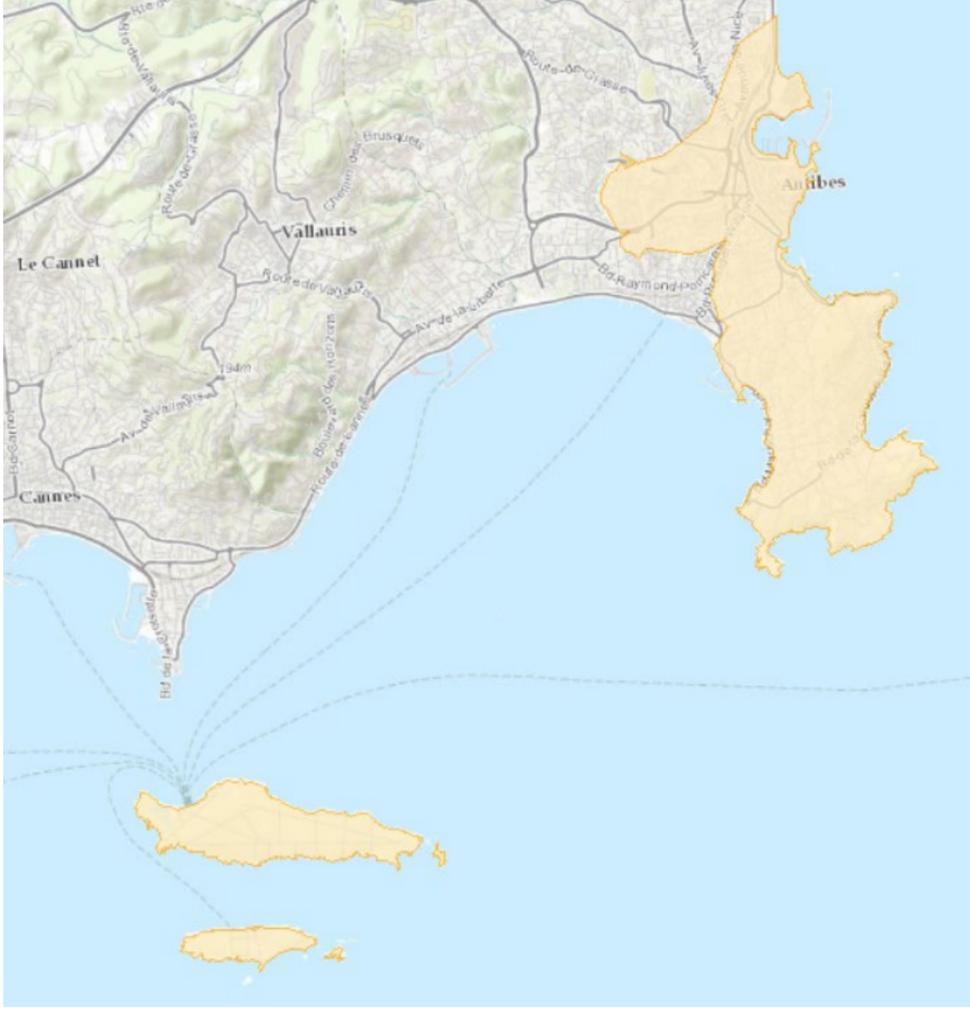
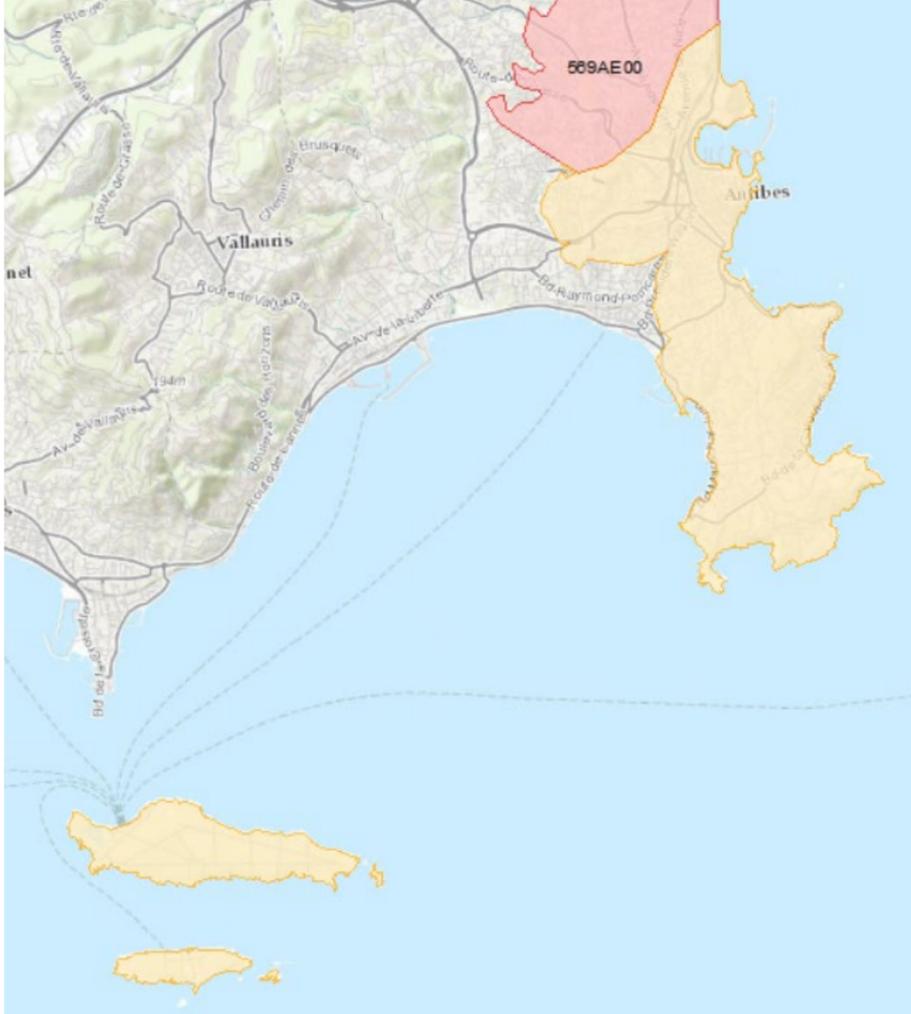
N°4

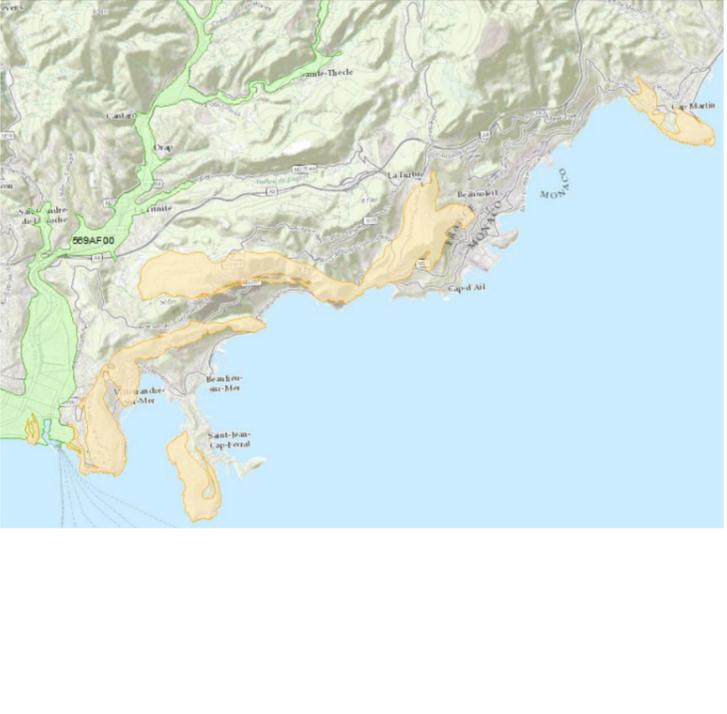
Entité Ordre 1	Entités ordre 2 sous-jacentes	Entités ordre 3 sous-jacentes
<p>563AE00: Poudingues pliocènes de la basse vallée du Var</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> • <u>Nature :5</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>569AE00 : Formations carbonatées du Jurassique de la région de Villeneuve - Loubet</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> <u>Nature :5</u> • <u>Milieu :3</u> <u>Thème : 2</u> <p>563AE00 : Poudingues pliocènes de la basse vallée du Var -> proche</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> <u>Nature :5</u> • <u>Milieu :1</u> <u>Thème : 2</u> <p>569AF00 : Formations calcaires jurassiques des Préalpes niçoises</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> <u>Thème : 2</u> <p>583AC00 Formations diverses à dominante marneuse du Crétacé au Pliocène moyen du Sud-Ouest des Alpes-Maritimes</p>	<p>➤ <u>Pas d'unité sous-jacente -> a coté</u></p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>

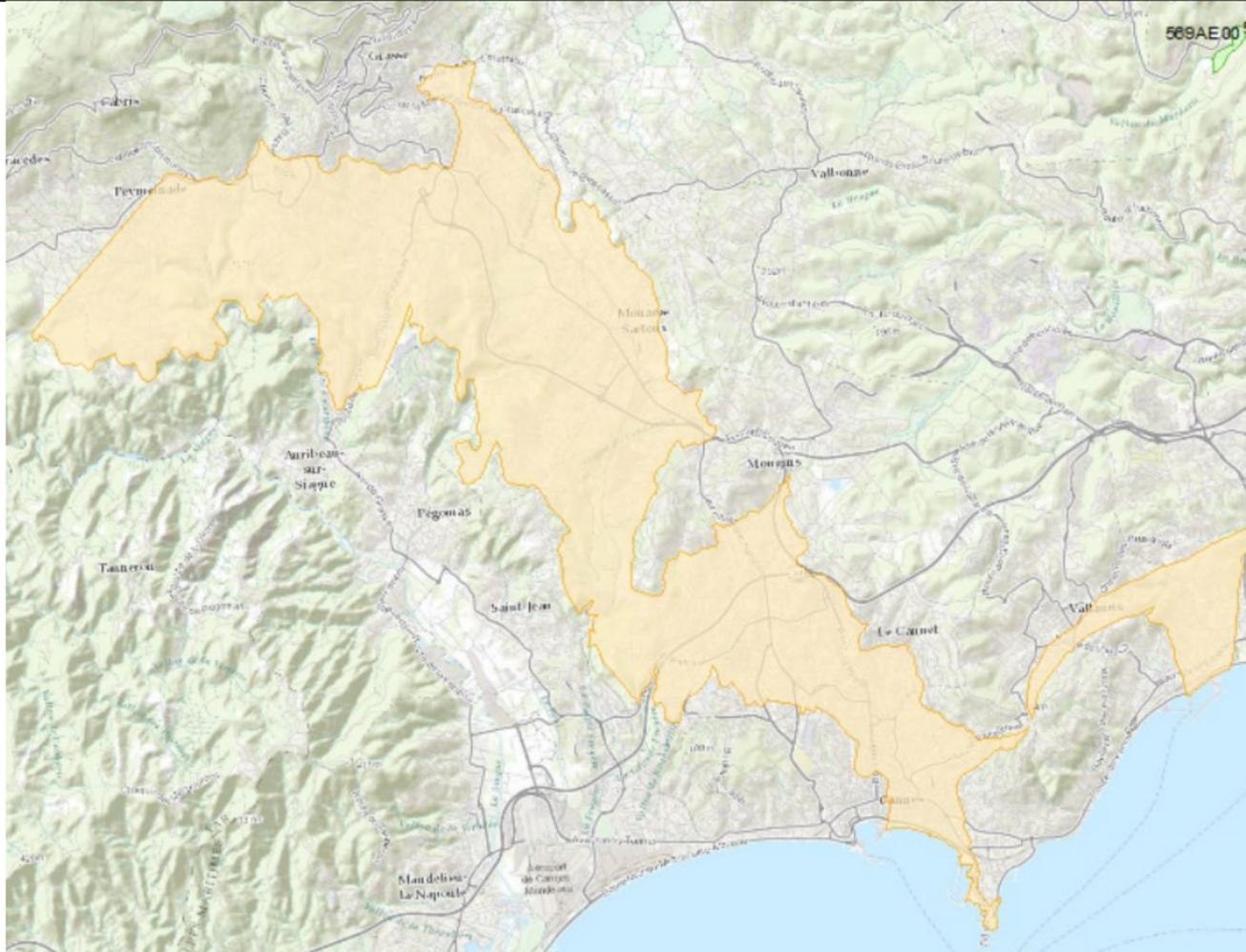
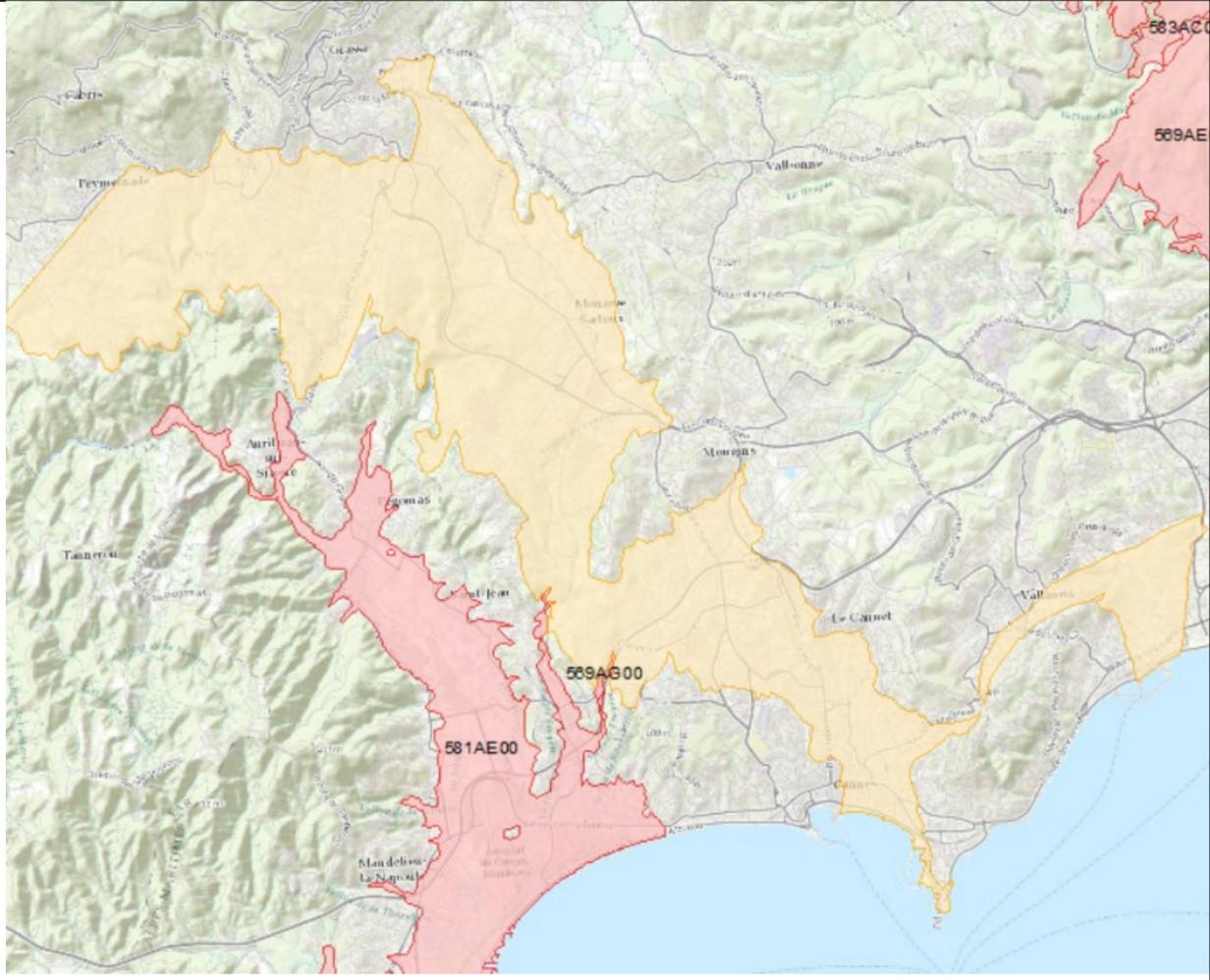
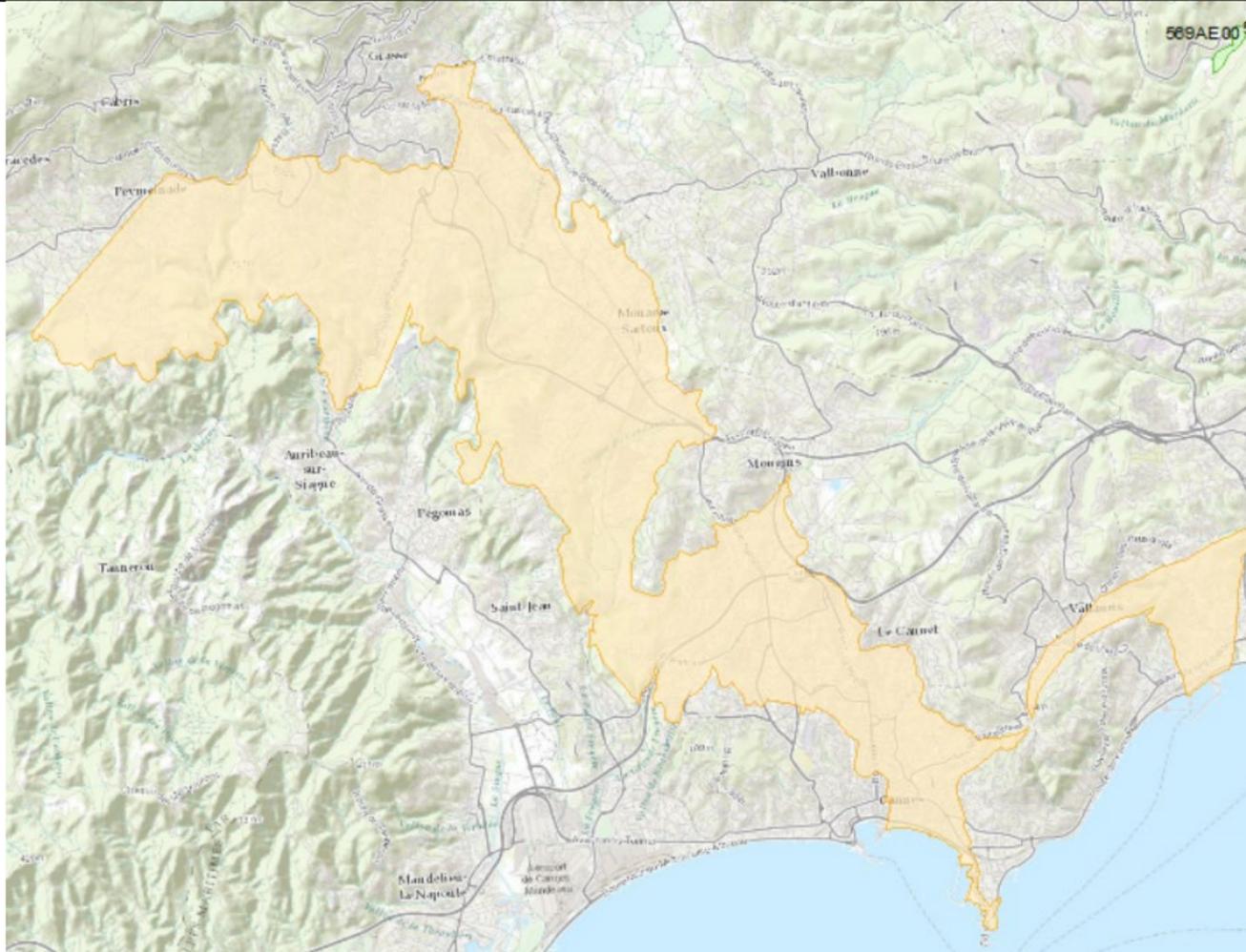
N°5		
<p>Entité Ordre 1</p> <p>565AI01 : Massifs carbonatés jurassiques et crétacés des chaînes de l'Estaque, de la Nerthe</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat</u> : 2 • <u>Nature</u> : 5 • <u>Milieu</u> : 3 • <u>Thème</u> : 2 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>➤ Pas d'unité sous-jacente -> à coté</p>	<p>Entités ordre 3 sous-jacentes</p> <p>➤ Pas d'unité sous-jacente -> à coté</p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>

N°6		
<p>Entité ordre 1</p> <p>565AJ00 : Systèmes karstiques des Calanques entre Marseille et Cassis</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 1 (nappe captive) -> pertinent ?</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>➤ Pas d'unité sous-jacente -> à coté</p>	<p>Entités ordre 3 sous-jacentes</p> <p>➤ Pas d'unité sous-jacente</p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>

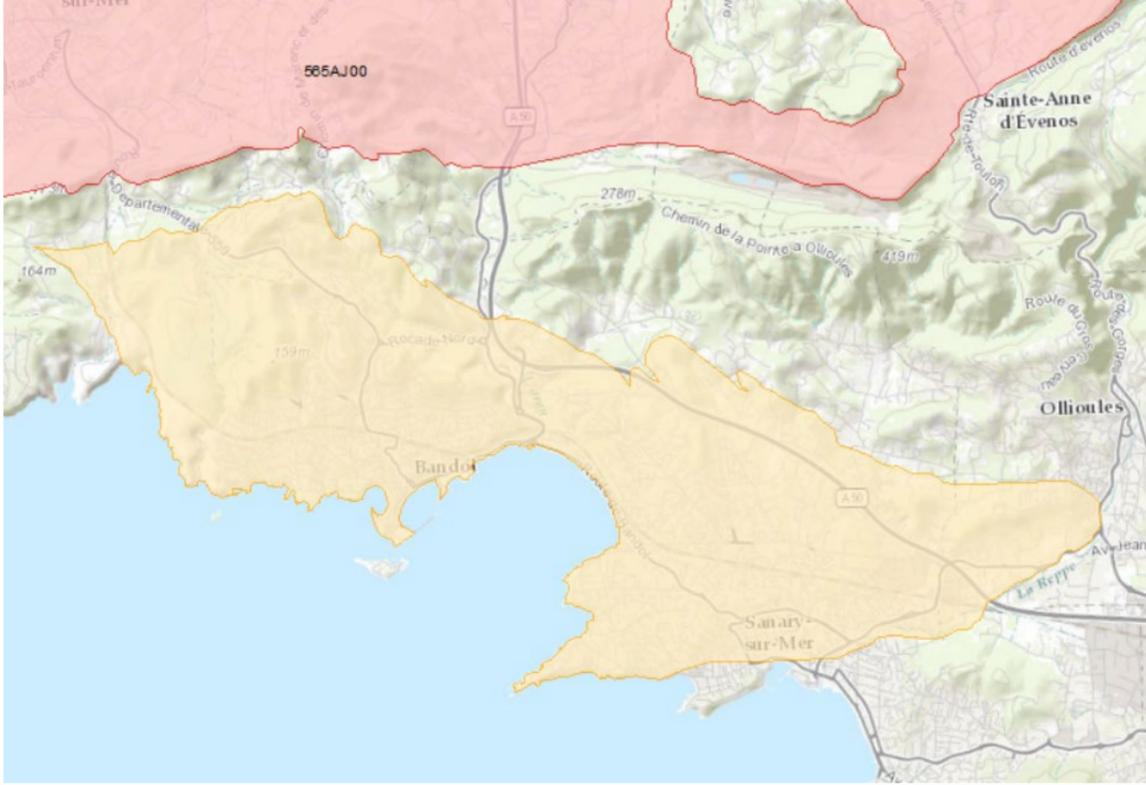
N°7		
<p>Entité Ordre 1</p> <p>565AL02 : Massifs calcaires crétacés de la Barben et de la Fare</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>567AB00 : Calcaires jurassiques du Bassin de l'Arc</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités ordre 3 sous-jacentes</p> <p>➤ <u>Sans objet -> a coté</u></p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>

N°8		
<p>Entité Ordre 1</p> <p>569AE00 : Formations carbonatées du Jurassique de la région de Villeneuve - Loubet</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat</u> : 2 • <u>Nature</u> : 5 • <u>Milieu</u> : 3 • <u>Thème</u> : 2 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>➤ <u>Pas d'unité sous-jacente -> a coté</u></p>	<p>Entités ordre 3 sous-jacentes</p> <p>➤ <u>Pas d'unité sous-jacente</u></p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ <u>Sans objet</u></p>	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ <u>Sans objet</u></p>

N°9		
<p>Entité Ordre 1</p> <p>569AF00 : NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Formations calcaires jurassiques des Préalpes niçoises</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Pas d'unité sous-jacente -> a coté</u> 	<p>Entités ordre 3 sous-jacentes</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Pas d'unité sous-jacente -> a coté</u>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Sans objet</u> 	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Sans objet</u>

N°10		
<p>Entité Ordre 1</p> <p>569AG00 : Formations carbonatées du Muschelkalk du sud-ouest des Alpes-Maritimes</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat</u> : 2 • <u>Nature</u> : 5 • <u>Milieu</u> : 3 • <u>Thème</u> : 2 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>➤ <u>Pas d'unité sous-jacente -> a coté</u></p>	<p>Entités ordre 3 sous-jacentes</p> <p>➤ <u>Pas d'unité sous-jacente</u></p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ <u>Sans objet</u></p>	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ <u>Sans objet</u></p>

N°11		
<p>Entité Ordre 1</p> <p>573AF01 : Calcaires et dolomies muschelkalk de la bordure sud de la plaine de l'Eygoutier</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Pas d'unité sous-jacente -> a coté</u> 	<p>Entités ordre 3 sous-jacentes</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Pas d'unité sous-jacente</u>
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Sans objet</u> 	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Sans objet</u>

N°12		
<p>Entité Ordre 1</p> <p>573AF02 : Calcaires liasiques du synclinal de Bandol</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Pas d'unité sous-jacente -> a coté</u> 	<p>Entités ordre 3 sous-jacentes</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Pas d'unité sous-jacente</u>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sans objet 	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sans objet

N°13

Entité Ordre 1

719GA01 : Alluvions des îles d'Hyères - Porquerolles

- Etat : 2
- Nature : 5
- Milieu : 1
- Thème : 1

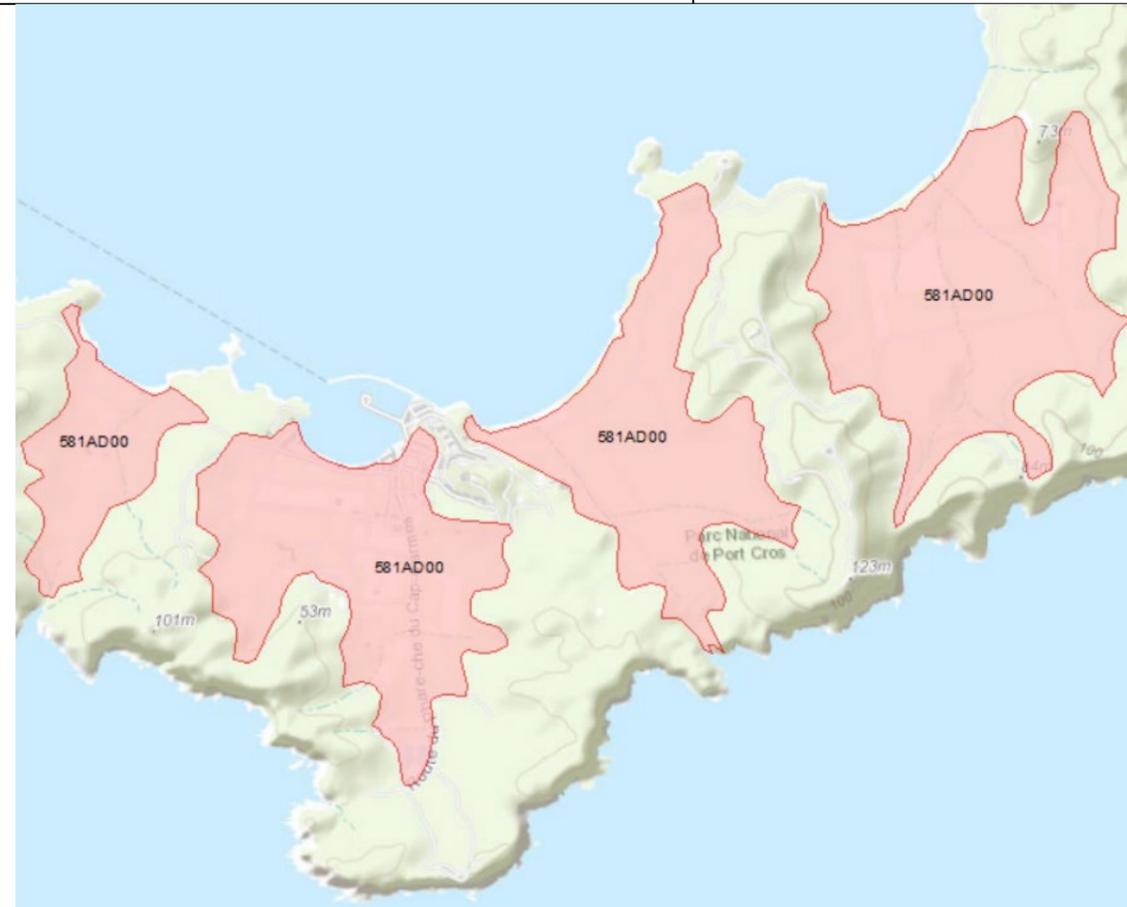
Entités ordre 2 sous-jacentes

581AD00 : Formations métamorphiques primaires des îles d'Hyères

- Etat : 2
- Nature : 7
- Milieu : 2
- Thème : 3

Entités ordre 3 sous-jacentes

➤ Pas d'unité sous-jacente



EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau

- Pente moyenne (gradient en %) :
- Cote Z moyenne (m) :

EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau

- Pente moyenne (gradient en %) :
- Cote Z moyenne (m) :

EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau

➤ Sans objet

<p>Entité Ordre 1</p> <p>719EA05 : Alluvions récentes de l'Huveaune</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 1</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>565AJ00 : Systèmes karstiques des Calanques entre Marseille et Cassis</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 1</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> <p>563AB00 : Formations détritiques à dominante oligocène du bassin de Marseille</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> • <u>Nature : 6</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 2</u> <p>565AI03 : Massifs carbonatés jurassiques et crétacés du massif du Garlaban</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités Ordre 3 sous-jacentes</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pas d'entité sous-jacente
<p><u>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p><u>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p><u>EH Ordre3 :</u> <u>Estimation du niveau d'eau</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sans objet

N°14

Entité Ordre 1

719EA03 : Alluvions récentes du Gapeau

- Etat : 2
- Nature : 5
- Milieu : 1
- Thème : 1

Entités ordre 2 sous-jacentes

573AF00 : Formations anté-carbonifères à liasiques de la région de Toulon - Bassins versants du Grand Vallat, de la Reppe et du Las et Mont des Oiseaux

- Etat : 2
- Nature : 7
- Milieu : 2
- Thème : 4

581AA00 : Phyllades anté-carbonifères du Massif des Maures - bassin versant du Gapeau

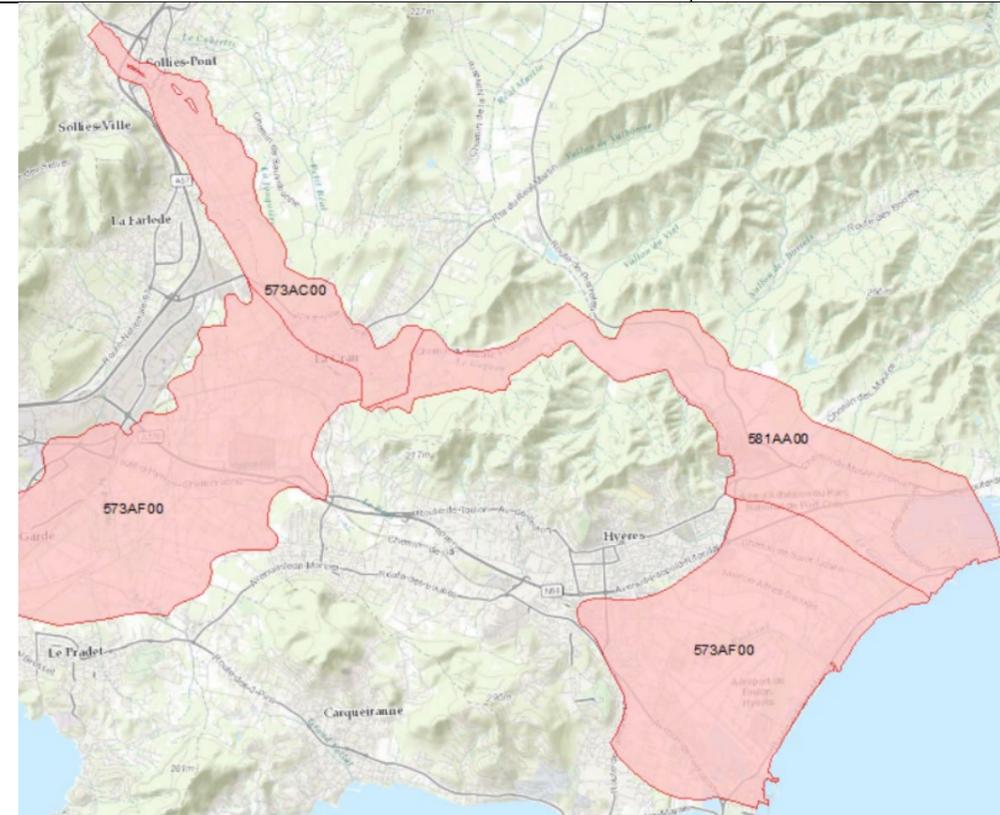
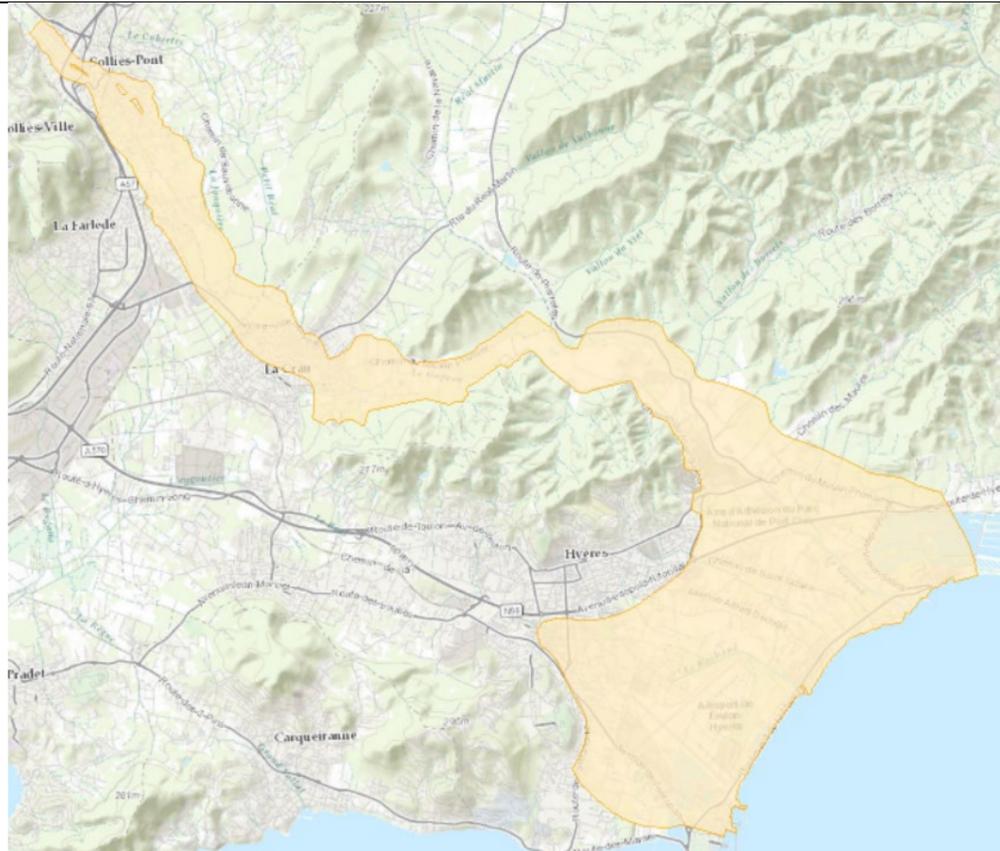
- Etat : 2
- Nature : 7
- Milieu : 2
- Thème : 3

573AC00 : Grès et pélites du Trias inférieur et du Permien du bassin versant du Gapeau

- Etat : 2
- Nature : 7
- Milieu : 2
- Thème : 4

Entités Ordre 3 sous-jacentes

- Pas d'entité sous-jacente



EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau

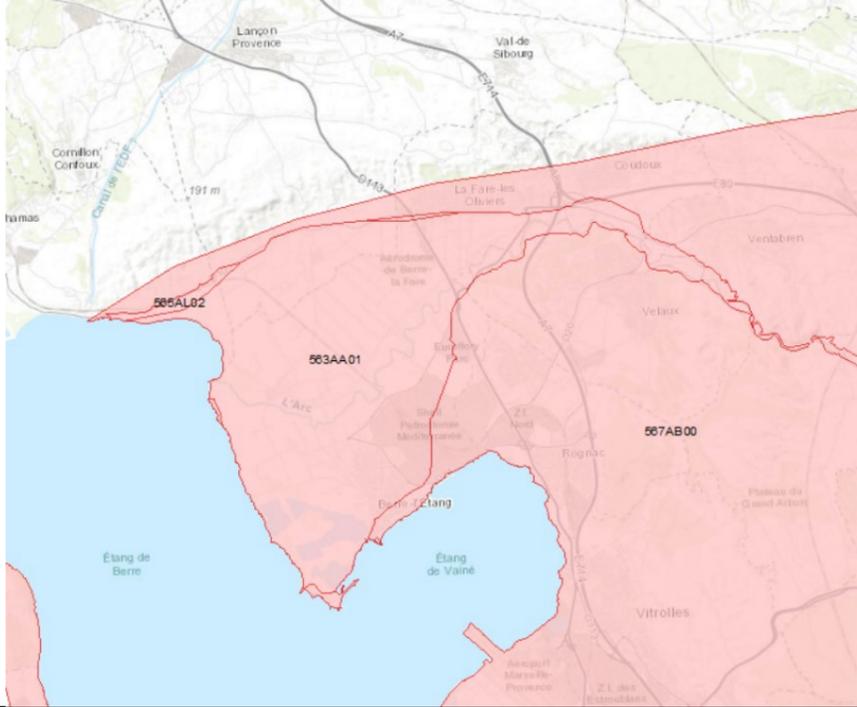
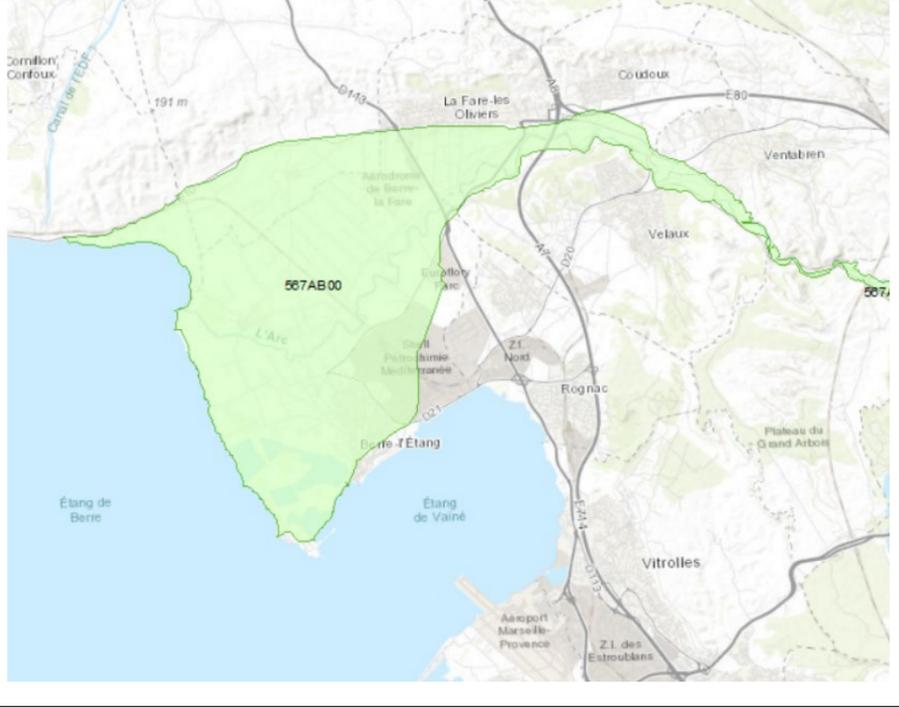
- Pente moyenne (gradient en %) :
- Cote Z moyenne (m) :

EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau

- Sans objet (car entités imperméables) ?

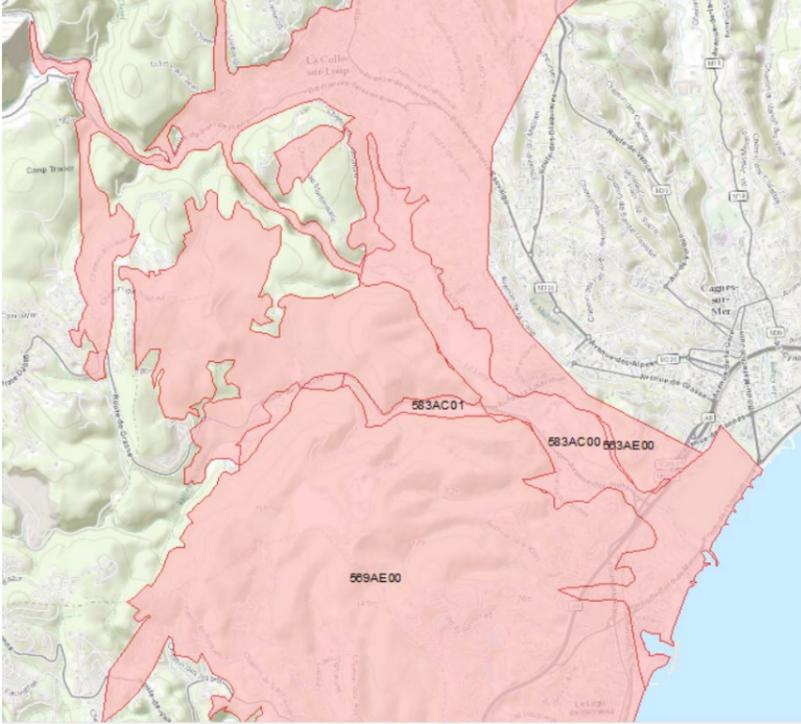
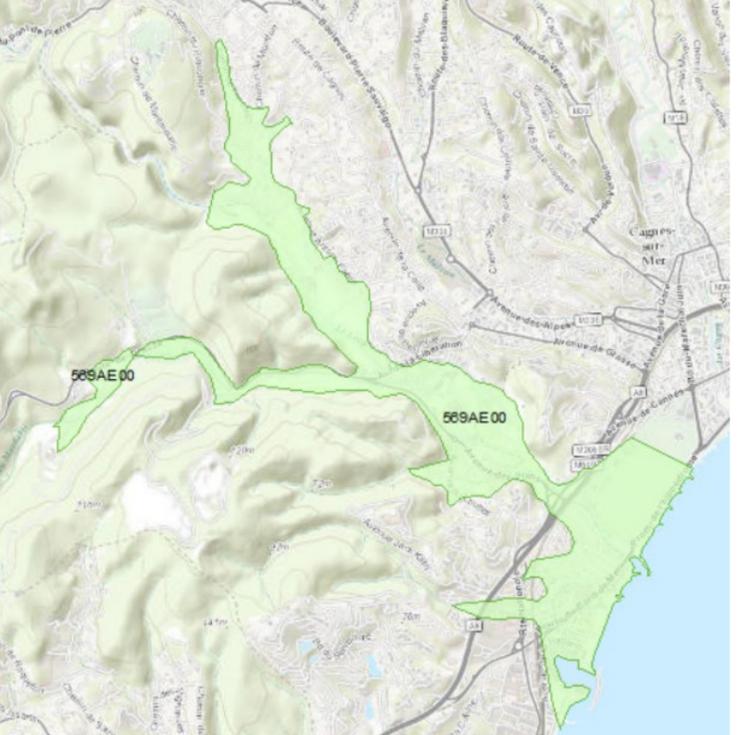
EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau

- Sans objet

N°15		
<p>Entité Ordre 1</p> <p>719EA01 : Alluvions récentes de l'Arc</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 1</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>563AA01 : Formations calcaires du Crétacé supérieur du bassin de l'Arc</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 5</u> • <u>Thème : 2</u> 	<p>Entités Ordre 3 sous-jacentes</p> <p>567AB00 : NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Calcaires jurassiques du Bassin de l'Arc</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u>
		
<p><u>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p><u>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p><u>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) :

N°16

N°17

<p>Entité Ordre 1</p> <p>719CA07 : Alluvions récentes du Loup</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 1</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>583AC00 : Formations diverses à dominante marneuse du Crétacé au Pliocène moyen du Sud-Ouest des Alpes-Maritimes</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> • <u>Nature : 7</u> • <u>Milieu : 4</u> • <u>Thème : 2</u> <p>563AE00 : NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Poudingues pliocènes de la basse vallée du Var</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 2</u> <p>583AC01 : Formations andésitiques oligocènes du secteur des Aspres</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 2</u> • <u>Thème : 5</u> 	<p>Entités Ordre 3 sous-jacentes</p> <p>569AE00 : Formations carbonatées du Jurassique de la région de Villeneuve – Loubet</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : <p>583AC00 : Sans objet (car entités imperméables) ?</p> <p>563AE00 et 583AC01 : pertinent ?</p>	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) :

N°18

Entité Ordre 1

719CA05 : Alluvions récentes de la Siagne (secteur de Pégomas)

- Etat : 2
- Nature : 5
- Milieu : 1
- Thème : 1

Entités ordre 2 sous-jacentes

581AE00 : Formations cristallines et volcaniques primaires des massifs de l'Estérel et du Tanneron

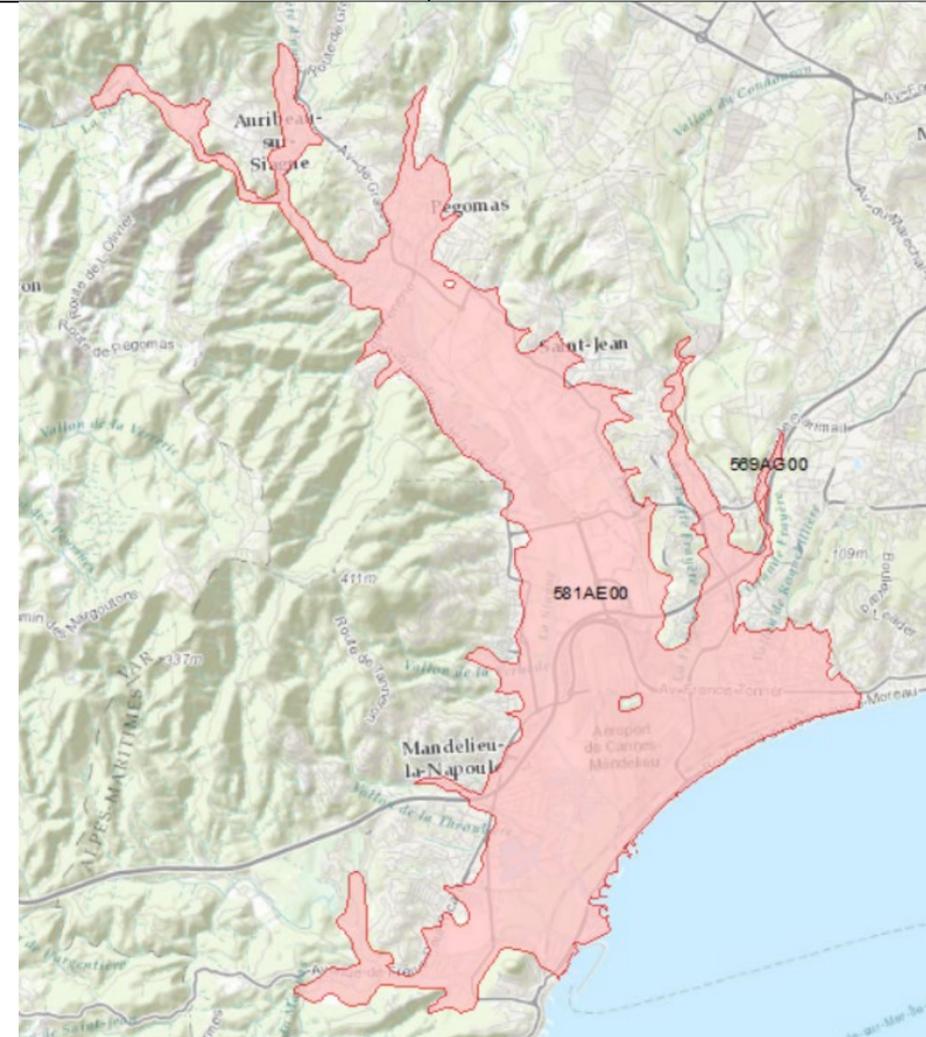
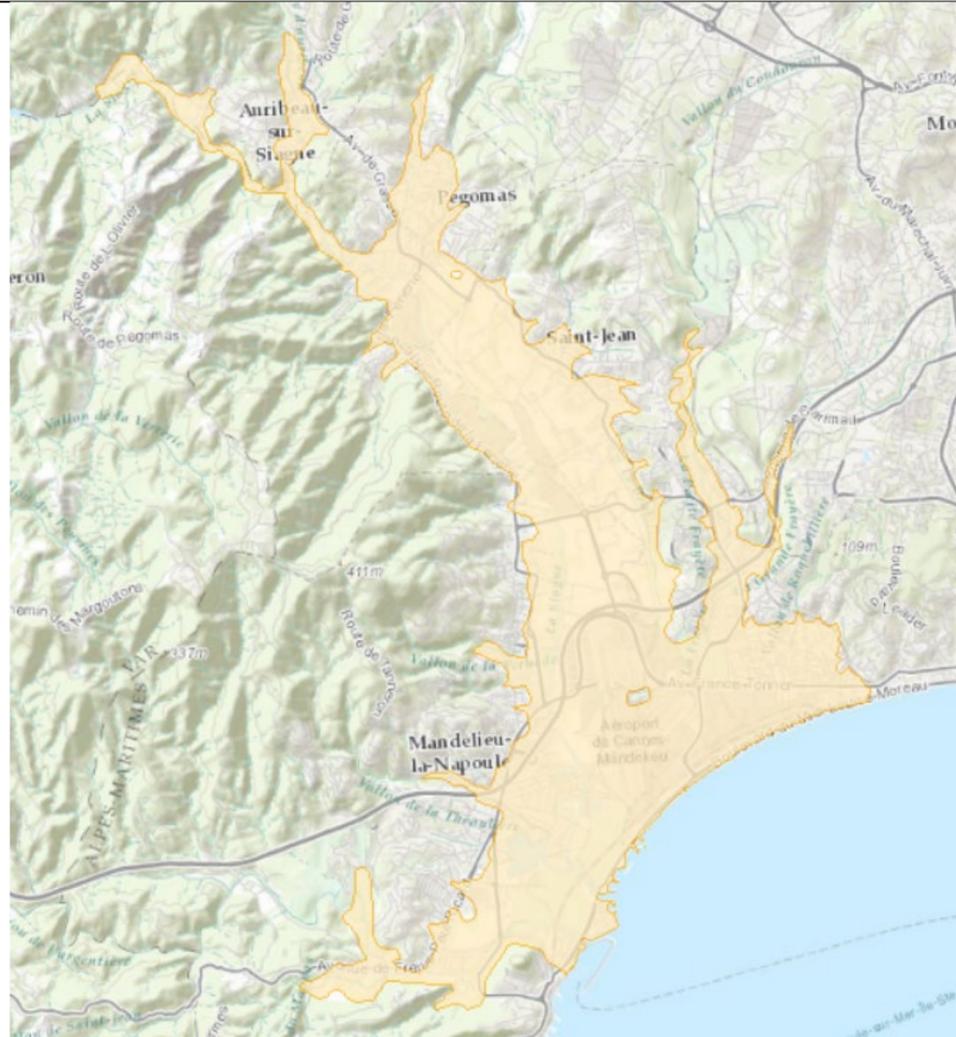
- Etat : 2
- Nature : 7
- Milieu : 2
- Thème : 3

569AG00 : Formations carbonatées du Muschelkalk du sud-ouest des Alpes-Maritimes

- Etat : 2
- Nature : 5
- Milieu : 3
- Thème : 2

Entités Ordre 3 sous-jacentes

➤ Pas d'entité sous-jacente



EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau

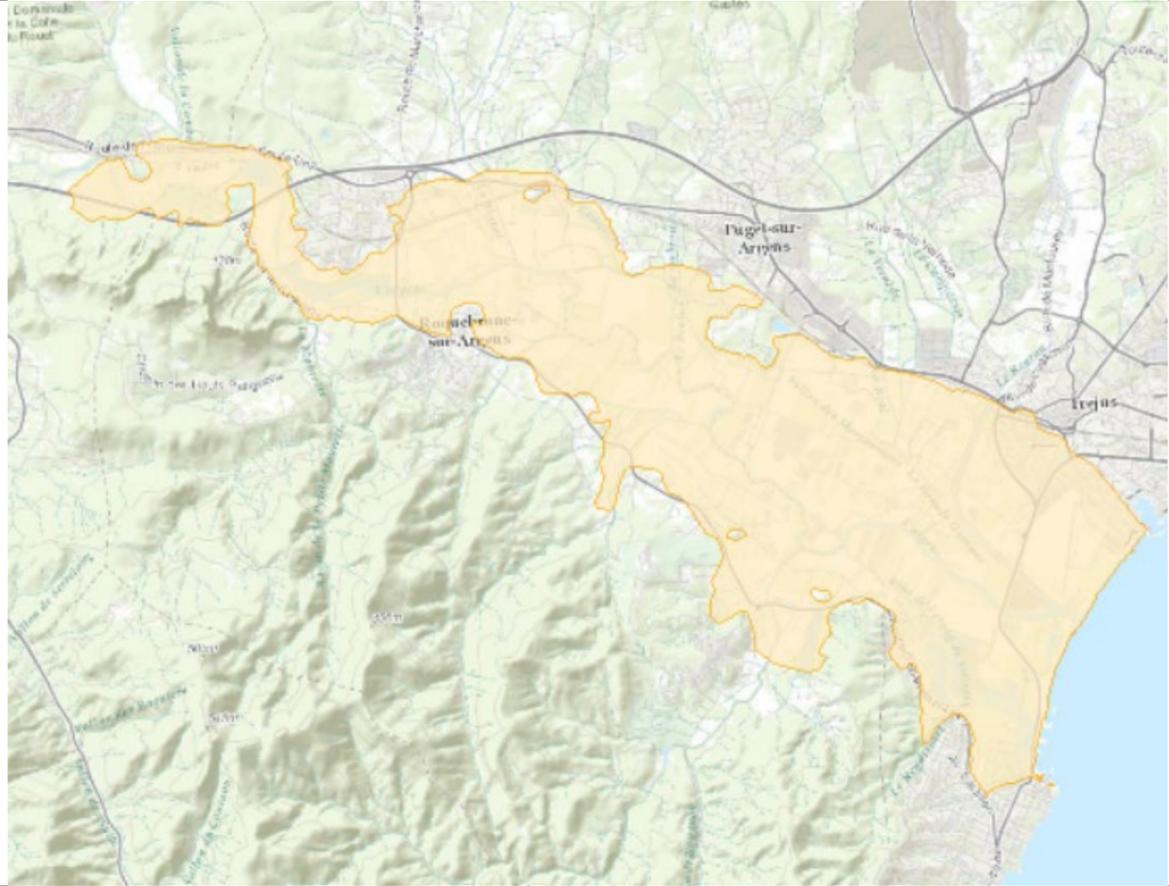
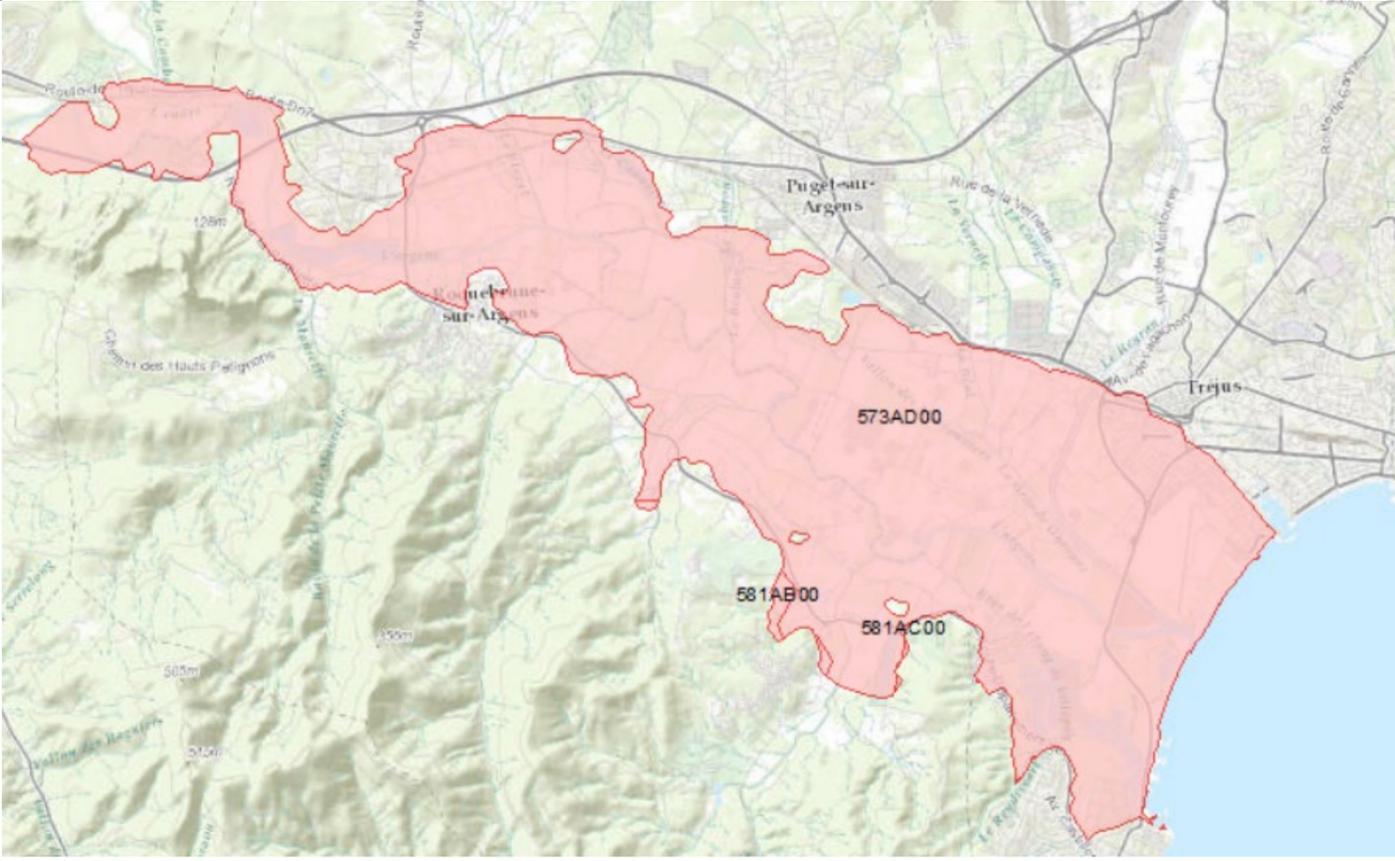
- Pente moyenne (gradient en %) :
- Cote Z moyenne (m) :

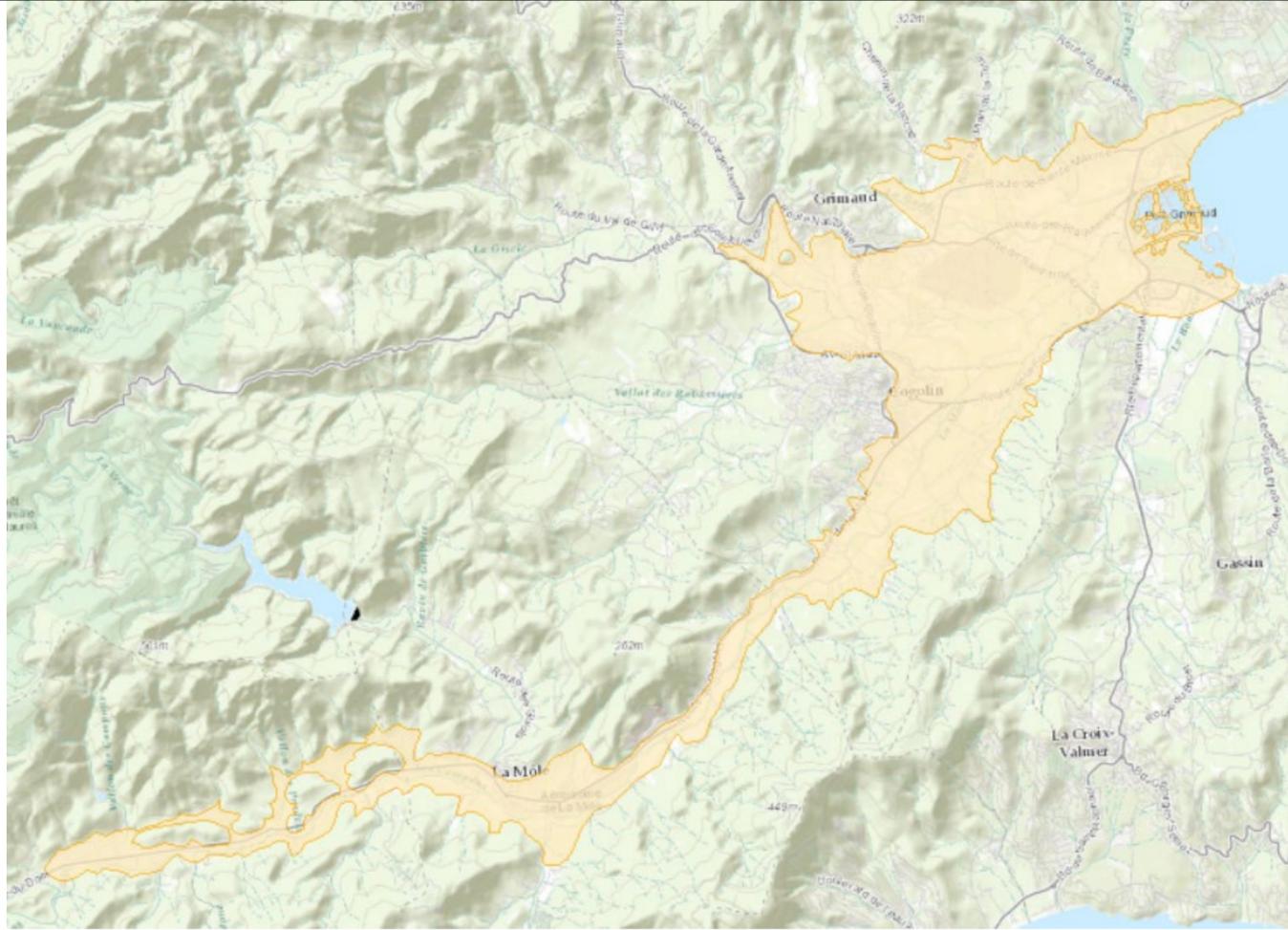
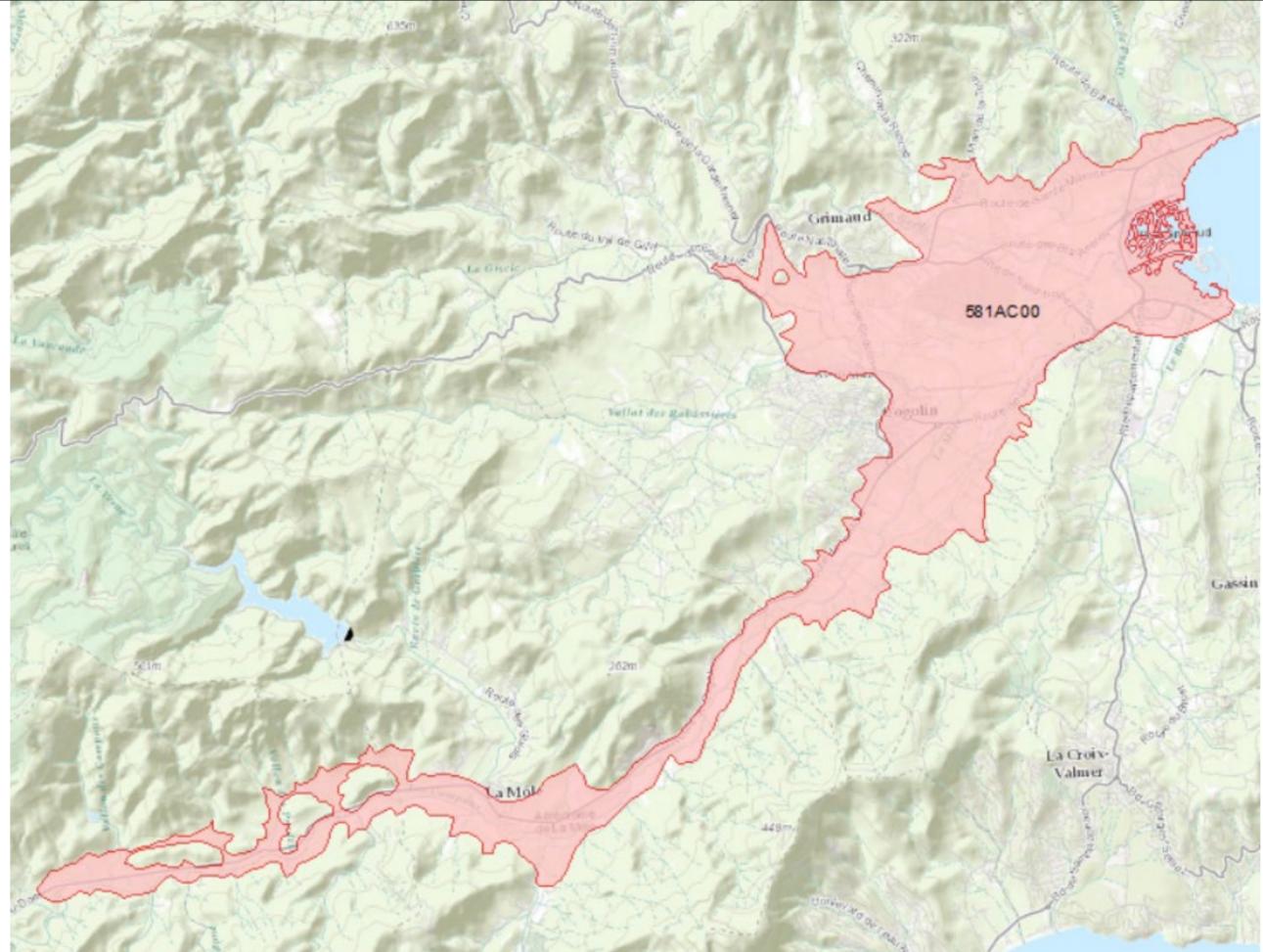
EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau

- Pente moyenne (gradient en %) :
- Cote Z moyenne (m) :

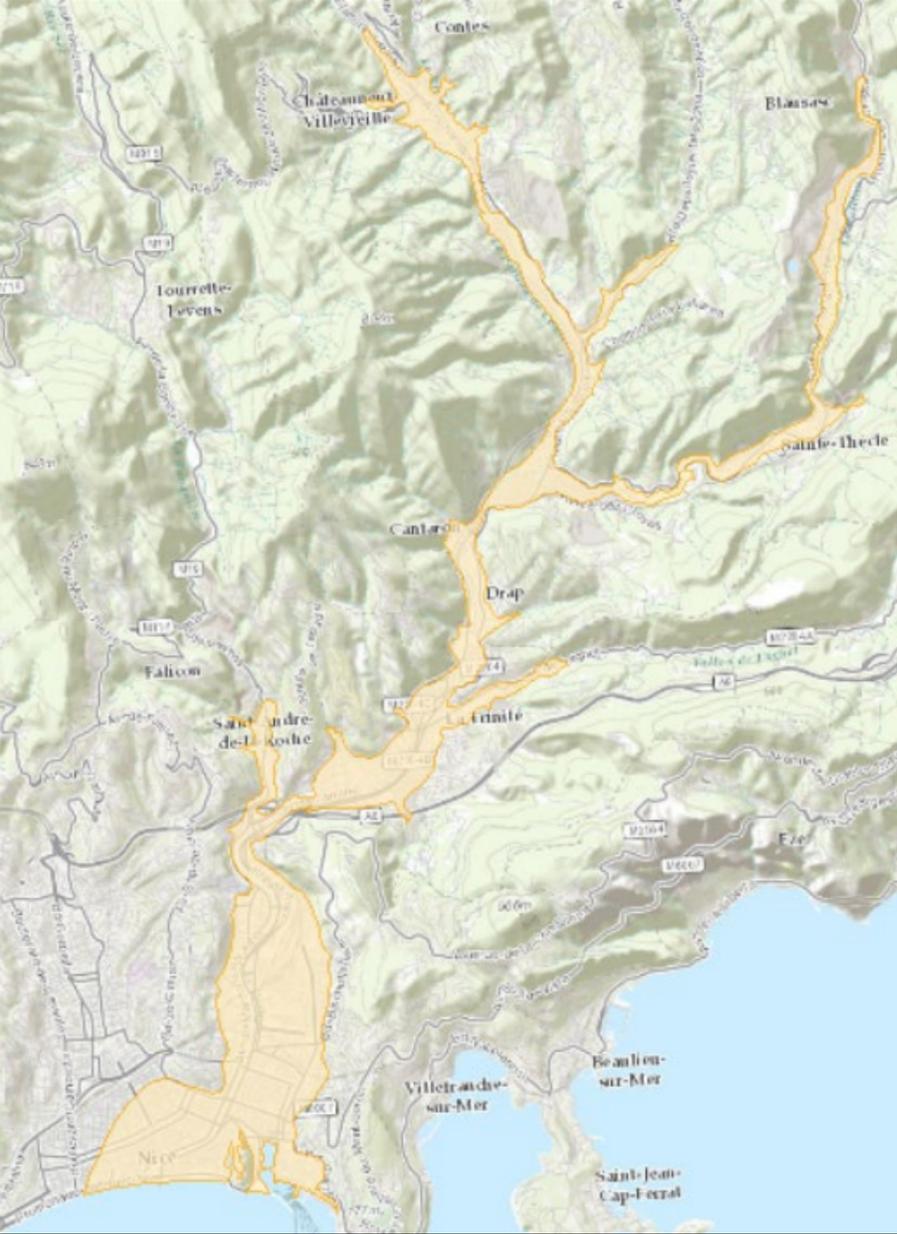
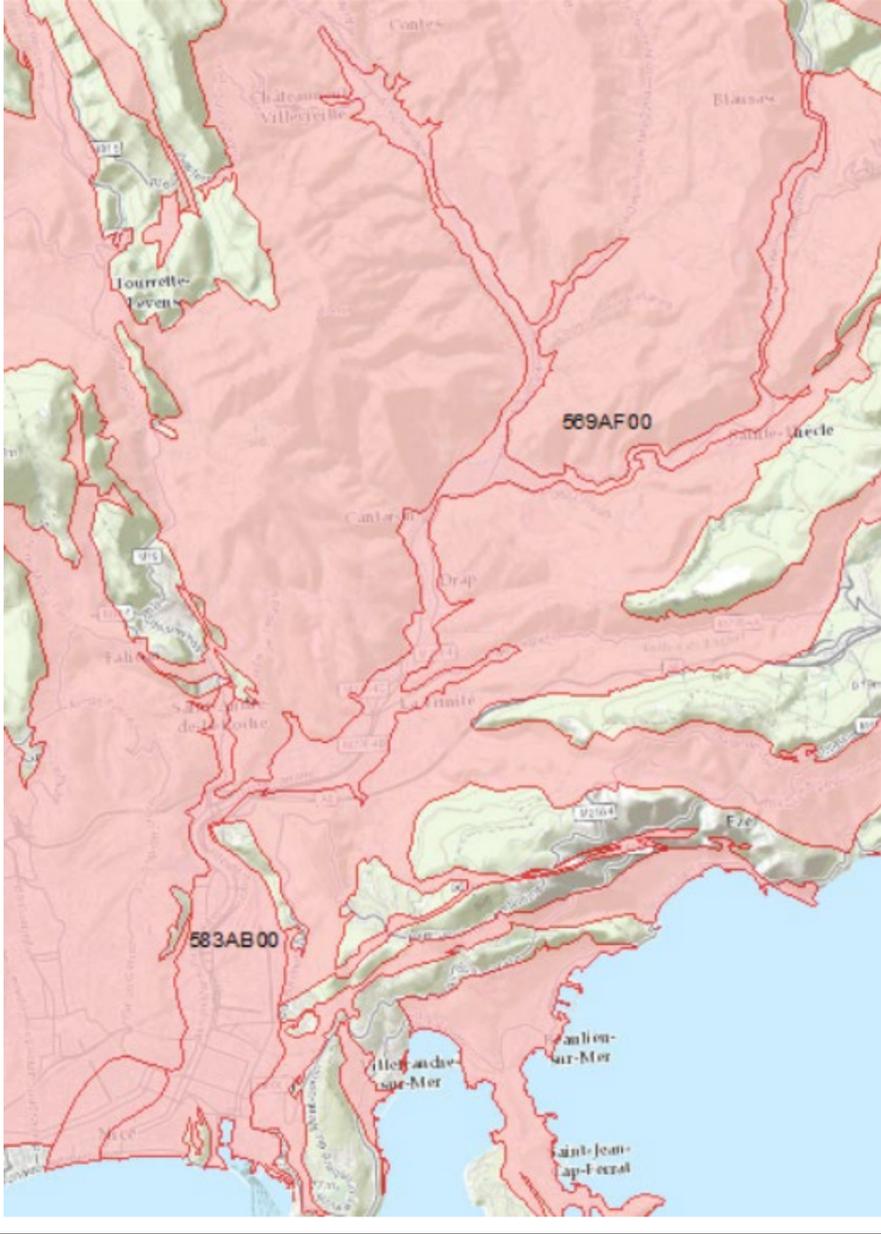
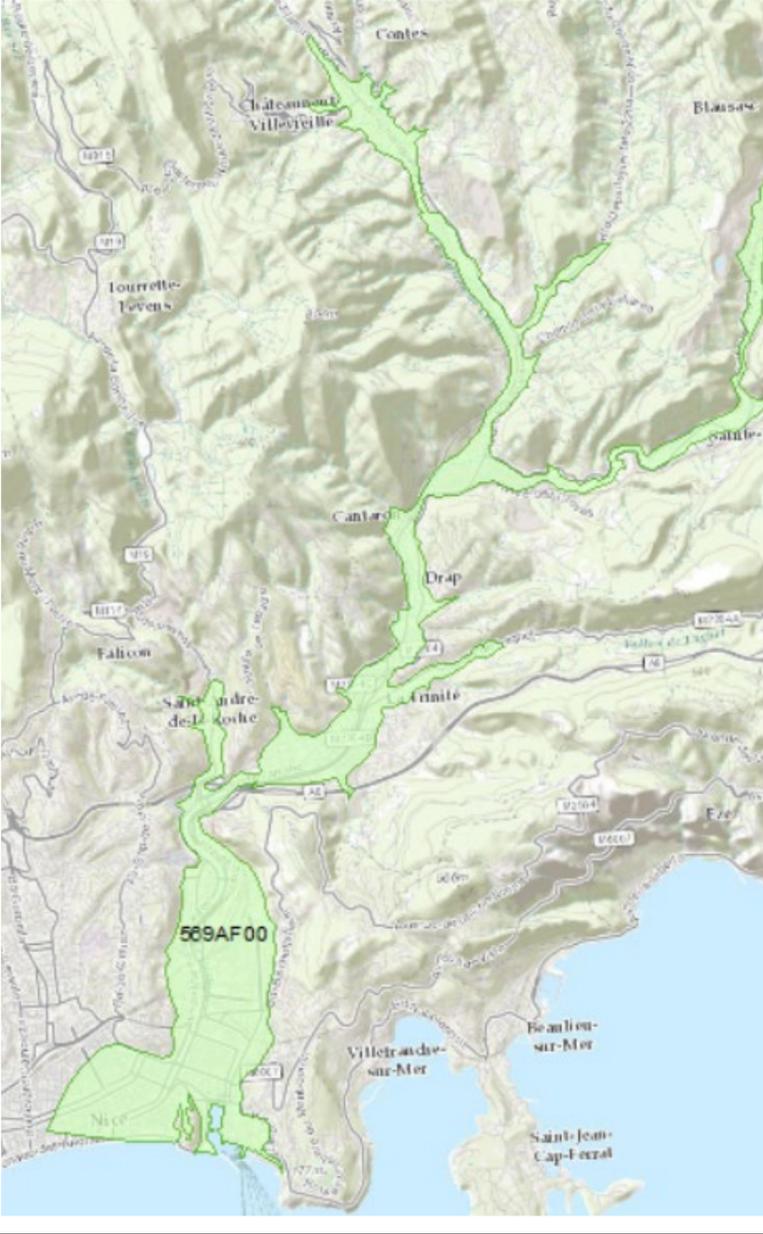
EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau

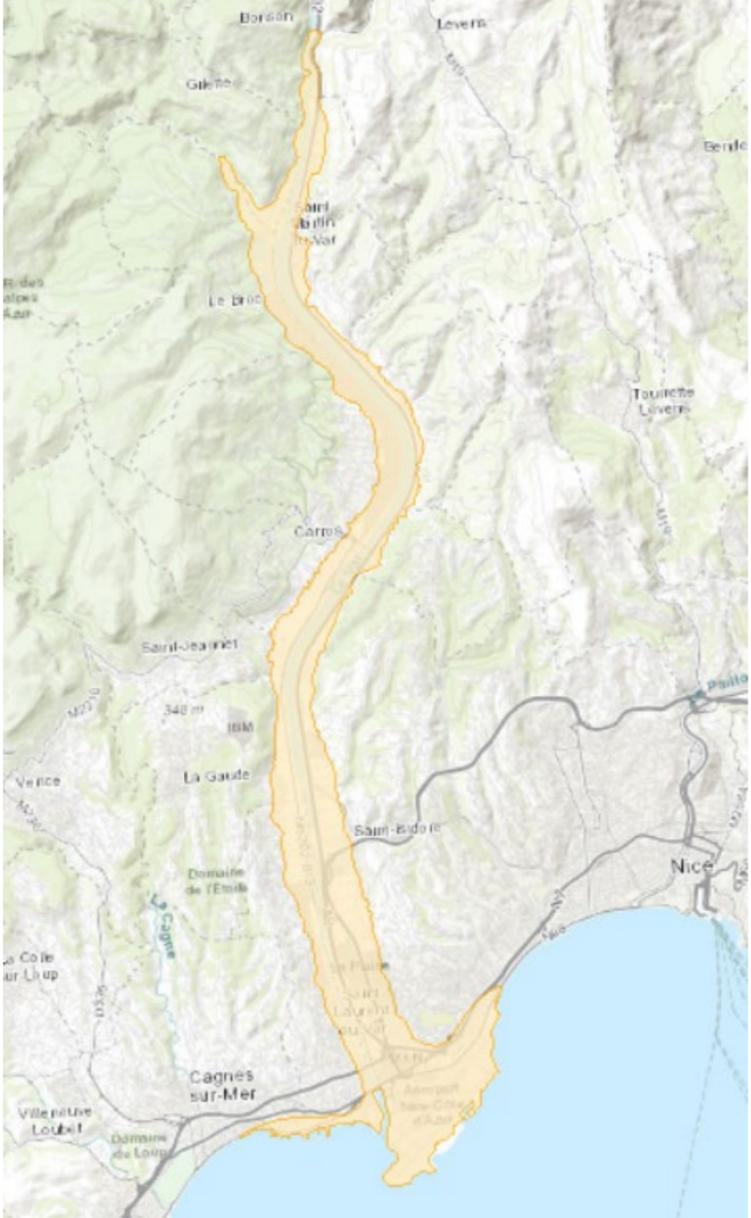
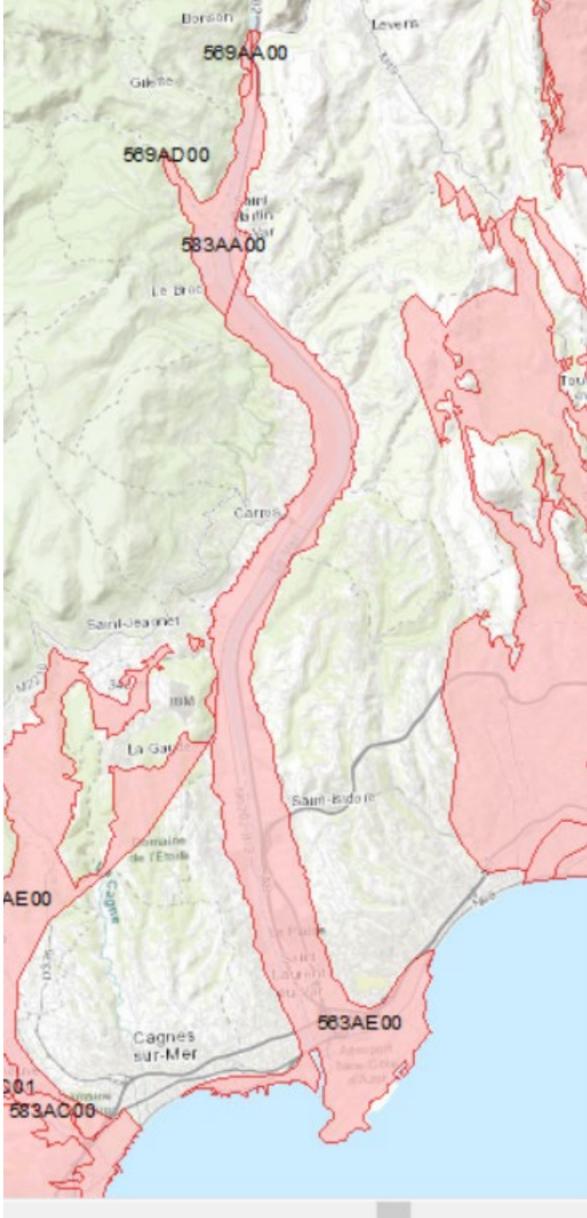
➤ Sans objet

N°19		
<p>Entité Ordre 1</p> <p>719CA03 : Alluvions récentes de l'Argens</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 1</u> 	<p>Entités ordre 2 sous-jacentes</p> <p>573AD00 : Grès et pélites du Trias inférieur et du Permien du bassin versant de l'Argens</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 7</u> • <u>Milieu : 2</u> • <u>Thème : 4</u> <p>581AB00 : NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Gneiss et micaschistes anté-carbonifères du Massif des Maures - bassin versant de l'Argens</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 7</u> • <u>Milieu : 2</u> • <u>Thème : 3</u> <p>581AC00 : pas pertinent (zone trop petite)</p>	<p>Entités Ordre 3 sous-jacentes</p> <p>➤ Pas d'entité sous-jacente</p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Pas pertinent (EH imperméables)</p>	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>

N°20		
Entité Ordre 1	Entités ordre 2 sous-jacentes	Entités Ordre 3 sous-jacentes
<p>719CA01 : Alluvions récentes de la Giscle et de la Môle</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 1</u> 	<p>581AC00 : Gneiss et micaschistes anté-carbonifères du Massif des Maures - bassin versant Giscle, Môle et Batailler</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 7</u> • <u>Milieu : 2</u> • <u>Thème : 3</u> 	<p>➤ Pas d'entité sous-jacente</p>
		
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Pas pertinent (EH imperméables)</p>	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <p>➤ Sans objet</p>

N°21

Entité Ordre 1	Entités ordre 2 sous-jacentes	Entités Ordre 3 sous-jacentes
<p>719AB03 : Alluvions récentes des Paillons</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 1</u> 	<p>583AB00 : Formations marno-calcaires et grès du secondaire au tertiaire des préalpes niçoises</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 6</u> • <u>Milieu : 2</u> • <u>Thème : 4</u> 	<p>569AF00 : Formations calcaires jurassiques des Préalpes niçoises</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 3</u> • <u>Thème : 2</u> 
<p>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) :

N°22		
<u>Entité Ordre 1</u>	<u>Entités ordre 2 sous-jacentes</u>	<u>Entités Ordre 3 sous-jacentes</u>
<p>719AB01 : Alluvions quaternaires de la basse vallée du Var</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> • <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 1</u> • <u>Thème : 1</u> 	<p>563AE00 : Poudingues pliocènes de la basse vallée du Var</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 3</u> <u>Nature : 5</u> • <u>Milieu : 1</u> <u>Thème : 2</u> <p>583AA00 : Formations marno-calcaires et gréseuses primaires à tertiaires des Alpes-Maritimes et du bassin versant du Var</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Etat : 2</u> <u>Nature : 6</u> • <u>Milieu : 2</u> <u>Thème : 4</u> <p>569AD00 et 569AA00 : pas décrites car petites zones</p>	<p>➤ Pas d'entité sous-jacente</p>
		
<p><u>EH Ordre1 : Estimation du niveau d'eau</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p><u>EH Ordre2 : Estimation du niveau d'eau</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne (gradient en %) : • Cote Z moyenne (m) : 	<p><u>EH Ordre3 : Estimation du niveau d'eau</u></p> <p>➤ Sans objet</p>



**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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Direction régionale Provence – Alpes – Côte d’Azur

117, avenue de Luminy – BP 168

13276 Marseille Cedex 09

Tél. : 04 91 17 74 77

www.brgm.fr