

Antenne NORD
1 Rue Claude Chappe
CS 25198
57075 METZ CEDEX 3
Tél : +33 (0)3 87 17 36 60

Révision de la carte des aléas miniers de la commune de Châtenois-les-Forges (90)

2021/113DE – 21BFC22050

Date : 17/06/2021




Révision de la carte des aléas miniers de la commune de Châtenois-les-Forges (90)

2021/113DE – 21BFC22050

Diffusion :

Pôle Après-mine NORD
DREAL Bourgogne-Franche-Comté
GEODERIS

HANOCQ Pascale
ISNER Anne-Claude
WNUK Natacha
HADADOU Rafik
ZORNETTE Nicolas
VIDART Isabelle
GALHAUT Emilie
LEFEBVRE Olivier

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	E. GALHAUT	I. VIDART	N. ZORNETTE
Visa			

SOMMAIRE

1	Contexte de l'étude.....	3
2	Rappel du contexte géologique, minier et des aléas retenus	3
2.1	Contexte géologique	3
2.2	Contexte minier et caractérisation des travaux.....	4
2.3	Campagne de terrain	6
2.4	Incertitude de calage.....	7
2.5	Investigations complémentaires	7
2.6	Les aléas actuellement retenus.....	10
2.6.1	L'aléa « tassement »	10
2.6.2	L'aléa « effondrement généralisé »	11
2.6.3	L'aléa « effondrement localisé »	11
2.6.3.1	Aléa effondrement localisé lié aux ouvrages	12
2.6.3.2	Aléa effondrement localisé lié aux travaux souterrains	13
3	Révision des aléas.....	14
3.1	Révision de l'aléa « effondrement généralisé »	15
3.2	Révision de l'aléa « tassement ».....	15
3.3	Révision de l'aléa « effondrement localisé »	16
3.3.1	Aléa effondrement localisé sur travaux.....	17
3.3.2	Aléa effondrement localisé sur ouvrages.....	18
4	Conclusion.....	21
5	Bibliographie.....	22
6	Liste des annexes.....	22

Mots clés : Bourgogne-Franche-Comté ; Châtenois-les-Forges ; aléas ; révision ; tassement faible ; effondrement localisé

1 CONTEXTE DE L'ETUDE

La commune de Châtenois-les-Forges est située dans le bassin ferrifère de Montbéliard, au sein du Territoire de Belfort (90).

GEODERIS a réalisé une première étude des aléas sur cette commune en 2009 [1]. Plusieurs types de phénomènes « mouvements de terrain » ont été retenus, dont l'aléa « tassement » à l'aplomb de travaux miniers, qualifié de niveau faible. Au regard des informations nouvelles (investigations, retour d'expérience, etc.) acquises ces dernières années, il apparaît aujourd'hui qu'un certain nombre de zones à l'échelle de la région Bourgogne-Franche-Comté est concerné par l'aléa « tassement » de niveau faible sur des secteurs de travaux miniers supposés ou avérés, mais dont les caractéristiques ne justifient plus nécessairement ce type d'aléa. Sur les communes alentours, plusieurs révisions ont été menées suite à la réalisation d'investigations dans le cadre de projets d'urbanisme et ont permis de supprimer les zones concernées.

De plus, les évolutions des méthodologies d'évaluation de l'aléa « effondrement localisé » permettent également la révision de l'ensemble des zones affectées par cet aléa.

L'objet de ce rapport est de présenter les résultats du réexamen de l'ensemble des zones d'aléas « mouvements de terrain » liées à la commune de Châtenois-les-Forges.

2 RAPPEL DU CONTEXTE GEOLOGIQUE, MINIER ET DES ALEAS RETENUS

Un rappel succinct du contexte géologique, minier et des aléas retenus lors de l'étude de 2009 est proposé dans les paragraphes ci-après. Pour de plus amples informations, nous invitons le lecteur à se reporter à l'étude référencée [1].

2.1 Contexte géologique

Le bassin ferrifère de Montbéliard-Belfort a fait l'objet, pendant plusieurs siècles, d'une exploitation d'un fer de haute renommée d'âge éocène, sous forme de nombreuses petites exploitations de type artisanal appelées minières. Cette exploitation a atteint son apogée puis son déclin rapide au cours du XIX^{ème} siècle [2].

Les minéralisations ferrifères de la région de Montbéliard sont d'origine pédologique. Le minerai de fer est constitué par des grains pisolithiques à haute teneur entre 40% et 50% dans une matrice argileuse pour les zones exploitées et jusque plus de 70% pour les chantiers les plus riches [2].

Ces argiles ferrifères témoignent d'une longue période d'altération de la cuirasse mésozoïque [2] avec une mise en place :

- soit sous forme de dépôts en amas ou lentilles irrégulières de remplissage en fond de vallée avec 2 m d'épaisseur en moyenne. Les exploitations ont démarré à l'affleurement à ciel ouvert, rapidement complétées par des galeries rayonnant autour de puits peu profonds puis allant jusque 100 m de profondeur ;
- soit par des dépôts plus profonds de remplissage karstique, découverts dans les années 1850 par sondages, exploités sous forme de minières ;
- soit encore au sein de dépôts plus tardifs par remaniement après érosion des dépôts ferrifères précédents.

Dans la région de Montbéliard, le minerai se présente sous forme d'argiles à pisolithes au-dessus des calcaires jurassiques (cf. Figure 1). À hauteur de la commune de Châtenois-les-Forges, plusieurs gîtes sont connus et auraient été exploités aussi bien en souterrain qu'à ciel ouvert. Ils correspondraient à des dépôts de remplissage karstique. L'un est situé dans la zone des bois à l'ouest de la commune, les autres au sein même du village. Les pisolites y sont présentes dans une gangue argileuse ou argilo-sableuse de teinte rouge, à des teneurs assez variables (le minerai pouvait être particulièrement riche au sein des poches karstiques).

2.2 Contexte minier et caractérisation des travaux

Les gisements de fer affleurant de la région seraient connus et exploités depuis le Moyen Âge, même si l'essor principal de la métallurgie du fer ne prend son essor qu'au XVI^{ème} siècle. Le passage de grattages superficiels potentiels et chaotiques à une exploitation plus intensive et rigoureuse du gisement de Châtenois-les-Forges remonte probablement à la seconde moitié du XVII^{ème} siècle, avec une période plus faste durant la seconde moitié du XVIII^{ème}. Ainsi, une forge a été réalisée en 1643 au sein de la commune. Les données d'archives ont permis de mettre en évidence qu'en 1759, la concession de Châtenois-les-Forges couvre 1,4 km² et est principalement concentrée sur les bois de la commune. Puis, les travaux étaient menés de plus en plus proche du village, où le minerai y était plus abondant et de meilleure qualité. La période de la révolution française a coïncidé avec la fin temporaire de l'activité minière dans ce secteur. Une tentative de relance d'exploitation par les propriétaires des forges a ensuite été effectuée à travers une demande en concession, qui a été refusée. L'exploitation du gisement s'est ensuite effectuée en tant que minière. La superficie de recherche, plus que d'exploitation, couvrait à ce moment-là pas moins de 511 ha. Les forges et haut-fourneaux ont ensuite été repris en 1833 par la Compagnie Anonyme des Forges d'Audincourt et Dépendances. D'après le plan levé au 1/10 000, lors de la vente, cinq sites semblent avoir été exploités :

- mine « des Rouges Trous » ;
- mine « des Trous du Village » ;
- mine « du Vert Bois » ;
- mine « du Molard » ou des Champs (aujourd'hui, cette zone est appelée mine du « Creux Molla ») ;
- et mine des Bois de Châtenois.

Les quatre premiers sites étaient exploités selon une méthode dite totale et leur emprise est reportée sur l'annexe A. Un puits était d'abord creusé puis prolongé jusqu'à la limite inférieure du gîte. À partir de ce dernier, deux galeries étaient creusées dans deux directions différentes, d'une hauteur d'environ 3 m pour une largeur variant entre 1,5 m et 2 m. Lorsque ces galeries principales atteignaient 30 m de longueur, des galeries transversales étaient menées tous les 3 m et enfin, les dernières recoupes perpendiculaires étaient creusées. Les piliers ainsi formés par le traçage des galeries étaient ensuite repris afin d'extraire la quasi-totalité du minerai, en commençant par les plus éloignés du fond du puits (méthode rabattante). Après défilage des chantiers, les vides se remplissaient entièrement par les terrains constituant le toit des cavités qui s'effondrait sous l'effet de leur propre poids. À la saison suivante, l'exploitation reprenait toujours depuis la limite inférieure de la poche et les mineurs extrayaient les matériaux qui s'étaient effondrés dans les galeries. Cette méthode d'exploitation provoquait des désordres en surface (crevasses, affaissements).

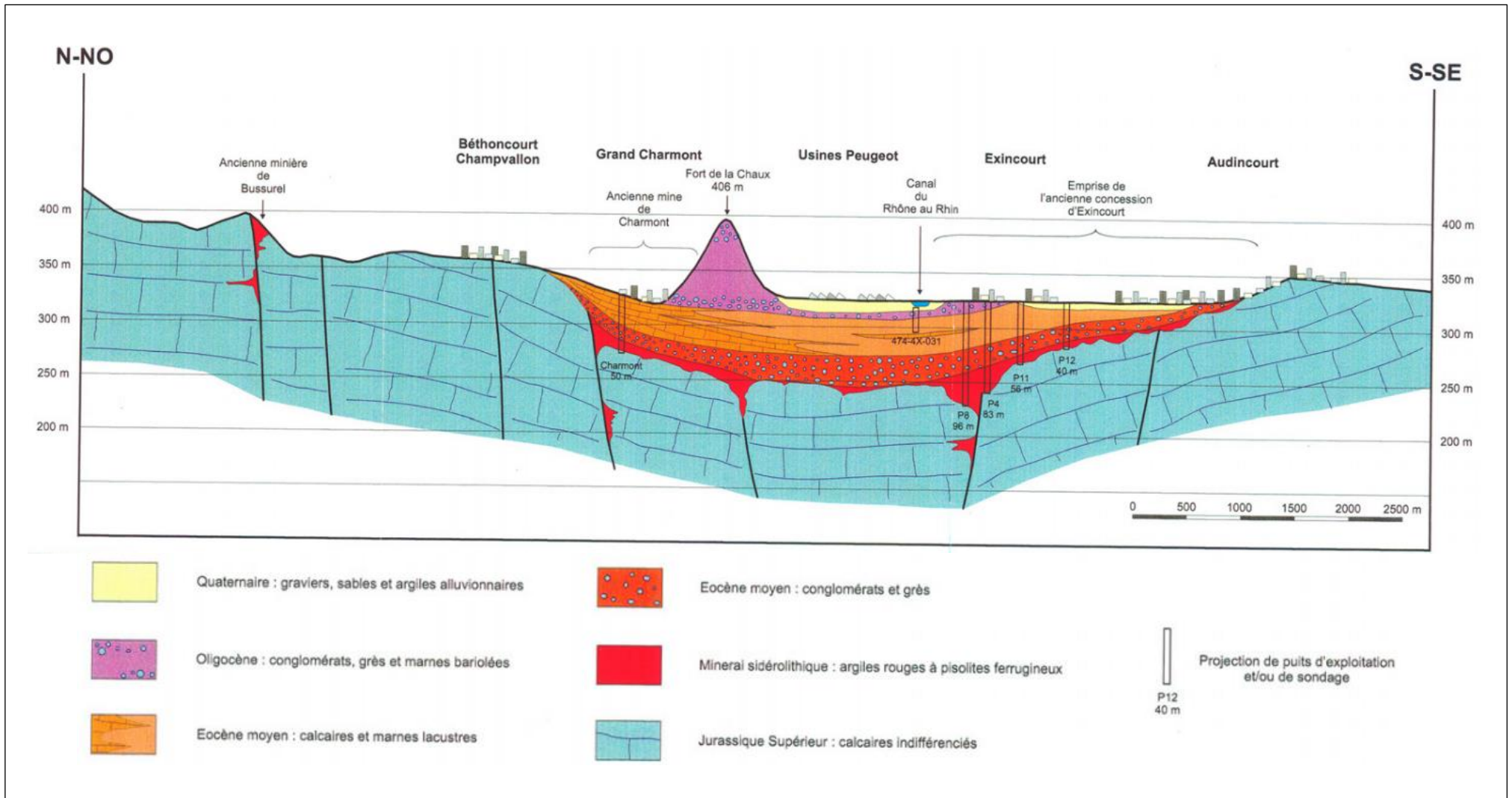


Figure 1 – Coupe interprétative illustrant la répartition verticale, la morphologie et l'environnement géologique des gîtes de fer du sidérolithique des environs de Montbéliard (Doubs) [2]

Concernant la mine « du Molard », ce secteur a été exploité à deux périodes distinctes. Sur la première période d'exploitation, les travaux étaient probablement menés de manière similaire aux autres sites de la commune. Cependant, les travaux de la seconde phase sont totalement différents, avec un puits mené jusqu'à 100 m de profondeur et des travaux souterrains relativement importants. L'application de cette nouvelle méthode d'exploitation a abouti en 1925 à la formation du « Creux Molla », vaste entonnoir rempli d'eau de près de 80 m de diamètre et 10 m de profondeur. Cet entonnoir résulterait de l'effondrement brutal de l'ancienne excavation souterraine, intervenue suite à l'invasion des travaux souterrains par une importante poche d'eau.

La Compagnie des Forges d'Audincourt relance l'exploitation en 1849, grâce à l'institution de la concession dite « des Grabonnières de Châtenois », qui occupait plus de 2 km². L'essor de la concession connaît à l'époque différents contentieux et plaintes des riverains de la commune suite aux dégâts induits au sol.

L'extraction du minerai de fer a totalement cessé en 1897 suite à une demande de renonciation. À l'apogée de l'activité, la production était comprise entre 500 tonnes et 600 tonnes par an. Le rendement du minerai était d'environ 30% dans le secteur.

2.3 Campagne de terrain

L'enquête terrain réalisée en 2009 et nécessaire à la phase d'évaluation des aléas a permis de repérer les zones indiquées dans le levé de 1833, relever les indices potentiels montrant la présence d'exploitation, identifier les ouvrages potentiellement repérés grâce aux archives et rechercher de nouvelles informations. Cette enquête a permis de retrouver seulement un puits sur les douze identifiés sur le secteur des Rouges Trous, soit en totalité un ouvrage sur les 34 identifiés dans les archives au niveau du secteur du village (cf. Tableau 1). Peu de désordres étaient encore visibles sur l'ensemble du village. Lors des reconnaissances de terrain, une sixième zone d'exploitation a été identifiée au nord du village (cf. Figure 2). Plusieurs emplacements supposés d'anciens puits d'exploitation ainsi que des galeries ont été observés. Ceci a été confirmé par des témoignages d'habitants. En croisant les mentions d'archives, de témoignages et les indices de terrain, douze ouvrages ont été identifiés au sein du village de Châtenois-les-Forges.

De nombreux désordres étaient encore visibles dans la zone des bois, montrant l'intense exploitation qui a eu lieu, dont certains ont été relevés au dGPS. Ces désordres étaient similaires à ceux observés dans les bois de Béthoncourt à l'ouest et ceux de Grand-Charmont au sud. En limite nord de la forêt, des ouvrages ou poches karstiques ont été mis à jour au moment des travaux de la ligne LGV. Au sud, à la limite communale au niveau du lieu-dit du Rond Bosquet, un ouvrage nommé P2Bois a été localisé. Il s'agit probablement d'une cheminée d'aération ou d'un puits circulaire, encore ouvert en 2005 [3], de 3 m de diamètre, en pierre, et d'environ 6 m de profondeur, dont le fond n'était pas clairement visible à cause de la végétation. Ce puits se trouve en bordure de la minière des Grands Bois de la commune de Grand-Charmont, à 500 m au nord d'un puits ayant les mêmes dimensions. Ce dernier est protégé en tête par une grille avec dalle d'ancrage béton. Seulement quelques ouvrages ont été retrouvés parmi les 300 à 400 puits identifiés dans les archives.

En 2009, on distinguait pour l'évaluation des aléas les ouvrages signalés et cartographiés dans les documents d'archives de ceux non cartographiés mais signalés dans les archives (remblayés ?) ou signalés par des témoignages (existence incertaine).

2.4 Incertitude de calage

L'incertitude de localisation pour le repérage au dGPS a été fixée à 5 m. Elle correspond à l'incertitude de positionnement des ouvrages matérialisés¹ sur la commune et au sein des bois, des ouvrages localisés² par des témoignages en correspondance avec les archives, des désordres et puits présents au niveau de la ligne LGV.

L'incertitude liée au calage du plan de 1833 a été fixée à 40 m. Elle concerne l'unique ouvrage, noté P6, au niveau du village, repositionné uniquement grâce au plan ainsi qu'aux zones d'exploitation des Trous du Village, du Molard, Vert Bois et Rouges Trous³.

L'incertitude de positionnement des ouvrages des Bois de Châtenois-les-Forges, repositionnés grâce à un témoignage sur fond parcellaire, est fixée à 10 m (ouvrages localisés). L'incertitude du puits P2Bois, reconnu lors d'une autre campagne de terrain et positionné sur plan, est de 40 m.

2.5 Investigations complémentaires

Lors de la phase d'évaluation des aléas menée en 2009, GEODERIS a réalisé des investigations complémentaires au sein de la commune. Ces investigations ont consisté en la réalisation d'une dizaine de forages destructifs destinés à vérifier la profondeur des niveaux argileux et/ou à retrouver d'anciens vides miniers (cf. Figure 2 et Tableau 2). Un forage carotté (noté SC1 sur la Figure 2) a été réalisé afin de caractériser les terrains de recouvrement. Lors de cette campagne, un forage a clairement mis en évidence l'existence de vides miniers résiduels sur le secteur des « Rouges Trous », les autres ont permis de préciser les limites d'affleurement du minerai (cf. Tableau 2).

En croisant les informations de forages avec les limites d'affleurement à l'ouest ou d'extension du gisement à l'est, définies grâce à la carte géologique, des quartiers potentiellement exploités à faible profondeur ont été identifiés.

Pour la zone d'affleurement des argiles rouges sidérolithiques (carte géologique) et les forages réalisés (plan de la commune), une incertitude liée au calage des plans récents a été fixée à 10 m.

¹ Un ouvrage « matérialisé » est un ouvrage qui a effectivement été retrouvé en surface et dont les coordonnées ont pu être levées au GPS ou dGPS.

² Un ouvrage « localisé » est un ouvrage qui n'a pas été retrouvé sur le terrain mais dont les coordonnées sont connues (archives ou exploitant) et comportant une incertitude de positionnement plus importante. Un ouvrage « non localisé » est un ouvrage répertorié dans les archives qui n'a pas été retrouvé sur le terrain et qui n'a aucune coordonnée connue.

³ Il convient d'ajouter à cela l'incertitude intrinsèque de 25 m du fond SCAN 25 ou de 3 m du fond ORTHO de l'IGN.

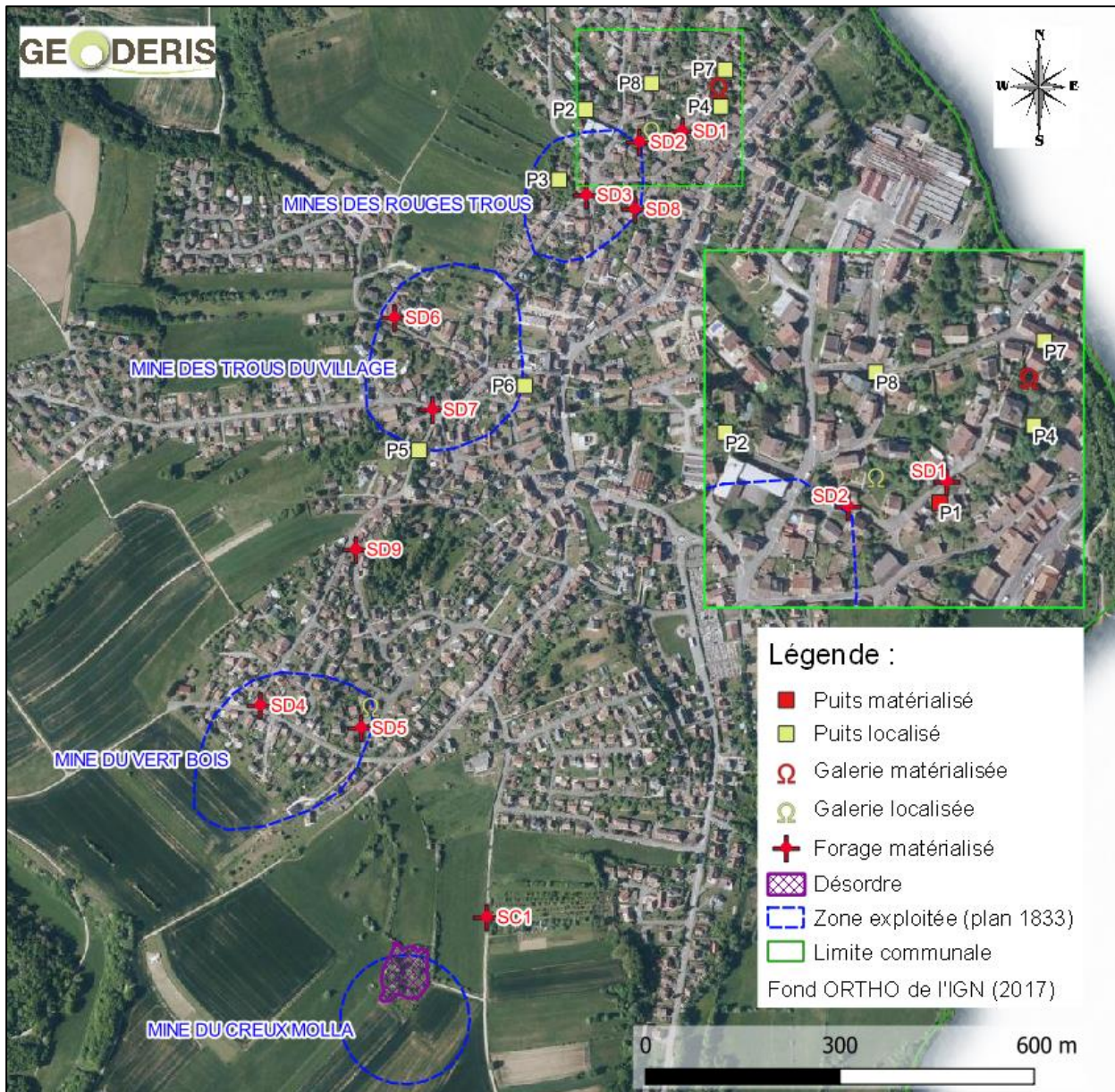


Figure 2 – Carte de localisation des ouvrages et forages réalisés sur le centre de la commune de Châtenois-les-Forges

Localisation	Rouges Trous	Trous du Village	Vert Bois	Creux Molla	Bois à l'ouest de la commune	Nord village
Dernière année d'exploitation	1825	1838		abandonnée 40 ans et reprise en 1828		
Taille	250 m x 120 m	300 m x 150 m	150 m x 140 m		400 ha	
Nombre de puits	12 dont certains remblayés et/ou dallés (école)	17 dont un d'exhaure dallé non remblayé et dallé	4		300 à 400	puits remblayés ou non, dallés ou non
Diamètre puits		Circulaires (hormis 2 rectangulaires 3,5 x 2 m 2,2 x 1,8)			2 à 3 m / un rectangulaire 1,5 x 6 m	
Profondeur souterrains	20 à 50 m	au nord 25 à 30 m au centre à 53 m au sud 30 à 48 m	30 m	100 m	3 à 10 m (hormis un puits jusque 98 m)	3 à 21 m prof
Puissance gisement	6 m (jusque 9 m)	10 m	1,5 à 7 m (forages 4 et 9)			2,35 m minimum (forage 2)
Ciel ouvert	en périphérie, excavation de 10 m max de profondeur sur verger	vastes fosses dont « grabonnaire du village » profonde	fosse non remblayée	grattages superficiels	10 m et 15 m de diamètre pour une dizaine de mètres de profondeur	oui
Travaux souterrains	centre du secteur avec galerie exhaure jusque 100 m de long + galeries étagées 10 à 15 m de long x 1,5 à 2 m de largeur	étages de 3 m de haut	galerie 20 à 40 m de long	oui	galerie irrégulière longue de 160 m x 0,8 à 2 m de largeur x 0,7 à 2,7 m de hauteur	galerie remblayée et murée / 1,3 à 1,8 de haut x 13,5 long x 0,3 à 1 m de large
Désordres visibles	Eaux abondantes signalées durant l'exploitation	eau au fond des travaux + éboulement induit par l'exploitation souterraine provoquant crevasses en surface + « trous plus ou moins rebouchés » réaménagés pour urbanisation	oui (photos aériennes) + cavités comblées et terrains terrassés pour urbanisation en 1955-1960 + vaste trou usine Cheux	vaste entonnoir rempli d'eau (80 m diamètre, 6 à 8 m profondeur) = effondrement « brutal » 1925	5 m de diamètre et de 30 cm à 4 m de profondeur + débouillage puits Héricourt 10 m de prof	1,35 m de vide forage 2, affaissements réguliers sur un puits 17 m fermé par trappe en fonte

Tableau 1 – Récapitulatif des données d'exploitation des différents secteurs exploités de la commune de Châtenois-les-Forges

Forage	Profondeur	Présence de vide résiduel ?	Gisement / profondeur
SD1	20 m	Non	Calcaire et marne (fer ?) de 10 à 20 m
SD2	10 m	H = 1,35 m à 7 m de profondeur	Argile de 6 à 8,35 m
SD3	15 m	Non	Couche argile ferrifère de 1,2 à 10 m de profondeur
SD4	15 m	Non	Argile ferrifère de 7 à 14 m de profondeur
SD5	15 m	Non	Non
SD6	20 m	Non	Non
SD7	15 m	Déconsolidé ? (de 5 à 8 m de profondeur perte d'eau importante)	Calcaire argileux (fer ?) de 0 à 14 m de profondeur
SD8	15 m	Non	Non
SD9	15 m	Non	Argile ferrifère de 1 à 2,5 m de profondeur

Tableau 2 – Synthèse de la campagne de forages réalisée sur la commune de Châtenois-les-Forges en 2009

2.6 Les aléas actuellement retenus

L'étude des aléas réalisée en 2009 par GEODERIS a mis en évidence différents types de mouvements de terrain liés principalement à la présence de travaux miniers indiqués dans les archives, notamment grâce au levé associé à l'acte de vente à la Compagnie Anonyme des Forges d'Audincourt et Dépendance, recoupés par les informations relevées lors de la campagne de terrain (mentions des riverains, indices de terrain, campagne de forages [1]).

En effet, les travaux recensés font état d'extraction à ciel ouvert et de nombreux puits reliés à des galeries. Ces travaux étaient dispersés au sein même du village mais aussi au sein des bois communaux à l'ouest.

La méthodologie d'évaluation des aléas appliquée alors sur le bassin ferrifère de Montbéliard s'inspire de celle appliquée spécifiquement au bassin ferrifère lorrain, en particulier pour l'aléa « effondrement localisé ». Les aléas identifiés en 2009 sont :

- un aléa « tassement » de niveau faible sur les travaux souterrains suspectés et les zones exploitées à ciel ouvert et remblayées ;
- un aléa « effondrement généralisé » de niveau moyen sur la mine du Molard exploitée à 100 m de profondeur ;
- un aléa « effondrement localisé » de niveau faible sur les travaux exploités à moins de 50 m de profondeur ;
- des aléas « effondrement localisé » de niveaux faible, moyen et fort associés aux puits.

2.6.1 L'aléa « tassement »

Une zone d'aléa « tassement » a été retenue sur une partie de la commune de Châtenois-les-Forges, liée à la présence supposée de travaux souterrains et de gisements peu profonds ou affleurants, exploités à ciel ouvert et remblayés. Cet aléa tient compte qu'aucune information précise n'est connue concernant les matériaux utilisés pour le remblayage des travaux, ni si ces remblayages étaient menés de manière partielle ou totale. On notera l'absence de manifestation évidente de désordre visible en surface en 2009 et que l'essentiel des vides sont probablement aujourd'hui refermés, s'ils ont existé.

Du fait de la méthode d'extraction et de la nature instable des terrains de recouvrement, ces derniers avaient tendance à s'effondrer et à combler les galeries au cours de l'exploitation. Dans l'évaluation de cet aléa, il a été retenu l'hypothèse que la grande majorité des travaux souterrains peu profonds doit être comblée et qu'il ne subsiste que des vides résiduels limités

en profondeur. Un aléa « tassement » qualifié de très faible a été retenu sur l'ensemble du secteur du village. Cette zone d'aléa couvre l'enveloppe d'extension des terrains sidérolitiques, délimitée par les données de forages et les informations de la carte géologique.

Aléa tassement lié aux travaux souterrains				
Evaluation de l'aléa			Incertitude de calage (en m)	Cartographie de l'aléa
Prédisposition	Intensité	Niveau		
peu sensible	très limitée à limitée	très faible	35	zones d'affleurement

Tableau 3 – Récapitulatif de l'évaluation de l'aléa « tassement » retenu en 2009

2.6.2 L'aléa « effondrement généralisé »

Cet aléa ne concerne que la mine du « Creux Molla », pour laquelle l'extraction du minerai de fer s'est faite jusqu'à une centaine de mètres de profondeur. Il s'agit du seul secteur où la méthode d'exploitation diffère radicalement des autres secteurs de la commune et où un tel phénomène est susceptible de survenir.

Dans le cas présent, les dimensions de l'effondrement survenu sont de 5 000 m² de superficie et d'une dizaine de mètres de profondeur jusqu'au niveau d'eau. Aucun tracé de cette zone ne permet de différencier l'extension des travaux peu profonds des travaux profonds. Il faut signaler, concernant le Creux Molla, que le secteur d'exploitation figuré sur la carte de 1833 est plus vaste que le secteur qui s'est effondré. En l'absence de données précises sur l'extension des travaux, il est possible qu'il existe encore actuellement des vides résiduels sur ce secteur dont l'extension pourrait être limitée au contour de la zone d'exploitation.

Rappelons qu'une intensité qualifiée de manière sécuritaire à un niveau élevé à très élevé avait été retenue en raison du caractère de dangerosité du phénomène (mise en péril de la sécurité des personnes et des biens). Principalement en raison de la profondeur des travaux et de la configuration d'exploitation favorable à la rupture, une prédisposition peu sensible avait été retenue. Ainsi, une zone d'aléa « effondrement généralisé » de niveau moyen a été cartographiée au niveau de l'extension possible des travaux profonds, exprimée à l'aide d'une marge sécuritaire de 70 m autour du Creux Molla (soit de valeur égale à la largeur supposée de l'effondrement déjà survenu, intégrant le rayon d'influence du phénomène) et délimitée à l'est par les limites d'extension du gisement exploitable. Cette zone correspond à un secteur susceptible d'avoir été exploité selon la même méthode que le secteur qui s'est effondré.

Aléa effondrement généralisé lié aux travaux souterrains				
Evaluation de l'aléa			Incertitude de calage (en m)	Cartographie de l'aléa
Prédisposition	Intensité	Niveau		
peu sensible	élevée à très élevée	moyen	35	Mine du Mollard

Tableau 4 – Récapitulatif de l'évaluation de l'aléa « effondrement généralisé » en 2009

2.6.3 L'aléa « effondrement localisé »

Deux types d'aléa « effondrement localisé » sont présents sur la commune, l'un lié à la présence de puits remblayés ou non, l'autre à la présence de travaux pouvant être restés ouverts ou mal remblayés [3].

La majorité des puits a été foncée à moins de 50 m de profondeur, la plupart des travaux souterrains est donc supposée avoir été menée à cette profondeur maximum. Même si les chantiers avaient tendance à s'effondrer pendant l'exploitation, des travaux de remblayage ont sûrement été menés dans les travaux souterrains de la commune. La nature des remblais et l'ampleur des travaux de remblayage sont cependant inconnues. En 2009, l'absence d'effondrement survenu et observé sur la commune de Châtenois-les-Forges ne permettait pas de définir un référentiel précis concernant les diamètres des effondrements attendus sur la commune.

2.6.3.1 Aléa effondrement localisé lié aux ouvrages

Les principales informations concernant le traitement et l'état actuel des ouvrages sont :

- l'existence d'un puits (noté P1) de 17 m de profondeur, non remblayé, fermé à l'aide d'une trappe en fonte, situé dans le secteur d'exploitation au nord de la commune ;
- l'existence présumée d'un puits (noté P8), non remblayé, dallé et recouvert de bitume, dans le secteur nord du village (croisement de la rue Jeanne d'Arc et de la rue Dubail) ;
- l'existence d'un puits (noté P9), supposé remblayé, de 21 m de profondeur, situé dans le secteur nord de la commune, qui provoque régulièrement des « affaissements » du terrain, obligeant la commune à relever régulièrement la chaussée ;
- l'existence d'un puits (noté P5), non remblayé, dallé et recouvert de bitume, dans le secteur d'exploitation des Trous du Village ;
- l'existence avérée d'un puits (noté P2Bois), ouvert, en pierre, de 3 m de diamètre et 6 m de profondeur.

Le niveau de prédisposition retenu en 2009 tient principalement compte de l'absence de données techniques concernant la qualité du dimensionnement des dalles, de leur présence supposée et de la pérennité à long terme de ces dalles. Pour l'évaluation de l'aléa effondrement localisé sur ouvrages, trois catégories d'ouvrages débouchant au jour ont été distinguées :

- une prédisposition très sensible pour les ouvrages ouverts (Rond Bosquet) ;
- une prédisposition sensible pour les ouvrages fermés et retrouvés sur le terrain ;
- une prédisposition peu sensible pour les ouvrages non retrouvés sur le terrain et signalés dans les documents d'archives (probablement remblayés) ou signalés par les témoignages (existence incertaine).

Les dimensions du puits P2Bois, au lieu-dit « Rond Bosquet », étant connues, le rayon d'effondrement a été évalué à 2,3 m (coefficient de foisonnement établi à 1,3 sur la base de forages carottés menés sur la commune de Grand-Charmont [3], angle de talus fixé à 35° et épaisseur de terrain non foisonnant fixée à 5 m d'après les paramètres de forages), soit une intensité modérée selon le guide 2006. Un aléa « effondrement localisé » de niveau fort a donc été retenu sur cet ouvrage lors de l'étude de 2009.

Etant donné les incertitudes sur les dimensions des puits, un rayon d'effondrement qui n'excèdera pas 3 m a été retenu (intégrant le rayon du puits), correspondant à une intensité modérée pour le phénomène d'effondrement localisé (6 m de diamètre). Un aléa « effondrement localisé » a été retenu, lié aux ouvrages identifiés de niveau moyen et de niveau faible pour les ouvrages non localisés.

Les indications relevées dans les archives révèlent la présence d'environ 300 à 400 ouvrages dans les bois à l'ouest de Châtenois-les-Forges. Au regard de la quantité d'ouvrages présents et du manque d'informations concernant leur localisation, l'ensemble a été considéré comme

soumis à l'aléa « effondrement localisé » de niveau faible associé à la présence de ces ouvrages.

Aléa effondrement localisé lié aux puits miniers retrouvé					Aléa effondrement localisé lié aux puits miniers non retrouvé				
Evaluation de l'aléa			Incertitude de calage (en m)	Cartographie de l'aléa	Evaluation de l'aléa			Incertitude de calage (en m)	Cartographie de l'aléa
Prédisposition	Intensité	Niveau			Prédisposition	Intensité	Niveau		
sensible	modérée	moyen	65	bois de Chatenois	peu sensible	modérée	faible	65	l'ensemble du bois de Chatenois
			35	le village de Chatenois					

Tableau 5 – Récapitulatif de l'évaluation de l'aléa effondrement localisé sur ouvrages

2.6.3.2 Aléa effondrement localisé lié aux travaux souterrains

Trois sites ont été repérés grâce au levé de 1833 (Rouges Trous, Trous du Village, Vert Bois) et un au nord du village grâce à la campagne de terrain, sans pour autant identifier précisément la position des travaux et l'emplacement exact de la majorité des ouvrages. L'intégralité de ces secteurs avait donc été considérée comme soumise au phénomène d'effondrement localisé associé aux travaux souterrains, en tenant compte des limites de l'enveloppe d'extension des terrains sidérolitiques.

La taille des galeries, en moyenne 3 m de hauteur pour 1,5 à 2 m de large, était relevée plusieurs fois après l'effondrement du toit suite au défilage des travaux souterrains pendant l'exploitation. La campagne de forages menée en 2008 par GEODERIS a permis de mettre en évidence l'existence d'un vide de 1,35 m de hauteur et situé à 7 m de profondeur dans le secteur d'exploitation au nord du village.

Le diamètre d'effondrement a été fixé à 5 m maximum (diamètre maximum observé pour un effondrement localisé de type fontis sur la commune voisine d'Eguenigue [1] [4] et en correspondance avec ceux évalués dans les communes voisines telles que Béthoncourt [5] et Grand-Charmont [3]). En considérant cette valeur, une intensité modérée a été retenue. La prédisposition a quant à elle été qualifiée de peu sensible principalement en tenant compte de travaux vraisemblablement, au moins en partie, remblayés et de l'absence de désordre de type fontis. Par croisement, le niveau de l'aléa effondrement localisé sur travaux souterrains a été qualifié de faible au-dessus des travaux souterrains de la commune de Châtenois-les-Forges.

Exception de la mine du Molard

À l'époque, l'aléa « effondrement localisé » n'a pas été cartographié pour ce secteur pour lequel était privilégiée la cartographie du phénomène d'effondrement en masse, qui est prépondérant et qui concerne les mêmes zones.

Exception des Bois de Châtenois

Aucune cartographie de l'aléa effondrement localisé lié aux travaux souterrains n'avait été effectuée. En effet, les travaux souterrains des Bois de Châtenois sont supposés être de relativement faibles dimensions (tout au plus 5 à 10 m de long) autour des ouvrages. Il a donc été considéré que les effondrements localisés relatifs aux travaux souterrains qui pourraient apparaître sont situés dans le périmètre d'influence du phénomène d'effondrement localisé lié aux ouvrages.

Exception des secteurs non identifiés

Des travaux peuvent être présents en dehors des zones identifiées sur plan. En effet, la présence à l’affleurement du gisement exploitable et la découverte d’un nouveau secteur laissent supposer l’existence de travaux sur une grande partie de la commune. Ces travaux potentiels sont supposés être très peu développés. Leurs incidences en surface du phénomène de mouvement de terrain seraient, par conséquent, relativement faibles. Ainsi, il a été retenu pour ces différents secteurs le phénomène de tassement déjà décrit ci-avant.

Aléa effondrement localisé lié aux travaux souterrains				
Evaluation de l'aléa			Incertitude de calage (en m)	Cartographie de l'aléa
Prédisposition	Intensité	Niveau		
peu sensible	modérée	faible	35	"Les Rouges Trous"
			35	"Les trous du Villages"
			35	"Vert Bois"
			35	secteur au nord du village

Tableau 6 – Récapitulatif de l'évaluation de l'aléa effondrement localisé sur travaux

3 REVISION DES ALEAS

Les investigations réalisées ces dernières années dans le cadre de projets d’urbanisme dans le bassin ferrifère de Montbéliard, en particulier dans les secteurs de travaux miniers supposés, ont fourni des informations nouvelles conduisant à revoir l’aléa « tassement » auquel étaient soumis ces secteurs [6] [7]. En effet, l’aléa « tassement » associé à l’ensemble de l’emprise minière a, pour chaque étude, subi une réduction de périmètre faute d’indices miniers ou de travaux révélés au sein des zones examinées.

De plus, après la mise en place d’une méthodologie nationale en 2012, il apparaît aujourd’hui que ce n’est plus l’approche du bassin ferrifère lorrain qui est à appliquer pour le bassin ferrifère de la région de Montbéliard. Il s’agit donc de réévaluer aussi l’ensemble des aléas retenus à l’époque en prenant en considération cette méthodologie nationale [7] [8].

Par ailleurs, il s’agit de prendre en compte des évolutions méthodologiques récentes qui ont été mises en avant à travers la nouvelle version du guide d’évaluation des aléas miniers publié en 2018 [7]. Il modifie la valeur-seuil de diamètre fixée en 2006 qui distingue les intensités limitée et modérée pour l’évaluation de l’aléa « effondrement localisé », la passant ainsi de 3 à 5 m en s’appuyant notamment sur les observations de terrain (cf. Tableau 7). Rappelons que le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) a préconisé des dispositions constructives pour les zones susceptibles d’être affectées par un effondrement localisé pour ces diamètres [9].

Les nouvelles informations acquises et les évolutions méthodologiques ont donc conduit à revoir l’ensemble des aléas « mouvements de terrain » de la commune de Châtenois-les-Forges.

Classe d'intensité	Diamètre de l'effondrement
Très limitée	Effondrements auto-remblayés à proximité immédiate de la surface (profondeur centimétrique)
Limitée	$\varnothing < 5 \text{ m}$
Modérée	$5 \text{ m} < \varnothing < 10 \text{ m}$
Élevée	$\varnothing > 10 \text{ m}$

Tableau 7 – Classes d'intensité de l'aléa « effondrement localisé » [9]

3.1 Révision de l'aléa « effondrement généralisé »

Dans ce secteur, une couche riche de minerai a été découverte sous une épaisse couche d'argile, très imperméable à 100 m de profondeur. Cette zone de travaux profonds a présenté des mécanismes initiateurs au phénomène rare, brutal et de grande ampleur qu'est l'effondrement généralisé. En effet, un trou de vastes dimensions se serait formé de manière brutale en 1925 suite à une importante arrivée d'eau dans les travaux souterrains. Cette zone de plus de 5 000 m² est aujourd'hui boisée et un étang s'est formé au centre de ce vaste trou à plus de 10 m de profondeur. À la vue de la profondeur d'exploitation de cette couche, c'est bien l'aléa « effondrement généralisé » qui doit être envisagé. Aucune nouvelle information depuis l'étude réalisée en 2009 n'a été mise en évidence ; l'aléa « effondrement généralisé » de niveau moyen est donc conservé et cartographié tel que dans l'étude initiale.

Il n'en reste pas moins que, dans un premier temps, le secteur a probablement été exploité comme les autres secteurs, à savoir par grattages superficiels et travaux peu profonds avant l'exploitation de la couche profonde. Cette notion est notamment mentionnée par la phase informative de l'étude initiale. La méthode d'exploitation et de remblayage reste mal connue sur ce secteur. De plus, la zone cartographiée en archives et correspondant à l'exploitation de la mine du Molard est plus grande que l'emprise de la zone effondrée ; une exploitation en souterrain ne peut être exclue sur le reste du secteur. À ce titre-là, des vides résiduels peuvent encore être présents et l'aléa « effondrement localisé » ne peut être exclu ; il s'agit donc de l'évaluer ci-après.

Localisation	Nom	Révision	Prédisposition	Intensité	Niveau
Zone sud de la commune	Mine du Molard	Aléa conservé	Peu sensible	Elevée	Moyen
		Aléa « effondrement localisé à évaluer » : se référer au chapitre 3.3			

Tableau 8 – Récapitulatif de la révision sur l'aléa « effondrement généralisé » sur la commune de Châtenois-les-Forges

3.2 Révision de l'aléa « tassement »

La révision de cet aléa se base principalement sur le fait que, selon l'évolution de la méthodologie d'évaluation des aléas [7] et du retour d'expérience, l'aléa « tassement » n'est pas à retenir à l'aplomb de vides francs avérés et/ou supposés ; c'est l'aléa « effondrement localisé » qui est à évaluer. On retient principalement aujourd'hui la présence de l'aléa tassement lié au réarrangement des terrains en surface. La révision de l'aléa « tassement » est donc effectuée ci-après.

Secteur village

Des exploitations ont été menées en surface directement au sein des vergers du village de Châtenois-les-Forges, créant des litiges entre la compagnie exploitante et les riverains, et certaines d'entre elles ont été remblayées au nord du village. La technique et les moyens de remblaiement des travaux restent mal connus. De plus, la campagne de terrain a permis de reconnaître un nouveau secteur exploité en dehors de ceux identifiés sur plan.

Sans information précise sur la localisation des travaux concernés, c'est toute l'enveloppe de terrains sidérolitiques affleurants qui a été potentiellement exploitée et remblayée.

Sur les communes alentours, des investigations récentes ont été menées au droit de ce même type d'exploitation et ont montré l'absence de travaux miniers peu profonds qui auraient pu être remblayés. Ces investigations, effectuées lors de projets d'urbanisme, ont permis de lever les zones d'aléa tassement sur travaux miniers supposés, et donc de redéfinir une nouvelle emprise de travaux. Aucune investigation de ce type n'a été menée sur la commune de Châtenois-les-Forges et les travaux de terrassement menés durant une période d'urbanisation de la commune n'ont pas permis de connaître les caractéristiques des travaux rencontrés (dimensions, profondeur, présence de vide résiduel, comblement).

Le remblaiement des travaux reste supposé et, en l'absence de toute autre information, il n'en sera pas tenu compte dans l'évaluation. Ces zones de travaux peuvent donc présenter des vides résiduels et doivent être soumis à l'évaluation de l'effondrement localisé. L'aléa « tassement » est donc supprimé sur cette partie de la commune à la faveur de l'évaluation de l'aléa « effondrement localisé ».

Secteur des bois communaux

Le secteur des bois communaux, situés à l'ouest, présente une large étendue de travaux menés depuis la surface ou peu profonds à l'aide de plusieurs centaines de puits. Un témoignage indique que ces derniers auraient pu être remblayés sans information précise (fagot de bois ?) mais la méthode d'exploitation connue du secteur avait tendance à laisser après l'exploitation des poches karstiques évidées de leur contenu. Des désordres observés lors de la campagne de terrain en 2009 ont été associés à des désordres sur ouvrages (type fontis). La présence de vide résiduel est donc certaine et c'est l'aléa « effondrement localisé » qui doit être évalué sur le secteur.

Autres secteurs

Aucune information nouvelle n'a permis de mettre en évidence des zones d'exploitation menées à ciel ouvert puis remblayées. Il n'y a donc pas d'autres secteurs concernés par l'aléa « tassement ».

Localisation	Révision
Village de Châtenois-les-Forges	Aléa supprimé en faveur de l'évaluation de l'aléa « effondrement localisé » ; se référer au chapitre 3.3
Bois Châtenois-les-Forges	Se référer au chapitre 3.3

Tableau 9 – Récapitulatif de la révision sur l'aléa « tassement » sur la commune de Châtenois-les-Forges

3.3 Révision de l'aléa « effondrement localisé »

La méthodologie d'évaluation des aléas appliquée en 2009 est celle assimilée au bassin ferrifère lorrain. Il apparaît aujourd'hui, avec les évolutions méthodologiques et le retour d'expérience, que ce n'est plus l'approche à appliquer pour le bassin ferrifère de la région de Montbéliard. La révision de cet aléa se base sur deux considérations : en premier lieu, le fait

que l'aléa « tassement » n'est pas à retenir à l'aplomb de vides francs avérés et/ou supposés et, en second, l'évolution de la méthodologie d'évaluation de l'aléa [7] [8]. Concernant la commune de Châtenois-les-Forges, des vides résiduels peuvent exister au sein d'un mauvais défilage et/ou remblayage, et ont même été observés au sein d'un forage réalisé lors de la première étude.

Les ouvrages découverts, ainsi que les données d'archives, montrent la présence de travaux souterrains à moins de 50 m de profondeur sur la plupart des secteurs exploités.

L'étude des aléas réalisée en 2009 n'a pas permis de délimiter des secteurs en fonction de leur profondeur, les informations étant très variées et mentionnées à des dates d'exploitation différentes. Pour cette révision, aucune nouvelle donnée n'a permis de venir compléter cette information ; l'hypothèse que des travaux souterrains peu profonds sont présents sur l'ensemble des secteurs exploités est donc conservée.

3.3.1 Aléa effondrement localisé sur travaux

Il existe d'autres secteurs exploités au sein de la commune que ceux initialement définis par le levé de 1833 ou mentionnés en archives : existence d'une zone au nord du village mise en évidence par des indices de terrain et des témoignages, en plus de la mine du Molard, la mine du Vert Bois, la mine des Rouges Trous et la mine des Trous du Village. Initialement, l'aléa « tassement » avait été retenu en 2009 sur ces zones suspectées et directement cartographié au droit de l'enveloppe des terrains sidérolitiques. Des départs de galeries à l'affleurement, remblayés ou non, sont au minimum à suspecter. Selon la nouvelle méthodologie, c'est l'aléa « effondrement localisé » qui doit être évalué. Ainsi, on réévalue ci-après l'ensemble des zones de travaux avérés et celle largement suspectée décrite ci-avant.

Prédisposition

L'évaluation de la prédisposition à l'apparition du phénomène d'effondrement localisé s'appuie sur des facteurs variés tels que la présence de vide, les caractéristiques des travaux, la nature de l'encaissant et du recouvrement [7] [8]. Il n'existe pas d'information nouvelle, la révision se base donc sur les données déjà disponibles : les chantiers avaient tendance à s'effondrer pendant l'exploitation, pouvant engendrer des désordres en surface, et certains secteurs étaient en partie remblayés. Les travaux étant menés au sein même du village et la zone étant très urbanisée, aucun indice de désordres n'a pu révéler la présence de vide. La densité de vide au sein d'une galerie isolée reste faible. Ainsi, une prédisposition **peu sensible** est retenue pour le phénomène d'effondrement localisé sur travaux souterrains.

Intensité

L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir du rayon maximal du cône attendu en surface. Le retour d'expérience montre que les désordres apparus dans des contextes miniers similaires (Eguenigue, Grand-Charmont et Béthoncourt) ont des diamètres de 5 m au maximum (intégrant le diamètre de l'ouvrage), équivalents à une intensité **limitée** selon la nouvelle méthodologie.

Niveau d'aléa

Le croisement de la prédisposition et de l'intensité conduit à retenir un aléa « effondrement localisé » de **niveau faible**.

L'emprise des travaux étant mal définie, et en cohérence avec la découverte d'un nouveau secteur au nord du village qui n'avait pas fait l'objet de levé en 1833 ou de mention dans les archives, l'emprise de l'aléa couvre l'enveloppe des terrains sidérolitiques (cf. Tableau 10). La

zone d'aléa prend en compte la marge d'influence du phénomène de fontis, les dimensions des travaux et l'incertitude de l'enveloppe des terrains sidérolithiques.

Exception de la mine du Molard

Le phénomène d'effondrement localisé lié aux travaux souterrains ne sera pas cartographié au droit du désordre du Creux Molla (hors marge d'influence) ; les travaux profonds s'étant déjà effondrés jusqu'en surface, il ne reste vraisemblablement plus de vide au niveau de la surface.

Localisation	Révision	Prédisposition	Intensité	Niveau
Village - Vert Bois	Aléa conservé	Peu sensible	Limitée	Faible
Village - Trous du Village	Aléa conservé	Peu sensible	Limitée	Faible
Village - Rouges Trous	Aléa conservé	Peu sensible	Limitée	Faible
Village - Nord	Aléa conservé	Peu sensible	Limitée	Faible
Village - Creux Molla	Aléa cartographié	Peu sensible	Limitée	Faible
Village - autres secteurs suspectés au droit de l'enveloppe des terrains sidérolithiques	Aléa tassement supprimé et évaluation de l'aléa effondrement localisé	Peu sensible	Limitée	Faible
Bois de Châtenois-les-Forges	Aléa cartographié	Peu sensible	Limitée	Faible

Tableau 10 – Récapitulatif de la révision de l'aléa effondrement localisé sur ouvrages

3.3.2 Aléa effondrement localisé sur ouvrages

L'étude des aléas miniers menée en 2009 a conduit à retenir sur la commune plusieurs zones d'aléa « effondrement localisé » de niveaux faible à fort associé aux puits situés au sein du village et des bois de la commune.

L'analyse bibliographique et la campagne de terrain durant l'étude d'aléas de 2009 ont permis d'identifier les caractéristiques de certains puits. Aucune nouvelle donnée n'ayant permis de préciser ou contester ces informations, ces dernières vont donc être utilisées en tant que paramètres pour cette révision.

Au vu du manque d'information sur ce secteur très clairement exploité, on distinguera l'évaluation de l'aléa « effondrement localisé » sur :

- les ouvrages identifiés dans les archives dont l'existence est certaine mais qui n'ont pas été retrouvés sur le terrain : unique ouvrage localisé nommé P6 en annexe A ;
- les ouvrages retrouvés sur le terrain : ouvrages matérialisés en annexe A ;
- des ouvrages suspectés, positionnés uniquement par des témoignages mais en cohérence avec des indices de terrain ou la bibliographie : ensemble des autres ouvrages localisés en annexe A (hors le puits P6).

Les ouvrages mentionnés uniquement par témoignages, qui ne présentent pas d'indices de travaux et qui ne sont recoupés par aucune mention dans les archives, ne sont pas pris en compte dans l'évaluation des aléas. Ainsi, trois ouvrages sont mentionnés dans la phase informative mais n'ont pas été cartographiés : un possible puits au niveau de l'école des

garçons (mentionné « remblayé ou dallé »), un puits ou une galerie possible à proximité de la maison du 2 rue Jeanne d'Arc et un départ de galerie au début de la rue du Général Courtot.

Prédisposition

Différents critères sont à prendre en compte dans l'évaluation de la prédisposition de l'aléa effondrement localisé sur puits. Les dimensions de certains puits, sur différents secteurs exploités, sont connues et la présence d'un revêtement est supposée pour certains d'entre eux (mentionnés par témoignages). Cependant, le traitement ne semble pas avoir été mis en place de manière systématique sur l'ensemble des ouvrages. De plus, même lorsque le traitement de l'ouvrage est connu, le manque d'informations sur sa qualité ou son dimensionnement ne permet pas de garantir la pérennité sur le long terme. Il a donc été décidé de ne pas tenir compte des informations de remblayage et dallage. Des désordres dans les bois, assimilés à des désordres sur puits, ont été recensés sans savoir s'ils se sont formés durant l'exploitation ou après la fermeture définitive des travaux.

Il s'agit donc ici de puits non ou mal remblayés il y a plus d'un siècle, avec un nombre limité de recettes et une remontée d'eau stabilisée. Etant donné les incertitudes sur les dimensions et le traitement des puits, pour l'évaluation de l'aléa effondrement localisé sur ouvrages, on distinguera :

- les ouvrages qui ont pu être cartographiés (repérés sur plan d'archives, indiqués par des témoignages : **ouvrages matérialisés et localisés**), dont une prédisposition **sensible** leur a été associée ;
- les 300 à 400 ouvrages présents dans le secteur des bois et dont aucune information cartographique n'est donnée (**ouvrages non localisés**) : une prédisposition **peu sensible** leur a été associée ;
- les ouvrages ouverts présentant un risque corporel, dont une prédisposition **très sensible** leur est associée (**ouvrage matérialisé du Rond Bosquet nommé P2Bois**).

Intensité

L'intensité est caractérisée par les dimensions du cône susceptible de se former en surface. L'estimation de ce rayon théorique maximal se base sur les dimensions de chaque puits et dépend du comportement mécanique des terrains de recouvrement, notamment de la nature et de l'épaisseur des terrains peu cohésifs.

Aucune nouvelle information ne permet d'admettre un traitement (remblayage, dallage) réalisé dans les règles de l'art, et vu la dimension des désordres observés, l'évaluation du cône d'effondrement conduit à retenir un diamètre maximal attendu du cratère en surface compris entre 4 m et 6 m (intégrant le diamètre du puits). Ce diamètre reste en cohérence avec celui retenu sur les communes alentours (5 m maximum pour les communes de Béthoncourt [5] et Grand-Charmont [3]). L'intensité de l'aléa effondrement localisé sur puits est donc **modérée** pour le phénomène d'effondrement localisé selon la nouvelle méthodologie.

Concernant le puits nommé P2Bois au niveau du lieu-dit du Rond Bosquet, aucun aléa n'avait été cartographié lors de l'étude de 2009 car il n'a été repéré que lors de la campagne de terrain de l'étude d'évaluation des aléas « mouvements de terrain » de la commune de Grand-Charmont. Ses dimensions sont connues précisément et permettent d'évaluer les dimensions du cône susceptible de se former en surface. Sans information nouvelle, le calcul volumétrique de l'époque est conservé, permettant de retenir un diamètre maximal attendu du cratère en surface inférieur à 5 m, soit une intensité **limitée** selon la nouvelle méthodologie (coefficient de foisonnement établi à 1,3 et un angle de talus naturel fixé à 35° ; se référer à l'étude [3]).

Niveau d'aléa

Par croisement, un aléa « effondrement localisé » de niveau **faible** est retenu pour les ouvrages non identifiés (non localisés) durant la phase informative (au niveau des bois) et de niveau **moyen** pour les ouvrages identifiés et cartographiés durant la phase informative (commune et certains dans les bois), y compris celui présentant un risque corporel important (P2Bois).

Le tracé de l'aléa de chaque puits englobe :

- le rayon du cône d'effondrement ;
- le rayon de l'ouvrage (compris dans le rayon du cône d'effondrement pour certains ouvrages) ;
- l'incertitude relative aux coordonnées de l'ouvrage.

L'incertitude de positionnement associée à chaque puits reste inchangée par rapport à l'étude d'aléas initiale.

Concernant la large zone exploitée dans les bois, les aléas effondrement localisé sur travaux et sur ouvrages se superposent. En effet, les travaux souterrains sont supposés être de relatives faibles dimensions autour des ouvrages. Il est considéré, comme lors de la première étude, que les effondrements localisés relatifs aux travaux souterrains qui pourraient apparaître sont situés dans le périmètre d'influence du phénomène d'effondrements localisés liés aux ouvrages.

Une trentaine d'ouvrages mentionnés dans les archives restent non localisés au sein du village ; aucun aléa ne leur est donc associé. Ces ouvrages sont contenus dans l'emprise de la zone d'aléa effondrement localisé sur travaux, qui couvrent l'ensemble de la zone sidérolithique potentiellement exploitée. Rappelons que 4 puits ont été recensés dans les archives au niveau du secteur Vert Bois, 17 puits sur le secteur des Trous du Village, 12 puits sur le secteur des Rouges Trous et 300 à 400 puits dans le secteur des bois de la commune.

Localisation	Secteur	Ouvrage	Prédisposition	Intensité	Niveau	Rayon
Village de Châtenois-les-Forges	Vert bois	Galerie	Sensible	Modérée	Moyen	8 m
	Trous du village	Puits d'épuisement ? rue Kléber (P5)	Sensible	Modérée	Moyen	8 m
		Puits rue du Fort (P6)	Sensible	Modérée	Moyen	43 m
	Zone nord	3 galeries	Sensible	Modérée	Moyen	8 m
		Puits Safesse (P7)	Sensible	Modérée	Moyen	8 m
		2 puits Steuger 1 et 2 (P1 et P2)	Sensible	Modérée	Moyen	8 m
		Puits Gasser (P4)	Sensible	Modérée	Moyen	8 m
	Puits rue Dubail (P8)	Sensible	Modérée	Moyen	8 m	
Rouges Trous	Puits Steuger 3 (P3)	Sensible	Modérée	Moyen	8 m	
Bois de Châtenois-les-Forges	Rond Bosquet	Puits P2Bois	Très sensible	Limitée	Moyen	42 m
	Combe aux Brebis	2 puits (Forster)	Sensible	Modérée	Moyen	23 m
	Hautes Feuillées	2 puits (Forster)	Sensible	Modérée	Moyen	23 m
		Puits de la forêt	Sensible	Modérée	Moyen	8 m
	Vieux Ourdons	1 puits (Forster)	Sensible	Modérée	Moyen	23 m
	Epenottes	1 puits (Forster)	Sensible	Modérée	Moyen	23 m
	Combe Chevriot / Ligne LGV	5 puits (karst ?)	Sensible	Modérée	Moyen	8 m
Ensemble des bois	300 à 400 puits	Peu sensible	Modérée	Faible	Ensemble de l'emprise	

Tableau 11 – Récapitulatif de la révision de l'aléa effondrement localisé sur ouvrages

4 CONCLUSION

Au regard de l'évolution des méthodologies d'évaluation des aléas miniers, du retour d'expérience acquis sur des bassins miniers, tel que le bassin ferrifère de Montbéliard, il est apparu nécessaire de réviser l'ensemble des aléas « mouvements de terrain » de la commune de Châtenois-les-Forges.

Cette révision a conduit à conserver la zone d'aléa « effondrement généralisé », supprimer la zone d'aléa « tassement » et réviser les zones d'aléa « effondrement localisé ».

Il n'en reste pas moins que, sur la commune de Châtenois-les-Forges, les caractéristiques et extensions des travaux restent mal connues. L'extension possible du gisement, et donc des travaux au sein du village, est circonscrite à l'enveloppe des terrains sidérolitiques où un aléa « effondrement localisé » de niveau faible a été retenu. Cette large zone d'aléa recouvre l'ensemble des secteurs exploités et levés en 1833. Elle tient également compte du fait qu'une zone a été découverte durant la campagne de terrain de 2009 et que d'autres zones sont sûrement existantes au sein de l'enveloppe des terrains sidérolitiques. Cette zone d'aléa permet de couvrir une large zone de puits non localisés mais existant dans le secteur.

Des zones d'aléa « effondrement localisé » de niveau moyen ont été retenues sur l'ensemble des ouvrages identifiés de la commune, et une large zone d'aléa « effondrement localisé » de niveau faible a été étendue à l'ensemble des bois à l'ouest de la commune, concernant à la fois les travaux et les 300 à 400 puits mentionnés dans les archives mais non localisés.

Les cartes mises à jour sont jointes au présent rapport. La carte informative produite dans la présente étude (annexe A) annule et remplace celle présentée dans les études antérieures. La nouvelle carte des aléas miniers de la commune est jointe en annexe B.

5 BIBLIOGRAPHIE

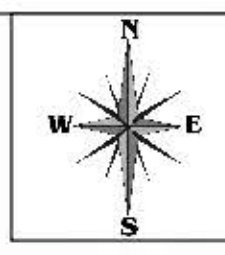
- [1] GEODERIS. *Bassin ferrifère de Belfort-Montébliard. Commune de Châtenois-les-Forges (90). Etude des aléas miniers. Note de synthèse.* Rapport E2009/283DE, 14/01/2010.
- [2] BRGM. *Les anciennes mines de fer de Montbéliard (Doubs). Données géologiques et gîtologiques.* Rapport BRGM/RP-52640-FR, novembre 2003.
- [3] GEODERIS. *Etude des aléas miniers sur la commune de Grand-Charmont (25).* Rapport E2007/354DE, 10/01/2008.
- [4] GEODERIS. *Bassin ferrifère de Belfort-Montbéliard. Commune d'Eguenigue (90). Etude des aléas miniers. Note de synthèse.* Rapport E2009/282DE, 14/01/2010.
- [5] GEODERIS. *Etude des aléas miniers sur la commune de Béthoncourt (25). Etat des connaissances à la fin 2007.* Rapport E2008/007DE, 11/03/2008.
- [6] GEODERIS. *Révision de l'aléa « tassement » sur les communes de Bethoncourt, Grand-Charmont, Vieux-Charmont et Nommay (25).* Rapport E2018052DE_bis, 2018.
- [7] INERIS. *Guide d'évaluation des aléas miniers.* Rapport DRS-17-164640-01944A, 2018.
- [8] GEODERIS. *Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers Volet « effondrement localisé ».* Rapport N2012/010DE, 09/11/2012.
- [9] CSTB. *Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type fontis de niveau faible.* Rapport 26029541, 15/09/2011.

6 LISTE DES ANNEXES

Annexe A	Carte informative de la commune de Châtenois-les-Forges (90)
Annexe B	Carte des aléas de la commune de Châtenois-les-Forges (90)

Annexe A

**Carte informative de la commune
de Châtenois-les-Forges (90)**



Carte informative

Commune de CHATENOIS-LES-FORGES (90)

Légende :

Ouvrage

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- ⊗ Galerie matérialisée
- ⊗ Galerie localisée
- + Forage matérialisé

Emprise d'exploitation

- Travaux localisés

Désordre

- Désordre
- Zone de désordre

Limites administratives

- Site minier
- Commune
- Département

Echelles :

Localisation : 1 / 4 500
ZOOM : 1 / 20 000



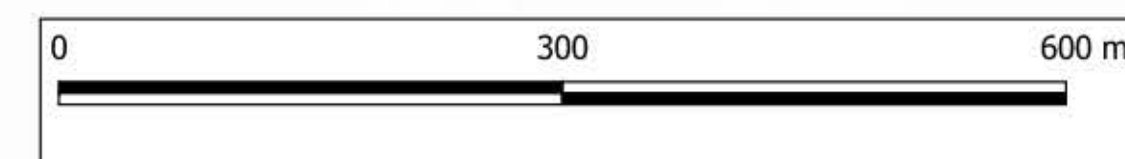
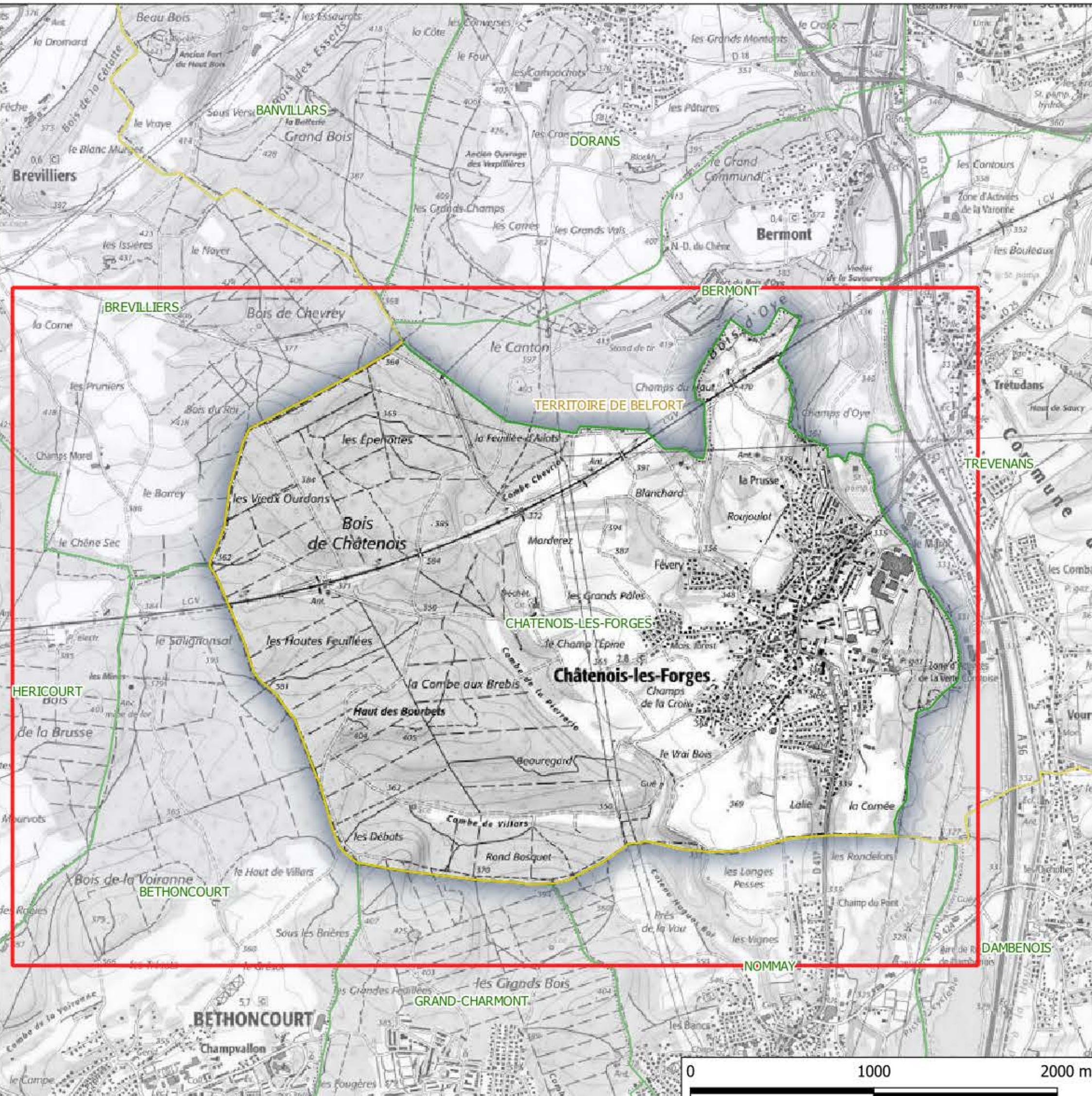
Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2017 selon le protocole IGN MEEDM
SCAN 25 (Lambert 93) de l'IGN

GEO DERIS 2021/113DE - 21BFC22050

Annexe A

juin 2021



Annexe B

**Carte des aléas de la commune
de Châtenois-les-Forges (90)**

Carte des aléas miniers
Commune de CHATENOIS-LES-FORGES (90)

Légende :

Ouvrage

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- ⊗ Puits matérialisée
- ⊗ Puits localisée

Zone d'aléa

- Effondrement localisé faible
- Effondrement localisé moyen
- Effondrement généralisé moyen

Limite administrative

- Concession
- Commune

Echelles:
Localisation : 1/4 500
ZOOM : 1/20 000



Fonds cartographiques:
ED ORTHO (Lambert 93) de 2017 selon le protocole IGN MEEDM
SCAN 25 (Lambert 93) de l'IGN

Annexe B

GEODERIS 2021/113DE -21BFC22050

juin 2021

