

# **ANNEXE PORTER A CONNAISSANCE MINIER**

## *Exploitations de bauxite des Alpilles*

### *Principes de prévention relatifs aux aléas miniers résiduels*

COMMUNES DES BAUX-DE-PROVENCE, FONTVIEILLE,  
PARADOU, MAUSSANNE-LES-ALPILLES  
ET SAINT-REMY-DE-PROVENCE

AVRIL 2021



*Plan d'eau de l'ancienne mine à ciel ouvert de bauxite du secteur de Mas Rouge  
sur la commune des Baux-de-Provence (source : ©DDTM13- Août 2018)*

# SOMMAIRE

<b>I.</b>	<b>Les exploitations de bauxite .....</b>	<b>3</b>
I.A	Historique.....	3
I.B	Risques apres-mines.....	3
<b>II.</b>	<b>Étude des aléas miniers résiduels réalisée par GEODERIS.....</b>	<b>3</b>
<b>III.</b>	<b>Niveaux d’endommagement .....</b>	<b>4</b>
<b>IV.</b>	<b>Prise en compte des aléas miniers retenus .....</b>	<b>5</b>
IV.A	L’effondrement généralisé.....	6
IV.B	L’effondrement localisé.....	7
IV.B.a	L’effondrement localisé lié aux puits .....	7
IV.B.b	L’effondrement localisé lié aux travaux souterrains .....	7
IV.C	L’affaissement .....	8
IV.D	L’écroulement rocheux de front .....	9
IV.E	Les glissements .....	10
IV.F	Les tassements.....	11
<b>V.</b>	<b>Cas de la révision ou de l’élaboration d’un PLU.....</b>	<b>12</b>
<b>VI.</b>	<b>Gestion de l’existant .....</b>	<b>12</b>
<b>VII.</b>	<b>Extension de l’existant .....</b>	<b>12</b>
<b>VIII.</b>	<b>Activités agricole, piscicole ou forestière.....</b>	<b>13</b>
<b>IX.</b>	<b>Projet de grande ampleur .....</b>	<b>13</b>



## I. *Les exploitations de bauxite*

### I.A HISTORIQUE

Sur le bassin minier des Alpilles, la bauxite a été exploitée sur une période d'environ 130 ans, entre 1860 et 1993, tout d'abord hors-titre puis sous couvert de quatre titres miniers.

Avant 1960, la bauxite a été exploitée sous le régime des carrières donc hors titre. Après le décret du 4 octobre 1960, classant cette substance comme substance minière concessible, les travaux ont été menés dans le cadre du code minier sous couvert des quatre titres suivants :

- concession des Baux (titre n°13SM0033)1 renoncée depuis 2005,
- concession de Maussane (titre n°13SM0032) renoncée depuis 2005,
- permis d'exploitation (PEX) du Mas Rouge (non référencé) dont l'abandon des travaux date de 1984,
- permis d'exploitation (PEX) des Arcoules (non référencé) correspondant au secteur de Viaud Ricaud (Ce titre est renoncé depuis 1964).

### I.B RISQUES APRES-MINES

Les mines et carrières des Alpilles ont donné lieu à des **travaux à ciel ouvert**, des **travaux souterrains** ainsi qu'à des créations de **dépôts**.

Les **travaux à ciel ouvert** et/ou les **tranchées** peuvent être le siège de mouvements de terrain au niveau des fronts de taille (écroulement rocheux, glissement).

Les exploitations souterraines ont laissé des vides résiduels qui peuvent provoquer en surface des mouvements de terrain du type affaissement et effondrement généralisé ou localisé.

Les **dépôts de surface**, quant à eux, peuvent être à l'origine de mouvements de terrain de type glissement ou tassement.

## II. *Étude des aléas miniers résiduels réalisée par GEODERIS*

L'**aléa** est un concept qui correspond à l'éventualité qu'un phénomène d'intensité qualifiable ou quantifiable, se produise sur un site donné. Dans le domaine du risque minier comme dans celui du risque naturel, l'aléa résulte du croisement de l'intensité d'un phénomène redouté et de l'éventualité de sa survenance.

Les aléas miniers résiduels relatifs aux anciennes exploitations de bauxite des Alpilles ont été évalués par l'expert public pour les risques après-mine GEODERIS.



L'étude GEODERIS a retenu les aléas mouvements de terrain indiqués dans le tableau suivant :

Type d'aléa	Type d'exploitation	Aléas miniers
Mouvements de terrain	Exploitation souterraine	effondrement généralisé
		effondrement localisé lié aux puits
		effondrement localisé lié aux travaux souterrains
		affaissement
	travaux à ciel ouvert et/ou tranchées	écroulement rocheux de front
	travaux à ciel ouvert et/ou tranchées ou dépôts	glissement
dépôts	tassement	

### III. *Niveaux d'endommagement*

L'échelle d'endommagement du National Coal Board (1975) a été adoptée de manière à hiérarchiser les désordres attendus dans la structure d'un bâtiment. Cette échelle comprend cinq niveaux de N1 à N5 correspondant aux désordres prévisibles énumérés comme suit:

Pour le **niveau N1** (dommages négligeables ou très légers) :

1. fissures très légères dans les plâtres,
2. légères fissures isolées dans le bâtiment, non visibles de l'extérieur.

Pour le **niveau N2** (dommages légers) :

1. plusieurs fissures légères visibles à l'intérieur du bâtiment,
2. les portes et fenêtres peuvent se coincer,
3. des réparations aux murs et plafonds peuvent être nécessaires.

Pour le **niveau N3** (dommages appréciables) :

1. fissures légères visibles de l'extérieur,
2. les portes et fenêtres sont coincées,
3. les canalisations sont rompues.

Le **niveau N4** correspond aux dommages subis de niveau sévère dont les désordres peuvent être :

1. des canalisations rompues ou dégradées,
2. des fractures ouvertes dans les murs,
3. des châssis de portes et fenêtres tordus,
4. des sols en pente,
5. murs hors d'aplomb ou bombés, localement étayés,
6. quelques déchaussements des poutres,
7. en cas de compression, un chevauchement des joints dans les toits et soulèvement des murs en briques, avec fissures horizontales.

Le dernier **niveau N5**, correspondant aux dommages très sévères, représente l'effondrement partiel ou total quasi-certain :

1. le bâtiment doit être reconstruit partiellement ou complètement,



2. les poutres des planchers et de la toiture sont déchaussées et nécessitent d'être étayées,
3. l'inclinaison des planchers et des murs est très importante,
4. en cas de compression, gauchissement et bombement sévères des murs et du toit.

Les trois premiers niveaux d'endommagement (N1 à N3) correspondent aux dommages architecturaux. Les deux derniers niveaux de désordres (N4 et N5) correspondant respectivement aux dommages fonctionnels (état limite de service (ELS)) et structurels (état limite ultime (ELU)), ne permettent plus d'assurer la « viabilité » du bâtiment du fait de désordres trop importants, et avec risque d'effondrement partiel ou total pour le dernier niveau.

#### IV. *Prise en compte des aléas miniers retenus*

De par leur nature ou leur niveau, certains aléas justifient un **principe d'inconstructibilité**, pour les autres aléas, il conviendra de respecter les conditions de réalisation édictées ci-après.

Ci-dessous, un tableau récapitulatif des principes de prévention fonction des aléas explicités dans les paragraphes subséquents.

Aléas	Constructibilité en zone non urbanisée
Effondrement généralisé <i>Niveau moyen</i>	<b>Inconstructible</b>
Effondrement localisé (puits) <i>Niveau faible</i>	<b>Inconstructible</b>
Effondrement localisé (travaux souterrains) <i>Niveau faible</i>	Constructible à titre exceptionnel*
Effondrement localisé (travaux souterrains) <i>Niveau moyen</i>	<b>Inconstructible</b>
Affaissement <i>Niveau faible</i>	Constructible à titre exceptionnel*
Ecroulement rocheux de front <i>Niveau faible, moyen</i>	<b>Inconstructible</b>
Glissement <i>Niveau faible</i>	Constructible à titre exceptionnel*
Glissement <i>Niveau moyen, fort</i>	<b>Inconstructible</b>
Tassement <i>Niveau faible</i>	Constructible à titre exceptionnel*

*Tableau récapitulatif des principes de prévention*

<sup>1\*</sup> Dans ces zones, les constructions nouvelles ne sont envisageables qu'à titre exceptionnel, dans les conditions énoncées dans les paragraphes suivants (réalisation d'une étude, règles particulières de construction...)



**D'une manière générale**, les principes de prévention explicités ci-dessus résultent d'un croisement entre les aléas miniers résiduels et les enjeux. En effet, il convient de distinguer les **zones urbanisées** et les **zones non urbanisées** afin de définir la constructibilité. Pour les exploitations de bauxite des Alpilles, les aléas miniers se situent uniquement dans des zones non urbanisées. Ainsi le croisement se réduit à celui des aléas et de la seule zone d'enjeux en présence: la zone non urbanisée.

**Cependant, il convient de privilégier le développement urbain en dehors des zones d'aléas.**

Dans le cas où plusieurs aléas se superposeraient au droit d'une zone, si un aléa entraîne une inconstructibilité alors la zone est inconstructible.

*Les extensions de moins de 20 m<sup>2</sup> de surface de plancher ou d'emprise au sol ne sont pas soumises à des prescriptions particulières vis-à-vis du risque minier.*

#### IV.A L'EFFONDREMENT GÉNÉRALISÉ

L'**effondrement généralisé** est un **abaissement brutal de la surface** sans signes précurseurs qui peut affecter la stabilité des terrains sur des étendues pouvant atteindre plusieurs hectares et qui présente une rupture franche des terrains. Ce phénomène est du à la rupture souvent dynamique et quasi instantanée de tout ou partie d'une exploitation souterraine.

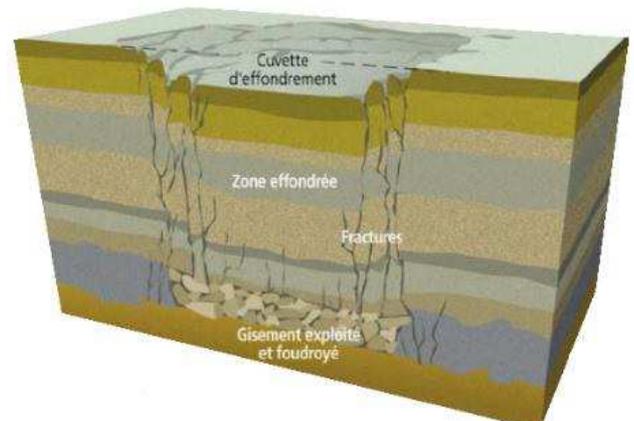
Le niveau d'aléa identifié par l'étude est :

- moyen

Ces zones d'aléa sont **inconstructibles**.



*Exemple de phénomène d'effondrement généralisé  
(source: <http://www.geolithe.fr>)*



*Illustration du phénomène d'effondrement généralisé*



## IV.B L'EFFONDREMENT LOCALISÉ

L'effondrement localisé se manifeste en surface par un **cratère de quelques mètres** et qui, dans certaines configurations particulières, peut atteindre voire dépasser une dizaine de mètres de diamètre (estimé inférieur à 10 mètres pour les exploitations de bauxite des Alpilles). Il correspond aux phénomènes de fontis (lié à la rupture de toit ou à la rupture d'un pilier isolé d'une exploitation souterraine) ou d'effondrement de tête de puits ou de galerie.

### IV.B.a L'effondrement localisé lié aux puits

Le niveau d'aléa identifié par l'étude est :

- faible

Ces zones d'aléa sont **inconstructibles**.



Effondrement localisé, Beaune-les-Mines (Limoges)  
(source: <https://www.lepopulaire.fr>)

### IV.B.b L'effondrement localisé lié aux travaux souterrains

Les niveaux d'aléa identifiés par l'étude sont :

- faible
- moyen

**Niveau moyen** : les zones d'aléa moyen sont **inconstructibles**.

**Niveau faible** : pour les projets autorisés, en zones d'aléa *effondrement localisé lié aux travaux souterrains* de niveau **faible**, le pétitionnaire doit fournir au service instructeur compétent pour les autorisations d'urbanisme une attestation établie par l'architecte du projet ou par un expert certifiant la réalisation d'une étude permettant d'en déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation et constatant que le projet prend en compte ces conditions au stade de la conception.

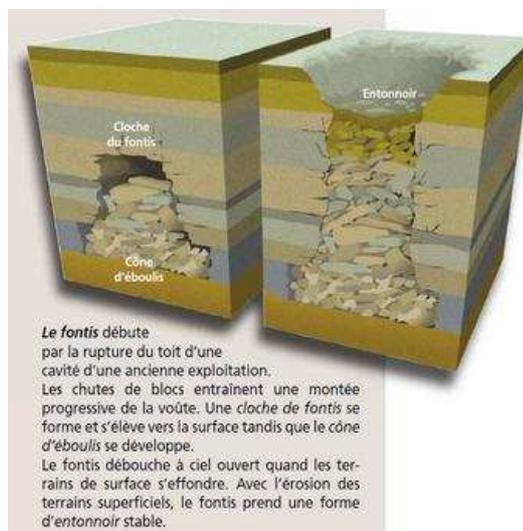


Illustration du phénomène d'effondrement localisé

Cette étude vérifiera que les objectifs de performance cités ci-dessous sont respectés par la définition et la mise en œuvre de règles particulières de construction portant à la fois sur le gabarit des constructions et sur l'utilisation de techniques particulières de renforcement notamment :

- ✓ conditions d'implantation et de voisinage,
- ✓ choix de la forme et des dimensions,

- ✓ choix des matériaux,
- ✓ renforcement de la superstructure (murs porteurs et chaînage),
- ✓ renforcement et profondeur d'ancrage des fondations,
- ✓ conception adaptée des éléments secondaires et non structuraux,
- ✓ conception adaptée des réseaux.

Ces prescriptions concernent directement la stabilité et la tenue du clos et du couvert des constructions.

#### Niveaux de performance à respecter :

La stabilité d'ensemble du bâtiment doit répondre à un niveau d'endommagement ne dépassant pas le niveau N3 (portes coincées et canalisations rompues) tel que défini dans le paragraphe III du présent document pour la survenance d'un fontis d'un diamètre maximum de 5 m

Les porteurs de projets et leurs bureaux d'études pourront se référer pour le choix de dispositions constructives adaptées aux aléas miniers au guide d'aide à la décision réalisé par le CSTB relatif à l'aléa de type fontis :

« Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type fontis – Référence 26029541 – CSTB – 2011 »

Ce guide est téléchargeable sur le site Internet des services de l'Etat dans les Bouches-du-Rhône à l'adresse suivante :

<http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/La-prevention/Porter-a-connaissance-du-risque-minier>

## IV.C L'AFFAISSEMENT

L'affaissement progressif constitue un réajustement des terrains de surface induit par l'éboulement d'édifice souterrain. Le phénomène est généralement lent, progressif et souple. Il se manifeste par l'apparition d'une dépression topographique, sans rupture cassante importante, et présente une allure de cuvette.

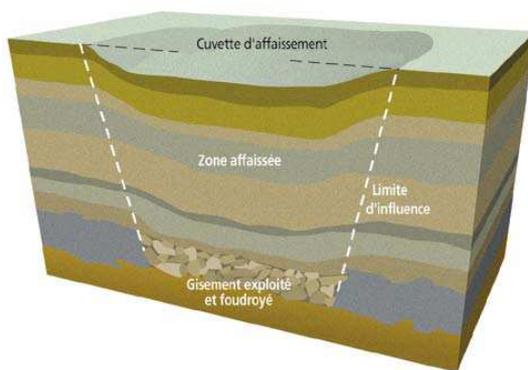
Le niveau d'aléa identifié par l'étude est:

- faible

Pour les projets autorisés, en zones d'aléa *affaissement*, le pétitionnaire doit fournir au service instructeur compétent pour les autorisations d'urbanisme une attestation établie par l'architecte du projet ou par un expert certifiant la réalisation d'une étude permettant d'en déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation et constatant que le projet prend en compte ces conditions au stade de la conception.

Cette étude vérifiera que les objectifs de performance cités ci-dessous sont respectés par la définition et la mise en œuvre de règles particulières de construction portant à la fois sur le gabarit des constructions et sur l'utilisation de techniques particulières de renforcement notamment :

- ✓ conditions d'implantation et de voisinage,



- ✓ choix de la forme et des dimensions,
- ✓ mise en place de joints d'affaissement,
- ✓ choix des matériaux,
- ✓ renforcement de la superstructure (murs porteurs et chaînage),
- ✓ renforcement et profondeur d'ancrage des fondations,
- ✓ conception adaptée des éléments secondaires et non structuraux,
- ✓ conception adaptée des réseaux.



*Dommage sur une habitation en raison de la survenance d'un affaissement – (source : © GEODERIS)*

Ces prescriptions concernent directement la stabilité et la tenue du clos et du couvert des constructions.

### **Niveaux de performance à respecter :**

La stabilité d'ensemble du bâtiment doit répondre à un niveau d'endommagement ne dépassant pas le niveau N3 (portes coincées et canalisations rompues) tel que défini dans le paragraphe III du présent document pour la survenance de la mise en pente de 3%

Les porteurs de projets et leurs bureaux d'études pourront se référer pour le choix de dispositions constructives adaptées aux aléas miniers au guide d'aide à la décision réalisé par le CSTB relatif à l'aléa de type affaissement :

« *Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type affaissement progressif – CSTB – 2004* »

Ce guide est téléchargeable sur le site Internet des services de l'Etat dans les Bouches-du-Rhône à l'adresse suivante :

<http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/La-prevention/Porter-a-connaissance-du-risque-minier>

## **IV.D L'ÉCROULEMENT ROCHEUX DE FRONT**

Les grandes excavations à ciel ouvert présentent très souvent un front subvertical (ou deux) pouvant être à l'origine d'éroulement plus ou moins conséquents (détachement de masses rocheuses, plus ou moins volumineuses, de la paroi généralement très raide s'écrasant au pied du front de taille).

Les niveaux d'aléa identifiés par l'étude sont :

- faible
- moyen

Ces zones d'aléa sont **inconstructibles** quel que soit le niveau d'aléa.



*Grande mine à ciel ouvert du secteur des Canonnettes susceptible d'être affectée par des éroulements rocheux (source : © DDTM13, Août 2018)*



## IV.E LES GLISSEMENTS

Ces mouvements de pente sont observés sur les flancs des dépôts miniers ou au niveau des versants d'excavations (mines à ciel ouvert, tranchées) creusées en roche tendre.

Les niveaux d'aléa identifiés par l'étude sont :

- faible
- moyen
- fort



Exemple de glissement et chutes de blocs au droit d'anciennes exploitations de bauxite sur la commune du Thoronet (Var)

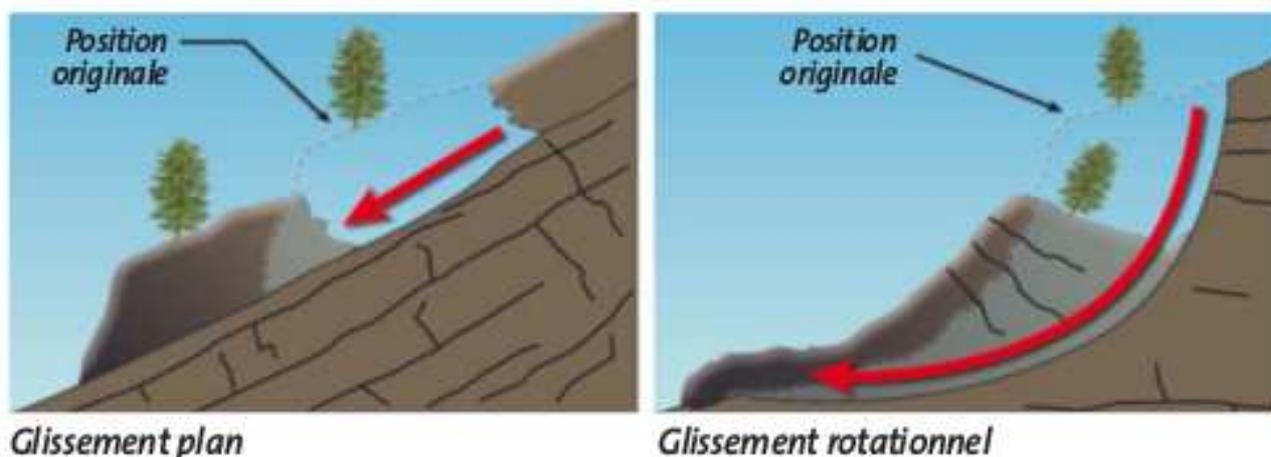


Illustration sur le phénomène de glissement

**Niveau moyen, fort** : les zones d'aléa moyen et fort sont **inconstructibles**.

**Niveau faible** : pour les projets autorisés, en zones d'aléa *glissement* de niveau **faible**, le pétitionnaire doit fournir au service instructeur compétent pour les autorisations d'urbanisme une attestation établie par l'architecte du projet ou par un expert certifiant la réalisation d'une étude géologique et géotechnique permettant d'en déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation et constatant que le projet prend en compte ces conditions au stade de la conception.

Cette étude appropriée de type G2 minimum au sens de la norme NF-P 94-500 (ou de niveau équivalent en cas de modification des normes en vigueur). Elle sera si nécessaire accompagnée des missions géotechniques suivantes et devra apporter la preuve que le terrain peut supporter les travaux, installations, ouvrages ou constructions envisagés, sans être exposé à un risque de glissement et sans aggraver les risques pour les tiers et sur les parcelles environnantes.

Cette étude consistera en :

- une reconnaissance des terrains adaptée à la problématique des glissements,
- la définition de dispositions techniques (parades, gestion des eaux...) ainsi que la détermination des modalités d'entretien et de maintenance, par un bureau d'études spécialisé afin de garantir la sécurité du projet vis-à-vis des risques d'instabilité des talus (glissements de terrain). Le maître d'ouvrage doit veiller à l'assurance d'une



maintenance régulière de son système de protection et à la vérification périodique de sa pérennité,

- la définition des modalités de construction du bâti par le bureau d'études.

Les dispositions techniques définies par l'étude devront être mises en œuvre par le maître d'ouvrage.

#### **Niveau de performance à respecter :**

La stabilité d'ensemble du bâtiment doit répondre à un niveau d'endommagement ne dépassant pas le niveau N1 (fissures d'aspect) tel que défini dans le paragraphe III du présent document.

### **IV.F LES TASSEMENTS**

Pour les exploitations de bauxite des Alpilles, les tassements ont été retenus uniquement au niveau des dépôts de surface (tassements au droit de travaux souterrains écartés par l'étude réalisée par GEODERIS)

Le niveau d'aléa identifié par l'étude est :

- faible

*Terril à l'est du secteur des Canonnettes (dépôt de 700 000 m<sup>3</sup> de roches calcaires revégétalisé et mis en forme par intervention de l'ONF) susceptible d'être affectée par des phénomènes de tassement (sur la partie sommitale) et de glissement  
(source : © Google Earth)*



Pour les projets autorisés, en zones d'aléa *tassement*, le pétitionnaire doit fournir au service instructeur compétent pour les autorisations d'urbanisme une attestation établie par l'architecte du projet ou par un expert certifiant la réalisation d'une étude permettant d'en déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation et constatant que le projet prend en compte ces conditions au stade de la conception.

La structure de la construction devra être conçue de manière à ce que les fondations reposent sur le terrain naturel capable de les supporter. Le porteur de projet devra réaliser une étude géologique et géotechnique afin d'évaluer la profondeur du dépôt, de définir les principes constructifs adaptés. L'étude de conception G2 au sens de la norme NF-P 94-500 sera considérée comme un minimum (ou de niveau équivalent en cas de modification des normes en vigueur). Elle sera si nécessaire accompagnée des missions géotechniques suivantes.

Les dispositions techniques définies par l'étude devront être mises en œuvre par le maître d'ouvrage.

#### **Niveau de performance à respecter :**

La stabilité d'ensemble du bâtiment doit répondre à un niveau d'endommagement ne dépassant pas le niveau N1 (fissures d'aspect) tel que défini dans le paragraphe III du présent document



## V. *Cas de la révision ou de l'élaboration d'un PLU*

Lors de la révision ou de l'élaboration d'un PLU, l'ouverture à l'urbanisation d'une zone non urbanisée ne peut être autorisée qu'à titre exceptionnel en zone d'aléa minier. Celle-ci doit être justifiée par le document de planification, au regard des besoins de développement, d'une part, et des possibilités d'implantation alternative, d'autre part. Les projets doivent respecter les prescriptions indiquées au paragraphe IV (fonction de la nature et du niveau d'aléa, réalisation d'une étude,...).

En effet, il convient de privilégier le développement urbain en dehors des zones d'aléas.

## VI. *Gestion de l'existant*

Ce paragraphe concerne la gestion de l'existant et les projets de modification de l'existant. Les règles concernant les projets d'extension sur l'existant sont abordées dans le paragraphe subséquent (VII).

Des dispositions relatives à la gestion courante de l'existant sont à prévoir. Dans toutes les zones y compris les zones **inconstructibles**, les travaux relatifs à l'entretien et au maintien en l'état des constructions peuvent être autorisés, sans préjudice du respect des autres dispositions d'urbanisme, tels que :

- les travaux de maintenance (changement de fenêtres, réfection de toiture)
- les travaux de réhabilitation légère visant à apporter des éléments de confort
- les travaux d'isolation ou de récupération d'énergie (ex. : panneaux solaires)
- les travaux destinés à rendre accessibles les constructions aux personnes handicapées
- les modifications d'aspect des bâtiments existants à condition qu'elles ne conduisent pas à fragiliser le bâtiment ou à aggraver les dégâts en cas d'effondrement localisé
- la construction d'annexes non habitables (par exemple, les garages, les abris de jardin) disjointes du bâtiment principal
- l'aménagement des combles, sauf s'il conduit à la création de logements supplémentaires
- Les changements de destination à condition de ne pas augmenter la vulnérabilité et à condition que les travaux n'engendrent pas de conséquences en terme de stabilité et de tenue du bâti existant

En tout état de cause, ces travaux ne doivent pas conduire à une augmentation de plus de 20 m<sup>2</sup> de surface de plancher ou d'emprise au sol (nouvelles références entrées en vigueur à compter du 1er mars 2012 avec la réforme des surfaces de référence en urbanisme).

## VII. *Extension de l'existant*

En zones d'effondrement localisé lié aux puits, les extensions ne sont pas autorisées.

A l'exception de ces zones, dans les zones **inconstructibles** (qualifiées dans les paragraphes précédents et rappelées dans le tableau récapitulatif situé au début du présent document) sont **autorisées** les extensions de moins de 20 m<sup>2</sup> de surface de plancher ou d'emprise au sol à condition de ne pas créer de logements supplémentaires.



## VIII. *Activités agricole, piscicole ou forestière*

Dans les zones **constructibles à titre exceptionnel** (qualifiées dans les paragraphes précédents et rappelées dans le tableau récapitulatif situé au début du présent document), les installations ou bâtiments nécessaires et liés aux activités agricole, piscicole ou forestière sont **autorisées** à condition de respecter les prescriptions relatives aux divers aléas définies dans les paragraphes précédents (étude vérifiant les niveaux de performance et mise en œuvre des dispositions de l'étude...).

## IX. *Projet de grande ampleur*

Tout projet de grande ampleur, tels que les ouvrages d'art, les aménagements d'infrastructure nécessitant la création d'ouvrages de génie civil, les installations de production d'énergie renouvelable doit faire l'objet d'**une étude géologique et géotechnique** spécifique, proportionnée aux enjeux. Celle-ci doit évaluer l'ampleur prévisible des mouvements de terrain ainsi que prendre en compte les phénomènes échauffement ou inondation, en vue de définir les dispositions constructives garantissant une tenue pérenne de l'ouvrage vis-à-vis d'un éventuel aléa minier. Le maître d'ouvrage s'assurera, en particulier, de ne pas endommager les ouvrages miniers, de ne pas aggraver les aléas, les risques et ses effets, de ne pas en provoquer de nouveaux.



