

**Canton de Vaud
COPIL Lot 16 JURA-ARNON**

Cartographie intégrale des dangers Lot 16 : Jura - Arnon

Rapport explicatif communal

Commune de Vugelles-La Mothe

Rapport n° : LOT16_2030

Le Mont-sur-Lausanne, le 3 février 2015

**Auteurs : Ph. Veuve / Alexandre Loye
V. Dehail**

LOT16_2030_VUGELLES_LA_MOTHE.DOCX

STUCKY-GEOTEST
GEOTEST SA (pilote)
STUCKY SA

p.a. GEOTEST S.A
En Budron E7
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél.: 021.731.09.20 Fax: 021.731.09.30
e-mail: lausanne@geotest.ch

Table des matières	page
1. INTRODUCTION	1
1.1. Mandat	1
1.2. Objet du mandat	1
1.3. Contexte et but de l'étude	1
1.4. Réalisation du projet	2
2. DOCUMENTATION	3
3. VUE D'ENSEMBLE	4
3.1. Aperçu géologique général	4
3.2. Aperçus hydrogéologique général	6
4. DANGERS GEOLOGIQUES	7
4.1. Périmètres d'études	7
4.2. Cartes des dangers liés aux chutes de pierres et blocs	8
4.3. Cartes des dangers liés aux glissements de terrain permanents (GPP)	9
4.4. Cartes des dangers liés aux glissements spontanés et coulées de terre (GSS)	9
4.5. Cartes des dangers liés aux laves torrentielles (LTO)	10
4.6. Cartes des dangers liés aux Tassement par retrait (TAS)	10
5. DANGERS HYDROLOGIQUES	11
5.1. Périmètres d'études inondation	11
5.2. Cartes des dangers liés à l'eau	12
6. DANGERS CUMULES (MULTI-DANGER)	13
7. ZONES DE CONFLITS	13
8. DEFICITS DE PROTECTION	14

8.1.	Périmètres de priorité élevée	14
8.2.	Périmètres de priorité moyenne	14
8.3.	Périmètres de priorité faible	15
9.	MESURES DE PROTECTION	16
9.1.	Mesures de protection liées aux dangers géologiques	16
9.2.	Mesures de protection liées aux dangers hydrologiques	19
10.	CONCLUSION	21

Annexes

Fiches de scénarios	1
---------------------	---

1. Introduction

1.1. Mandat

Mandant : Projet CDN-VD
COPIL Lot 16 Jura - Arnon

Numéro du projet : CDN-VD 16

Contrat n° : 100061-16/1

Contrat établi le : 07.11.2011

1.2. Objet du mandat

Projet: Projet CDN-VD

Objet de l'étude: Cartographie intégrale des dangers naturels

Lieu: Lot 16 : Jura - Arnon

1.3. Contexte et but de l'étude

Le présent mandat porte sur la réalisation des cartes de dangers naturels sur le lot 16 Jura - Arnon. Ce lot occupe en partie le massif montagneux du Jura vaudois entre les frontières nationales (France) et cantonales (Neuchâtel) et le Lac de Neuchâtel. Le point le plus élevé est le Chasseron (1606 m), le point le plus bas se situe au bord du Lac de Neuchâtel (431 m).

Il inclut les communes de Baulmes, Bonvillars, Bullet, Chamblon, Champagne, Champvent, Concise, Corcelles-près-Concise, Fiez, Fontaines-sur-Grandson, Giez, Grandevent, Grandson, L'Abergement, Mathod, Mauborget, Montagny-près-Yverdon, Mutrux, Novalles, Onnens, Orges, Provence, Rance, Sainte-Croix, Sergey, Suscévaz, Tévenon, Treycovagnes, Valeyres-sous-Montagny, Valeyres-sous-Rances, Vugelle-La Mothe, Vuiteboeuf, ainsi qu'une partie de la commune d'Yverdon-les-Bains. La superficie totale est de 268 km².

Il comprend les bassins versants de l'Arnon, la Brine et le Mujon. L'Arnon prend sa source dans la région de Sainte-Croix, la Brine et le Mujon au pied du Jura et s'écoulent en direction de l'Est, jusqu'à leur embouchure dans le Lac de Neuchâtel. Ces cours d'eau sont alimentés par de nombreux ruisseaux latéraux.

Les dangers naturels à cartographier ont été les suivants :

- **Dangers géologiques :**
 - Chutes de pierres et de blocs, éboulements, écroulements (CPB).
 - Glissements de terrain permanents (GPP).
 - Glissements de terrain spontanés et coulées de terre (GSS).
 - Tassement par retrait (TAS).

- **Dangers d'hydrologiques :**
 - Inondations (INO).
 - Laves torrentielles (LTO).

Le présent rapport est un résumé des rapports finaux CDN-VD Lot 16 : Jura-Arnon ([4][5][6]) limités aux périmètres d'étude compris sur la commune de Vugelles – La Mothe. Il présente les résultats d'analyse sur la situation de danger sans aborder les aspects techniques. Les approches et méthodes de cartographie de danger peuvent être consultées auprès de la Division GEODE-Dangers Naturels - de la Direction générale de l'environnement (DGE) du Département du territoire et de l'environnement (DTE).

1.4. Réalisation du projet

Le projet s'est déroulé en deux phases d'étude principale :

1. Phase 1 : analyse générale – identification des dangers.
2. Phase 2 : analyse de détail – évaluation des dangers.

Les rapports généraux suivants ont été édités :

- **Phase 1 :**
 - LOT16_2001 : Rapport intermédiaire inondation (INO) [1].
 - LOT16_2002 : Rapport intermédiaire « géologie » (CPB, GPP, GSS, TAS) [2].
 - LOT16_2003 : Rapport intermédiaire laves torrentielles (LTO) [3].
- **Phase 2 :**
 - LOT16_2004 : Rapport final inondation (INO) [4].
 - LOT16_2005 : Rapport final « géologie » (CPB, GPP, GSS, TAS) [5].
 - LOT16_2006 : Rapport final laves torrentielles (LTO) [6].

 - LOT16_2007 – LOT_2032, LOT16_2034, Rapports communaux
 - LOT16_2033 : Ajustement des périmètres « dangers géologiques »

2. Documentation

- [1] Groupement STUCKY – GEOTEST, **Cartographie intégrale des dangers naturels – Dangers liés à la géologie (INO)** – Rapport intermédiaire « inondation », COPIL Lot 16 JURA-ARNON, Le Mont-sur-Lausanne, 2012.
- [2] Groupement STUCKY – GEOTEST, **Cartographie intégrale des dangers naturels – Dangers liés à la géologie (GSS, GPP, CPB, TAS)** – Rapport intermédiaire « géologie », COPIL Lot 16 JURA-ARNON, Le Mont-sur-Lausanne, 2012.
- [3] Groupement STUCKY – GEOTEST, **Cartographie intégrale des dangers naturels – Dangers liés à la géologie (LTO)** – Rapport intermédiaire « laves torrentielles », COPIL Lot 16 JURA-ARNON, Le Mont-sur-Lausanne, 2012.
- [4] Groupement STUCKY – GEOTEST, **Cartographie intégrale des dangers naturels – Dangers liés à la géologie (INO)** – Rapport final « inondation », COPIL Lot 16 JURA-ARNON, Le Mont-sur-Lausanne, 2014.
- [5] Groupement STUCKY – GEOTEST, **Cartographie intégrale des dangers naturels – Dangers liés à la géologie (GSS, GPP, CPB, TAS)** – Rapport final « géologie », COPIL Lot 16 JURA-ARNON, Le Mont-sur-Lausanne, 2014.
- [6] Groupement STUCKY – GEOTEST, **Cartographie intégrale des dangers naturels – Dangers liés à la géologie (LTO)** – Rapport final « laves torrentielles », COPIL Lot 16 JURA-ARNON, Le Mont-sur-Lausanne, 2014.
- [7] Commission Cantonale des Dangers Naturels (CCDN) : **Projet cartes de danger naturels – cahier méthodologique CDN-VD (2012)**. Service cantonal des forêts, de la faune et de la nature, Département de la sécurité et de l'environnement du Canton de Vaud.
- [8] Projet DUTI - Détection et utilisation des terrains instables. F. Noverraz, EPFL (1985).
- [9] Glissements spontanés – méthodologie d'analyse, Fiche GSS-02, Département de la sécurité et de l'environnement du Canton de Vaud.
- [10] Jaboyedoff, M. et Labiouse, V. (2002), Méthodologie : instabilités rocheuses – Annexes au rapport CADANAV, Document inédit, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 114 p.
- [11] Carte indicative de danger des mouvements de versants du Canton de Vaud – Rapport final. Jaboyedoff M. et al., IGAR Université de Lausanne, 2008.
- [12] Risques géologiques alpins 2005 : Extrait de cours sur les dangers naturels et les destructions des chaînes de montagnes. Document IGAR, Prof. M. Jaboyedoff – Université de Lausanne.
- [13] Aubert, D. 1965, Calotte glaciaire et morphologie jurassienne, Eclog. geol. Helv. 58/1, pp. 555-578.

3. Vue d'ensemble

3.1. Aperçu géologique général

De manière générale, le territoire du lot 16 est marqué géologiquement par deux ensembles principaux (Figure 1):

- les roches jurassiennes d'époque secondaire (crétacé, jurassique) :
 - calcaires, calcaires dolomitiques et marnes ;
- les roches du plateau molassique d'époque tertiaires :
 - molasse chattienne et burdigalienne.

Ces roches d'âge secondaire et tertiaire sont recouvertes par les formations du quaternaire dominés par des dépôts glaciaires. L'histoire quaternaire de la région est en effet liée aux différentes phases d'avancées et retraits du glacier du Rhône ainsi que des systèmes plus locaux (glaciers jurassiens) dont sont issus les dépôts à dominance limono-argileuse (moraine à blocs, « argiles feuilletées », argiles d'altération molassique). Ces dépôts sont potentiellement le siège de glissements de terrain, en particulier sur les pentes en présence d'eau souterraine. La moraine rhodanienne est présente jusqu'à une altitude de 1200 mètres environ, au-delà, et dans les fonds de vallée, seule subsiste la moraine jurassienne (Aubert, 1965).

Parmi les formations quaternaires, il faut encore signaler les dépôts de retrait du glacier jurassien qui occupent les combes jurassiennes (p. ex. : les Mouilles de l'Auberson). De par leur composante argileuse importante, elles sont le lieu potentiel de développement de l'aléa glissement superficiel spontané (GSS).

Parmi les formations calcaires d'âge secondaire, certaines sont à l'origine de dangers naturels :

- Le Jurassique supérieur calcaire (Portlandien, Kimméridgien, Séquanien) qui est formé de barres de calcaire massif. Sa prédisposition à la fracturation est accentuée dans les régions où la présence d'une activité tectonique est relativement importante. Les zones source de chute de pierres et de blocs sont essentiellement localisées dans les formations calcaires traversées par des failles.
- L'Argovien (jurassique sup.) correspond à une alternance de couches de marnes à intercalations calcaires. Cette lithologie a été exploitée par exemple dans la carrière abandonnée de Baulmes pour la fabrication de ciment. Lorsque le pendage des couches est défavorable (dans le sens du versant), cette formation est à l'origine de glissements rocheux de type couche-sur-couche impliquant généralement des glissements superficiels dans le quaternaire.
- Le Crétacé marneux (Purbeckien, Valanginien, Hauterivien, Barrémien) a les mêmes propriétés que l'Argovien et est à la base d'importants glissement de terrains. Des glissements de terrains quaternaires se développent sur cette lithologie en présence de sources et d'écoulements souterrains.

Quant à la Molasse chattienne, elle affleure dans les premiers contreforts de la plaine de l'Orbe. Sa composante marneuse et la présence d'argile contribuent au développement d'instabilités de versant comme dans la zone Valeyres-sous-Rances – Method - Champvent.

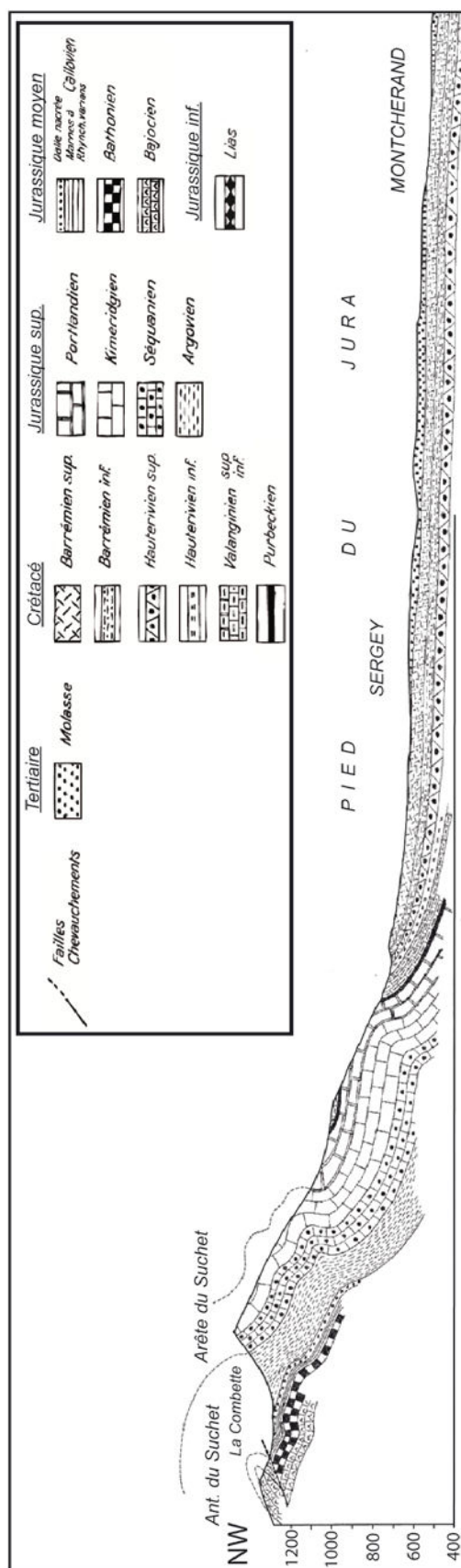


Figure 1 : Coupe géologique à travers le lot 16 : Jura – Arnon.

3.2. Aperçus hydrogéologique général

Les bassins versants du territoire du lot 16 présentent les caractéristiques suivantes. La taille des bassins versants aux différents points d'étude s'étend de 0.3 à 91 km². La majorité des bassins présente une couverture du sol de type agricole ou forêt. Toutefois, certains bassins versants ont une forte proportion de surface viticole ou urbanisée.

Le lot d'étude est également caractérisé par des horizons karstiques de la haute chaîne jurassienne, et en particulier des calcaires du Malm et du Dogger. L'infiltration dans ces secteurs est plus importante, ce qui se traduit par l'absence d'émissaire dans certains secteurs. L'eau infiltrée circule alors dans les karsts et ressort plus en aval dans les cours d'eau sous forme de sources.

Dans certains cas, aux débits des sources permanentes, peuvent venir s'ajouter les débits des sources temporaires, plus en amont et qui sont activées lors de fortes précipitations lorsque la charge hydraulique dans le système augmente.

La pluviométrie annuelle suit globalement l'orographie : de 2000 mm sur les crêtes constituant la limite nord avec le canton de Neuchâtel à 1000 mm au niveau du Lac de Neuchâtel.

4. Dangers géologiques

La synthèse des résultats de danger ne présente que les zones de dangers majeures d'un périmètre. Lorsque des degrés de danger moyen et/ou fort existent dans un périmètre, les zones de danger de degré inférieur ne sont pas décrites explicitement. Nous invitons le lecteur à se référer aux cartes de danger fournis en annexe pour consulter ces zones de faible danger.

4.1. Périmètres d'études

La situation des périmètres d'études pour les aléas relatifs aux mouvements de terrain et laves torrentielles sur la commune de Vugelles-La-Mothe est présentée à la Figure 2. Pour rappel, les aléas correspondant aux « **Dangers géologiques** » sont les :

- Chutes de pierres et de blocs, éboulements, écroulements (CPB)
- Glissements de terrain permanents (GPP)
- Glissements de terrain spontanés et coulées de terre (GSS)
- Tassement par retrait (TAS)

Pour chaque périmètre, tous les aléas n'ont cependant pas fait l'objet d'une étude de danger (Tableau 2).

Périmètre	Nom local	Aléa étudié
16042	La Mothe	CPB ; GPP ; GSS ; LTO ; TAS
16043	Vugelles	GPP ; TAS
16044	Vugelles Village	LTO ; TAS
16075	Le Moti	TAS

Tableau 1 : Périmètres étudiés pour les aléas géologiques sur la commune de Vugelles-la-Mothe.

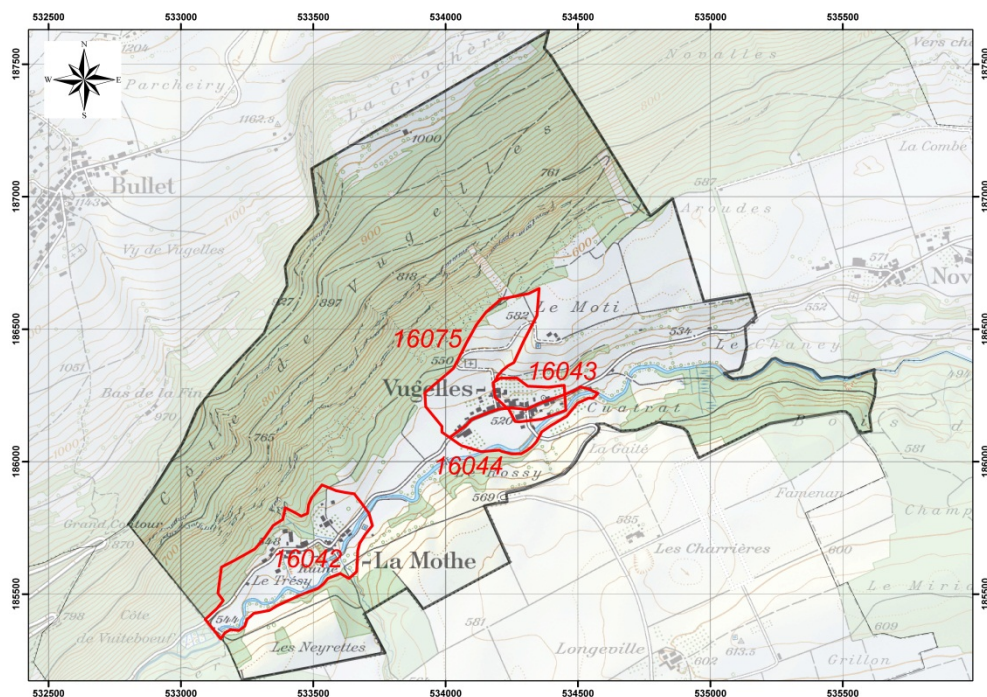


Figure 2 : Périmètre d'étude pour les différents aléas géologiques. Tous les aléas n'ont pas été cartographiés dans chaque périmètre (cf. Tableau 2).

4.2. Cartes des dangers liés aux chutes de pierres et blocs

4.2.1. Périmètre 16042 : La Mothe

Des zones de départs de CPB se développent principalement dans les calcaires du Malm (Kimméridgien et Portlandien) affleurant en barres rocheuses sur la côte de Vugelles. Les couches stratigraphiques sont dans une configuration en pente structurale, c'est-à-dire qu'elles sont subparallèles à la pente d'orientation SE (pendage 140°/30°). Cette configuration structurale est propice aux glissements plans, selon l'inclinaison des couches par rapport à la topographie. Le massif rocheux est par endroits assez fracturé en surface, ce qui diminue quelque peu les volumes de blocs mobilisables ($< 2 \text{ m}^3$). De manière générale, les zones de départs peuvent être qualifiées d'actives.

Les zones de transit et de dépôts sont caractérisées par une forêt mixte relativement dense. Le sol est relativement peu développé et la roche y est souvent subaffleurante. Des phénomènes de remobilisation de blocs éboulés sont fréquents.

Degré de danger	Classe de danger	Commentaires
Fort	7 à 8	Aucune infrastructure n'est menacée.
Moyen	5, 4b	Quelques bâtiments et un tronçon routier sont menacés

4.3. Cartes des dangers liés aux glissements de terrain permanents (GPP)

4.3.1. Périmètre 16042 : La Mothe

Ce hameau se situe en partie sur les alluvions de l'Arnon qui recouvrent la moraine de fond würmienne, laquelle affleure dans la partie nord du périmètre. La carte géologique indique en outre des dépôts de tuf exploités à l'époque [5].

Aucun phénomène GPP n'a été mis en évidence dans ce périmètre.

4.3.2. Périmètre 16043 : Vugelles

Le village de Vugelles s'est construit à extrémité ouest des dépôts de l'éboulement très ancien de Novalles – Vugelles-la-Mothe, sur la moraine de fond würmienne qui les recouvre. Une zone en glissement, peu active et affectant ces dépôts d'éboulement, est recensée dans les pentes raides au nord du village. Les limites de la zone en instabilité exprimée sur la carte DUTI [8] n'ont pas pu être clairement confirmées sur le terrain.

Degré de danger	Classe de danger	Commentaires
Faible	2	Plusieurs bâtiments, notamment l'église, sont situés en limites aval du glissement. Ils ne semblent pas touchés par le glissement (aucun indice détecté).

4.4. Cartes des dangers liés aux glissements spontanés et coulées de terre (GSS)

4.4.1. Périmètre 16042 : La Mothe

Aucune occurrence de GSS n'a été identifiée sur le périmètre à cartographier dans le hameau de la Mothe. Les zones mentionnées dans la Carte indicative de danger GSS [12] au nord du périmètre ne sont pas confirmées sur le terrain. Le degré de danger est qualifié de nul en suivant la méthodologie imposée par le service cantonal en charge [2].

4.5. Cartes des dangers liés aux laves torrentielles (LTO)

4.5.1. Périmètre 16042 : La Mothe

Un potentiel de développement de laves torrentielles a été identifié sur ce périmètre au ruisseau de Bullet. Dans le haut du chenal, des dépôts de charriage ont été identifiés, mais la disponibilité en matériel est faible. A partir de la cote 900 m s.m, les berges montrent des signes importants d'érosion. Un glissement récent le long de la berge a aussi été identifié, augmentant considérablement la quantité de matériel mobilisable lors d'un événement. Le potentiel de charriage s'élève à 50 - 150 m³ pour le scénario le plus optimiste (temps de retour = 30 ans), mais peut atteindre 500 m³ pour le scénario le plus pessimiste (temps de retour = 300 ans). Dans le chenal, le risque d'embâcle provoqué par des bois morts est qualifié de faible.

Un dépotoir doté d'une capacité de rétention de 250 m³ existe à l'aval du versant.

Degré de danger	Classe de danger	Commentaires
Fort	9	Aucune infrastructure n'est menacée.
Moyen	5, 4b	Quelques bâtiments (non mentionné sur la PE 5000) et la route communale sont concernés

4.6. Cartes des dangers liés aux Tassement par retrait (TAS)

Aucune occurrence de tassement par retrait des argiles (TAS) n'a été identifiée dans les différents périmètres situés sur le territoire de la commune de Vugelles-La Mothe en suivant la méthodologie imposée par le service cantonal en charge [2].

5. Dangers hydrologiques

5.1. Périmètres d'études inondation

La situation des périmètres d'études pour les aléas inondation (Tableau 1) sur la commune de Vugelles-La Mothe est présentée à la Figure 3.

Périmètre	Nom local	Aléa étudié
16042	La Mothe	INO
16044	Vugelles	INO

Tableau 2 : Périmètres étudiés pour les aléas inondation sur la commune de Vugelles-La Mothe.

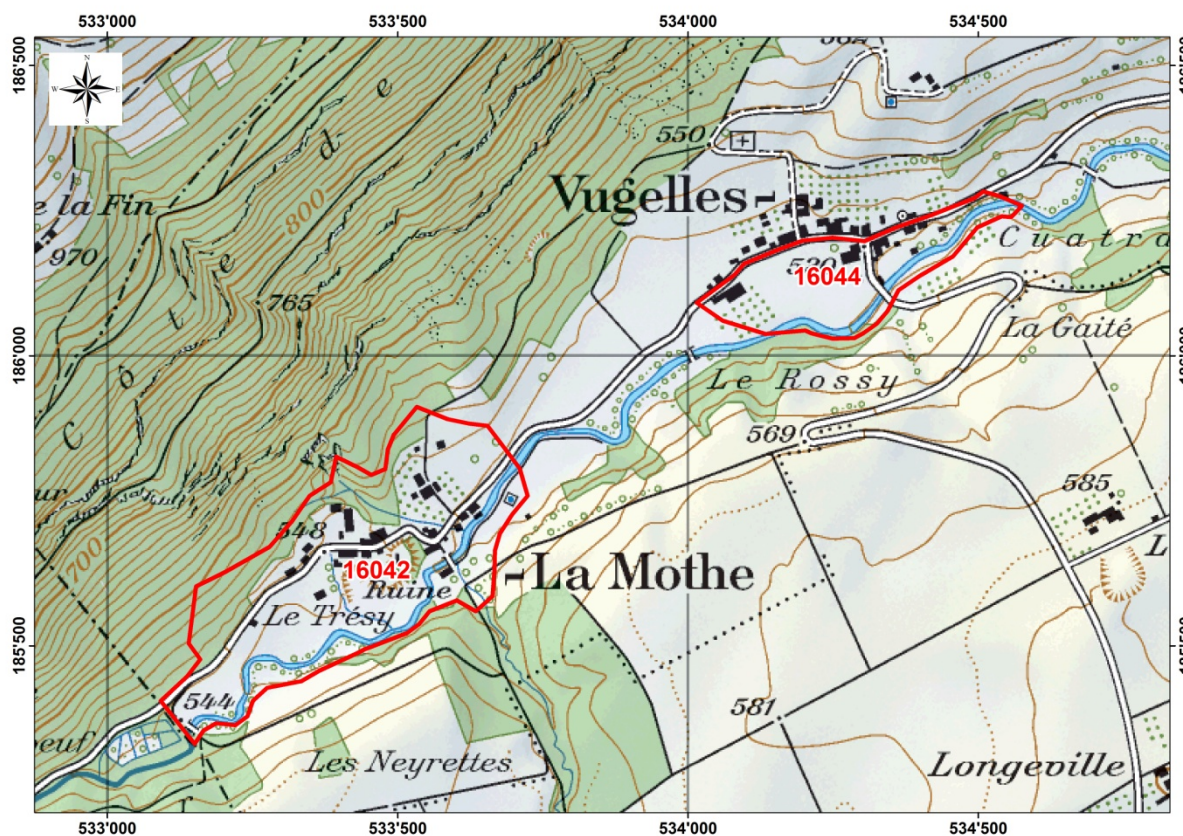


Figure 3 : Situation des différents périmètres d'études

5.2. Cartes des dangers liés à l'eau

5.2.1. Périmètre 16042 : La Mothe

Les débordements linéaires le long de l'Arnon entraînent des zones de danger moyen à faible (classe de danger 1 à 3). Les débordements du Fontanay au droit de l'ouvrage sous la route de la Mothe engendrent une zone de danger moyen (classe de danger 3). Le débordement du dépotoir au nord du périmètre entraîne des zones de danger élevé sur la chaussée et moyen à faible dans la zone d'étalement (classe de danger 1 à 6). Les débordements des ouvrages sur le Ruisseau des Bois de la Mothe entraînent des zones de danger moyen à faible (classe de danger 1 à 2).

La zone de danger résiduel directement à l'aval de l'ouvrage sur l'Arnon tout en amont du périmètre (sous la route de Vugelles) correspond au chemin potentiel d'écoulement des eaux en cas d'embâcle partiel de l'ouvrage.

Une zone de danger résiduel a été considérée pour prendre en compte un débordement potentiel de la source karstique se jetant dans l'Arnon sur sa rive gauche en amont du pont de la route longeant le Ruisseau des Bois de la Mothe.

Une zone de danger résiduel est considérée rive droite en amont du premier ouvrage sur le Ruisseau des Bois de la Mothe de manière à prendre en compte un débordement en sortie de thalweg ; elle se prolonge dans le champ en rive droite de l'Arnon et se recoupe avec les zones de débordements potentiels de ce dernier.

Degré DN	Classe DN max.	Commentaires
Moyen	3	Le Trésy : bordure du cours d'eau
Moyen	3	La Mothe : bâtiment et route touchés
Moyen	3	Aval du dépotoir : bâtiment et route touchés

5.2.2. Périmètre 16044 : Vugelles

Le débordement au droit de l'ouvrage en amont du périmètre entraîne une zone de danger faible en rive gauche et moyenne en rive droite (classe de danger 1 à 2 et 5).

L'écoulement entraînant la zone de danger faible en rive gauche s'étend dans la localité et franchit la route d'Orge avant de rejoindre l'Arnon.

Degré DN	Classe DN max.	Commentaires
Faible	2	Vugelles : bâtiment et route touchés

6. Dangers cumulés (Multi-Danger)

La carte synthétique de dangers résulte du croisement du degré de danger de tous les phénomènes cartographiés dans les périmètres étudiés. Elle indique, pour chaque portion de territoire d'un périmètre, le degré de danger le plus élevé selon l'ordre de priorité suivant :

1. Avalanches(AVA)
2. Laves torrentielles (LTO)
3. Inondations (INO)
4. Chutes de pierres et blocs (CPB)
5. Glissements profonds permanents (GPP)
6. Glissements superficiels spontanés (GSS)
7. Effondrements (EFF)

La coïncidence de plusieurs dangers de même degré n'engendre pas un surclassement dans un degré de danger plus élevé. Seul le phénomène de danger le plus élevé dans cet ordre est indiqué.

7. Zones de conflits

Les secteurs menacés par un danger résultant d'un phénomène (appelé « zones de conflits ») sont mis en évidence sur la base de la carte d'occupation du sol, laquelle contient une évaluation de la vulnérabilité des objets du territoire (zones d'affectation, infrastructures et constructions isolée). Le degré de vulnérabilité a été défini par les services cantonaux eux-mêmes. Cette carte d'occupation du sol est dérivée du plan d'affectation cantonal. La carte des zones de conflits est obtenue en croisant le degré de danger de la carte synthétique avec le degré de vulnérabilité indiqué dans la carte d'occupation du sol selon la grille d'évaluation mentionnée dans le Tableau 3. Il en découle un degré de risque.

Cette carte « zones de conflits » met en évidence les secteurs et infrastructures du territoire exposés au phénomène naturel présentant le degré de danger le plus élevé, sans aucune référence aux autres dangers éventuels. Elle offre un aperçu qualitatif des enjeux et du potentiel de dégâts en cas d'évènement de ce phénomène et permet de fixer des priorités pour la réalisation de mesures de protection.

8. Déficits de protection

Les sections ci-dessous résument les zones du territoire étudié présentant des déficits de protection identifiés sur la carte des zones de conflits. Les objectifs de protection n'étant pas définis précisément à ce stade du mandat, seules les zones comportant des degrés de risque **fort** et **indéterminé** ont été reportées.

Dans l'état des connaissances actuelles liées à l'établissement des cartes de dangers, les secteurs de danger indiqués ci-dessous devraient faire l'objet de mesures de protection en priorité. Trois classes de priorité ont été définies : priorité **élevée**, **moyenne** et **faible**.

		Degré de danger		
		Rouge	Bleu	Jaune
Vulnérabilité de l'occupation du sol	Nulle	nul	nul	nul
	Très faible	Très faible	Très faible	nul
	Faible	Faible	Faible	Très faible
	Moyenne	Moyen	Moyen	Faible
	Forte	Fort	Fort	Moyen
	Non précisée	Indéterminé	Indéterminé	Fort

Tableau 3 : Grille d'évaluation du degré de risque issue du croisement entre le degré de danger de carte synthétique et la classe de vulnérabilité de la carte d'occupation du sol.

8.1. Périmètres de priorité élevée

Le tableau ci-après donne la liste de périmètres présentant un déficit de protection fort ou indéterminé sur lesquels une intervention a été jugée de priorité élevée.

Zones	Périmètres	Dangers principaux
La Mothe	16042	INO
La Mothe	16042	CPB

8.2. Périmètres de priorité moyenne

Le tableau ci-après donne la liste de périmètres présentant un déficit de protection fort ou indéterminé sur lesquels une intervention a été jugée de priorité moyenne.

Zones	Périmètres	Dangers principaux
La Mothe	16042	LTO
Vugelles	16044	INO

8.3. Périmètres de priorité faible

Aucun périmètre ne présente un déficit de protection fort ou indéterminé sur lesquels une intervention a été jugée de priorité faible.

9. Mesures de protection

Sur la base des points faibles identifiés lors des études liées à l'élaboration des cartes de dangers et sur la base de la carte des zones de conflits, un catalogue sommaire de mesures de protection est proposé au niveau conceptuel, conformément au cahier des charges. Une étude détaillée du concept de protection est nécessaire pour préciser les objectifs de protection, évaluer les dégâts potentiels et la faisabilité technique de mesures.

9.1. Mesures de protection liées aux dangers géologiques

Plusieurs mesures de mitigation permettent d'agir sur les dangers liés aux instabilités de terrains. Il s'agit :

1. de mesures actives, agissant au niveau de l'instabilité elle-même.
2. de mesures passives, servant à atténuer les effets des compartiments instables. Il s'agit d'ouvrages de protection (filets, digues, fosses, galeries, déviateurs, etc.), de mesures sylvicoles (reboisement) ou de système de surveillance in-situ ou à distance (géodésique).
3. d'instruments d'aménagement du territoire, servant à réduire les risques liés aux dangers, par la mise en œuvre de plans directeurs, d'affectation ou tout autres recommandations constructives et instructions en matière d'occupation du territoire.

La mise en œuvre de toutes mesures de protection, qu'elles soient actives ou passives doit faire l'objet d'un projet d'ouvrage permettant une évaluation adéquate du type de mesures ainsi que son dimensionnement. Cette analyse doit contenir en outre une étude de variantes.

Les mesures d'aménagement du territoire sont valables pour toutes zones de danger. Elles ne sont pas développées à l'échelle des périmètres. Nous rappelons cependant, que lors de tout projet de construction ou terrassement en zone de danger, il est très fortement recommandé d'effectuer une étude géologique au préalable ainsi qu'un suivi géotechnique.

Les principales mesures de mitigation sont mentionnées dans les tableaux ci-dessous à titre indicatif.

Mesures contre les instabilités rocheuses type CPB

Aléa	n°	Type	Mesures de protection
CPB	CPB_1A	Active	Fixation à l'aide de clouage, ancrage ; soutènement à partir d'ouvrage en béton
	CPB_2A		Renforcement, à l'aide de béton projeté (limité à de petits volumes)
	CPB_3A		Emmaitotage à partir de grillage et treillis plaqués
	CPB_4A		Diminution des conditions hydrogéologiques pouvant aggraver les instabilités à partir de dispositifs de drainage en surface ou profond
	CPB_5A		Mesures de revégétalisation

	CPB_1B	Passive	Fossés de réception
	CPB_2B		Ecrans pare-pierres (barrières/grillages fixes ; filets dynamiques) ou merlons, digues
	CPB_3B		Ouvrages de déviations ; dispositif d'amortissement
	CPB_4B		Galeries pare-blocs ; casquettes
	CPB_5B		Mesures sylvicoles (reboisement et entretien des forêts)
		Surveillance	
	CPB_1C		Observation et étude du comportement des masses instables • mesures in-situ : ex. extensomètre • Mesures à distance : ex. GPS, Radar, Lidar
	CPB_2C		Système d'alarme et plan d'action en cas d'alerte

Mesures contre les phénomènes de charriage type LTO

LTO	LTO_1A	Active	Eviter le risque d'embâcle provoqué par l'accumulation de matériaux de charriage, bois, etc. : • par curage / nettoyage des cours d'eau • confortation locale des secteurs en érosion (fournisseurs en sédiments)
	LTO_2A		Pose d'éléments « brise énergie » type garde en béton, filets à sédiments, herse, etc.
	LTO_1B	Passive	Mesures de confinement contre le débordement : • à l'aide d'ouvrages (murs, gabions, digue, etc.) • par surcreusement
	LTO_2B		Mesures de retenue contre la propagation : • à l'aide de dépotoir • piège à sédiments
	LTO_1C	aménagement du territoire	Mesures d'évacuation / écoulements préférentiels (ex. couloirs libre de construction, d'obstacles, chemin de fuite, etc.).
	LTO_2C		Restriction d'utilisation du sol
		Surveillance	
	LTO_1D		Système d'alarme et plan d'action en cas d'alerte

9.1.1. Catalogue des mesures de protection danger géologique (y.c. laves torrentielles)

Dans l'état des connaissances actuelles liées à l'établissement des cartes de dangers ainsi que l'étendu du bâti, les secteurs de danger indiqués ci-dessous devraient faire l'objet de mesures de protection en priorité. La description des mesures de protection sont données dans les tableaux ci-dessus.

Périmètre	Aléa	Degré de danger	Mesures de protection envisageables
16042 La Mothe	CPB	moyen	CPB_1A à CPB_3A ; CPB_1B, CPB_2B et CPB_5B ; CPB_1C.
16042 La Mothe	LTO	moyen	LTO_1A, LTO_2A; LTO_1B, LTO_2B ; LTO_1D

9.2. Mesures de protection liées aux dangers hydrologiques

Il est important de noter que les mesures de protection proposées ci-après n'ont été étudiées qu'au stade conceptuel, sur la base de la carte de danger. Une étude détaillée du concept de protection est nécessaire pour préciser les objectifs de protection, évaluer les dégâts potentiels et la faisabilité technique des mesures. Ces propositions doivent être considérées comme des pistes de réflexion préalables à l'élaboration d'un véritable concept de protection et de gestion intégrée du bassin versant. Ces mesures énoncées ne sont de plus pas exhaustives sur un plan technique et ne sont, pour la plupart, pas suffisantes et pas prévues pour ramener le degré de danger à un degré nul sur le périmètre. A noter que les mesures d'aménagement du territoire devraient toujours primer sur les mesures d'aménagement de cours d'eau.

La loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (LACE) définit en outre une hiérarchie dans les types de mesures de protection. On trouve ainsi sur un premier plan (prévention) :

- Les mesures d'aménagement du territoire ;
- Les mesures d'entretien des cours d'eau et des forêts protectrices ;

et sur un deuxième plan seulement :

- Les mesures structurelles de protection.

De plus, la gestion des risques résiduels doit être prise en considération non seulement dans les mesures retenues (mesures robustes), mais également dans le cadre de la planification et de l'organisation des interventions d'urgence. Tous ces aspects doivent être définis de manière intégrée dans l'établissement d'un concept de protection.

En outre, dans bien des cas, des mesures de protection appliquées à l'objet menacé en lui-même (par exemple une surélévation des sauts de loups ou une porte étanche) permettent de réduire considérablement le risque pour les personnes et les biens à l'intérieur des bâtiments. Ces mesures peuvent s'appliquer aux bâtiments existants et aux constructions futures. Elles devraient aussi faire parties intégrantes des outils de l'aménagement du territoire (plans d'affectation, police des constructions, etc.).

Finalement, dans de nombreux cas, des synergies entre la protection contre les crues et les impératifs de renaturations peuvent être trouvées (par ex. remise à ciel ouvert de cours d'eau enterrés, élargissement, etc.). En outre, ces synergies peuvent, par exemple, permettre d'entreprendre des mesures propres à diminuer le degré de danger sur des secteurs où les impératifs de l'aménagement du territoire et de rentabilité ne les justifient pas à eux seuls.

9.2.1. Catalogue des mesures de protection danger d'inondations

Les mesures proposées pour le périmètre **16042 – La Mothe** sont les suivantes :

- Mesures de protection objets pour les bâtiments proches de l'ouvrage sur l'Arnon et le long de la rue des Trois Fontaines.
- Modelé de terrain pour canaliser le trop-plein du dépotoir.

Les mesures proposées pour le périmètre **16044 – Vugelles** sont les suivantes :

- Mesures de protection objets pour les parcelles le long de la route d'Orges.
- Favoriser le retour au cours d'eau des eaux débordées (par ex. modelé de terrain en aval de l'ouvrage sur l'Arnon tout à l'amont du périmètre).

10. Conclusion

Ce rapport présente, dans une forme synthétique, une vue d'ensemble de la situation de danger induite par des phénomènes naturels dans les périmètres de la commune de Vugelles-La-Mothe prédéfinis pour cette étude. Un aperçu plus détaillé des étapes qui ont menées à l'établissement de ces constats est contenu dans le rapport sur l'établissement des cartes de dangers du projet CDN-VD Lot 16 : Jura-Arnon, et particulièrement dans les fiches de scénario annexées.

Un périmètre contient des secteurs exposés à l'aléa CPB ainsi que LTO présentant un degré de danger susceptible de représenter un potentiel de dégâts très importants selon la vulnérabilité des objets à risque. Certaines zones de danger sont avérées et d'autres ne sont que potentielles. En particulier, un tronçon de route menacé par des chutes de pierres et petits éboulements rocheux pourraient voir sa circulation fortement entravée et même complètement bloquée pour un certain temps. Plusieurs secteurs en habitations sont menacés par des inondations de degré de danger moyen, représentant des hauteurs d'eau supérieures à 0.5 m.

Les secteurs nécessitant une intervention ont été mis en évidence. Les mesures à prendre en premier lieu sont :

- un assainissement et/ou la réalisation de mesures de mitigation des aléas répertoriées en priorité haute,
- une prise de mesures concrètes pour ceux répertoriés en priorité moyenne,
- ainsi que la mise en place d'une surveillance et des mesures d'aménagement du territoire dans les secteurs en danger de priorité plus faible.

Groupement STUCKY-GEOTEST